ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СИБИРИ

Материалы VIII Международной научной конференции «Проблемы изучения растительного покрова Сибири», посвященной 140-летию Гербария имени П.Н. Крылова, 145-летию Сибирского ботанического сада и 175-летию со дня рождения П.Н. Крылова

Томск,
24–27 сентября
2025 г.

140 лет
ГЕРБАРИЮ им. П.Н. КРЫЛОВА
ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

145 лет
СИБИРСКОМУ БОТАНИЧЕСКОМУ САДУ
ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

175 ЛЕТ
СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
П.Н. КРЫЛОВА

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РУССКОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СИБИРИ

Труды VIII Международной научной конференции, посвященной 140-летию Гербария имени П.Н. Крылова, 145-летию Сибирского ботанического сада и 175-летию со дня рождения П.Н. Крылова

(*Томск, 24–27 сентября 2025 г.*)

Томск
Издательство Томского государственного университета
2025

УДК 58
ББК 28
П70

Сборник рекомендован к печати Томским отделением Русского ботанического общества

Редактор
доктор биологических наук **И.И. Гуреева**

П70 **Проблемы изучения растительного покрова Сибири** : труды VIII Международной научной конференции, посвященной 140-летию Гербария имени П.Н. Крылова, 145-летию Сибирского ботанического сада и 175-летию со дня рождения П.Н. Крылова (Томск, 24–27 сентября 2025 г.) / ред. И.И. Гуреева. [Электронный ресурс]. – Томск : Издательство Томского государственного университета, 2025. – 272 с.; ил.

ISBN 978-5-908040-01-3

В 2025 г. исполняется 140 лет со времени создания Гербария, 145 лет со дня основания Сибирского ботанического сада в Императорском Томском университете и 175 лет со дня рождения основателя Гербария – Порфирия Никитича Крылова. В сборнике представлены материалы VIII Международной научной конференции «Проблемы изучения растительного покрова Сибири», посвященной этим трем 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 коллекций в гербариях и ботанических садах, 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, Беларуси, Казахстана, Туркменистана, Узбекистана.

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

УДК 58
ББК 28

ISBN 978-5-908040-01-3

© Коллектив авторов, 2025
© Томский государственный университет, 2025

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

NATIONAL RESEARCH TOMSK STATE UNIVERSITY

TOMSK BRANCH OF THE RUSSIAN BOTASNICAL SOCIETY

PROBLEMS OF STUDYING THE VEGETATION COVER OF SIBERIA

Proceedings of the VIII International Scientific Conference dedicated to the 140th anniversary of the P.N. Krylov Herbarium, 145th anniversary of Siberian Botanical Garden and 175th anniversary of P.N. Krylov's birth

(*Tomsk, September 24–27, 2025*)

Tomsk
Publishing House of Tomsk State University
2025

UDK 58
BBK 28
P70

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

Editor
D-r of Biology **I.I. Gureyeva**

P70 **Problems of studying the vegetation cover of Siberia** : Proceedings of the VIII International conference, dedicated to the 140th anniversary of the P.N. Krylov Herbarium, 145th anniversary of Siberian Botanical Garden and 175th anniversary of P.N. Krylov (Tomsk, September 24–27, 2025) / ed. I.I. Gureyeva. [Electronic resourse]. – Tomsk : Tomsk State University Publishers, 2025. – 272 p.; figs.

ISBN 978-5-908040-01-3

In 2025, it is 140 years since the foundation of the Herbarium, 145 years since the foundation of Siberian botanical garden at the Imperial Tomsk University and 175 years of the birth of the Herbarium founder Porfiry Nikitich Krylov. This conference book includes materials of the VIII International Scientific Conference "Problems of Studying the Vegetation Cover of Siberia", dedicated to these three 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 collections of herbaria and botanical gardens, 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, Belarus, Kazakhstan, Uzbekistan, Turkmenistan.

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

UDK 58
BBK 28

ISBN 978-5-908040-01-3

© Authors, 2025
© Tomsk State University, 2025

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-1

Прогнозирование урожайности промышленных сортов жимолости в условиях Томской области

Т.З. Абзалтденов[1], С.А. Сучкова[1], М.С. Ямбуров[1], В.М. Карпов[2]

[1] *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Сибирский ботанический сад, Томск, Российская Федерация; vstudenyy@inbox.ru*
[2] *ООО СП «Северный сад», Томск, Российская Федерация; dev@tpksava.ru*

Аннотация. Проведена сравнительная оценка сортов жимолости Восторг, Aurora и Boreal Beauty по параметрам, необходимым для прогнозирования урожайности. Исследование позволило соотнести урожайность с суммарной длиной годичного прироста и рассчитать поправочные коэффициенты урожайности для потенциальной продуктивности, оценить адаптивность сортов к условиям Томской области и технологии возделывания за счет показателя степени реализации потенциальных возможностей и рассчитать прогнозируемую урожайность.

Ключевые слова: жимолость, урожайность, прогнозирование, продуктивность

Prediction the yield of industrial honeysuckle varieties in the Tomsk region

T.Z. Abzaltdenov[1], S.A. Suchkova[1], M.S. Yamburov[1], V.M. Karpov[2]

[1] *National Research Tomsk State University, Siberian Botanical Garden, Tomsk, Russian Federation; vstudenyy@inbox.ru*
[2] *LLC JV "Northern garden", Tomsk, Russian Federation; dev@tpksava.ru*

Annotation. A comparative assessment of honeysuckle varieties Vostorg, Aurora and Boreal Beauty according to the parameters necessary for predicting yields was conducted. The study made it possible to correlate yields with the total length of annual growth and calculate yield correction factors for potential productivity, assess the adaptability of varieties to the conditions of the Tomsk region and cultivation technology by measuring the degree of realization of potential opportunities and calculate the projected yield.

Keywords: honeysuckle, yield, prediction, productivity

В настоящее время в регионах России повсеместно закладываются промышленные насаждения жимолости, в связи с чем необходимо изучение эколого-биологических особенностей этой ягодной культуры чтобы избежать ошибок при закладке насаждений. Мало изучены особенности репродуктивной биологии жимолости как в России, так и за рубежом, поэтому часто вновь заложенные плантации остаются без сортов-опылителей, а следовательно – без урожая. Нет достаточного количества посадочного материала сортов для промышленного возделывания и механизированной уборки урожая, так как не совершенствуются традиционные методы размножения (черенкования) и метода in vitro. При оптимизации технологий возделывания необходимо обращать внимание на качество плодов, чтобы получать экологически чистый урожай (Жимолость…, 2024).

Жимолость относится к скороплодным культурам. На 2-й год после посадки на постоянное место получают первый небольшой урожай 100–300 г/куст (Плеханова, 1999). В исследованиях И.К. Гидзюка (1981) отмечена урожайность некоторых образцов в 6-летнем возрасте в от 0,7 до 1,3 кг/куст. Большинство сортов и форм жимолости начинают плодоносить на третий год и дают 100–150 г/куст, на пятый и шестой год урожайность увеличивается от 3 до 5 кг/куст (Колбасина, Поздняков, 1991). По данным М.Н. Плехановой (1998) возможно получать 5–12 кг/куст плодов жимолости в Европейской части России. В Центральном Черноземье урожайность плодов жимолости до 8 кг/куст (Попова, 2000), в Подмосковье 1,8–2,4 кг/куст (Харин, 2005). В результате целенаправленной работы российскими селекционерами выведены скороплодные элитные формы с урожаем около 4,0 кг/куст уже на четвертый и пятый год жизни (Савинкова, Гагаркин, 2008).

У жимолости, как и у многих ягодных культур, 98–99 % урожая сосредоточено на однолетней древесине (Гидзюк, 1981; Плеханова, 1990, 1998). Побеги образуются из почек на приростах предшествующего года длиной от 5 до 35 см. Однако встречаются и порослевые более длинные побеги. Так, у сорта Гжелка максимальная длина таких побегов более 1 м. В условиях Центрального Черноземья высокой ростовой активностью отмечаются сорта Куминовка, Гжелка, Лидия, Памяти Куминова, Камчадалка, Бакчарская, Виола. Урожайность жимолости колеблется от 0,5 до 4,5 кг/куст, но потенциальные возможности культуры значительно выше. В настоящее время выведены новые сорта жимолости с показателями потенциальной продуктивности от 7 до 15 кг/куст (Брыксин, 2010).

Прогнозирование урожая представляет собой расчет теоретически возможного нарастания урожая, обеспечиваемого климатическими, почвенными и материально-техническими ресурсами.

Оно дает возможность предсказать конечный результат по возделыванию культуры в определенных почвенно-климатических условиях. Целью прогнозирования является научное обоснование величины урожая при разработке планов производства сельскохозяйственной продукции на ряд лет или на перспективу (Программирование…, 2019).

И.Б. Попова (2000) предлагает рассматривать, в качестве компонентов продуктивности жимолости синей общую длину плодоносящей древесины, число почек, соцветий и плодов; процент полезной завязи и массу плодов.

По данным М.Л. Пигуль и М.С. Шалкевич (2013) в условиях Беларуси при исследовании 14 сортообразцов жимолости синей различного географического и генетического происхождения по продуктивности выявлено, что лучшим сочетанием компонентов продуктивности обладал сорт Сириус (суммарная длина прироста, количество двуцветников на одном погонном метре, средняя масса плода). Максимальная потенциальная продуктивность составила до 7,2 т/га. Потенциальная продуктивность более 5 т/га у сортов Огненный опал, Селена, Волхова и гибрид № 3. Степень реализации потенциала продуктивности варьировала от 48 до 85 %, максимальным этот показатель был у сорта Люкс. В высокой степени реализовывали потенциальную продуктивность сорта Волхова, Огненный опал, Славянка, Содружество, Соловей, Сувенир и гибрид № 2.

Для прогнозирования урожайности сортов жимолости были проведены исследования по оценке компонентов продуктивности (потенциальная продуктивность и степень реализации потенциала продуктивности). Исследования проводили на промышленной плантации ООО СП «Северный сад» (Томская область, Томский район) в 2024 г. Объектами исследования явились 6 сортов жимолости российской и зарубежной селекции, посадки 2020 г. – Восторг (контроль), Aurora, Boreal Beast, Boreal Beauty, Boreal Blizzard и Honey Bee.

Учеты урожайности жимолости и ее компонентов проводили по методикам, разработанным во Всероссийском НИИ селекции плодовых культур и Всероссийском НИИ садоводства им. И.В. Мичурина (Программа…, 1999).

Потенциальную продуктивность рассчитывали по формуле:

$$P = A \times B \times C / 1000$$

где P – потенциальная продуктивность, кг/куст; A – длина однолетнего прироста, м/куст; B – число двуцветников, шт./погонный м прироста; C – масса плода, г.

Показатель реализации потенциала определяли, как отношение фактической урожайности к потенциальной продуктивности, выраженное в процентах. Для оценки степени реализации потенциала сортов использовали шкалу: 1) <20 % – очень низкая степень реализации; 2) 21–40 % – низкая; 3) 41–60 % – средняя; 4) 61–80 % – высокая; 5) >80 % – очень высокая.

Для объективной оценки урожайности сортов жимолости синей необходимо не менее 4–5 лет учета урожая. В период полного плодоношения растения жимолости вступают на 7–8 год, а с 7 по 12-й годы после посадки, период максимальной продуктивности кустов. По данным многолетнего изучения сорта можно сгруппировать по показателю урожайности с одного куста следующим образом: низкий (менее 0,5 кг); ниже среднего (от 0,5 до 1,0 кг); средний (от 1,1 до 2,0 кг); высокий (от 2,1 до 5,0 кг); очень высокий (более 5,0 кг) (Брыксин, 2009).

Обработку полученных данных проводили по общепринятым методам статистического анализа ANOVA (Лакин, 1980) с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2016. Рассчитывали среднее значение (M), ошибку среднего значения (m) коэффициент вариации (CV) по морфологическим параметрам от 25 до 30 биологических повторностей.

Урожайность является интегральной характеристикой сорта, зависящей от нескольких признаков: размеров и массы плодов, числа цветков, плодообразования (процент цветков, завязавших плоды), числа плодов на побеге, числа плодоносящих побегов на кусте и др. В табл. 1 приведены размеры плодов 6 сортов жимолости синей. Самая большая масса плодов у сортов Boreal Beauty и Boreal Blizzard. Самые длинные плоды у сортов Восторг и Boreal Blizzard – более 3 см. У сорта Восторг плоды вытянутые, но тонкие с самым высоким отношением длины к толщине. У сорта Boreal Beauty плоды короткие и толстые с самым низким отношением длины к ширине.

У сорта Восторг в 4-летнем возрасте имеют следующие характеристики: приростов на куст – 38,5 шт., суммарная длина приростов – 3,7 м, двуцветников на 1 прирост – 25,2 шт., двуцветников на погонный метр прироста – 264,6 шт., плодов на 1 приросте – 19,5 шт., плодообразование – 85,3 %, опадение плодов до уборки – 9,5 %, масса ягоды – 1,49 г.

Таблица 1

Сырая масса и размеры плодов жимолости

Сорт	Сырая масса плода, г	Длина плода, см	Толщина плода, см	Длина / толщина
Восторг	1,49 ± 0,05	3,26 ± 0,05	1,11 ± 0,02	2,9
Aurora	1,62 ± 0,06	2,32 ± 0,03	1,11 ± 0,92	2,1
Boreal Beast	1,66 ± 0,05	2,55 ± 0,03	1,41 ± 0,02	1,8
Boreal Beauty	2,18 ± 0,06	2,30 ± 0,03	1,68 ± 0,02	1,4
Boreal Blizzard	2,06 ± 0,07	3,10 ± 0,05	1,51 ± 0,02	2,1
Honey Bee	1,15 ± 0,02	2,30 ± 0,03	1,23 ± 0,02	1,8

Урожайность – 1,12 кг/куст, потенциальная урожайность (с учётом потерь от преждевременного опадения плодов) – 1,25 кг/куст, потенциальная продуктивность 1,44 кг/куст, поправочный коэффициент урожайности – 0,78 (табл. 2).

Таблица 2

Морфологические показатели кустов и урожайность жимолости (4-летние)

Сорт	Число плодов на приросте, шт.	Опавшие плоды, %	Масса 1 ягоды, г	Урожайность, кг/куст	Потенциальная продуктивность, кг/куст	ПКУ
Восторг (контроль)	19,53 ± 0,99 27,81	9,53 ± 1,4 73,52	1,49 ± 0,05 20,24	1,12 ± 0,06 27,81	1,44 ± 0,1 20,24	0,78
Aurora	20,67 ± 1,16 30,66	15,75 ± 1,45* 50,51	1,62 ± 0,06 20,93	1,55 ± 0,10 33,93	2,12 ± 0,07* 21,20	0,73
Boreal Beauty	12,54 ± 0,77* 29,92	38,42 ± 2,35* 29,95	2,18 ± 0,06* 15,86	1,26 ± 0,08 32,40	2,58 ± 0,07* 16,07	0,49

Примечание. Данные представлены: в числителе $M \pm m$, в знаменателе CV. ПКУ – поправочный коэффициент урожайности.

* Отличия статистически значимы относительно контроля при $p < 0,05$.

У сорта Aurora: приростов на куст – 46,8 шт., суммарная длина приростов – 3,95 м, двуцветников на 1 прирост – 28,0 шт., двуцветников на погонный метр прироста – 331,6 шт., плодов на 1 приросте – 20,7 шт., плодообразование – 87,2 %, опадение плодов до уборки – 15,75 %, масса ягоды – 1,62 г. Урожайность с куста – 1,55 кг/куст, потенциальная урожайность (с учётом потерь от преждевременного опадения плодов) – 1,83 кг/куст, потенциальная продуктивность 2,12 кг/куст, поправочный коэффициент урожайности – 0,73).

У сорта Boreal Beauty: приростов на куст – 46,8 шт., суммарная длина приростов – 3,15 м, двуцветников на 1 прирост – 25,2 шт., двуцветников на погонный метр прироста – 375,1 шт., плодов на 1 приросте – 12,5 шт., плодообразование – 81,0 %, опадение плодов до уборки – 38,4 %, масса ягоды – 2,18 г. Урожайность с куста – 1,26 кг/куст, потенциальная урожайность (с учётом потерь от преждевременного опадения плодов) – 2,07 кг/куст, потенциальная продуктивность 2,58 кг/куст, поправочный коэффициент урожайности – 0,49).

Наибольшее число плодов на приросте было отмечено у сорта Aurora и превышало контрольный сорт Восторг на 5,8 %. У сорта Boreal Beauty число плодов на приросте было меньше, чем у сотра Восторг на 35,8 %.

Процент опавших плодов был наибольший у сорта Boreal Beauty и превысил таковой у сорта Восторг на 303,1 %. У сорта Aurora процент опавших плодов был выше, чем у сорта Восторг. В целом, стоит отметить, что сорта канадской селекции в вегетационный период 2024 г. отличались осыпаемостью в период плодоношения. Это может быть связано с погодными условиями данного периода и недостатком в увлажнении.

Наибольшая урожайность была отмечена у сорта Aurora – 1,55 кг/куст, что больше, чем у сорта Восторга на 38,4 % (табл. 3). У сорта Boreal Beauty урожайность также выше, чем у сорта Восторг. Это объясняется большей массой плодов.

Потенциальная продуктивность, в связи с обозначенными выше параметрами имеет такую же зависимость, как и урожайность. Так как плоды Boreal Beauty обладают наибольшей массой плода, то и потенциальная продуктивность у него составила 2,58 кг/куст, что больше, чем у сорта Восторг на 79,2 %. Сорт Aurora превысил по потенциальной продуктивности сорт Восторг на 47,2 %.

Таблица 3

Урожайность и реализация потенциала сортов жимолости

Сорт	Фактическая урожайность, кг/куст	Потенциальная продуктивность, кг/куст	Степень реализации потенциала, %
Восторг (контроль)	1,12 ± 0,06 27,81	1,44 ± 0,1 20,24	77,8
Aurora	1,55 ± 0,10* 33,93	2,12 ± 0,07* 21,20	73,1
Boreal Beauty	1,26 ± 0,08 32,40	2,58 ± 0,07* 16,07	48,8

Сорт Aurora по нашим расчетам можно отнести к сорту с высоким показателем реализации потенциала (73,1 %). Сорт Boreal Beauty относится к сорту со средними показателями реализации потенциала (48,8 %).

Выявлена полная реализация потенциальных возможностей сортов жимолости как российской, так и зарубежной селекции при возделывании по интенсивной технологии с фертигацией, что возможно только при идеальных условиях внешней среды и агротехники. Степень реализации потенциальных возможностей говорит об адаптивности сортов к условиям Томской области. Показатель реализации потенциальных возможностей сортов жимолости составил от 49 до 79 %.

В табл. 4 представлены данные морфометрических параметров сортов жимолости, измеренные в осенний период 2024 г., по окончании вегетации растений. Данные параметры служат основой прогнозирования урожая на 2025 г., так как одним из основных показателей корреляции урожайности является длина суммарного годичного прироста.

Таблица 4

Морфометрические параметры и прогнозируемая урожайность кустов жимолости на 2025 г.

Сорт	Число приростов, шт	Суммарный прирост, м	Потенциальная продуктивность, кг/куст	Прогнозируемая урожайность, кг/куст
Восторг (контроль)	7,27 ± 0,50 26,76	7,62 ± 1,67 46,69	3,00 ± 0,11 20,24	1,48
Aurora	7,20 ± 0,57 30,7	7,02 ± 1,88 34,10	3,76 ± 0,13 20,93	2,12
Boreal Beauty	6,67 ± 0,43 25,14	9,32 ± 1,59 19,56	7,63 ± 0,20 15,86	2,57

Для точного прогноза урожайности необходимы многолетние исследования, по результатам которых можно будет более уверенно прогнозировать урожайность в среднем по сорту с минимальными погрешностями.

Таким образом, проведенная сравнительная оценка сортов жимолости Восторг, Aurora и Boreal Beauty по параметрам, необходимым для прогнозирования урожайности позволила соотнести урожайность с суммарной длиной годичного прироста и рассчитать поправочные коэффициенты урожайности для потенциальной продуктивности, оценить адаптивность сортов к условиям Томской области и технологии возделывания за счет показателя степени реализации потенциальных возможностей и рассчитать прогнозируемую урожайность.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2024-0006).

ЛИТЕРАТУРА

Брыксин Д.М. Потенциальные возможности жимолости в условиях Центрального Черноземья // Плодоводство и ягодоводство России. М. : ВСТИСП, 2009. Т. 22. С. 219–227.

Брыксин Д.М. Сладкая жимолость – гордость России. Челябинск : НПО «Сад и огород» : Челябинский Дом печати, 2010. 112 с.

Гидзюк И.К. Жимолость со съедобными плодами. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1981. 168 с.

Жимолость в Сибирском ботаническом саду Томского государственного университета / С.А. Сучкова, Л.Н. Зибарева, М.С. Ямбуров, А.С. Прокопьев, Т.З. Абзалтденов, С.И. Гашков, О.Д. Чернова, С.Б. Романова, О.Г. Плишкина. Томск : Томский государственный университет, 2024. 302 с.

Колбасина Э.И., Поздняков А.Д. Целебные ягоды. М. : Знания, 1991. С. 39–44.

Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие. М. : Высшая школа, 1980. 352 с.

Пигуль М.Л., Шалкевич М.С. Продуктивность жимолости синей (*Lonicera caerulea* L.) // Вестник БГСХА. 2013. № 2. С. 47–50.

Плеханова М.Н. Актинидия, лимонник, жимолость. Л.: Агропромиздат, 1990. 87 с.

Плеханова М.Н. Жимолость синяя в саду и питомнике. СПб., 1998. 65 с.

Попова И.Б. Биологические особенности формирования урожая жимолости. Автореф. дис. … канд. с.-х. наук. Мичуринск, 2000. 21 с.

Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. 608 с.

Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учебное пособие / Е.А. Устименко, А.Н. Есаулко, Е.В. Голосной и др. Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2019. 178 с.

Савинкова Н.В., Гагаркин А.В. Некоторые результаты отбора среди сеянцев жимолости четвертого поколения в Бакчаре // Современные тенденции развития промышленного садоводства. Материалы Междунар. научно-практ. конф. посвящ. 75-летию образования НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко (Барнаул, 18–23 августа 2008 г.). Барнаул, 2008. С. 202–209.

Харин А.Е. В саду у селекционера // Сад и огород. 2005. № 6. С. 24–27.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-2

О соответствии метода модельных выделов объекту исследования

Б.Г. Андреев

Томский филиал ФГБУ «ВНИИКР», Томск, Российская Федерация; b.g.andreev@mail.ru

Аннотация. В публикации описаны преимущества использования метода модельных выделов для изучения флорогенеза в зависимости от режима хозяйствования на территории городов. Продемонстрированы отличия результатов анализа флоры города, как единой неделимой нарушенной территории, с флорами групп местообитаний.

Ключевые слова: флора города, достижимый результат урбанофлористических исследований, Кемерово

On the correspondence of the model area method to the research object

B.G. Andreyev

Tomsk Branch of All-Russian Plant Quarantine Center ("VNIIKR"), Tomsk, Russian Federation; b.g.andreev@mail.ru

Abstract. The publication describes the advantages of using the method of model area to study florogenesis depending on the economic regime in cities. The differences between the results of the analysis of the flora of the city, as a single undivided disturbed territory, and the flora of habitat groups are demonstrated.

Keywords: city's flora, an achievable result of urban floristic research, Kemerovo-city

Перед урбанофлористами XXI в. стоит необходимость объяснить изменение флористического состава в процессе урбанизации, выявить тенденции флорогенеза на городских территориях и сделать городскую среду в большей степени пригодной для жизни человека.

Для выполнения названных задач предлагается ряд методов, среди которых выделяется метод модельных выделов, позволяющий отобразить пространственно-временную сложность городских территорий, хотя и требующий больших трудозатрат, необходимости соблюдать единство размеров, формы модельных выделов по сравнению с классическими подходами (Ильминских, 2014).

Метод модельных выделов был создан из-за необходимости осуществить системный подход к городской среде, отобразить наибольшую значимость во флорогенезе на территории города самого последнего участка геохронологической шкалы, отобразить соотношение естественного и искусственного в городской среде, сопоставить городскую флору с природной. Но при всём этом метод является прямым продолжением методических разработок, отображённых в трудах А.И. Толмачева (1986) и Б.А. Юрцева, Р.В. Камелина (1991), разрешившим противоречия, возникающие при использовании методов конкретных или локальных флор в городской среде без адаптации к объекту исследования.

Как указывают некоторые исследователи, ведущим методом при изучении флор городов является «маршрутный» (Третьякова и др., 2021). Было бы неплохо указать источник, где подробно описан «маршрутный метод», подразумевающий раскрытие отношения исследователя к объекту – флоре. Предположительно, большинство авторов опираются на работу В.В. Алехина (1938), который в разделе «Методика флористических исследований. Маршруты» давал рекомендации по составлению маршрута. Важно отметить, что описанная методика применима ко всем методам изучения флоры, будь то методы конкретных, локальных, парциальных флор или метод модельных выделов, так как в исследуемом контуре необходимо создать ряд маршрутов для выявления всех условий произрастания на этой ограниченной территории, при этом ограничения вводятся именно с ориентировкой на метод.

Среди 15 многолетних комплексных работ по изучению флор городов Сибири преобладают подходы, рассматривающие городскую территорию как нарушенную и неделимую, основным результатом подобных работ является флористический список для большой территории без учёта внутренней сложности (Andreyev, 2024). При этом, основные закономерности, которые можно было выявить таким подходом (Щербаков, 2006) были неоднократно опубликованы и подтверждены, а именно: преобладание в хорологической структуре видов с широкими ареалами, ксерофитизация и аустрализация флоры за счёт адвентивных видов, увеличение роли монокарпических трав в биоморфологической структуре, как приспособление к экстремальным условиям среды; в таксономической структуре большая доля маловидовых семейств и родов, увеличение роли урбанофилов, то есть преобладание аллохтонных тенденций; при проведении экологического анализа основной закономерно-

стью отмечена главенствующая роль физико-географического фактора по отношению к увлажнению, а также находит отражение в таксономической структуре городской флоры.

Для демонстрации пласта качественно нового научного знания о закономерностях флорогенеза в городской среде используются флористические списки, составленные на территории города Кемерово в апреле – октябре 2021–2023 гг. на территории 82 модельных выделов, равномерно расположенных в следующих зонах: многоэтажной жилой (МН), одноэтажной жилой (ОДН), приусадебной (СНТ), декоративной (ДЕК), кладбищенской (КЛ), железнодорожной (ЖД), свалочной (СВ), придорожной (ТР), промышленной (ПРОМ), лесной (ЛЕС), на суходольных лугах (СЛ), заливных лугах (ЗЛ), каменистых обнажениях и степях (СТ), в водоёмах (ВОДН) (приведённые сокращения используются далее по тексту в табл. и рис. 1–3). Подробно изучено 512,5 га – 1,6 % от площади города (Андреев, 2024). Экологический анализ проведён в пакете прикладных программ IBIS (Зверев, 2007) с применением шкал А.Ю. Королюка (2006). Биоморфологический анализ флоры проведён с использованием системы жизненных форм И.Г. Серебрякова (1962).

В условиях города таксономический анализ, считающийся традиционным, а в некоторых работах теряющий смысл, так как «сравнение проводится лишь только для сравнения» (Баранова, 2008), даёт нам представление не только о видовом, родовом, семейственном богатстве и соотношении таксонов, но и о способе появления видов на территории города и соотношении целенаправленного / случайного воздействия на видовой состав по группам местообитаний, что можно наблюдать по изменению состава ведущих таксонов флоры.

В первую очередь стоит отметить различия в показателях видового разнообразия между группами местообитаний. При сборе материала была определена граница репрезентативности для групп местообитаний, составляющая 25 га для каждой (Андреев, Зверев, 2023). Всего для города Кемерово выявлено 827 видов из 407 родов и 101 семейства. Если ограничиться общей информацией о видовом, родовом и семейственном разнообразии, то можно упустить из виду, что наибольший вклад в формирование разнообразия вносят слабонарушенные естественные участки на территории города. На суходольных лугах, в лесу, на заливных лугах сохраняется большое число аборигенных видов, а также происходит натурализация чужеродных, что объясняет высокое видовое разнообразие на периферии городов. В одноэтажной и многоэтажной жилых зонах встречается масса рудеральных видов, а также видны результаты нерегулярного стихийного влияния местного населения на флористический состав, что объясняет высокую долю чужеродных видов. Следующие группы: кладбищенская, декоративная и приусадебная характеризуются регулярным целенаправленным воздействием на видовой состав, привнесением культурных видов с последующим их распространением на прилегающие территории и удалением аборигенных видов в ходе прополки. Вдоль трасс, трамвайных, железнодорожных путей, на свалках, в промышленной зоне отмечены значительные доли чужеродных видов при низком видовом разнообразии, что обусловлено необратимым нарушением почвообразовательного процесса, которое способны выдерживать не все местные растения (таблица).

Видовое богатство и соотношение фракций во флоре групп местообитаний г. Кемерово

Группа местообитаний	Общее число видов	Число чужеродных видов	Число аборигенных видов	Доля чужеродных видов, %
МН	326	120	206	36,81
ОДН	326	116	210	35,58
СНТ	236	92	144	38,98
ДЕК	244	74	170	30,33
КЛ	252	71	181	28,17
ЖД	171	40	131	23,39
СВ	225	72	153	32,00
ТР	244	91	153	37,30
ПРОМ	154	41	113	26,62
ЛЕС	432	60	372	13,89
СЛ	462	93	369	20,13
ВОДН	91	2	89	2,20
ЗЛ	364	60	304	16,48
СКАЛ	181	12	169	6,63
Кемерово	827	222	605	26,84

При рассмотрении родо-видового спектра флоры города Кемерово по группам местообитания очевидным становится преимущество метода модельных выделов для интерпретации процессов, про-

текающих на территориях с различной хозяйственной деятельностью, по соотношению рангов ярко видны отличия участков городской территории с различной хозяйственной деятельностью от ненарушенных естественных, т.е. появляется возможность сравнить, например флору леса в городской черте со флорой естественных лесов, аналогично для лугов, водоёмов, скальных выходов и степных участков (Андреев, 2025). Род *Carex* в городе Кемерово, также как и в бореальных флорах, возглавляет список ведущих родов, но это достигается за счёт субурбанизированных территорий: лесов, лугов, водоёмов, естественных обнажений, представители отмечаются также в парках, созданных на основе естественного лесного массива, в то время как на большей части трансформированных участков не отмечено ни одного представителя. Виды рода *Potentilla* обильно представлены во всех группах местообитаний, так как значительная их часть имеет приспособления к переуплотнённым, слабообводнённым и хорошо дренируемым почвам, запылению и др. антропогенной нагрузке. Род *Salix*, стоящий на 3-м месте, отличается высоким видовым разнообразием за счёт представленности вдоль водоёмов, на лугах, в лесах и в декоративной зоне города, так как некоторые виды используются в озеленении; важное значение род имеет вдоль трасс и трамвайных путей, являясь аборигенной частью флоры, способной претерпевать экстенсивную антропогенную нагрузку (Андреев, 2024).

В экологических спектрах групп местообитаний по отношению к факторам увлажнения и богатства – засоления, расположенных по возрастанию средних значений во флористических списках видно смещение спектров для флоры Кемерово вправо, к более влажным местообитаниям (63,03 балла) (рис. 1), и влево, к более бедным азотом почвам (11,71) (рис. 2). Средние значения в общем списке не дают доказательной базы для выработки рекомендаций по озеленению отдельно взятых групп местообитаний; получаемая информация методом модельных выделов позволяет точнее подобрать ассортимент декоративных видов, способных выдерживать комплекс экологических факторов, отличающихся для каждой из зон города (Андреев и др., 2024).

В биоморфологической структуре флоры г. Кемерово отмечается преобладание поликарпических наземных трав над монокарпическими в 2,1 раза. Но при детальном рассмотрении соотношения монокарпиков к поликарпикам среди групп местообитаний выделяются трассы и трамвайные пути с соотношением 1:0,8, где антропогенная нагрузка на растения максимальная. Соотношение в многоэтажной, одноэтажной жилой застройке, в приусадебной, промышленной, свалочной и железнодорожных зонах варьирует между 1 : 1,3–1 : 1,8. Более благоприятные для растений группы местообитаний: суходольные и заливные луга, кладбища и водоёмы, где соотношение групп варьирует между 1 : 2,2 и 1 : 2,6. Соотношения монокарпиков к поликарпикам, приближенные к естественным значениям, отмечаются в слаботрансформированных городских лесах (1 : 3,4) и на естественных обнажениях (1 : 3,8). Чем меньше доля поликарпиков в группе местообитаний, тем менее благоприятные условия для онтогенеза растений на исследуемом участке города (рис. 3) (Андреев, Калабина, 2023).

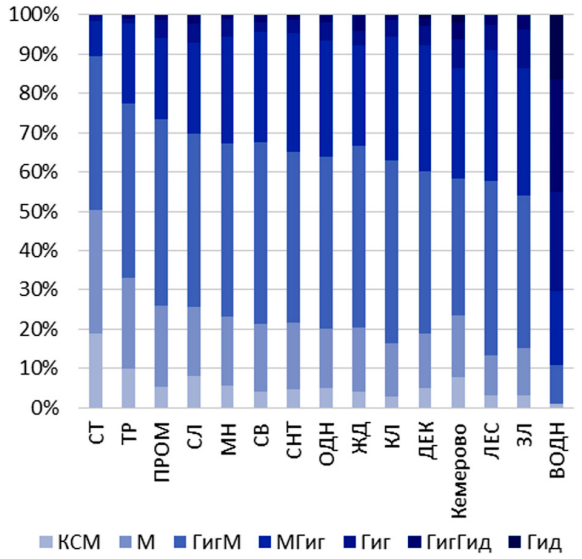


Рис. 1. Соотношение экологических групп по фактору увлажнения во флоре г. Кемерово

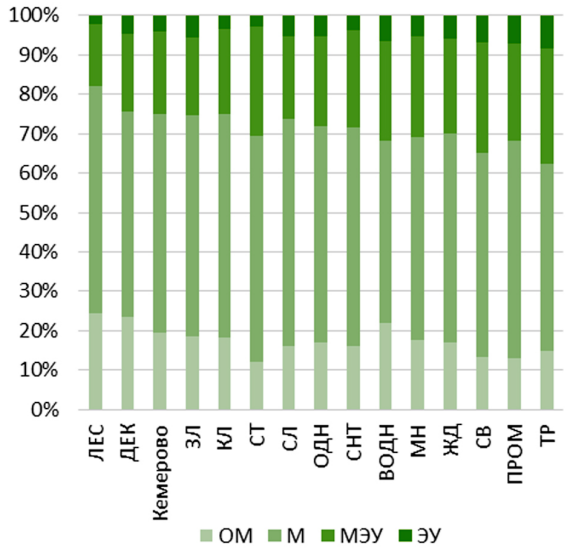


Рис. 2. Соотношение экологических групп по фактору богатства-засоления во флоре г. Кемерово

Условные обозначения: КСМ – ксеромезофиты, М – мезофиты, ГигМ – гигромезофиты, МГиг – мезогигрофиты, Гиг – гигрофиты, ГигГид – гигрогидрофиты, Гид – гидрофиты, ОМ – олигомезотрофы, М – мезотрофы, МЭУ – мезоэутрофы, ЭУ – эутрофы

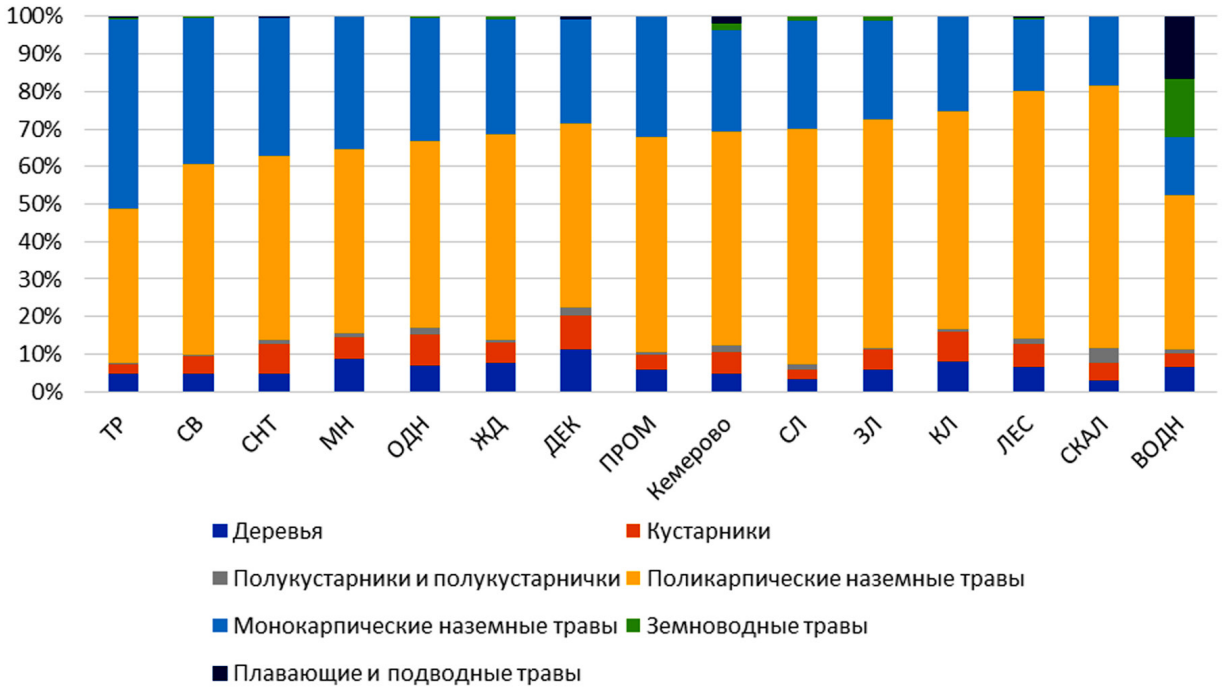


Рис. 3. Соотношение типов жизненных форм во флоре г. Кемерово

При проведении анализа флоры города, как единой нарушенной территории, теряется информация о способности аборигенных видов претерпевать специфичную антропогенную нагрузку в каждой из зон, что может служить основой для разработки рекомендаций по озеленению отдельно для каждой из групп местообитаний, а также рекомендаций по предотвращению растительных инвазий, так как во время анализа по группам местообитаний можно проследить путь натурализации.

Именно метод модельных выделов позволяет отобразить во флористическом составе всё разнообразие групп местообитаний растений на нарушенной мозаичной территории, а также продемонстрировать влияние целенаправленной человеческой деятельности на флору при различных режимах хозяйствования. К сожалению, на данном этапе развития сравнительной флористики слишком мало работ, использующих метод Н.Г. Ильминских (2014), поэтому трудно сделать однозначный вывод в отношении того, выявлены ли отличительные черты групп местообитаний в Кемерово по сравнению с аналогичными группами местообитаний в других городах, или уже начали выявляться общие закономерности по группам местообитаний, характерные для большинства городов умеренных широт. Именно к выявлению наиболее общих закономерностей по влиянию режима хозяйствования приведёт сбор относительно однородных данных в различных населённых пунктах. Открытие взаимосвязей и законов, действующих на городской территории, позволит человеку осуществлять свою деятельность более сознательно, направляя ее на улучшение качества жизни, что находится в рамках общих целей и задач науки (Корнфорт, 1956).

ЛИТЕРАТУРА

Алехин В.В. Методика полевого изучения растительности и флоры. М. : Напркомпрос, 1938. 208 с.

Андреев Б.Г. Список сосудистых растений флоры города Кемерово // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. 2024. № 30. С. 25–51.

Андреев Б.Г. Флора города Кемерово. URL: https://disk.yandex.ru/i/YRBxhCb6L7Tg4w Кемерово, 2024. 209 с.

Андреев Б.Г. Флора города Кемерово : автореф. дис. … канд. биол. наук. Новосибирск, 2025. 17 с.

Андреев Б.Г., Зверев А.А. Проверка полноты флористической выборки в урбанизированной среде // Ботаника и ботаники в меняющемся мире. Томск : Том. гос. ун-т, 2023. С. 20–24.

Андреев Б.Г., Калабина К.А. Биоморфологическая структура флоры города Кемерово // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2023. Т. 22, № 2. С. 17–20.

Андреев Б.Г., Шереметова С.А., Калабина К.А. Экологическая структура флоры города Кемерово // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2024. № 1. С. 5–15.

Баранова О.Г. Использование различных видов анализа при сравнительном изучении флор // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2008. С. 9–12.

Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова. Томск : ТМЛ-Пресс, 2007. 301 с.

Королюк А.Ю. Экологические оптимумы растений юга Сибири // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. 2006. № 12. С. 3–28.

Ильминских Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды. Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2014. 470 с.
Корнфорт М. Диалектический материализм. М. : Изд-во иностранной литературы, 1956. 498 с.
Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М. : Высшая школа, 1962. 378 с.
Толмачев А.И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. Новосибирск : Наука, 1986. 196 с.
Третьякова А.С., Баранова О.Г., Сенатор С.А., Панасенко Н.Н., Суткин А.В., Алихаджиев М.Х. Урбанофлористика в России: современное состояние и перспективы // Turczaninowia. 2021. Т. 24, № 1. С. 125–144.
Юрцев Б.А., Камелин Р.В. Основные понятия и термины флористики. Пермь : Перм. ун-т, 1991. 80 с.
Щербаков А.В. Ограничения на использование методов сравнительной флористики при анализе региональных и местных флор // Вопросы общей ботаники: традиции и перспективы. Казань, 2006. Т. 2. С. 197–198.
Andreyev B., Mamyrova S. The possibility of comparing the flora of Siberian cities. BIO Web conf., 2004. Vol. 128. 5 p.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-3

Класс *Calamagrostietea langsdorffii*: современное состояние изученности, проблемы и перспективы исследований

О.А. Аненхонов

ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН», Улан-Удэ, Российская Федерация; anen@yandex.ru

Аннотация. К настоящему времени в составе класса *Calamagrostietea langsdorffii* представлены 1 порядок, 3 союза, 21 ассоциация, 39 субассоциаций, 34 варианта, а также 2 безранговых сообщества. Большинство единиц выделены на ранних этапах развития синтаксономии растительности в СССР и России, с чем связано наличие ряда номенклатурных недостатков. Подчеркивается, что синтаксономическая структура класса несовершенна, характеризуется низким уровнем выявленности ценотического разнообразия и наличием проблем его соотношения со смежными классами луговой и болотной растительности.

Ключевые слова: болотистые луга, пойменные луга, синтаксономия, фитоценотическое разнообразие, Северная Азия

Class *Calamagrostietea langsdorffii*: current research status, problems and prospects for further studies

O.A. Anenkhonov

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation; anen@yandex.ru

Abstract. In the current state the class *Calamagrostietea langsdorffii* contains 1 order, 3 alliances, 21 associations, 39 subassociations, 34 variants, and 2 unranked communities. Most of the units have been established at the early stages of the development of vegetation syntaxonomy in the USSR and Russia. By this reason a lot of nomenclatural shortcomings occur in the class. It is emphasized that the syntaxonomic structure of the class is imperfect, the cenotic diversity is revealed only partly, and problems of relationships between *Calamagrostietea langsdorffii* and the adjacent classes of meadow and marsh vegetation still have not been resolved.

Keywords: wetlands, flooded meadows, syntaxonomy, phytocenotic diversity, North Asia

В связи с началом широкомасштабных работ по подготовке классификации растительности России (Плугатарь и др., 2020), было выполнено обобщение данных о синтаксономическом составе гликофитных пойменных лугов в Северной Азии, относимых к классу *Calamagrostietea langsdorffii*. Он был предложен в 1985 г. как класс, объединяющий гликофитные пойменные луга Сибири и Дальнего Востока (Ахтямов и др., 1985) и являющийся частичным викариантом евросибирского класса *Molinio–Arrhenatheretea* Tx. 1937 и евразиатского класса *Phragmito–Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941. Позднее, концепция класса была пересмотрена, объем класса сокращен путем выделения из него самостоятельного класса *Arundinello anomalae–Agrostietea trinii* Ermakov et Krestov 2009 (Ермаков, Крестов, 2009).

В результате обобщения всех доступных данных и ревизии выделенных единиц в соответствии с МКФН (Theurillat et al., 2021), установлена синтаксономическая структура класса *Calamagrostietea langsdorffii*. В итоге, к настоящему времени класс представлен 1 порядком, 3 союзами, 21 ассоциацией, 39 субассоциациями, 34 вариантами (ниже в списке синтаксонов субассоциации и варианты опущены), а также двумя безранговыми сообществами (community type). Кроме того, для 4 ассоциаций и двух сообществ, не включенных в общий продромус, приведены номенклатурные комментарии о причинах исключения из продромуса. Источники, указанные при характеристике синтаксонов в тексте, в списке литературы, ввиду многочисленности, опущены.

1. Класс ***Calamagrostietea langsdorffii*** Mirkin in Achtyamov, Mirkin et Urazmetov 1985 – Гликофитные болотистые луга Северной Азии, преимущественно в регионах влияния тихоокеанских воздушных масс Восточной Сибири и Дальнего Востока, обычно пойменные, иногда – на сырых внепойменных участках долин рек и озерных котловин. Syn: ***Geranio wlassoviani–Caricetea schmidtii*** Dymina 1985 p.p. *nom. inval.* [Art. 2b, 5, 8]. Объем класса принят согласно работе Н.Б. Ермакова, П.В. Крестова (2009), где из него исключен порядок ***Artemisietalia mandshuricae*** Achtyamov et al. 1985, а относившиеся к последнему сообщества включены во вновь описанный класс ***Arundinello anomalae–Agrostietea trinii*** Ermakov et Krestov 2009.

1.1. Порядок ***Calamagrostietalia langsdorffii*** Achtyamov, Mirkin et Urazmetov 1985 – Гликофитные болотистые луга Сибири и Дальнего Востока, обычно пойменные, иногда – сырые внепойменные участки долин рек и озерных котловин.

1.1.1. Союз ***Calamagrostion langsdorffii*** Achtyamov, Mirkin et Urazmetov 1985 – Вейниковые пойменные луга Сибири и Дальнего Востока.

1.1.1.1. ***Anemonidio dichotomae–Calamagrostietum langsdorffii*** Kononov, Mironova et Gogoleva 1988 *nom. nud.* [Art. 2b] – пойменные вениковые луга в Якутии. Данное название указано в «Продромусе растительных сообществ Якутии» (Гоголева и др., 2017). Исходя из указанного авторства и приведенного списка литературы, можно было предполагать, что эта ассоциация описана в статье К.Е. Кононова и др. (1988). Однако в данной статье такая ассоциация отсутствует. В иных источниках ее описание также не обнаружено, поэтому название этой ассоциации рассматриваем как *nomen nudum*.

1.1.1.2. ***Bromopsio inermis–Calamagrostietum langsdorffii*** Mirkin in Mirkin, Kononov, Gogoleva, Burtseva et Naumova 1992 – Кострецово-лангсдорфовейниковые луга поймы с интенсивным отложением аллювия и промерзающими аллювиальными почвами в южной Якутии.

1.1.1.3. ***Cacalio hastatae–Calamagrostietum langsdorffii*** Mirkin in Mirkin, Kononov, Gogoleva, Burtseva et Naumova 1992 – Разнотравно-лангсдорфовейниковые пойменные луга Южной Якутии и Прибайкалья.

1.1.1.4. ***Calamagrostietum langsdorffii*** Achtyamov, Mirkin et Urazmetov 1985 – Долгопоемные лангсдорфовейниковые луга Сибири и Дальнего Востока России. Syn: ***Calamagrostietum langsdorffii*** Nomokonov 1959 *nom. inval*. [Def. I, IV; Art. 2b]. Г.С. Таран (1995) отметил ассоциацию ***Calamagrostetum langsdorffii*** Achtyamov, Mirkin et Urazmetov 1985 как *nom. nud*., при этом он принял название ассоциации ***Calamagrostietum langsdorffii*** Nomokonov 1959, описанной Л.И. Номоконовым (1959) из долины р. Енисей с названием ***Calamagrostidetum langsdorffii*** (а в таблице на стр. 429, содержащей 4 описания, в ранге формации – ***Calamagrostideta langsdorffii***). За Г.С. Тараном последовала Н.В. Синельникова (2009), приняв название ***Calamagrostietum langsdorffii*** Nomokonov 1959. Однако название, принятое Г.С. Тараном (1995) и Н.В. Синельниковой (2009), не может быть использовано вследствие несоответствия его Определению I ICPN. Кроме того, описание ассоциации Л.И. Номоконовым (1959, 1971) было не валидным [Def. IV, Art. 2–8]. Лектотипификация названий, предложенных Л.И. Номоконовым, ни Г.С. Тараном, ни Н.В. Синельниковой не была выполнена. Для Камчатки ассоциация указывается В.Ю. Нешатаевой (2009: 338–339), которая привела ассоциацию ***Calamagrostidetum langsdorffii***, выделенную на основе эколого-фитоценотического подхода в составе формации ***Calamagrostideta langsdorffii***.

1.1.1.5. ***Comaro palustris–Calamagrostietum langsdorffii*** Gogoleva in Kononov, Gogoleva, Naumova et Pavlov 1989 *nom. ined.* [Art. 1] – Болотистые вейниковые луга в долине р. Лены. Данное название ассоциации было указано в «Продромусе растительности СССР» (Korotkov et al., 1991), а позднее – в «Продромусе растительных сообществ Якутии», но уже с обозначением 1988 года (Гоголева и др., 2017: 19). Исходя из указанного авторства и приведенных списков литературы, можно было предполагать, что эта ассоциация впервые указана в статье К.Е. Кононова и др. (1988), затем – описана в статье К.Е. Кононова (1989), депонированной в ВИНИТИ. Однако в первой статье (Кононов и др., 1988) такая ассоциация не приводится, а вторая (Кононов и др., 1989) не может рассматриваться как эффективная публикация, поэтому название ассоциации рассматриваем как *nomen ineditum*, и, соответственно, субассоциаций – как *nomen invalidum*.

1.1.1.6. ***Equiseto arvensis–Calamagrostietum langsdorffii*** Gogoleva in Kononov, Mironova et Gogoleva 1989 *nom. ined*. [Art. 1] – Прирусловые вейниковые луга в долине р. Лены. Данное название ассоциации было указано в «Продромусе растительности СССР» (Korotkov et al., 1991), а позднее – в «Продромусе растительных сообществ Якутии», но уже с обозначением 1988 года (Гоголева и др., 2017: 19). Исходя из указанного авторства и приведенных списков литературы, можно было предполагать, что эта ассоциация впервые указана в статье К.Е. Кононова и др. (1988), затем – описана (с выделением двух вариантов var. ***typica***, var. ***Swida alba***) в статье К.Е. Кононова (1989), депонированной в ВИНИТИ. Однако в первой статье (Кононов и др., 1988) такая ассоциация не приводится, а вторая (Кононов и др., 1989) не может рассматриваться как эффективная публикация, поэтому название ассоциации рассматриваем как *nomen ineditum*.

1.1.1.7. ***Lathyro pilosi–Calamagrostietum purpureae*** Rets 2012 nom. inval. [Art. 2b, 3c] – Вейниковые сырые луга в бассейне среднего Амура.

1.1.1.8. ***Phragmito–Calamagrostietum langsdorffii*** Achtyamov 1995 – Тростниково-лангсдорфовейниковые луга долины р. Амур.

1.1.1.9. ***Thalictro simplicis–Calamagrostietum langsdorffii*** Kononov 1983 *nom. ined.* [Art. 1] – Болотистые вейниковые луга в долине р. Лены. Данное название указано в «Продромусе растительности СССР» (Korotkov et al., 1991: 204) без указания авторов названия, но со ссылкой на работу

К.Е. Кононова (1983). Затем, название приведено в «Продромусе растительных сообществ Якутии» (Гоголева и др., 2017: 19) как ***Thalictro–Calamagrostetum langsdorffii*** Kononov et al. 1988. Исходя из указанного авторства и списков литературы в цитированных работах, можно предполагать, что эта ассоциация впервые указана в статье К.Е. Кононова (1983), депонированной в ВИНИТИ, затем – описана в статье К.Е. Кононова и др. (1988). Однако первая статья не может рассматриваться как эффективная публикация, а во второй такая ассоциация отсутствует. В иных работах описание этой ассоциации не обнаружено, поэтому ее название рассматриваем как *nomen ineditum*.

1.1.1.10. Com. type ***Truellum sieboldii–Calamagrostis langsdorffii*** – Лангсдорфовейниковые луга побережий Северного Байкала.

1.1.2. Союз ***Caricion appendiculatae*** Achtyamov, Mirkin et Urazmetov 1985 – Кочкарные крупноосоковые луга Сибири и Дальнего Востока. Syn: ***Caricion juncellae*** Kononov in Gogoleva, Kononov, Mirkin et Mironova 1987 [syntax. syn., см. Chytrý et al., 1993]. Данный союз предлагалось относить к порядку ***Magno–Caricetalia*** Pignatti 1953 (Ермаков, 2012) класса ***Phragmito–Magnocaricetea*** Klika in Klika et Novak 1941, на основе предположений о возможном отнесении ассоциаций ***Caricetum appendiculatae*** и ***Caricetum vesicato–appendiculatae*** к этому классу (Ермаков, Крестов, 2009). Позднее было предложено рассматривать ***Caricion appendiculatae*** в составе порядка ***Caricetalia dichroo–vesicatae*** Hilbig 2000 класса ***Phragmito–Magnocaricetea*** (Гоголева и др., 2017). Однако оснований для переноса этого союза в ***Magno–Caricetalia***, либо ***Caricetalia dichroo–vesicatae*** пока не имеется. В связи с этим, положение союза в составе ***Calamagrostietalia langsdorffii*** сохраняем. В качестве синтаксономического синонима к ***Caricion appendiculatae*** рассматриваем союз ***Caricion juncellae*** Kononov in Gogoleva, Kononov, Mirkin et Mironova 1987 (См.: Chytrý et al., 1993; Ермаков, 2012). Отметим также, что ассоциацию ***Caricetum juncellae*** Mirkin, Kononov et Gogoleva 1985, являющуюся номенклатурным типом союза ***Caricion juncellae*** предлагалось поместить в состав ***Magno–Caricion elatae*** Koch 1926 (Чепинога, 2015).

1.1.2.1. ***Anemonidio dichotomae–Calamagrostietum langsdorffii*** Mirkin 1992 – Лангсдорфовейниково-ситничковоосоковые пойменные луга долины р. Лены.

1.1.2.2. ***Caricetum appendiculatae*** Achtyamov 1995 – Кочкарные придатконосноосоковые луга и травяные болота Сибири и Дальнего Востока. ***C. appendiculatae*** и две субассоциации (***C. a. lysimachetosum davuricae*** и ***C. a. sanguisorbetosum parviflorae***) впервые были отмечены (без валидного описания) в работе М.Х. Ахтямова и др. (1985), затем предпринята попытка валидизации (Ахтямов, 1987), но эта публикация была не эффективна, т.к. депонирована в ВИНИТИ. В монографии М.Х. Ахтямова (1995) для ассоциации и субассоциаций (в том числе этих двух, а также для других, указанных в этой работе) приведены номенклатурные типы без указания, что здесь производится валидизация названия.

1.1.2.3. ***Caricetum juncellae*** Mirkin, Kononov et Gogoleva ex Chytry, Pešout et Anenchonov 1993 – Ситничковоосоковые болотистые луга и кочкарные травяные болота Сибири. Syn: ***Caricetum wiluicae*** Mironova 1981 *nom. ined.* [Art. 1; 2a, b; 5]. При первоописании данной ассоциации Б. М. Миркиным и др. в 1985 г. (Mirkin et al., 1985) в тексте не была сделана прямая ссылка на номенклатурный тип (оп. 17), обозначенный звездочкой в таблице 15. Затем эта ассоциация описана П.А. Гоголевой и др. (1987: 105–106) с ошибкой в указании номенклатурного типа – оп. 5 в таблице 31, но оп. 4 в списке местонахождений, который сопровождает указанную таблицу 31. При этом, в последнем случае ассоциация указана в составе союза ***Caricion juncellae*** Kononov in Gogoleva, Kononov, Mirkin et Mironova 1987 в качестве его номенклатурного типа. Пробел в типификации ассоциации впоследствии был исправлен M. Chytrý et al. (1993), при этом союз ***Caricion juncellae*** предлагалось считать синонимом к ***Caricion appendiculatae*** (Chytry et al., 1993), а несколько позже в работе Г.С. Тарана (1995) – к ***Magno–Caricion elatae***. Последнему предложению последовал В.В. Чепинога (2015), а первому последовали П.А. Гоголева и др. (2017). Еще более широкий взгляд на взаимоотношения этой группы сообществ предложила Н.В. Синельникова (2009), которая отнесла все «восточные» союзы (***Caricion appendiculatae***, ***Caricion dichroo–vesicatae***, ***Caricion juncellae***) к синонимам ***Magno–Caricion elatae***. До этого высказывалось мнение (Аненхонов, 2003), что сообщества союза ***Caricion juncellae*** из разных частей ареала *Carex juncella* могут быть включены в разные союзы, как в ***Magno–Caricion elatae***, так и в ***Caricion appendiculatae***. Подробных описаний сообществ этой ассоциации из Забайкальского края не имеется, однако Б.И. Дулепова (1996) указывает на широкое распространение вилюйскоосоковых травяных болот (*Carex wiluica* auct. = *C. juncella* subsp. *wiluica* = *C. juncella* = *Carex nigra* subsp. *juncea* (Fr.) Soó) в лесной зоне Восточного Забайкалья, особенно в северной ее части.

1.1.2.4. ***Caricetum vesicato–appendiculatae*** Achtyamov, Mirkin et Urazmetov 1985 – Придатконосноосоковые и пузыреватоосоково-придатконосноосоковые болотистые луга и травяные болота бассейнов рек Амур и Витим.

1.1.2.5. ***Carici appendiculatae–Calamagrostietum angustifoliae*** Achtyamov 1990 – Кочкарные придатконосноосоково-вейниковые пойменные луга и травяные болота Приамурья.

1.1.2.6. ***Carici aquatilis–Calamagrostietum langsdorffii*** Kononov 1983 *nom. ined.* [Art. 1] – Переходные сообщества от болотистых лугов к прибрежно-водной растительности. Данное название ассоциации указано в «Продромусе растительности СССР» (Korotkov et al., 1991: 205) без указания авторов названия, но со ссылкой на работы К.Е. Кононова (1983) и «Предварительный продромус …» (Миркин и др., 1988). Затем название приведено в «Продромусе растительных сообществ Якутии» (Гоголева и др., 2017: 19) как ***Cariceto aquatilis–Calamagrostetum langsdorffii*** Gogoleva in Kononov et al. 1988. Исходя из указанного авторства и списков литературы в цитированных работах, можно предполагать, что эта ассоциация впервые указана в статье К.Е. Кононова (1983), депонированной в ВИНИТИ, затем – описана в статье К.Е. Кононова и др. (1988). Однако первая статья не может рассматриваться как эффективная публикация, а во второй такая ассоциация отсутствует. В иных работах описание этой ассоциации не обнаружено, поэтому ее название рассматриваем как *nomen ineditum*.

1.1.2.7. ***Deschampsio turczaninowii–Caricetum juncellae*** Chytrý, Pešout et Anenchonov 1993 – Турчаниновощучково-ситничковоосоковые прибрежные сообщества Прибайкалья.

1.1.2.8. ***Salici myrtilloidis–Caricetum juncellae*** Sinelnikova 2009 – Пушицево-ивово-ситничковоосоковые пастбищные луга долины р. Колымы.

1.1.2.9. Com. type ***Carex meyeriana–Carex appendiculata*** – Травяные мейеро-придатконосноосоковые кочкарные болота.

1.1.3. Союз ***Caricion schmidtii*** Achtyamov, Mirkin et Urazmetov 1985 – Болотистые и настоящие луга Забайкалья и бассейна р. Амур в условиях остропеременного водного режима. Syn: ***Geranio wlassoviani–Caricetea schmidtii*** Dymina 1985 p.p. *nom. inval*. [Art. 2b, 5, 8].

1.1.3.1. ***Caltho membranaceae–Caricetum schmidtii*** Achtyamov 1995 – Разнотравно-лангсдорфовейниковые, разнотравно-шмидтоосоковые пойменные болотистые луга бассейна р. Амур. Syn: ***Caltheto–Caricetum schmidtii*** Achtyamov 1987 *nom. ined.*; ***Sio suave–Caricetum schmidtii*** Achtyamov, Mirkin et Urazmetov 1985 *nom. inval*. [Def. 1, Art. 2–7, syntax. syn.]; ***Sii suavis–Caricetum schmidtii*** Dymina 1985 *nom. inval*. [Art. 2b, *syntax. syn*.]. Ассоциация впервые приведена М.Х. Ахтямовым и др. в 1985 г. с указанием субассоциации ***typicum*** (Ахтямов и др., 1985: 22), но без валидного описания [*nom. nud*., Art. 2–7]; затем она указана в работе, депонированной в ВИНИТИ (Ахтямов, 1987) [*nom. inval*., Art. 1]. Полное валидное описание ассоциации (но уже без указания в ее составе субассоциации ***typicum***) приведено позднее (Ахтямов, 1995: 92–93). Согласно Рекомендации 10C ICPN, название ассоциации скорректировано путем приведения видового эпитета имяобразующего таксона.

1.1.3.2. ***Caricetum schmidtii*** Achtyamov 1995 – Разнотравно-шмидтоосоково-лангсдорфовейниковые сырые и болотистые пойменные луга бассейнов рек Амур и Витим. Syn: ***Caricetum schmidtii*** Dymina 1985 *nom. inval*. [Art. 2b; *syntax. syn*.], ***Caricetum schmidtii*** Achtyamov 1987 *nom. ined*. Ассоциация впервые приведена в 1985 г. с указанием субассоциаций ***C. s. typicum*** и ***C. s. miscanthetosum sacchariflori*** (Ахтямов и др., 1985: 22), но без валидного описания [*nom. nud*., Art. 2–7]; затем она указана в работе, депонированной в ВИНИТИ (Ахтямов, 1987) [*nom. inval*., Art. 1]. Полное валидное описание ассоциации (с указанием в ее составе трех субассоциаций – ***C. s. typicum***, ***C. s. miscanthetosum sacchariflori***, ***C. s. anemonidietosum dichotomae***) приведено позднее (Ахтямов, 1995: 87–92).

1.1.3.3. ***Festuco rubrae–Caricetum schmidtii*** Achtyamov, Mirkin et Urazmetov 1985 – Разнотравно-шмидтоосоково-лангсдорфовейниковые гигромезофитные и мезофитные пойменные луга бассейна среднего Амура, включая Уссури. Изначально типовая субассоциация была описана как ***Festuco rubrae–Caricetum schmidtii*** subass. ***violetosum patrinii*** (Ахтямов и др., 1985; Ахтямов, 1995) и такое название должно быть исправлено на автоним ***F. r.–C. s.*** subass. ***typicum*** [Art. 5b].

Синтаксон с неопределенным положением:

Calamagrostio langsdorffii–Spiraeetum salicifoliae Sinelnikova 2009 – Ситничковоосоково-лангсдорфовейниково-иволистнотаволговые постсенокосные пойменные лугово-кустарниковые сообщества долины р. Колымы. Н.В. Синельникова (2009) описала эту ассоциацию в составе союза ***Molinion*** W. Koch 1926 класса ***Molinio–Arrhenatheretea*** R. Tx. 1937 ex 1970, указав при этом, что физиономически и экологически сходные сообщества в Западной Сибири относятся к союзу ***Roso majalis–Betulion pendulae*** Iljina ex Taran 2000 лесного класса ***Brachypodio pinnati–Betuletea pendulae*** Ermakov, Korolyuk et Laschinsky 1991. Переходный характер данной ассоциации отражается и тем, что в её типичной субассоциации с высоким постоянством присутствуют лесные виды – *Calamagrostis lapponica* и *Chamaenerion angustifolium* (Синельникова, 2009). Возможно, нужно ее рассматривать как часть пока неописанного союза, викарного либо ***Roso majalis–Betulion pendulae***, либо

Salicion cinereae (Таран, 2004). При этом, данная ассоциация, вероятно, находится за рамками класса ***Calamagrostietea langsdorffii***. Таким образом, положение данной ассоциации в составе класса ***Calamagrostietea langsdorffii*** здесь принято условно, поскольку ее сообщества лугами не являются, а представляют собой постлуговые стадии пойменного сукцессионного ряда.

Комментарии к прочим названиям, не отраженным выше.

Calamagrostietum neglectae Mironova 1981 – ассоциация приведена в «Продромусе растительных сообществ Якутии» (Гоголева и др., 2017: 10) в составе союза ***Caricion appendiculatae*** Achtyamov, Mirkin et Urazmetov 1985. В списке цитированной литературы имеется единственная статья (Миронова, 1981 – статья, депонированная в ВИНИТИ), которая могла выступить первоисточником для описания данной ассоциации. Однако при изучении данной статьи (она содержит ряд различных синтаксонов, но не может рассматриваться как эффективная публикация, поэтому все приведенные в ней названия являются *nomen ineditum* [Art. 1]) ассоциации с названием ***Calamagrostietum neglectae*** не обнаружено. Таким образом, данное название рассматриваем как невалидное [Art. 2b, *nomen nudum*].

Caricetum lithophilae–juncellae Mironova in Gogoleva, Kononov, Mirkin et Mironova 1987 – данная ассоциация в «Продромусе синтаксонов растительности СССР» (Korotkov et al., 1991) находится в составе союза ***Caricion juncellae***, а в региональном справочнике «Продромус растительных сообществ Республики Саха (Якутия)» (Гоголева и др., 2017) включена в союз ***Caricion appendiculatae***, который отнесен к порядку ***Caricetalia dichroae–vesicatae*** Hilbig 2000 класса ***Phragmito–Magnocaricetea*** Klika in Klika et Novak 1941. Однако в работе П.А. Гоголевой и др. (1987) ассоциации с таким названием не имеется, а приводимая ассоциация с отчасти созвучным названием ***Caricetum lithophilae*** Mironova 1987 отнесена к союзу ***Alopecurion arundinacei*** Kononov 1986 в составе класса ***Hordeetea brevisubulati*** Mirkin et al. 1986.

Carici juncellae–Calamagrostietum langsdorffii Kononov in Gogoleva, Kononov, Mirkin et Mironova 1987 – эту ассоциацию приводит Н.В. Синельникова (2009: 41), но в работе П.А. Гоголевой и др. (1987) ассоциации с таким названием нами не обнаружено.

Carici juncellae–Salicetum rosmarinifoliae Korolyuk et Taran in Taran 1993 – эту ассоциацию приводит Н.В. Синельникова (2009: 41) в рубрике «Синонимы» в качестве сукцессионного аналога ассоциации ***Caricetum juncellae*** Mirkin, Kononov et Gogoleva 1985. В оригинальной работе (Таран, 1993) эта ассоциация относится к классу ***Alnetea glutinosae*** Tx. 1937.

Com. type ***Carex cespitosa*** – данный тип сообществ приведен в статье Reinecke et al. (2017), как принадлежащий к классу *Calamagrostietea langsdorffii*. Однако при обзоре видового состава геоботанических описаний однозначного подтверждения этого мнения не возникает.

Com. type ***Carex juncella–Carex rhynchophysa*** (Danihelka, Chytrý, 1995) – было высказано предположение, что данный тип сообществ, вероятно, относится к союзу ***Caricion appendiculatae*** (l.c.: 173). Однако представляется, что такие сообщества более близки к ассоциации ***Caricetum rhynchophysae*** Miyawaki et Fujiwara 1970 из союза ***Magno–Caricion elatae*** Koch 1926.

Обзор выделенных единиц показывает, что большинство из них выделены на ранних этапах развития синтаксономии растительности в СССР и России. Особенности этих этапов стали причиной наличия многочисленных номенклатурных недостатков, часть из которых пока не устранена. Также вполне очевидно, что синтаксономическая структура класса остается несовершенной, в основном из-за явно низкого уровня выявленности ценотического разнообразия класса и сопутствующей неразрешенности проблем его соотношения со смежными классами луговой и болотной растительности.

ЛИТЕРАТУРА

Ахтямов М.Х., Миркин Б.М., Уразметов Р.В. Calamagrostetea langsdorffii cl. nova в пойме р. Амур // Антропогенные процессы в растительности. Уфа, 1985. С. 21–34.

Ермаков Н.Б., Крестов П.В. Ревизия высших единиц луговой растительности юга Дальнего Востока // Растительность России. 2009. № 14. С. 37–48.

Плугатарь Ю.В., Ермаков Н.Б., Крестов П.В. и др. Концепция классификации растительности России как отражение современных задач фитоценологии // Растительность России. СПб., 2020. № 38. С. 3–12.

Theurillat J.P., Willner W., Fernandez-Gonzalez F., Bultmann H., Čarni A., Gigante D., Mucina L., Weber H.E. International Code of Phytosociological Nomenclature. 4th edition // Applied Vegetation Science. 2021. Vol. 24, № 2. P. 1–62.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-4

Фенологические наблюдения за древесными растениями открытого грунта в Сибирском ботаническом саду ТГУ

К.Г. Багирова, А.И. Залина, Н.Ю. Морозова, О.Д. Чернова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация; titova-kg@mail.ru

Аннотация. На базе дендрологической коллекции Ботанического сада к настоящему времени сформированы многолетние ряды фенологических наблюдений, при которых выделяются 25 феноэтапов для 491 таксона. Применяемая методика фенологических наблюдений за древесными растениями включая ежегодную оценку степени зимостойкости, цветения и плодоношения позволяет делать выводы о перспективности растений для дальнейшей интродукции и для расширения ассортимента деревьев и кустарников, используемых в зеленом строительстве Сибири.

Ключевые слова: фенология, интродукция, деревья, открытый грунт, Сибирский ботанический сад

Phenological observations of woody plants in open ground in the Siberian Botanical Garden of TSU

K.G. Baghirova, A.I. Zalina, N.Yu. Morozova, O.D. Chernova

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; titova-kg@mail.ru

Abstract. Based on the dendrological collection of the Botanical Garden, long-term series of phenological observations have been formed to date, in which 25 phenostages are distinguished for 491 taxa. The applied methodology of phenological observations of woody plants, including an annual assessment of the degree of winter hardiness, flowering and fruiting, allows us to draw conclusions about the prospects of plants for further introduction and for expanding the range of trees and shrubs used in landscaping in Siberia.

Keywords: phenology, introduction, trees, open ground, Siberian Botanical Garden

В настоящее время Сибирский ботанический сад – это крупное ботаническое научно-исследовательское учреждение, расположенное на двух территориях в границах города Томска, общей площадью около 117 га. Сад располагает богатейшими коллекционными фондами открытого и закрытого грунта. Дендрологическая коллекция насчитывает более 600 таксонов интродуцентов и видов местной флоры. Экспозиции, коллекции, питомник и участки естественного произрастания древесных растений занимают около 50 га.

Коллекцию древесных растений открытого грунта ботанического сада начал создавать его основатель П.Н. Крылов с первых лет существования сада. В 1885 г. им было посеяно 35 видов деревьев и кустарников, а также высажены сеянцы некоторых видов деревьев, привезенные с собой из Казани. На протяжении почти 100 лет коллекция непрерывно пополнялась и уже к 70-м гг. XX в. включала более 400 таксонов.

В 1983 г. при утверждении новой структуры сада на базе дендрогруппы отдела флоры была организована «Лаборатория дендрофлоры и интродукции древесных и кустарниковых растений». В 2016 г. название изменено на «Лаборатория дендрологии и ландшафтной архитектуры» (лаборатория дендрологии). Одним из основных направлений деятельности лаборатории дендрологии является интродукция и акклиматизация растений с целью пополнения коллекционного фонда и ассортимента растений для озеленения населенных пунктов. В комплексе интродукционных испытаний древесных растений изучение особенностей ритма сезонного развития видов и его соответствия с климатическим ритмом района интродукции проводят на основании фенологических наблюдений.

Первые фенологические наблюдения за древесными растениями на территории Ботанического сада проводились в арборетуме и его окрестностях по инициативе и под руководством П.Н. Крылова в 1919–1925 г. Результаты этих обследований были обобщены его ученицей Л.П. Сергиевской в работе «Фитофенологические наблюдения, произведённые в г. Томске и окрестностях в 1919–1921 гг., 1923–1925 гг.». В эти годы в арборетуме произрастало 90 видов деревьев и кустарников, 37 из которых вошли в список наблюдений, включающий 57 видов древесных растений.

После П.Н. Крылова (1931 г.) работы по интродукии не проводились до 1939 г., тогда их продолжил научный сотрудник ботанического сада А.Г. Гончаров и проводил испытания древесных и кустарниковых пород до 1955 г. К сожалению, данные по методике фитофенологических наблюдений того времени не сохранились.

С приходом первого специалиста-дендролога В.А. Морякиной в 1955 г. дендрологическое направление в СибБС получило новый виток развития. По её инициативе было привлечено огромное количество нового материала, осваивались новые методики в интродукции, в том числе с 1956 г. организованы регулярные фенологические наблюдения за древесными растениями коллекционного фонда СибБС для оценки их роста и развития. В первые годы наблюдения по основным фенофазам велись по методике БИН им. В.Л. Комарова и Географического общества СССР. В процессе интродукционных исследований в 1964 г. данная методика была расширена и дополнена применительно к местным условиям. Добавлены следующие фенофазы: продолжительность роста побегов, прирост побегов в см, начало, конец и степень их вызревания. Разработана трёхбалльная система оценки вызревания побегов. По данной методике фенологические наблюдения с 1965 г. проводили ст. науч. сотр. В.Д. Осипова и инженер М.А. Ковалева. В последующие годы к этой работе подключались все поступающие в лабораторию дендрологии сотрудники: с 1975 г. А.И. Залина, с 1989 г. А.Л. Баранова, с 2001 г. Н.Ю. Морозова. Благодаря такой научной преемственности наблюдения над древесными растениями коллекционного фонда ведутся непрерывно по настоящее время.

При дендрофенологических наблюдениях отмечаются 10 фенофаз часть из которых разбита на подфазы, всего 25 феноэтапов, характерных для древесных растений: набухание почек, распускание почек (начало фазы, начало и конец массового проявления, конец фазы), завершение облиствления, бутонизация, цветение (начало фазы, начало и конец массового проявления, конец фазы), рост побегов (начало и завершение), одревеснение побегов, окрашивание листьев (начало фазы, начало и конец массового проявления), листопад (начало фазы, начало и конец массового проявления, конец фазы), созревание плодов (начало фазы, начало и конец массового проявления, конец фазы). Дополнительно указывается средняя длина прироста побегов, цвет осенней окраски, дается оценка цветению и плодоношению по 5-балльной шкале, морозостойкость оценивается по 7-балльной шкале.

Для получения достаточной информации о перспективности того или иного вида приняты временные интервалы наблюдений для деревьев 30 лет и для кустарников 20 лет, по истечении которых наблюдения за видом прекращаются, в случае, если выводы о перспективности однозначны и не вызывают сомнений. Существует также список местных видов в качестве контрольной группы, наблюдения за которыми ведутся непрерывно.

В результате за все годы работы сформировались ряды непрерывных наблюдений сроком 60–68 лет для 37 таксонов, кроме того ряды более 30 лет для 110 таксонов и более 10 лет для 344 таксонов.

Наблюдения за дендроколлекцией оформляются традиционным образом – записи заносятся в полевой фенологический журнал, затем (в зимний период) переносятся на карточку, закрепленную за каждым таксоном. При заполнении карточки подсчитывается средняя многолетняя дата наступления фенофазы за 10 лет. Фенонаблюдения ведутся с различным интервалом от 1 дня до недели, в зависимости от скорости сменяемости фенологических явлений.

В последние годы стала ощутима необходимость переноса базы данных с бумажных носителей в электронные, что позволит облегчить ее обработку и обезопасить хранение. Однако, полного отказа от бумажных носителей пока не планируется.

С 2023 г. создается электронная база фенологических данных дендроколлекции, фенологические карточки оформляются на основе таблиц MS Excel. Использование электронной формы учета фенологических данных показало, что обработка результатов стала более удобной, наглядной и требует меньше времени, чем ранее.

Таким образом, на базе дендроколлекции Ботанического сада к настоящему времени сформированы многолетние ряды фенологических наблюдений, при которых выделяются 25 феноэтапов для 491 таксона. Применяемая методика фенологических наблюдений за древесными растениями, включая ежегодную оценку степени зимостойкости, цветения и плодоношения, позволяет делать выводы о перспективности растений для дальнейшей интродукции и для расширения ассортимента деревьев и кустарников, используемых в зеленом строительстве Сибири. На данный момент список древесных растений рекомендованных СибБС для озеленения г. Томска состоит из 125 наименований.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2024-0006).

ЛИТЕРАТУРА

Баранова А.Л. Состояние фондов внутривидовых форм и сортов древесных растений открытого грунта в Сибирском ботаническом саду ТГУ // Труды томского государственного университета. Ботанические сады. Проблемы интродукции. 2010. Т. 274. С. 74–77.

Булыгин Н.Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями // Пособие по проведению учебно-научных исследований по курсу дендрологии. Ленинград, 1979. 96 с.

Методы фенологических наблюдений при ботанических исследованиях // под ред. Г.Э. Шульц. М. ; Л. : Наука, 1966. 104 с.

Морякина В.А. Рост и развитие деревьев и кустарников, интродуцированных в Томске : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 1969. 22 с.

Морякина В.А. История и основные этапы интродукции древесных растений в Томске // Бюллетень Сибирского ботанического сада. 1970. № 7. С. 3–18.

Морякина В.А. Интродукция древесных и кустарниковых растений в Сибирском ботаническом саду // Бюллетень Сибирского ботанического сада. 1970. № 6. С. 19–26.

Осипова В.Д. Продолжительность цветения кустарников в Томске // Интродукция и акклиматизация растений. 1973. № 9. С. 10–14.

Роль ботанического сада в формировании экологической культуры человека / Е.С. Прокопьева, А.С. Прокопьев, М.С. Ямбуров, Е.Ю. Мачкинис, А.А. Войцеховская, А.Н. Бутенкова. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2022. 234 с.

Серова Л.А., Петрова Н.А., Куликова Л.В., Шакина Т.Н., Лоскутова Е.А. Фенологические наблюдения в Учебно-научном центре «Ботанический сад» СГУ (фиксация наблюдений и обработка результатов) // Hortus bot. 2021. Т. 16. С. 282–289. URL: http://hb.karelia.ru/journal/atricle.php?id=7765. DOI: 10.15393/j4.art.2021.7765

Сибирский ботанический сад // под ред. Н.В. Прикладова. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1969. С. 3–8.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-5

Цветоводство в Сибирском ботаническом саду Томского государственного университета (исторический ракурс, итоги, перспективы)

Т.Н. Беляева, А.Н. Бутенкова, Г.А. Шмакова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Сибирский ботанический сад, Томск, Российская Федерация; tnbel17@yandex.ru

Аннотация. Проанализирована история, современные достижения и перспективы интродукции цветочно-декоративных растений в Сибирском ботаническом саду. Коллекционные фонды растений открытого грунта составляют более 2000 видов и сортов. Наиболее крупными родовыми комплексами коллекции являются флокс, лилия, ирис, пион. Особое внимание уделяется сохранению национальных селекционных достижений. Описан вклад сотрудников лаборатории цветоводства в развитие научной, образовательной и просветительской деятельности Сибирского ботанического сада ТГУ.

Ключевые слова: цветочно-декоративные растения, коллекционные фонды, сохранение биоразнообразия, селекционные исследования, образовательная и просветительская деятельность

Floriculture in the Siberian Botanical Garden of Tomsk State University (historical perspective, results, and prospects)

T.N. Belyaeva, A.N. Butenkova, G.A. Shmakova

National Research Tomsk State University, Siberian Botanical Garden, Tomsk, Russian Federation; tnbel17@yandex.ru

Abstract. The article analyzes the history, current achievements and development prospects of the introduction of floral and ornamental plants in the Siberian Botanical Garden. The collection funds of open-field plants includes more than 2000 species and varieties. The largest generic complexes in the collection are phlox, lily, iris, and peony. Particular attention is paid to the preservation of national breeding achievements. The contribution of the floriculture laboratory staff to the development of scientific, educational, and outreach activities at the Siberian Botanical Garden of TSU is described.

Keywords: ornamental plants, collection funds, biodiversity conservation, breeding research, educational and outreach activities

Цветоводство как отрасль растениеводства на современном этапе характеризуются возрастанием спроса и непрерывным расширением ассортимента декоративных растений. Орнаментальные растения, улучшая санитарно-гигиенические и эстетические условия, способствуют оптимизации окружающей среды. Они служат для удовлетворения прежде всего эстетических и эмоциональных потребностей человека, снижения психоэмоциональных нагрузок, являясь «лекарством для души». Многие цветочно-декоративные растения являются ценными лекарственными, медоносными, пищевыми, кормовыми культурами.

В Сибирском ботаническом саду Национального исследовательского Томского государственного университета (СибБС ТГУ) создана и функционирует одна из старейших в Сибири научных школ интродукции растений. Первые декоративные многолетники были привлечены еще в конце XIX – начале XX вв. П.Н. Крыловым, сыгравшим важную роль в развитии коллекционных фондов цветочно-декоративных культур: некоторые виды и сорта пиона французской селекции ‘M-me Calot’, ‘Festiva Maxima’, ландыш майский и др. до сих пор сохранились на территории партерного цветника.

Целенаправленное создание коллекции цветочно-декоративных растений началось после Второй мировой войны под руководством научного сотрудника сада А.Ф. Чигаевой. Вместе с Т.П. Березовской, Александрой Федотовной было испытано 52 вида растений сибирской флоры. Многие виды привлекались в результате регулярных экспедиционных сборов в различных районах Сибири (Горный Алтай, Томская область, Забайкалье). Параллельно А.Ф. Чигаева занималась привлечением в коллекцию сортов георгин, гладиолуса, пиона, флокса, ириса. Особое внимание А.Ф. Чигаева уделяла флоксам (*Phlox* L.) как одной из ведущих культур открытого грунта. Из полученных гибридов было выделено 14, перспективных для условий Сибири: «Антарктида», «Юность», «Дружба народов» и др. Для использования в озеленении Западной Сибири было рекомендовано 85 сортов флокса метельчатого, один сорт флокса пятнистого (‘Schneepyramide’), три сорта флокса шиловидного.

В 60–70-е гг. прошлого века исследования декоративных растений природной флоры, которые выполнялись в рамках разработки глобальной проблемы интродукции и акклиматизации растений, были продолжены Р.М. Малышевой. В культуре испытаны многие виды семейства Ranunculaceae и

Paeoniaceae. Впервые в Сибири Р.М. Малышевой создан родовой комплекс *Paeonia* L. (пион), включающий более 20 видов и подвидов и около 50 садовых форм и сортов, представляющих значительную научную и практическую ценность.

Значение работы по привлечению разнообразного ассортимента растений в региональное озеленение особенно возросло в связи с интенсивным развитием в 1960–1980-е гг. новых индустриально-промышленных центров на севере Западной Сибири.

В 1980 г. сотрудниками СибБС ТГУ было разработано руководство по озеленению Томской области, которое включало разнообразный ассортимент древесных растений, 40 родов однолетних цветочно-декоративных растений и 20 родов многолетников.

Большая и трудоемкая работа была проделана сотрудниками ботанического сада по созданию нового многоуровнего партерного цветника, спроектированного директором, проф. В.А. Морякиной как сад непрерывного цветения. Часть цветочных композиций создавалась при ее непосредственном участии.

В 1983 г. на базе группы цветоводства была создана лаборатория интродукции цветочно-декоративных растений (заведующая – М.П. Тарасова), с 2000 г. исследованиями цветочных культур руководит д-р биол. наук Т.Н. Беляева.

С 2000 по 2025 гг. были значительно увеличены коллекционные фонды цветочно-декоративных растений открытого грунта, в настоящее время насчитывающие свыше 2000 видов и сортов растений. Коллекция флокса (более 300 сортов) является одной из крупнейших в России. Коллекции *Astilbe* Buch.-Ham. ex D.Don, *Lilium* L., *Paeonia*, *Iris* L., *Hemerocallis* L. являются гордостью ботанического сада (рис. 1). Динамично развиваются коллекции *Narcissus* L., *Heuchera* L., *Primula* L. Привлечены сорта корейских хризантем, что позволит расширить региональный ассортимент растений поздних сроков цветения. При подборе сортов привлекаются представители различных садовых групп, перспективных для региона, отражающие мировые тенденции развития селекции культуры с различными сроками цветения и габитусом, а также исторические и оригинальные культивары. Особое внимание уделяется сохранению национальных селекционных достижений. Данный подход обеспечивает репрезентативность как важную характеристику коллекционных фондов. В защищенном грунте культивируются сорта и гибриды пеларгонии, сенполии, альстремерии, антуриума, гиппеаструма и др.

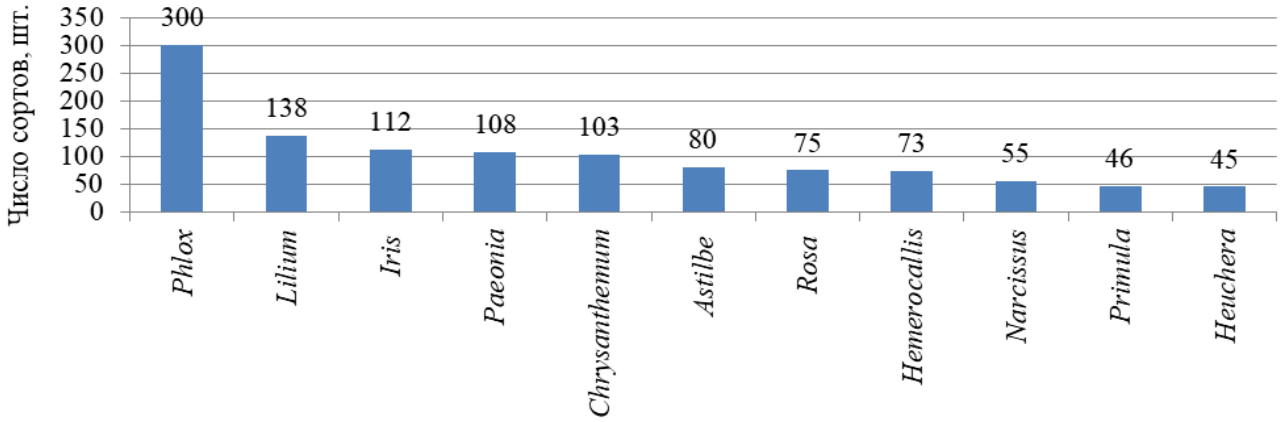


Рис. 1. Ведущие родовые комплексы цветочно-декоративных растений открытого грунта Сибирского ботанического сада

Создание и поддержание значительных по объему коллекционных фондов было бы невозможно без кропотливого и самоотверженного труда сотрудников сада. Значительный вклад внесли А.Ф. Чигаева, Р.М. Малышева, Т.Н. Беляева, М.П. Тарасова, Э.Н. Хаулина, Л.И. Гусева, О.А. Чуланова, Т.Г. Орлова, Н.Д. Соколова, из молодых сотрудников – А.Н. Бутенкова, Г.А. Шмакова.

Важным направлением работы ботанических садов является сохранение биоразнообразия растений как глобальной проблемы современности. На экспозициях лаборатории представлено 2 вида Международной Красной книги, 30 видов редких растений России и около 200 видов, включенных в региональные Красные книги Сибири и Дальнего Востока (рис. 2). Создана достаточно крупная коллекция видов природной флоры, что отражает современные направления развития ландшафтного дизайна: создание насаждений, состоящих преимущественно из видов местной флоры и устойчивых интродуцентов, адаптированных к условиям антропогенного воздействия.

Рис. 2. Редкие растения Сибири *Iris ludwigii* Maxim. и *Mertensia sibirica* (L.) G.Don. в экспозициях Сибирского ботанического сада

Большое внимание уделяется проектированию и конструированию экспозиций («Сад теневыносливых многолетников», «Лилейники», «Астильбы», «Флоксарий», «Хостарий», «Розарий»). Новые экспозиции служат прекрасным местом для отдыха томичей и гостей города, а также наглядным учебным пособием не только для студентов Томского государственного университета, но и для обучающихся других университетов города, колледжей и техникумов.

Уникальные фонды живых растений являются основой для проведения комплексных биологических исследований с привлечением современных популяционно-онтогенетических, анатомических, цитогенетических, фитохимических, физиологических, биотехнологических методов для потребностей озеленения, лекарственного растениеводства, сохранения биоразнообразия. Сотрудники лаборатории являются исполнителями и руководителями научных программ, госзаданий, грантов. Обобщены результаты многолетнего интродукционного исследования 567 видов декоративных многолетних двудольных растений в условиях подзоны южной тайги Западной Сибири. Выявлены закономерности сезонного развития, репродуктивной биологии, анатомо-морфологические признаки представителей 9 модельных семейств двудольных растений. Установлена взаимосвязь биологических особенностей с эколого-географическим происхождением видов, дана комплексная оценка интродукционной устойчивости (Беляева, Бутенкова, 2020). Разработаны технологии ускоренного размножения ценных декоративных многолетников с применением физиологически активных веществ и ферритов. Обоснованы научные принципы подбора ассортимента для различных моделей ландшафтного дизайна в лесной зоне Западной Сибири на основе экологического подхода с широким использованием многолетних растений. Результаты разработок использованы строительными фирмами (холдинг ТДСК), ТСЖ, ООО «Газпром трансгаз Томск», различными образовательными учреждениями, ландшафтными фирмами г. Томска и Томской области, частными лицами.

Новым направлением в работе лаборатории стало исследование декоративных растений с медицинским потенциалом, что позволило установить особенности развития и динамику накопления основных биологически активных веществ в надземной части *Echinacea purpurea* (L.) Moench (Беляева, Бутенкова, 2020). В 2026–2027 гг. планируется продолжить исследования отечественных сортов *Echinacea* лекарственного и декоративного направления совместно с сотрудниками ФГБНУ «ВИЛАР». Выявлены перспективные для южной тайги Западной Сибири сорта календулы декоративного и лекарственного направления с высоким содержанием каротиноидов и флавоноидов (Шмакова, 2023).

Выделены источники хозяйственно-ценных признаков цветочных культур, которые представляют интерес для селекции на улучшение декоративных (окраска, форма цветка, декоративность соцветия, оригинальность) и хозяйственно-биологических признаков (зимостойкость, период цветения, устойчивость к болезням, высокий коэффициент размножения). Создан обширный гибридный фонд и разработаны методы оценки перспективности гибридов и отборных форм растений. В 2024 г. было подано 11 заявок на регистрацию полученных в СибБС ТГУ новых сортов в Государственную Комиссию Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (Госсорткомиссия): эхинацеи (2), первоцвета (1), флокса (1), астильбы (5), пиона (1), гейхеры (1) (рис. 3).

Пион ‘Розочка’

Эхинацея ‘Алый Закат’

Примула ‘Сияющий Аметист’

Астильба ‘Плюшка’

Рис. 3. Перспективные гибриды, полученные в Сибирском ботаническом саду, поданные на регистрацию в Госсорткомиссию

Научные достижения в области изучения цветочно-декоративных растений представлены в виде 6 коллективных монографий и 3 авторских работ: «Флоксы в Сибири» (1969), «Пионы в Томской области» (1975), «Интродукция декоративных многолетников в южной тайге Западной Сибири» (2020). Опубликовано более 200 статей в различных отечественных и зарубежных научных журналах. На базе коллекционных фондов лаборатории подготовлены и успешно защищены 2 кандидатские (А.С. Прокопьев, А.Н. Бутенкова) и одна докторская (Т.Н. Беляева) диссертации.

Результаты научной деятельности неоднократно экспонировались на различных региональных и международных выставках и отмечены 6 медалями и 6 дипломами.

В лаборатории цветоводства проводится большая работа по реализации такой важной части миссии ботанических садов, как образование и просвещение.

Сотрудниками лаборатории осуществлено руководство более 85 магистерскими, курсовыми, дипломными работами, производственной и учебной практикой студентов ТГУ, подготовлено 5 учебно-методических пособий для студентов, учителей биологии и специалистов, занимающихся озеленением образовательных учреждений. Лучшие работы студентов, выполненные на базе лаборатории, отмечены дипломами студенческих конференций и медалью за лучшую работу студентов по естественным, техническим и гуманитарным наукам в вузах Российской Федерации. Студенты обучаются в полевых и лабораторных условиях, что делает образовательный процесс более наглядным, интересным и результативным. На высоком профессиональном уровне читаются учебные курсы «Ин-

тродукция растений», «Растениеводство закрытого грунта» в рамках магистерских и бакалаврских программ для студентов Биологического института ТГУ, а также курсы «Произведения садово-паркового искусства», «Ландшафтная архитектура как объект культурного наследия» для студентов Института культуры ТГУ.

В Томском институте переподготовки кадров и агробизнесса проводятся лекции в рамках дополнительной профессиональной программы «Агрообразование учителей: организация подсобного хозяйства на пришкольном участке».

Сотрудники лаборатории участвовали в проведении различных семинаров, олимпиад и конференций по экологии и охране природы совместно с отделом экологического образования и просвещения ОГБУ «Облкомприрода», Областным центром дополнительного образования и Департаментом природных ресурсов Томской области; сотрудничают с Томским техникумом социальных технологий. Организуют проведение мастер-классов для широких слоев населения, участвуют в различных университетских и общегородских мероприятий («Ночь в музее», «День томича» и др.), регулярно консультируют население по различным аспектам культивирования декоративных растений, организуют выставки цветов в СибБС ТГУ («Краски лета»), подготавливают видеоролики по агротехнике цветочных культур. Сотрудничают с обществом любителей декоративных растений г. Томска «Горицвет», средствами массовой информации г. Томска по вопросам озеленения и цветоводства.

К сожалению, существуют объективные трудности, обусловленные комплексом причин: дефицитом персонала, недостаточным объемом финансирования коллекций и отсутствием национальной программы развития цветоводства; тем не менее работа с цветами пробуждает творческий дух и делает жизнь прекрасней.

С учетом современных тенденций в развитии ботанических садов можно определить дальнейшие перспективы развития цветоводства в СибБС ТГУ:

– обогащение коллекционных фондов сортами растений, отражающих современные направления селекции; сохранение национальных селекционных достижений и проведение селекционных исследований;

– создание новых («Иридарий», «Ароматный Сад», «Сад хризантем») и реконструкция старых экспозиций («Пионарий», «Каменистый склон»);

– модернизация технологий культивирования цветочных растений;

– развитие экологического образования, просветительской деятельности (формирование образовательного центра для населения Томска), формирование социокультурной среды в ботаническом саду;

– выращивание качественного посадочного материала для населения.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2024-0006).

ЛИТЕРАТУРА

Беляева Т.Н., Бутенкова А.Н. Интродукция декоративных многолетников в южной тайге Западной Сибири. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2020. 422 с.

Верещагина И.В., Рубцова В.В., Чигаева А.Ф., Хуторная Ю.И. Флоксы в Сибири. Новосибирск : Наука, 1969. 99 с.

Малышева Р.М. Пионы в Томской области. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1975. 118 с.

Шмакова Г.А. Сравнительная оценка сортов *Calendula officinalis* L. при интродукции в условиях южной тайги Западной Сибири // Ботаника и ботаники в меняющемся мире: труды Международной научной конференции, посвященной 135-летию кафедры ботаники и 145-летию Томского государственного университета (Томск, 14–16 ноября 2023 г.). Томск : Изд-во Том. ун-та, 2023. С. 261–264.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-6

Опыт экспонирования коллекционных фондов декоративных растений открытого грунта Сибирского ботанического сада Томского государственного университета

А.Н. Бутенкова, Т.Н. Беляева, А.А. Войцеховская, Е.Ю. Мачкинис, Г.А. Шмакова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Сибирский ботанический сад, Томск, Российская Федерация; sbg-flowers@yandex.ru

Аннотация. В статье приводится описание опыта проведения выставок декоративных растений открытого грунта в Сибирском ботаническом саду ТГУ с 2012 г. по 2025 г. Целью выставочных мероприятий является популяризация знаний о региональной и мировой флоре, привлечение внимания горожан к проблеме сохранения биоразнообразия и к рациональному использованию растений природной флоры. На выставках можно увидеть мировые и отечественные достижения в области селекции растений открытого грунта, селекционные исследования и достижения Сибирского ботанического сада ТГУ. Ставшая ежегодной выставка «Краски лета» изменила формат от классической цветочной выставки до ботанического фестиваля, в рамках которого проходят научные и развлекательные мероприятия.

Ключевые слова: декоративные растения, выставка, коллекционные фонды

Experience of exhibiting collection funds of ornamental plants of the Siberian Botanical Garden of Tomsk State University

A.N. Butenkova, T.N. Belyaeva, A.A. Voitsekhovskaya, E.Yu. Machkinis, G.A. Shmakova

National Research Tomsk State University, Siberian Botanical Garden, Tomsk, Russian Federation; sbg-flowers@yandex.ru

Abstract. The article describes the experience of holding exhibitions of ornamental open-ground plants in the Siberian Botanical Garden of TSU from 2012 to 2025. The purpose of the exhibition events is to popularize knowledge about regional and world flora, attract the attention of citizens to the problem of preserving biodiversity and the rational use of plants of the natural flora. At the exhibitions, you can see world and domestic achievements in the field of breeding open-ground plants, breeding research and achievements of the Siberian Botanical Garden of TSU. The annual exhibition “Colors of Summer” has changed its format from a classic flower exhibition to a botanical festival, which includes scientific and entertainment events.

Keywords: ornamental plants, exhibition, collection funds

В настоящее время отмечается увеличение спроса на орнаментальные растения и расширение их ассортимента. Декоративные растения служат для удовлетворения эстетических и эмоциональных потребностей человека, способствуют снятию стресса и психоэмоциональной разгрузке (Беляева, Бутенкова, 2020). Многие цветочно-декоративные растения могут быть одновременно ценными лекарственными, медоносными, пищевыми и / или кормовыми культурами.

Сибирский ботанический сад Томского государственного университета (СибБС ТГУ) является первым ботаническим садом в азиатской части России и одним из ведущих региональных интродукционных центров. Впервые травянистые декоративные многолетники были привлечены в ботанический сад в конце XIX в. П.Н. Крыловым. В 2025 г. коллекционные фонды многолетних растений открытого грунта лаборатории цветоводства Сибирского ботанического сада Томского государственного университета включают более 2000 видов, сортов, форм и разновидностей. Основу коллекций составляют зимостойкие и устойчивые к абиотическим и биотическим факторам виды и сорта растений, наиболее адаптированные к почвенно-климатическим условиям подзоны южной тайги Западной Сибири (Беляева и др., 2023).

За последние 20 лет на открытой территории СибБС ТГУ созданы новые экспозиции, которые не только демонстрируют коллекционные фонды ботанического сада, но и служат прекрасным местом для отдыха томичей и гостей города, а также наглядным учебным пособием для студентов университетов, колледжей и техникумов: Сад теневыносливых многолетников, Лилейники, Астильбы, Флоксарий, Хостарий. В 2023 г. на средства, выделенные Фондом управления целевым капиталом (Эндаумент-фонд) Томского государственного университета, заложен розарий в регулярном (французском) стиле, включающий более 70 сортов роз. Для лучшей демонстрации коллекционных фондов и акцентировании внимания на отдельных интересных сортах, сотрудниками СибБС ТГУ организуются выставки декоративных растений.

Целью выставочных мероприятий является популяризация знаний о региональной и мировой флоре, привлечение внимания горожан к проблеме сохранения биоразнообразия и к рациональному использованию растений природной флоры. На выставках можно увидеть мировые и отечественные

достижения в области селекции растений открытого грунта, селекционные исследования и достижения Сибирского ботанического сада ТГУ. Для посетителей выставка является отличной возможностью ознакомиться с разнообразием растений нашей планеты, получить заряд энергии, почувствовать атмосферу красоты, радости и праздника, вдохновение от общения с прекрасным.

Впервые выставка цветов «Краски лета» была организована на базе Сибирского ботанического сада в августе 2012 г. совместно с обществом любителей цветов г. Томска «Горицвет». Выставка проходила в фойе СибБС ТГУ в классическом формате цветочной выставки: на столах размещали вазы и стеклянные колбы со срезанными соцветиями (рис. 1). Тогда безусловными фаворитами выставки стали лилии раздела ОТ-Гибриды и флоксы. Как оказалось, большинство посетителей, за исключением «продвинутых цветоводов», понятия не имели о разнообразии современных флоксов и были просто поражены представленным богатством окрасок, формой соцветий и цветков. А ведь на выставке было представлено всего 29 сортов. Мероприятие проходило в течение трех дней и включало экскурсии по экспозициям открытого грунта, лекции по флоксам и каменистым садам, мастер-классы по флористике и черенкованию роз.

Выставочное пространство в фойе, 2012 г.

Выставочное пространство в оранжерейном комплексе, 2025 г.

Рис. 1. Изменение выставочного пространства культурно-просветительского мероприятия «Краски лета»

В 2017 г. в конце июля выставка преобразилась в выставку-фестиваль декоративных растений «Вальс цветов», подготовленную сотрудниками лаборатории цветоводства и лаборатории редких растений совместно с обществом цветоводов-любителей г. Томска «Горицвет». На выставке побывало более 1000 человек, которые в рамках программы выставки-фестиваля смогли посетить экспозиции открытого грунта и оранжерейного комплекса ботанического сада в составе экскурсионных групп. Сотрудниками ботанического сада были проведены мастер-классы по размножению комнатных (замиокулькас, фуксия, мирт) и садовых (флоксы, розы, гейхеры, примулы) растений, позволившие посетителям приобрести практические навыки. В рамках выставки стартовал также интеллектуальный эко-квест «Сокровища Заповедного парка» (Прокопьева, 2022). В выставочном пространстве конференц-зала СибБС ТГУ были представлены сорта ведущих декоративных культур, цветущих во второй половине лета. Украшением выставки стали монохромные букеты из растений для «белого» и «розового» сада, цветника в «солнечном цвете», оригинальных многолетников: кровохлебки, горечавки, астильбоидеса пластинчатого и др. Романтическую атмосферу дополняли вальсы из произведений русских и зарубежных композиторов, стихотворения и легенды о цветах, а также развлекательная игра, основанная на «языке цветов». На выставке проходило голосование «Лучший сорт

флокса». На суд посетителей был представлен 31 сорт отечественной и зарубежной селекции. Голоса распределились достаточно равномерно, тем не менее, было выявлено 5 сортов-лидеров: ‘Peppermint Twist’ (8,67 % голосов), ‘Bridesmaid’ (8,09 %), ‘Лунный Камень’ (8,09 %), ‘Евростиль Розовые Звездочки’ (6,36 %) и ‘Игорь Тальков’ (6,36 %). Кроме того, было выявлено 2 явных аутсайдера, не получивших ни одного голоса: ‘Уральские Сказы’ и ‘Junior Bouquet’ (рис. 2).

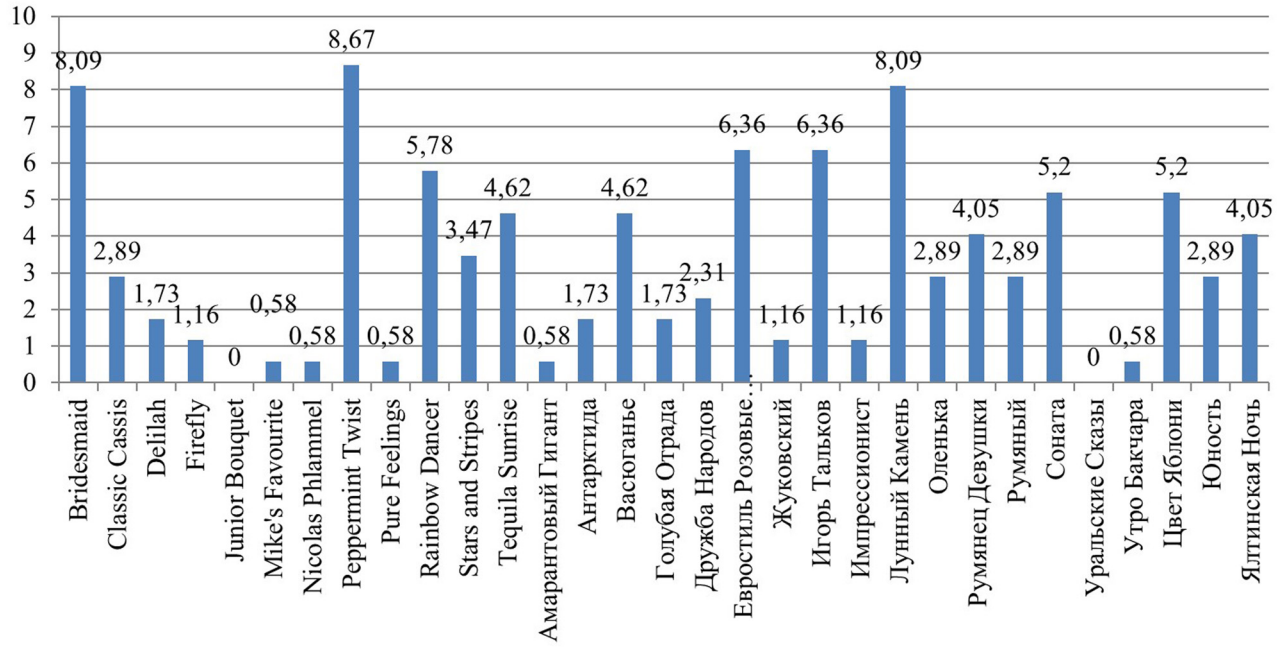


Рис. 2. Результаты голосования «Лучший сорт флокса», 2017 г.

В связи с отменой массовых мероприятий, а также ограничениями, связанными с эпидемией COVID-19, выставка декоративных растений приобрела новый формат и новое место. Данный формат изначально был предназначен для исключения контакта посетителей друг с другом и с сотрудниками. В 2021 г. выставка «Краски лета» была организована в проходном выставочном пространстве, находящемся в теплом субтропическом отделе оранжерейного комплекса (рис. 1). Срезанные растения в вазах были оформлены в букеты. Выставленные экспонаты снабжались этикетками с названиями сортов, русскими и латинскими названиями видов, а также указанием оригинаторов и годов, когда сорта были выведены. Кроме того, выставка стала проходить по выходным дням на протяжении нескольких недель, а экспозиции – меняться каждую неделю. Со временем на выставке начали размещать небольшие, но емкие информационные таблички с интересными фактами о представленных растениях. Таким образом, новая форма посещения ботанического сада, появившаяся в период ковидных ограничений, – самостоятельные экскурсии, была поддержана и при проведении выставки. При этом посещение выставки осталось очень информативным и стало более удобным.

На выставке 2021 г. были представлены как традиционные цветочные культуры, так и малораспространенные декоративные многолетники. Выставка была дополнена необычными и интересными композициями и красочными икебанами.

В 2022 г. посетителям было представлено более 100 видов и сортов декоративных садовых растений на уже ставшей ежегодной выставке «Краски лета».

Выставка 2023 г. побила рекорд по продолжительности и количеству представленных растений: с 24 июня по 27 августа, от сортов пионов и ирисов до поздних флоксов и осеннецветущих растений. Были представлены и старинные сорта, ведущие свою историю с 1895 года, и сорта, полученные в Сибирском ботаническом саду, и современные сорта-спайдеры.

В связи с ремонтными работами в оранжерейном комплексе в 2024 и 2025 гг. выставка проходила в сокращенном формате.

В 2025 г. ставшая традиционной летняя выставка декоративных растений была дополнена увлекательными событиями, состояла из серии мероприятий, и преобразилась в Ботанический фестиваль «Краски лета», который проходил с 12 июля по 10 августа в оранжерейном комплексе и Заповедном парке Сибирского ботанического сада. В рамках фестиваля были организованы 3 основных мероприятия (рис. 3).

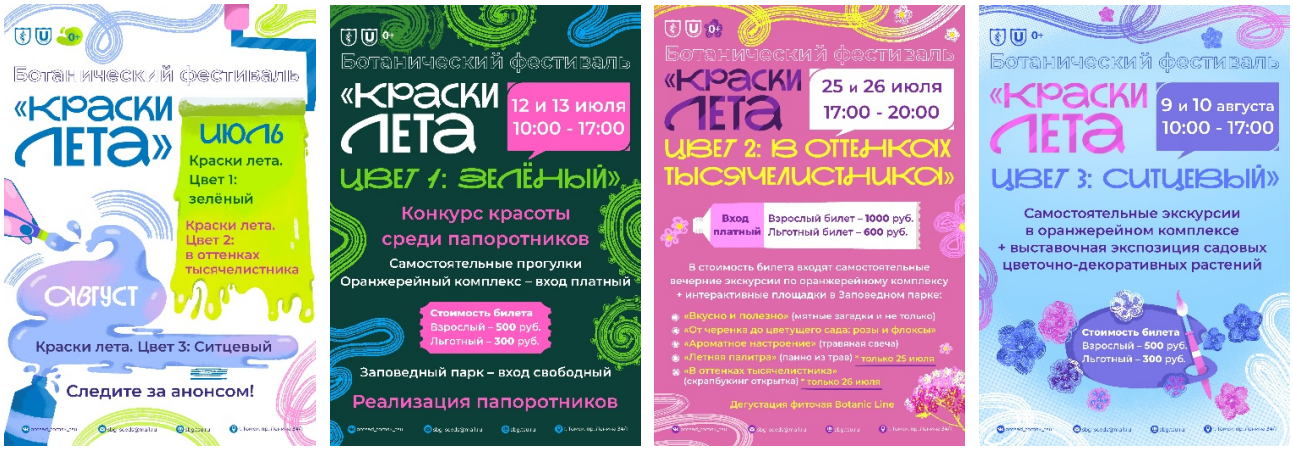


Рис. 3. Афиши мероприятий «Краски лета», 2025 г.

1. «Краски лета. Цвет 1: зелёный».

12 и 13 июля была представлена выставочная экспозиция цветочно-декоративных растений (сорта лилий, лилейников, роз, а также других цветущих многолетников), дополненная подборкой любопытной информации, а также проходил конкурс красоты среди папоротников. В конкурсе участвовали как растения, относящиеся к одной систематической группе (роду), так и отдельные виды. Гуляя по оранжереям, можно было полюбоваться разнообразными вайями номинантов и определить для себя победителя среди тропических папоротников. В Заповедном парке сада также была представлена экспозиция папоротников для участия в конкурсе.

Победителем среди тропических папоротников стал род нефролепис, включающий около 30 видов травянистых многолетних растений, распространённых по всему земному шару. Некоторые его виды используют как горшочную культуру, а также как ампельные растения.

Среди папоротников Заповедного парка одержал победу адиантум стоповидный – изящный папоротник, известный своей декоративностью и неприхотливостью. Его вайи, расположенные на тонких черных черешках, напоминают форму подковы или стопы, отсюда и название.

В фойе сада можно было отдохнуть, посмотреть видеосюжет на тему папоротников и приобрести понравившиеся растения.

Любовались выставкой и голосовали за понравившиеся папоротники почти 900 человек.

2. «Краски лета. Цвет 2: в оттенках тысячелистника».

Второе мероприятие фестиваля проходило с 25 по 27 июля. С пятницы по воскресенье можно было полюбоваться выставочной экспозицией красивоцветущих растений открытого грунта (лилии, лилейники, флоксы и малораспространенные многолетники). В пятницу и субботу также проходила вечерняя программа с 17:00 до 20:00, которая включала интерактивные площадки на территории сада:

– «Летняя палитра» (панно из трав). Одним из самых атмосферных мест вечера стала белая беседка партерного цветника. Участники с вдохновением погрузились в увлекательный процесс создания картин из летних трав. Тысячелистник, мята, зверобой, иван-чай, пижма, полынь, ромашки, злаки и многие другие травы переплелись в уникальное ароматное панно. Процесс создания такого элемента декора развивает творческие навыки, мелкую моторику, знакомит с разнообразием сибирских трав, а также является ароматерапией, способствующей снятию стресса и улучшению настроения.

– «В оттенках тысячелистника» (открытка в технике скрапбукинг). Дать волю воображению можно было при создании открытки. Все начиналось с белого листа и постепенно расцветало яркими красками. Сушеные травы и цветы, ленты, сургучная печать и наклейки с растительным орнаментом, теплые пожелания складывались в авторские композиции, отражающие личные истории, ассоциации и воспоминания.

– «Ароматное настроение» (травяная свеча). Травяная свеча является бесфитильной и горит за счёт трав, находящихся в толще воска. Гостям было предложены душистые добавки, чтобы создать свой неповторимый аромат и дизайн свечи. После застывания свечей наши творцы восторженно вынимали их из форм, восхищаясь проделанной работой. Каждый участник унёс с собой собственноручно сделанную свечу, как символ хорошего настроения и памяти о саде, чтобы потом зажечь её и насладиться ароматом мёда и трав, собранных в середине лета.

– «От черенка до цветущего сада: розы и флоксы» и «Вкусно и полезно» (мятные загадки и не только). Научные знания и их практическое применение легли в основу проведения данных площа-

док. Посетители научились черенковать розы и флоксы, узнали много интересного об этих культурах. Открыли для себя разнообразие сортов мяты перечной с различными ароматами: груша, шоколад, барбарис, ананас, банан, грейпфрут и многие другие (всего в коллекции ботанического сада более 60 сортов мяты). Также на площадке можно было попробовать угадать на ощупь и визуально определить компоненты травяного сбора, входящие в состав травяного чая, которые тут же можно было продегустировать.

В мероприятии приняли участие более 1000 человек.

3. «Краски лета. Цвет 3: ситцевый».

Третье мероприятие в рамках Ботанического фестиваля состоялось 9 и 10 августа, и включало в себя выставку цветочно-декоративных растений. Что такое ситцевый цвет? Это и нежные и яркие тона, присущие ситцевой ткани, и узоры «в цветочек», которые на выставке цветов, в буквальном смысле этого слова, оживают. Выставка сортов садовых растений была дополнена интересными фактами и поэзией, посвященной представленным культурам. Было продемонстрировано 40 экспонатов, среди которых ярко выделялись сорта флоксов и представителей семейства Астровые. Отдельная информационная табличка была посвящена белым флоксам, 3 сорта которых можно было подробно рассмотреть на выставке. Особый интерес у посетителей вызвали оригинальный букет из плодов воронца и «вечный букет» из сухоцветов.

Выставку посетили более 1000 человек.

Таким образом, за период 2012–2025 гг. выставка коллекционных фондов декоративных растений открытого грунта, проводимая в Сибирском ботаническом саду Томского государственного университета изменила формат от классической цветочной выставки до ботанического фестиваля, в рамках которого проходят научные и развлекательные мероприятия.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2024-0006).

ЛИТЕРАТУРА

Беляева Т.Н., Бутенкова А.Н. Интродукция декоративных многолетников в южной тайге Западной Сибири. Томск : Издательство Томского государственного университета, 2020. 421 с.

Беляева Т.Н., Бутенкова А.Н., Шмакова Г.А. Коллекционные фонды декоративных растений открытого грунта Сибирского ботанического сада Томского государственного университета (принципы формирования, состав, перспективы развития, значение) // Наследие академика Н.В. Цицина: Ботанические сады. Отдаленная гибридизация растений и животных : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 125-летию академика Н.В. Цицина (Москва, 3–7 июля 2023 г.). М. : 3С-пресс, 2023. С. 59–61. DOI: 10.35102/cbg.2023.93.23.017

Прокопьева Е.С., Прокопьев А.С., Ямбуров М.С., Мачкинис Е.Ю., Войцеховская А.А., Бутенкова А.Н. Роль ботанического сада в формировании экологической культуры человека. Томск : Издательство Томского государственного университета, 2022. 234 с.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-7

Род очиток (*Sedum* L. s. str., Crassulaceae) в Евразии

В.В. Бялт

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Российская Федерация; byalt66@mail.ru; VByalt@binran.ru

Аннотация. В Евразии встречается 332 вида и подвида рода очиток (*Sedum* L. s. sr.) из сем. Crassulaceae. Большинство видов рода сосредоточены в Восточной Азии и примыкающих Гималаях, в меньшей степени в горах и предгорьях в Средиземноморье, на Кавказе и Малой Азии. На остальной территории Евразии, особенно в равнинных регионах и на севере субконтинента род представлен единичными видами. В России *Sedum* s. str. – является самым крупным родом Crassulaceae, при этом здесь встречается только 23 вида настоящих очитков (Бялт, 2013). В Сибири и на Дальнем Востоке России вообще встречается только 2 вида – *S. acre* L. и *S. albertii* Regel в Западной Сибири. Несколько видов приводятся как заносные (например, *S. acre* L. на Российском Дальнем Востоке, *S. hispanicum* L. – в Сибири). Виды толстянковых, которые традиционно приводятся для Сибири и РДВ как очитки, по современным молекулярным данным относятся к другим родам подсем. *Sedoideae*, таким как *Hylotelephium* H. Ohba, *Aizopsis* Grulich (или *Phedimus* Raf. s.l.) и *Rhodiola* L.

Ключевые слова: география растений, заносные виды, Западная Сибирь, местообитание, чужеродные (адвентивные) виды, Ямал

The genus *Sedum* L. s. str., Crassulaceae in Eurasia

V.V. Byalt

Komarov Botanical Institute RAS, St. Petersburg, Russian Federation; byalt66@mail.ru; VByalt@binran.ru

Abstract. In Eurasia, there are 332 species and subspecies of the genus *Sedum* L. s. sr. from the family Crassulaceae. Most species of the genus are concentrated in East Asia and the adjacent Himalayas, to a lesser extent in the mountains and foothills of the Mediterranean and the Caucasus and Asia Minor. In the rest of Eurasia, especially in the plains and in the north of the subcontinent, they are represented by single species. In Russia, *Sedum* s. str. is the largest genus of Crassulaceae, but only 23 species of true sedums are found here (Byalt, 2013). In Siberia and the Russian Far East, there are only 2 species – *S. acre* L. and *S. albertii* Regel in Western Siberia. Several species are listed as alien (for example, *S. acre* L. in the Russian Far East, *S. hispanicum* L. in Siberia). The species of Crassulaceae, which are traditionally listed for Siberia and the Russian Far East as sedums, according to modern molecular data belong to other genera of the subfamily *Sedoideae*, such as *Hylotelephium* H. Ohba, *Aizopsis* Grulich (or *Phedimus* Raf. s. l.) and *Rhodiola* L.

Keywords: plant geography, alien species, Western Siberia, habitat, alien (adventive) species, Yamal

Толстянковые являются самым крупным семейством суккулентов в Евразии. По нашим данным, 720 видов этого семейства из 25 родов (более 42 % всех видов семейства) распространены, практически, по всей территории материка, вплоть до арктических пустынь. Кроме того, не менее 450 видов встречаются в культуре в европейских странах (Knees et al., 1995) и, следовательно, более половины видового состава Crassulaceae (всего в семействе около 1500–1700 видов) представлены здесь (Grulich, 1984; Eggli, Hart, Nyffeler, 1995; Hart, 1995; Ohba, 1995; Eggli, 2003; Бялт, 2008).

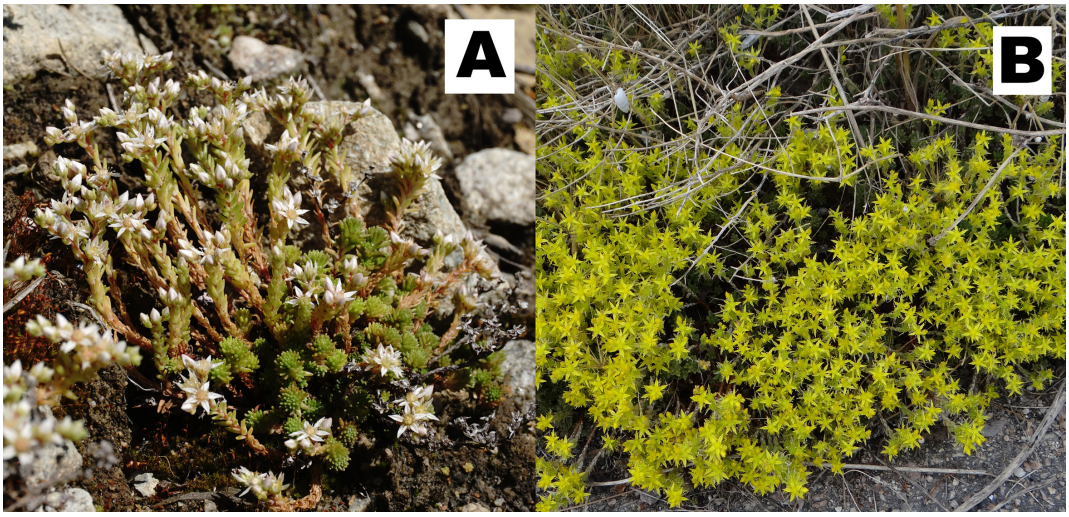
Толстянковые также являются самым крупным семейством суккулентов в России. Около 100 видов этого семейства из 13 родов распространены практически по всей территории России, вплоть до арктических пустынь (Борисова, 1939, 1970; Бялт, 2008). Последняя система семейства для России была опубликована А.Г. Борисовой в 1970 г. (Борисова, 1970). Она включала все виды сем. для бывшего СССР и очитки в ней рассматривались довольно широко (включая род *Hylotelephium, Aizopsis, Phedimus* и исключая род *Rhodiola*). Конечно же, за 55 лет система устарела и необходимо провести ее ревизию с учетом современных данных.

Современные молекулярно-генетические данные совершенно чётко показывают, что род *Sedum* в широком его понимании А.Г. Борисовой и других более современных авторов (практически Линневском (Linné, 1753, 1754)) является полифилетическим.

Таксономические проблемы семейства сконцентрированы главным образом в родовой и внутриродовой классификации подсемейства *Sedoideae* A. Berger (очитковые) и его типового рода *Sedum* L. (s.l.) (Ohba, 1978; Hart, 1982; Ham, 1995; Mayzumi, Ohba, 2004; Ohba, Mayzumi, 2004; Gontcharova, Gontcharov, 2004; Гончарова, 2006).

Попытка оценить филогенетическое положение восточноазиатских *Sedoideae* на основе анализа последовательностей ядерной и хлоропластной ДНК 74 таксонов подсемейства была предпринята S. Mayuzumi и H. Ohba (2004). Авторы отмечали, что все клады, выделяемые ранее R.C.H.J. van Ham и H. ‘T Hart (Ham et al., 1994; Ham, 1995a, b; Ham, Hart, 1994), за исключением *Telephium* и *Leucosedum*, имели высокую статистическую поддержку. Полученные S. Mayuzumi и H. Ohba результаты в целом соответствуют таковым предшествующих исследователей, за исключением взгляда на Telephium-кладу, которая, по их мнению, не является монофилитичной. Все восточно-азиатские

Sedum s. str. входят н выделенную R.C.H.J. van Ham Acre-кладу, и все прочие роды – в Telephium-кладу. По результатам S. Mayuzumi и H. Ohba, Telephium-клада распадается на 4 подклады, названные в соответствии с основными родами в их составе, – *Rhodiola*, *Hylotelephium*, *Phedimus* и *Umbilicus*. Дальнейшие молекулярные исследования только подтверждают эту точку зрения (Mort et al., 2001; Mort et al., 2005). Кроме того, результаты раздельных и совместных анализов последовательностей ITS региона рДНК и гена matK хпДНК, проведённые В.Ю. Никулиным и А.А. Гончаровым, подтвердили сборную природу *Sedum* даже в узком его понимании и показали необходимость ревизии его концепции. По их данным, виды рода *Sedum* вошли в состав четырех полиродовых сложно структурированных клад / кластеров: *Aeonium* (триба Aeonieae), *Sempervivum* (*Semperviveae*), *Acre* и *Leucosedum* (*Sedeae*), перемежаясь с видами других родов. В *Aeonium* и *Sempervivum* род был представлен ограниченным числом видов, но они составляли большинство в *Acre* и *Leucosedum* (Никулин, 2017; Никулин, Гончаров, 2017). Пока новая концепция понимания рода *Sedum* не сформирована и приходится ориентироваться на другие авторитетные источники информации о роде, например, на мировой обзор толстянковых, где были перечислены все известные толстянковые на этот момент – «Illustrated Handbook of Succulent Plants Vol. VI. Crassulaceae» (2003). В этом мировом обзоре семейства принято узкое понимание рода *Sedum* L. s. str., которого мы придерживаемся в данной публикации и других, ранее опубликованных работах (Бялт, 2001, 2012, 2013, 2018, 2020).



Представители рода *Sedum* L.: A – *Sedum gracile* Grossh. с Кавказа; B – *Sedum urvillei* DC. Из Крыма (ориг.)

Что касается собственно рода очиток – *Sedum* s. str. то в Евразии встречается 332 вида, подвида и разновидности (248 видов, 45 подвидов и 39 разновидностей) рода очиток (*Sedum* L. s. sr.) (рисунок). Большинство видов рода сосредоточено в Восточной Азии и примыкающих Гималаях, в меньшей степени – в горах и предгорьях в Средиземноморье, на Кавказе и Малой Азии. На остальной территории Евразии, особенно в равнинных регионах и на севере субконтинента род представлен единичными видами. В России *Sedum* s.str. является самым крупным родом семейства Crassulaceae, при этом здесь встречается только 23 вида настоящих очитков (Бялт, 2013, 2018). В Сибири и на Дальнем Востоке России вообще произрастают в естественных условиях только 2 вида – *S. acre* L. и *S. albertii* Regel в Западной Сибири (Гончарова, 2012; Эбель, 2012). Несколько видов приводятся как заносные (например, *S. acre* L. на РДВ, *S. hispanicum* L. – в Сибири) (Бялт, 2003). Виды толстянковых, которые традиционно приводятся для Сибири и РДВ как очитки (Крылов, 1903, 1931; Черепанов, 1978, 1995; Пешкова, 1994; Безделева, 1995; Овчинникова, 2005; и др.), по современным молекулярно-генетическим данным относятся к другим родам подсем. *Sedoideae* (Гончарова, 2006, 2012), таким как *Hylotelephium* H. Ohba, *Aizopsis* Grulich (или *Phedimus* Raf. s.l.) и *Rhodiola* L. и здесь не рассматриваются.

В Евразии большинство видов очитков являются эндемичными для различных регионов. Так, на Кавказе и в Малой Азии встречаются такие эндемики как *Sedum abchasicum* Kolak. ex Byalt, *S. laconicum* Boiss. & Heldr., *S. lenkorianum* Grossheim, *S. lydium* Boiss., *S. tenellum* M. Bieb., *S. ursi* ‘t Hart и др. (Гроссгейм, 1931; Davis et al., 1988; Hart, 2000; etc.), эндемики для Средиземноморья: *S. apoleipon* ‘t Hart, *S. cepaea* L., *S. eriocarpum* Sibthorp & Smith, *S. gypsicola* Boiss. & Reut., *S. magellense* Ten., *S. tymphaeum* Quezel & Contandr. и др., для Европы – *S. alpestre* Vill., *S. alsinefolium* All., *S. borissovae* Balk., *S. forsterianum* Sm., *S. stefčo* Stef., *S. tuberiferum* Stoj. & Stefanov и др. (Webb et

al., 1993; Бялт, 2001, 2020), *S. bhattacharyyae* R. Manik., N.B. Singh & S.K. Srivast. (*S. pedicellatum* N.B. Singh et U.C. Bhattacharyya, non Boiss. & Reut.), *S. fedtschenkoi* Hamet, *S. kingdonii* H. Ohba, *S. henriciroberti* Hamet, *S. holei* Hamet *S. oreades* (Decne.) Hamet, *S. trullipetalum* Hook. f. & Thoms. (Ohba, 1978; Grierson, 1987; Singh et al., 2011; etc.) и очень много эндемиков в Восточной Азии: *S. bulbiferum* Makino, *S. emarginatum* Migo, *S. glaebosum* Frod., *S. hakonense* Makino, *S. majus* (Hemsl.) Migo, *S. parviflorum* S.S. Ying, *S. parvisepalum* Yamamoto, *S. zentaro-tashiroi* Makino и мн. др. (K. Fu, S. Fu, 1987; Fu et al., 2003; Ohba, 2001; Chang et al., 2017; etc.) В меньшей степени эндемичные и субэндемичные очитки представлены в Средней Азии и Иране: *S. albertii* Regel, *S. bucharicum* A. Boriss. (Средняя Азия) (Борисова, 1939; Jansson, Rechinger, 1970). В Сибири и на РДВ эндемичных очитков нет совсем, так как центры разнообразия этого рода находятся значительно южнее.

Очитки, в отличие от толстянковых в целом, которые встречаются в Евразии практически повсеместно, приурочены к более южным регионам и распространены по этой территории очень неравномерно. В связи с этим, можно выделить несколько центров разнообразия, а возможно и их происхождения.

Наибольшее число родов и видов семейства Crassulaceae сконцентрированы в Китае (13 родов и 230 видов, из которых 127 эндемичных и в основном это представители родов *Sedum* и *Rhodiola*) и в прилегающих к Тибету регионах Гималаев (K. Fu, S. Fu, 1984; K. Fu et al., 2001; POWO, 2025). Всего здесь встречается не менее 300 видов толстянковых (или около 40–42 % видов семейства). Они сосредоточены, прежде всего, в горных и высокогорных районах (около 75 %). Другой центр разнообразия находится в Европе (прежде всего в Средней и Южной), где встречается не менее 60 видов рода *Sedum* s. str., многие виды *Sempervivum*, эндемичный род *Jovibarba* (с 5 видами), большинство видов рода *Umbilicus* и т.д. Еще один центр разнообразия и эндемизма представлен в Малой Азии и на Кавказе, где встречаются эндемичные роды *Chiastophyllum* (1 вид) и *Prometheum* (8 видов), и много эндемичных видов из родов *Sedum* s.str., *Phedimus*, *Sempervivum*, *Rosularia* и др.

Необходимо отметить, что большинство очитков, как и других толстянковых в Евразии сосредоточено в полосе Древнего Средиземноморья, с прямой привязкой к горным экотопам. При удалении от этой полосы как к северу, в бореальные регионы, так и к югу в тропические, число видов резко сокращается и сходит к нулю. Так происходит, например, в зоне тропических лесов Юго-Восточной Азии, где аборигенные толстянковые встречаются исключительно на горных вершинах не ниже 2000–3000 м над ур. м. (*Sedum ambiflorum* R.T. Clausen, *S. kingdonii* H. Ohba, *S. vietnamense* Byalt, *S. victorianum* Jansson).

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН по теме «Систематика, флора и растительные ресурсы сосудистых растений Евразии» 1021071912888-8-1.6.11.

ЛИТЕРАТУРА

Безделева Т.А. Сем. *Crassulaceae* DC. // Сосудистые растения Советского Дальнего Востока / Харкевич С.С. (ред.). СПб: Наука, 1995. Т. 7. С. 214–235.

Борисова А.Г. Конспект системы сем. *Crassulaceae* DC. флоры СССР (добавления и изменения) // Нов. сист. высш. раст. 1969 (1970). Т. 6. С. 112–121.

Борисова А.Г. Сем. *Crassulaceae* DC. // Флора СССР. М. ; Л., 1939. С. 8–134.

Бялт В.В. Семейство толстянковые (*Crassulaceae* St.-Hil.) в Крыму (Byalt V. V. Family *Crassulaceae* St.-Hil. in the Crimea) // Turczaninowia, 2020. Т. 23, № 3. С. 158–184. DOI: 10.14258/turczaninowia.23.3.15

Бялт В.В. Биоразнообразие, систематика и география толстянковых (*Crassulaceae*) в Евразии // Ботаника в современном мире. Труды XIV Съезда Русского Ботанического общества и конференции «Ботаника в современном мире» (Махачкала, 18–23 июня 2018 г.). Том 1. Систематика высших растений. Флористика и география растений. Охрана растительного мира. Палеоботаника. Ботаническое образование. Махачкала, 2018. С. 20–23.

Бялт В.В. Новые адвентивные растения для Южной Сибирии // Бюлл. МОИП, Сер. биол. 2003. Т. 108, № 6. С. 70.

Бялт В.В. О северной границе распространения толстянковых (*Crassulaceae*) // Чтения памяти А.П. Хохрякова; материалы Всероссийской научной конференции (Магадан, 28–29 октября 2008 г.). Магадан: Ноосфера, 2008. С. 35–38, карта.

Бялт В.В. Об одном виде рода *Sedum* L. (*Crassulaceae*) с западного Кавказа // Новости сист. высш. раст. 1998. Т. 31. С. 122–127.

Бялт В.В. Сем. 104. *Crassulaceae* St. Hil. – Толстянковые // Конспект Флоры Восточной Европы / под ред. Н.Н. Цвелева. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. С. 500–514.

Бялт В.В. Сем. *Crassulaceae* //Флора Восточной Европы. СПб.: Мир и семья, 2001. Т. 10. С. 250–285.

Гончарова С.Б. Crassulaceae // Конспект флоры Азатской России: Сосудистые растения / под ред. К.С. Байкова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. С. 179–183.

Гончарова С.Б. Очитковые (*Sedoideae*, *Crassulaceae*) флоры российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2006. 223 с.

Крылов П.Н. Сем. *Crassulaceae* DC. // Флора Западной Сибири. Томск, 1931. Вып. 6. С. 1399–1413.

Крылов П.Н. Сем. *Crassulaceae* DC. // Флора Алтая и Томской губернии. Руководство к определению растений Западной Сибири. Томск: тип. Кононова М.Н., 1903. Т. 2. С. 451–460.

Пешкова Г.А. Семейство *Crassulaceae* – Толстянковые // Флора Сибири. Новосибирск, 1994. Т. 7. С. 152–168.
Никулин В.Ю. Филогенетические отношения в роде *Sedum* L. (*Classulaceae* J.st.-Hill.) и близких ему родах на основании сравнения нуклеотидных последовательностей ядерной и хлоропластной ДНК. Дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2017. 114 с.
Никулин В.Ю., Гончаров А.А. Молекулярно-филогенетическая характеристика *Sedum* L. (*Crassulaceae*) и близких ему родов на основании сравнения нуклеотидных последовательностей гена matK хлоропластной ДНК и ITS региона рибосомной ДНК // Бот. журн. 2017. Т. 102, № 3. С. 309–328.
Овчинникова С.В. Сем. *Crassulaceae* // Конспект Флоры Сибири: Сосудистые растения / под ред. К.С. Байкова. Новосибирск: Наука, 2005. С. 109–111. (362 с., карта).
Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: «Мир и семья-95», 1995. 990 с.
Черепанов С.К. Сосудистые растения СССР. Л.: Наука, 1981. 510 с.
Эбель А.Л. Конспект флоры северо-западной части Алтае-Саянской провинции. Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2012. 566 с.
Chang K.S., Son D.C., Lee D.-H., Choi K. Checklist of Vascular Plants in Korea. Korea National Arboretum. Pocheon, 2017. 1000 p.
Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Supplement) / eds. P.H. Davis, R.R. Mill, K. Tan. Univ. Press, Edinburgh, 1988. Vol. 10. P. 140–143.
Illustrated Handbook of Succulent Plants Vol. VI. *Crassulaceae* / ed. U. Eggli. Heidelberg (D) : Springer, 2003. 458 p., ills.
Eggli U., Hart 't H., Nyffeler K. Toward a consensus classification of the Crassulaceae // Evolution and systematics of the Crassulaceae / eds H. 't Hart, U.Eggli. Leiden : Backhuys Publ., 1995. P. 173–192.
Fu K.J., Ohba H., Gilbert M.G. Crassulaceae // Flora of China / eds Z. Wu, P.H. Raven. Science Press (Beijing) & Missouri Botanical Garden Press (St. Louis), 2001. Vol. 8. P. 202–268.
Fu Sh.-H., Fu K.-T. Crassulaceae. // Flora Reipublicae Popularis Sinicae / eds Fu Shu-Hsia, Fu Kun-Tsun. Beijing, 1984. Vol. 34, pt. 1. P. 31–220. [In Chinese].
Gontcharova S.B., Gontcharov A.A. Sequence and secondary structure evolution of ITS rDNA in the family Crassulaceae // Abstracts of The International conference on “Evolutionary Botany of Certain Plant-Groups of the East Eurasian Floristic Element Related to Japanese Flora on the Basis of Chromosomes”. Hiroshima, 2004. P. 32–34.
Greuter W., Burdet H.M. Crassulaceae // Med-checklist / eds W. Greuter at al. Geneve : Med-Checklist trust of OPTIMA, 1986. Vol. 3. P. 13.
Grierson A.J.C. Fam. *Crassulaceae* // Flora of Bhutan; including a record of plants from Sikkim / eds A.J.C. Grierson, D.G. Long. Edinburgh : Royal Bot. Garden, 1987. Vol. 1. Pt. 3. P. 471–485, fig. 34 (q–t) [on p. 469]. En., ill. map.
Grulich V. Generic dividion of Sedoideae in Europe and adjacent regions // Preslia, 1984. Vol. 56, № 1. P. 29–45.
Ham R.C.H.J van, Hart H.t', Mes T.H.M., Sandbrink J.M. Molecular evolution of noncoding regions of the chloroplast genome in the Crassulaceae and related species // Curr. Genet. 1994. Vol. 25. P. 558–566.
Ham R.C.H.J van. Phylogenetic relationships in the Crassulaceae inferred from chloroplast DNA variation // Evolution and systematics of the Crassulaceae / eds H.'t Hart, U. Eggli. Leiden : Backhuys Publ., 1995. P. 16–29.
Ham R.C.H.J van. Phylogenetic relationships in the Crassulaceae inferred from chloroplast DNA restriction-site variation. // J. Bot. 1998. Vol. 85, № 3. P. 123–134.
Ham R.C.H.J van, Hart H.t, Evolution of Sedum series Rupestria (*Crassulaceae*): evidence from chloroplast DNA and biosystematic data // Pl. Syst. Evol. 1994. Vol. 190, № 1-2. P. 1–20.
Ham R.C.H.J van, Hart H.t', Mes T.H.M., Sandbrink J.M. Molecular evolution of noncoding regions of the chloroplast genome in the Crassulaceae and related species // Curr. Genet. 1994. Vol. 25. P. 558–566.
Mayuzumi S., Ohba H. The Phylogenetic Position of Eastern Asian Sedoideae (Crassulaceae) Inferred from Chloroplast and Nuclear DNA Sequences // Systematic Botany. 2004. Vol. 29, Iss. 3. P. 587–598. DOI:10.1600/0363644041744329
Hart 't H. Infrafamilial and generic classification of the Crassulaceae // Evolution and systematics of the Crassulaceae / eds H.'t Hart, U. Eggli. Leiden : Backhuys Publ., 1995. P. 159–172.
Hart 't H. Micro-endemism in Sedum (Crassulaceae): The sibling species S. alsinefolium All. and S. fragrans spec. nov. from the French-Italian Alps. // Bot. Helv. 1983. T. 93. P. 269–280, fig. 1–3.
Hart't H. Crassulaceae // Flora of Turkey and the East Aegean islands. Crassulaceae / eds A. Güner et al. Edinburgh : Edinburgh University Press, (GB), 2001. Vol. 11 (Supplement 2). P. 118–136, 336–337.
Hart 't H. The white-flowered European Sedum species. 1. Principles of a phylogenetic classification of Sedoideae (Crassulaceae) and the position of the white-flowered Sedum species. // Proc. Konkl. Nederl. akad. van Wetenschappen. Ser. C. 1982. Bd. 85, № 4. S. 663–675.
Jansson C.-A., Rechinger K.H. fil. Fam. *Crassulaceae*. / Flora Iranica / ed. K.H. Rechinger, Graz, 1970. Part 72. 32 p. ills.
Knees S.G., Maxwell H.S., Hyam R.,. Rowley G.D. etc. Crassulaceae // The European garden flora-A manual for the identification of plants cultivated in Europe, bouth out-of-doors and under glass. Cambridge: Cambridge University press, 1995. P. 170–244.
Linné C. von. Species Plantarum. Holmiae, 1753. 1231 p.
Linné C. von. Genera Plantarum, 5th ed. Holmiae, 1754. 500 p.
Mort M.E., Solis D.E., Francisco-Ortega J., Santos-Guerra A. Phylogenetic relationships and evolution of Crassulaceae inferred from matK sequence data // Amer. J. Bot. 2001. Vol. 88, N 1. P. 76–91.
Mort M.E., Levsen N., Randle C.P., Van Jaarsveld E., Palmer A. Phylogenetics and diversification of Cotyledon (*Crassulaceae*) inferred from nuclear and chloroplast DNA sequence data // Amer. J. Bot. . 2005. Vol. 92, Iss. 7. P. 1170–1176.
Ohba H. Crassulaceae // Flora of Japan. Tokyo : Kodasha, 2001. Vol. 2b. P. 10–31.
Ohba H. Crassulaceae // An enumeration of the flowering plants of Nepal / eds H. Hara, L.H.J. Williams. London : Trustees of British Museum (National History), 1978. Vol. 2. P. 159–165.
Ohba H. Generic and Infrageneric classification of the Old World Sedoideae (Crassulaceae) // J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sect. III. 1978. Vol. 12, № 4. P. 139–198, ill.
POWO (2025): Plants of the World Online. URL: https://powo.science.kew.org
Singh N.B., Bhattacharyya U.C., Uniyal B.P. Crassulaceae of India. Dehradun: Bishen Singh Mahendra Pal Singh, 2011. 310 p., ills.
Webb D.A., Akeroyd J.R., 't Hart H. Genus Sedum L. // Flora Europaea, Ed. 2. Cambridge, 1993. Vol. 1. P. 429–436.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-8

Восстановление растительности на антропогенно нарушенной территории в природном парке «Нумто» (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра)

В.А. Глазунов[1], А.В. Фахретдинов[2], С.А. Николаенко[3]

Институт проблем освоения Севера, Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень, Российская Федерация;
[1] v_gl@inbox.ru; [2] arthurfahretdinov@gmail.com; [3] ns23@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты изучения различных стадий восстановления растительного покрова площадки под строительство аэропорта у д. Нумто (природный парк «Нумто», Западная Сибирь), образовавшейся в 1993 г. на месте соснового кустарничкового-лишайникового леса на песчаном субстрате. При анализе геоботанических описаний и спутниковых снимков выделены 4 стадии зарастания: без растительности, моховая, кустарничково-моховая, сосново-кустарничково-мохово-лишайниковая. Сообщества пионерной стадии образованы только одним видом мха *Polytrichum strictum*. Следующая стадия характеризуется поселением кустарничков (*Empetrum nigrum*) и формированием песчаных бугров. По прошествии 30 лет после образования площадки моховые и кустарничково-моховые сообщества занимают более 60 % ее площади. Далее, по периферии участка формируется древесный ярус из *Pinus sylvestris*, появляются лишайники, увеличивается их обилие и сообщество приобретает вид, близкий к исходному.

Ключевые слова: антропогенная трансформация, запесочивание, Западная Сибирь, зарастание, северная тайга

Restoration of vegetation in an anthropogenically disturbed area in the Numto Nature Reserve (Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra)

V.A. Glazunov[1], A.V. Fakhretdinov[2], S.A. Nikolaenko[3]

Institute of the problems of Northern development, Tyumen Scientific Centre SB RAS, Tyumen, Russian Federation;
[1] v_gl@inbox.ru; [2] arthurfahretdinov@gmail.com; [3] ns23@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studying various stages of restoration of vegetation cover in the disturbed area of the airport near the Numto village (Numto Nature Reserve, Western Siberia). Vegetation (pine dwarf shrub-lichen forest on sandy substrate) was destroyed in 1993. Analysis of geobotanical descriptions and satellite images revealed 4 stages of overgrowing: no vegetation, moss, dwarf shrub-moss, pine-dwarf shrub-moss-lichen. Plant communities of the pioneer stage are formed only by the moss *Polytrichum strictum*. At the next stage, dwarf shrubs (*Empetrum nigrum*) dominate and high sandy mounds are formed. Thirty years after the disturbance, moss and dwarf shrub-moss communities cover more than 60% of the area. Then, along the borders of the disturbed area, a tree layer of *Pinus sylvestris* is formed, the projective cover of lichens increases and the community becomes similar to the original native vegetation.

Keywords: anthropogenic transformation, sand filling, Western Siberia, overgrowing, northern taiga

Введение

Одной из проблем, связанных с масштабным освоением месторождений углеводородного сырья на севере Западной Сибири является трансформация и деградация растительного покрова. Особого внимания требуют экосистемы, являющиеся слабо устойчивыми к антропогенному, в первую очередь, механическому воздействию, такие как редкостойные северотаежные леса на песчаных почвах и верховые болотные комплексы на многолетнемерзлых породах (Москаленко, 1999; Проскурякова, 2002). Одним из широко распространенных типов антропогенной трансформации ландшафтов, связанных с добычей нефти и газа, является появление песчаных раздувов и дальнейшее увеличение площади запесоченных участков, в пределах которых создаются максимально неблагоприятные условия для формирования растительного покрова (Капитонова и др., 2017). Актуальной задачей являются исследования характера и динамики восстановления растительности таких участков, на основе которых возможно планирование эффективных рекультивационных мероприятий, включая подбор ассортимента видов растений.

Удобным объектом для изучения закономерностей восстановления растительного покрова на песчаных субстратах является площадка аэропорта у д. Нумто, строительство которого было начато в 1993 г. и заморожено после расчистки участка. В настоящее время эта территория расположена в границах природного парка окружного значения «Нумто», созданного в 1997 г. с целью сохранения окружающей природной среды как места проживания и ведения традиционной деятельности коренных малочисленных народностей Севера. Центральным элементом территории является оз. Нумто –

относительно крупный по площади водоем, являющийся истоком р. Надым и имеющий важное экологическое, природоохранное и историко-культурное значение (Валеева и др., 2008; Парк …, 2017).

Материалы и методы

Площадка под строительство аэропорта расположена в восточной части Белоярского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, в 1 км юго-восточнее д. Нумто и берега оз. Нумто, на правом берегу р. Вошайеган, в подзоне северной тайги (координаты центральной части площадки: 63,504195° с.ш., 71,362985° в.д.). Расчистка участка под аэропорт на месте соснового лишайникового леса с полным уничтожением растительного покрова была проведена в 1993 г., затем строительство было приостановлено, в 1997 г. на территории еще оставалась строительная техника, которая позднее была вывезена. Участок площадью 5,514 га имеет трапециевидную форму, ориентирован с северо-запада на юго-восток, в длину составляет 480–585 м, в ширину 75–120 м. К площадке примыкают участки соснового кустарничково-лишайникового леса, с северо-западной и восточной сторон расположены озерно-болотные комплексы. На всем протяжении существования участок практически не подвергался дополнительному антропогенному воздействию. Эпизодически в летнее время используется местным населением для транзитного проезда на снегоходах.

Изучение сформировавшегося к настоящему времени растительного покрова площадки проведено авторами 31 августа 2024 г. Выполнено 5 геоботанических описаний на стандартной площади в 100 м^2, на участках с различным характером зарастания вдоль западной границы площадки. Номенклатура видов сосудистых растений приведена согласно WFO Plant List (WFO Consortium, 2025); мохообразных – по: Hodgetts et al., 2020; лишайников – по: Седельникова, 2017.

Выделение растительных сообществ в пределах площадки и определение занимаемой ими площади производилось при помощи управляемой классификации спутникового снимка WorldView-2 (пространственное разрешение 2 м/пиксель), относящегося к базе данных Esri World Imagery, в программном комплексе ENVI 5.2. Классы растительности сформированы с использованием алгоритма Minimum Distance на основе созданных обучающих выборок и анализа полевых наземных материалов. Векторизация, площадной анализ и оформление карты выполнено в QGIS 3.36.2. (QGIS …, 2025).

Результаты и обсуждение

В ходе наблюдений и при анализе спутниковых снимков установлено, что зарастание площадки происходит пионерными видами мхов и кустарничков, наиболее активно процесс идет по периферии площадки, от границы с лесоболотной растительностью. При сравнении спутниковых снимков середины 1990-х и 2020-х гг. можно заметить значительное увеличение общей площади, занимаемой различными группировками растительности.

Активному зарастанию препятствуют процессы ветровой эрозии, вследствие которых происходит вынос песка из незадернованных участков. На участках, закрепленных корневой системой кустарничков (водяники), песок сохраняется и задерживается, что приводит к формированию своеобразного микрорельефа из бугров диаметром 1–2 м, чередующихся с понижениями без растительного покрова или только с пятнами мхов.

Наблюдения и анализ геоботанических описаний позволяют сделать вывод об успешном процессе самовосстановления растительности на зарастающей площадке. Процесс зарастания идет в направлении от периферии к центру, преимущественно с запада на восток, что, вероятно, связано с преобладающим в течение года направлением ветра. В зарастании площадки принимают участие очень ограниченное число видов растений, устойчивых к экстремальным экологическим условиям – выявлено лишь 14 видов, в том числе 8 – высших сосудистых растений, 5 – лишайников и 1 – мохообразных. Для удобства сравнения описания сведены в общую таблицу (таблица).

На основе данных анализа спутниковых снимков и наземных наблюдений выделено 4 стадии зарастания площадки (рис. 1):

1. Моховая (2,3638 га – 42,9 %) – рис. 2, а;
2. Кустарничково-моховая (1,0067 га – 18,2 %) – рис. 2 б;
3. Сосново-кустарничково-мохово-лишайниковая (0,9917 га – 18,0 %) – рис. 2, в, г;
4. Участки без растительного покрова (песчаный субстрат) – 1,1519 га (20,9 % общей площади).

Пионерная растительность на песчаном субстрате представлена одним видом мха – Polytrichum strictum, формирующим пятна в незначительных повышениях микрорельефа в виде плоских бугров до 15–20 см высотой (рис. 2, а). Пятна мха постоянно находятся под воздействием перемещающегося песка и могут быть как погребенными под его слоем, так и подверженными выдуванию, в результате

чего доля площади участков без растительного покрова меняется. К настоящему времени это самая обширная по площади стадия, занимающая почти 43 % общей площади.

Геоботанические описания зарастающей площадки

№	Название вида	Покрытие, % (для деревьев и кустарников высота)				
		1	2	3	4	5
1	*Betula nana* L.			1 (0,5 м)		
2	*Betula pubescens* Ehrh.	2 м	1–4 м	1–4		
3	*Pinus sibirica* Du Tour	0,5 м	0,2 м			
4	*Pinus sylvestris* L.	5–7 м	1,5–8 м	1,5–6 м	2–4 м	0,8 м
5	*Empetrum nigrum* L.	15	10	20	35	15
6	*Rhododendron tomentosum* Harmaja	1	1	5	5	
7	*Vaccinium uliginosum* L.			1	1	
8	*Vaccinium vitis–idaea* L.	5	5	5	5	1
9	*Polytrichum strictum* Menzies ex Brid.	5	60		15	1
10	*Cladonia coccifera* (L.) Willd.		1–5	5	1	
11	*Cladonia deformis* (L.) Hoffm.			20	5	
12	*Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar & Vězda	1–5	5	5		
13	*Cladonia uncialis* (L.) Weber ex F.H.Wigg.		1		5	
14	*Flavocetraria nivalis* (L.) Kärnefelt et Thell	1	1	1	1	
	Всего видов	**9**	**11**	**11**	**10**	**4**

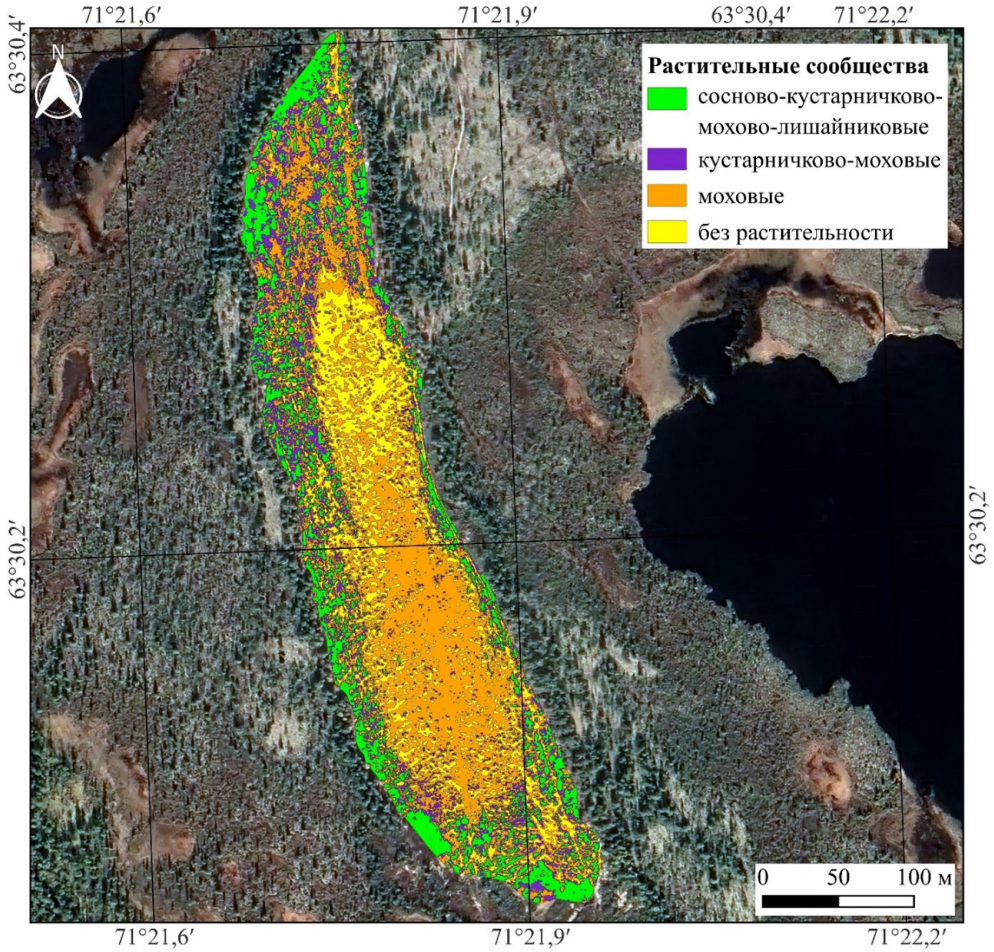


Рис. 1. Карта восстановления растительности на зарастающей площадке аэропорта у д. Нумто

Сообщества следующей стадии сукцессии формируются благодаря поселяющимся на буграх кустарничкам (преобладает *Empetrum nigrum*, изредка с участием *Vaccinium vitisidaea* и *Rhododendron tomentosum* (*Ledum palustre* L.), которые закрепляют песчаный субстрат, в результате чего образуются более высокие (до 40–50 см и выше) бугры, покрытые кустарничковой и кустарничково-моховой растительностью, чередующиеся с менее высокими «моховыми» буграми и участками без растительно-

сти (рис. 2, б). Затем на сформировавшихся буграх, расположенных ближе к периферийной части площадки и между ними поселяется *Pinus sylvestris*, появляются пятна лишайников, увеличивается видовое разнообразие и степень проективного покрытия травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов (рис. 2, в). Высота деревьев в зависимости от расположения относительно центра площадки колеблется в пределах от 0,5 до 2(4) м.

Ближе к границам площадки расположены участки, занимаемые сформировавшимися сосново-кустарничково-мохово-лишайниковыми сообществами (рис. 2, г). Высота деревьев здесь достигает 7–8 м, появляется *Betula pubescens* высотой от 1 до 4 м и, изредка, *Pinus sibirica* высотой не более 0,2 м. Основу кустарничкового яруса составляют *Empetrum nigrum* (доминирует), *Rhododendron tomentosum, Vaccinium vitis-idaea* с участием *Vaccinium uliginosum* (не более 1 %). По границе площадки может встречаться *Betula nana*. Проективное покрытие мохово-лишайникового яруса достигает 70–75 %. Структура мозаичная, соотношение видов может быть различным – *Polytrichum strictum* занимает от 5 до 60 %. Лишайники представлены несколькими видами, характерными в том числе и для оголенных субстратов – *Cladonia deformis, C. coccifera, C. uncialis, Flavocetraria nivalis*.

Рис. 2. Стадии зарастания площадки: а – пятна *Polytrichum strictum*; б – кустарничково-моховая и моховая растительность с бугристым микрорельефом; в – кустарничково-моховая растительность с единичными соснами; г – сформировавшееся сосново-кустарничково-мохово-лишайниковое сообщество в периферийной части площадки

Заключение

Изучение растительного покрова на площадке аэропорта у д. Нумто показало, что на протяжении 30 лет с момента расчистки территории и появления открытого песчаного субстрата, идут активные процессы самовосстановления – к 2024 г. суммарная доля участков без растительности составляет менее 21 %. Выделено 4 стадии зарастания песчаного субстрата: без растительности, моховая, кустарничково-моховая, сосново-кустарничково-мохово-лишайниковая. Пионерная растительность представлена только одним видом мха (*Polytrichum strictum*), формирующим пятна различной площади в повышениях микрорельефа. Зарастанию препятствует ветровая эрозия, вследствие которой происходит вынос и перемещение песка с незадернованных участков.

Следующая стадия связана с закреплением на песке кустарничков, преимущественно *Empetrum nigrum*, и формированием более высоких бугров с кустарничковой и кустарничково-моховой растительностью. Затем на сформировавшихся буграх и рядом с ними поселяются древесные породы (*Pinus sylvestris,* редко *Betula pubescens*), появляются лишайники, увеличивается видовое разнообразие и проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов. Видовой состав сообществ первичных стадий зарастания определяется окружающими лесо-болотными сообществами естественной растительности и насчитывает небольшое число видов (от 1 до 11 на 100 м^2) сосудистых растений, мохообразных и лишайников, способных произрастать в экстремальных условиях недостаточного увлажнения на песчаном субстрате, при этом отсутствуют травянистые виды, характерные для начальных стадий сукцессий на песчаном субстрате как в аналогичных (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth), так и в более влажных (*Oreojuncus trifidus* (L.) Záv.Drábk. & Kirschner) местообитаниях лесотундры и северной тайги (Капитонова и др., 2017).

В периферийных частях площадки формируются сосново-кустарничково-мохово-лишайниковые сообщества с разреженным древесным ярусом высотой до 6–8 м, по флористическому составу и структуре близкие к естественному исходному сосновому кустарничково-лишайниковому лесу.

ЛИТЕРАТУРА

Валеева Э.И., Московченко Д.В., Арефьев С.П. Природный комплекс парка «Нумто». Новосибирск : Наука, 2008. 280 с.

Капитонова О.А., Селиванов А.Е., Капитонов В.И. Структура растительных сообществ начальных стадий сукцессий на антропогенных песчаных обнажениях лесотундры и северной тайги Западной Сибири // Сибирский экологический журнал, 2017. № 6. С. 731–745.

Москаленко Н.Г. Антропогенная динамика растительности равнин криолитозоны России. Новосибирск : Наука, 1999, 280 с.

Парк «Нумто»: природа и историко-культурное наследие / под ред. Д.В. Московченко. Сургут : ОАО «Сургутнефтегаз» ; РИИЦ «Нефть Приобья», 2017. 150 с.

Проскурякова О.Б. Закономерности восстановления продуцентов нарушенных экосистем севера Западной Сибири : автореф. дис. … канд. биол. наук. Тюмень, 2002. 23 с.

Седельникова Н.В. Видовое разнообразие лихенобиоты Западной Сибири и оценка участия видов лишайников в основных ее горных и равнинных фитоценозах. Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2017. 611 с.

Hodgetts N.G., Söderström L., Blockeel T.L. et al. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus // Journal of Bryology. 2020. Vol. 42, Iss. 1. P. 1–116. DOI: 10.1080/03736687.2019.1694329

QGIS. Free and Open Source Geographic Information System (2025). URL: https://qgis.org/ (дата обращения: 11.06.2025).

WFO Consortium (2025) World Flora Online Plant List June 2025 (2025-06) [Data set]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15704590 (дата обращения: 30.06.2025).

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-9

Действие боверцина на прорастание семян *Pisum sativum*

С.В. Голуб, Н.А. Корзун

Полесский государственный университет, Пинск, Беларусь; Chemist5734494@gmail.com

Аннотация. В ходе исследования изучено влияние различных концентраций боверцина на прорастание семян *Pisum sativum*. Обнаружено, что при обработке семян циклодепсипептидом в концентрации 0,001 мг/мл увеличивается скорость роста корней и стеблей на протяжении всех опытных суток в 1,35 раза относительно контроля. Для семян прошедших обработку более концентрированными растворами боверцина характерно постепенное снижение скорости роста, так после обработки растворами 0,01–0,1 мг/мл падение показателей ниже контрольной группы произошло на 12-е сутки и составило 12,38 и 18,81 % ниже контроля соответственно. Группы семян, обработанных концентрациями боверцина 1,0–10,0 мг/мл, за все опытные сутки не превысили контрольные значения, усредненные скорости роста по корням составили 82,82 и 69,70 % от контроля.

Ключевые слова: *Pisum sativum,* горох посевной, горох Рондо, стимулятор роста, боверцин, микотоксин

Effect of beauvercin on the germination of *Pisum sativum* seeds

S.V. Golub, N.A. Korzun

Polesie State University, Pinsk, Belarus; Chemist5734494@gmail.com

Abstract. The study examined the effect of different beauvercin concentrations on the germination of *Pisum sativum* seeds. It was found that seed treatment with 0.001 mg/ml cyclodepsipeptide increased the growth rate of roots and stems throughout the experimental days by 1.35 times relative to the control. Seeds treated with more concentrated beauvercin solutions were characterized by a gradual decrease in the growth rate, so after treatment with 0.01–0.1 mg/ml solutions, the drop in indicators below the control group occurred on the 12th day and amounted to 12.38 and 18.81 % below the control, respectively. The groups of seeds treated with beauvercin concentrations of 1.0–10.0 mg/ml did not exceed the control values for all experimental days, the average growth rates for the roots were 82.82 and 69.70 % of the control.

Keywords: *Pisum sativum*, field pea, Rondo pea, growth stimulator, beauvercin, mycotoxin

Введение

Боверцин – микотоксин, вторичный метаболит *Beauveria bassiana,* выполняющий защитную и транспортную роли в организме гриба. Боверцин является циклодепсипептидным соединением имеющим в своем составе кроме аминокислотных и не аминокислотные цепи (Pohanka, 2006).

Химически боверицин является циклическим гексадепсипептидом, относится к семейству энниатинов, состоит из чередующихся остатков N-метил-L-фенилаланина и D-a-гидроксиизовалериановой кислоты. Молярная масса соединения – 783,96 Da (Wang et al., 2025).

Данное соединение из-за своего циклического строения за счет образования донорно-акцепторных связей способно образовывать комплексы с многовалентными катионами, в том числе Ca^{2+}, Mg^{2+}, с последующим транспортом оных через клеточные стенки ризодермы, что приводит к увеличенному их содержанию в клеточном содержимом (Голуб, 2025; Нестерчук, 2025).

Цель работы – изучить влияние боверцина на скорость прорастания семян гороха сорта Рондо.

Материалы и методы

Исследования проводились в отраслевой лаборатории ДНК и клеточных технологий в растениеводстве и животноводстве на базе биотехнологического факультета Полесского государственного университета.

В качестве материала исследования использовалась культуральная жидкость гриба *Beauveria bassiana*, взятая из архива микроорганизмов микробиологической лаборатории ПолесГУ, а также опытный материал – семена гороха посевного сорта Рондо производителя Consorzio Sativa Societa Cooperativa Agricola (Италия).

Для создания растворов боверцина с заданной концентрацией исходная культуральная жидкость *Beauveria bassiana* подвергалась фильтрованию с последующим центрифугированием на 1300 об/мин в течении 10 мин. Надосадочную жидкость измеряли на спектрофотометре NanoDrop 1000 при длине волны 280 нм, 260 нм, концентрацию циклодепсипептида определяли по формуле (Спектрометрический…, 2025):

$$C_{мг/мл} = 1{,}45 \times \lambda_{280} - 0{,}74 \times \lambda_{260}.$$

Раствор с определенной концентрацией пептида маркировали и стерилизовали в автоклаве при температуре 200 °С в течение 15 мин. Из раствора изначальной концентрации методом последовательных разведений стерильной дистиллированной водой получили концентрации циклодепсипептида: 10,0–0,001 мг/мл (Лекунович, 2020: 9–14).

Посевной материал обрабатывали 70 % этиловым спиртом с временем экспозиции 5 мин, после чего по 20 штук помещали в стерильные маркированные боксы для прорастания в соответствии с опытным назначением. Обработка растворами, содержащими боверцин, проводилась единоразово в первые опытные сутки, дальнейшее увлажнение семян осуществлялось стерилизованной водопроводной водой.

Прорастание происходило при среднесуточной температуре окружающей среды 18,7 °С в течение 12 суток; каждые третье сутки осуществляли контрольные замеры корней и стеблей.

Исследования проводили в трех повторениях. Полученные результаты подвергали статистической обработке при помощи компьютерной программы Excel. Определяли средние арифметические величины и их стандартные ошибки ($\overline{x} \pm m$). Проводили дисперсионный анализ ANOVA и определяли уровень значимости P с учетом t-критерия Стьюдента и F-критерия Фишера.

Результаты исследований

В ходе всех суток эксперимента патологических морфологических и инфекционных процессов не наблюдалось.

Метрические замеры главных корешков и стеблей *Pisum sativum* в зависимости от различных концентраций боверцина приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние длинны корней и проростков *Pisum sativum*

	С (мг/мл) боверцина	Сутки			
		3-и	Р-уровень	6-е	Р-уровень
Длина главного корня	0,000 мг/мл	0,150 ± 0,08	–//–	0,981 ± 0,12	–//–
	0,001 мг/мл	0,435 ± 0,13	0,07706	1,533 ± 0,20	0,02522
	0,01 мг/мл	0,324 ± 0,11	0,21057	1,400 ± 0,15	0,03641
	0,1 мг/мл	0,206 ± 0,11	0,69346	1,321 ± 0,12	0,05431
	1,0 мг/мл	0,123 ± 0,06	0,79269	0,754 ± 0,12	0,19873
	10,0 мг/мл	–	–	0,667 ± 0,12	0,07718
Длина проростка	0,000 мг/мл	–	–//–	0,025 ± 0,03	–//–
	0,001 мг/мл	–	–	0,283 ± 0,06	0,0016
	0,01 мг/мл	–	–	0,256 ± 0,08	0,00961
	0,1 мг/мл	–	–	0,231 ± 0,04	0,00048
	1,0 мг/мл	–	–	0,100 ± 0,04	0,12435
	10,0 мг/мл	–	–	–	–
	С (мг/мл) боверцина	9-е	Р-уровень	12-е	Р-уровень
Длина главного корня	0,000 мг/мл	2,150 ± 0,19	–//–	3,538 ± 0,32	–//–
	0,001 мг/мл	2,838 ± 0,22	0,02759	4,380 ± 0,29	0,06123
	0,01 мг/мл	2,780 ± 0,26	0,06386	3,100 ± 0,36	0,36806
	0,1 мг/мл	2,338 ± 0,17	0,47158	2,900 ± 0,35	0,18906
	1,0 мг/мл	1,988 ± 0,26	0,62035	2,700 ± 0,19	0,03216
	10,0 мг/мл	1,575 ± 0,27	0,09468	2,511 ± 0,32	0,03439
Длина проростка	0,000 мг/мл	0,619 ± 0,10	–//–	1,119 ± 0,11	–//–
	0,001 мг/мл	0,780 ± 0,13	0,32986	1,309 ± 0,09	0,1997
	0,01 мг/мл	0,707 ± 0,12	0,5877	1,183 ± 0,18	0,7495
	0,1 мг/мл	0,644 ± 0,15	0,89038	1,067 ± 0,17	0,80127
	1,0 мг/мл	0,520 ± 0,13	0,54918	1,019 ± 0,11	0,53816
	10,0 мг/мл	0,281 ± 0,07	0,01007	0,722 ± 0,13	0,03386

Анализ длин корешков *Pisum sativum* на 3-и опытные сутки показал бурный рост в пробе, содержащей 0,001 мг/мл боверцина, и превысил контроль в 2,9 раза. Более высокие концентрации боверцина в опытных пробах оказали менее заметный эффект: так, при концентрации 0,01 мг/мл – превышение контроля в 2,16 раза; при концентрации 0,1 мг/мл – на 37,3 %; в пробе с концентрацией внесенного боверцина 1,0 мг/мл длина корешков составила 82 % от контроля; при обработке раствором содержащим 10 мг/мл – корней не наблюдалось.

На 6-е опытные сутки тенденция активного роста корешков при концентрации внесенного боверцина 0,001 мг/мл сохранилась, превышение контроля составило 56,27 %. Пробы с концентрациями 0,01–0,1 мг/мл превысили контроль на 42,71 и 34,66 % соответственно; 1,0–10 мг/мл составили 76,86 и 67,99 % от контроля соответственно.

Проростки стеблей на 6-е сутки при внесении всех опытных концентраций боверцина превысили контроль: так, для концентраций 0,001 мг/мл–10 мг/мл превышение составило 11,32, 10,24, 9,24, 4,00 раз соответственно, с сохранением наиболее активного роста при концентрации внесенного боверцина 0,001 мг/мл.

Показатели длин корешков на 9-е опытные сутки относительно контроля составили: для группы семян, обработанной раствором боверцина с концентрацией 0,001 мг/мл – превышение на 32,00 %; 0,01 мг/мл – превышение на 29,30 %; 0,1 мг/мл – выше контроля на 8,74 %; 1,0 мг/мл, 10 мг/мл 92,47 %, 73,26 % от контроля соответственно.

Длины стеблей на 9-е сутки в пробах, обработанных растворами боверцина с концентрациями 0,001–0,1 мг/мл составили: на 26,01 %, 14,22 %, 4,04 % больше контроля соответственно; 1,0–10 мг/мл: 84,01 и 45,40 % от контроля соответственно.

На 12-е опытные сутки длины корней, обработанных боверцином с концентрацией 0,001 мг/мл, сохранили тенденцию к более активному росту и превысили контроль на 23,80 %; для корней, обработанных более высокими концентрациями боверцина, характерен эффект торможения роста, так для концентраций 0,01–10 мг/мл длины корешков составили 87,62 %, 81,19 %, 76,31 % и 70,97 % от контроля соответственно.

Анализ длин стеблей (12-е сутки) показал следующие данные: для проб, обработанных боверцином в концентрациях 0,001–0,01 мг/мл, превышение показателей относительно контроля составило 16,98 и 5,72 % соответственно; 0,1–10 мг/мл показатели оказались ниже контроля на 4,65 %, 8,94 % и 35,48 % соответственно.

Исходя из данных динамики роста корней (рис. 1), прослеживается четкая тенденция к активации прорастания при внесении низких (0,001–0,1 мг/мл) концентраций боверцина, при этом преобладание над контролем сохраняется на протяжении всех опытных суток при концентрации рабочего раствора 0,001 мг/мл. Для концентраций 0,01–0,1 мг/мл характерен эффект постепенного ингибирования и на момент 12-х опытных суток их показатели роста составили менее контроля на 12,38 и 18,03 % соответственно. Этот эффект объясняется тем, что низкие концентрации циклодепсипептида транспортируют катионы Ca^{2+}, Mg^{2+} из окружающей среды в цитозоль клеток, что приводит к более активному из делению, чего нельзя сказать о более высоких концентрациях, которые приводят к переизбытку данных катионов и нехватку K^{+}[7].

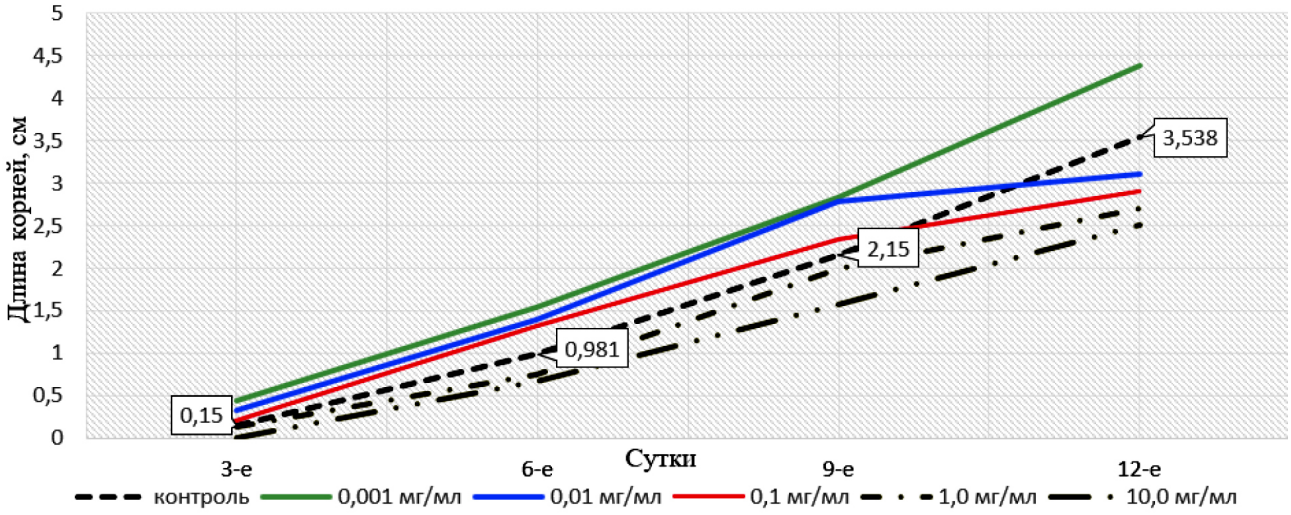


Рис. 1. Динамика роста корней *Pisum sativum*

Данные динамики роста стеблей отображают следующее: рост стеблей на 6-е сутки для всех концентраций, кроме 10 мг/мл боверцина, значительно превышен, но к 12-м опытным суткам превышение над контролем сохранилось для семян обработанных растворами с концентрацией 0,001 мг/мл, 0,01 мг/мл с разницей в длине стеблей 11,26 п.п (рис. 2).

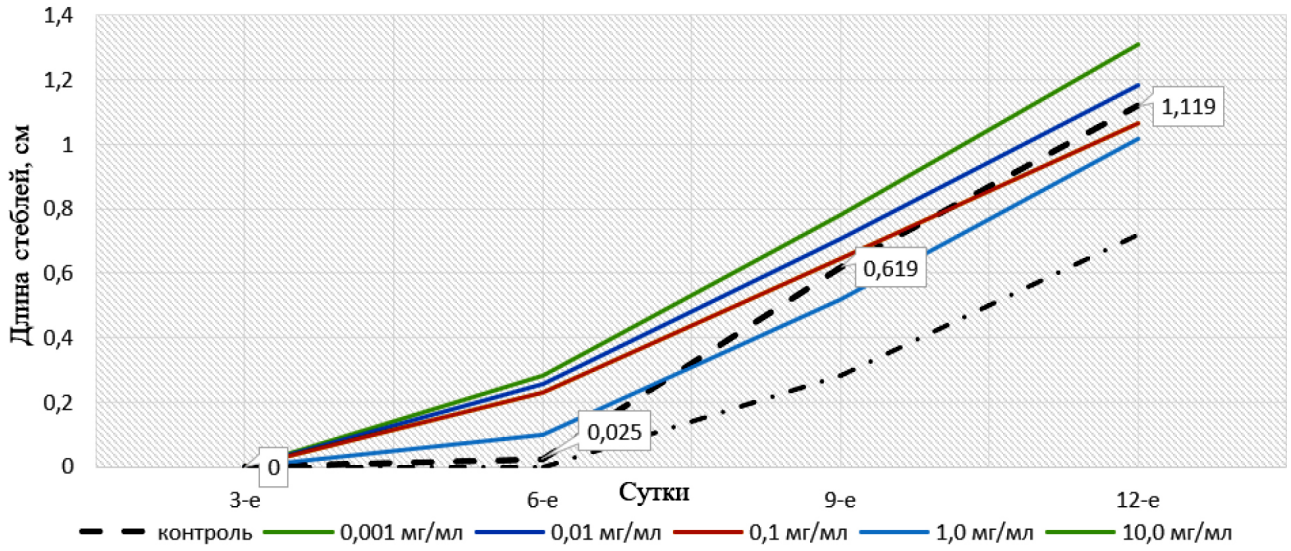


Рис. 2. Динамика роста стеблей *Pisum sativum*

По результатам проведенного однофакторного дисперсионного анализа были получены данные показывающие, что фактор наличия боверцина в опытных образцах *Pisum sativum* оказывает влияние на длину проростков, так как усредненный критерий Фишера критический (2,2416) был меньше усредненного критерия Фишера (5,3256), что указывает на влияние фактора (табл. 2).

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа длин корней и проростков *Pisum sativum*

Дисперсионный анализ длин корней *Pisum sativum*						
Источник вариации	Внутригрупповая изменчивость	Число степеней свободы	Оценка дисперсии	Критерий Фишера	P-уровень	Критерий Фишера критический
Между группами	57,65952	5	11,5319	5,826429	3,32E-05	2,23713
Внутри групп	771,9038	390	1,97924			
Итого	**829,5633**	**395**				
Дисперсионный анализ длин стеблей *Pisum sativum*						
Источник вариации	Внутригрупповая изменчивость	Число степеней свободы	Оценка дисперсии	Критерий Фишера	P-уровень	Критерий Фишера критический
Между группами	7,452891	5	1,490578	4,824727	0,0003	2,246015
Внутри групп	87,12266	282	0,308946			
Итого	**94,57555**	**287**				

Выводы

Анализ данных, полученных в ходе работы, показал, что обработка семян раствором боверцина 0,001 мг/мл ускоряет рост корней и стеблей на протяжении всех опытных суток в 1,35 раза относительно контроля. При обработке растворами с концентрациями циклодепсипептида 0,01–0,1 мг/мл прослеживается активация прорастания с последующим негативным влиянием на скорость роста корней и для концентрации 0,1 мг/мл – стеблей. Рабочие растворы с концентрациями 1,0–10,0 мг/мл за счет избыточного транспорта Ca^{2+}, Mg^{2+} и связывания K^{+} показали отрицательное влияние на скорость прорастания семян гороха посевного. Исследование оптимальных дозировок хелатирующих агентов позволяет создать уникальные питательные среды и рационализировать использование сельскохозяйственных удобрений с максимальной экономической выгодой.

Выражаем благодарность научным руководителям Н.А. Глинской и Е.И. Приловской.

ЛИТЕРАТУРА

Голуб С.В. Влияние боверцина на накопление ионов кальция в фотосинтезирующей массе *Avena sativa* // Теория и практика современной аграрной науки : сборник VIII национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием. Новосибирск : ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2025. С. 84-88.

Лекунович С.Н., Федоренко М.П. Культура клеток, тканей и органов растений: учебно-методический комплекс. Пинск : ПолесГУ, 2020. 166 с.

Нестерчук М.А. Голуб С.В. Исследование количественного переноса ионов меди (Cu^{2+}) посредством боверцина, как переносчика через клеточные мембраны *Avena sativa* //Теория и практика современной аграрной науки : сборник VIII национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием. Новосибирск : ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2025. С. 169–173.

Спектрометрический метод определения белка. URL: https://ebooks.grsu.by/lab_pr_bio/laboratornaya-rabota-7-kolichestvennoe-opredelenie-soderzhaniya-belka-metodom-louri.htm (дата обращения: 07.07.2025).

Цилимова В.Ф., Голуб С.В. Перенос ионов калия через клеточные стенки фотосинтезирующей массы *avena sativa* посредством боверцина // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси : материалы XIX международной молодежной научно-практической конференции (Пинск, 17 апреля 2025 г.) : в 2 ч. Пинск : ПолесГУ, 2025. Ч. 2. С. 340–342.

Pohanka A. Antifungal antibiotics from potential biocontrol microor ganisms.: Doctoral diss. Dept Chem SLU // Acta Univers. Agricul. Sueciae. 2006. 47 c.

Wang J., Zhu X.G., Ying S.H., Feng M.G. Differential Roles for Six P-Type Calcium ATPases in Sustaining Intracellular Ca^{2+} Homeostasis, Asexual Cycle and Environmental Fitness of Beauveria bassiana. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23206243/ (accessed: 07.07.2025).

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-10

Состав и число таксонов, описанных В.В. Ревердатто

И.И. Гуреева

Томский государственный университет, г. Томск, Российская Федерация; gureyeva@yandex.ru

Аннотация. В статье приводятся данные о составе и числе таксонов, опубликованных В.В. Ревердатто за время его научной деятельности в Гербарии Томского государственного университета. Установлено, что В.В. Ревердатто опубликовал 115 новых для науки таксонов, в том числе 23 вида, 66 разновидностей и 26 форм, которые относятся к 5 семействам и 20 родам. Наибольшее число новых таксонов описано в семействах Poaceae – 95. Виды, описанные В.В. Ревердатто, принадлежат к 3 семействам и 8 родам. Валидизации подлежат названия 30 таксонов – 28 разновидностей и 2 форм.

Ключевые слова: Гербарий имени П.Н. Крылова, Томский государственный университет, В.В. Ревердатто, новые таксоны, вид, разновидность, форма

Composition and number of taxa described by V.V. Reverdatto

I.I. Gureyeva

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

Abstract. The article provides data on the composition and number of the taxa published by V.V. Reverdatto during his scientific activity at the Herbarium of Tomsk State University. It has been established that V.V. Reverdatto published 115 new taxa, including 23 species, 66 varieties and 26 forms. New taxa belong to five families and 20 genera. The largest number of new taxa are described in the family Poaceae – 95. Species described by V.V. Reverdatto, belong to three families and eight genera. 30 names of taxa (28 varieties and two forms) should be validated.

Keywords: P.N. Krylov Herbarium, Tomsk State University, V.V. Reverdatto, new taxa, species, variety, form

Коллекции Гербария Томского государственного университета (TK), явились основой для создания нескольких «Флор» крупных регионов Сибири, среди которых «Флора Алтая и Томской губернии» (1901–1914), «Флора Западной Сибири» (1927–1964), «Флора Забайкалья» (1966–1972), «Флора Красноярского края» (1960–1983). На протяжении многих лет в Гербарии работали выдающиеся систематики и флористы – его основатель П.Н. Крылов, чье имя носит созданный им Гербарий, В.В. Сапожников, Б.К. Шишкин, В.В. Ревердатто, Л.П. Сергиевская, А.В. Положий. Каждый из этих ученых оставил значительный след в систематике растений, описав множество видов и внутривидовых таксонов.

При работе по выявлению типовых образцов в фонде Гербария им. П.Н. Крылова, которая была начата еще в 1988 г. А.В. Положий (Положий, Балашова, 1989) и продолжается до сих пор, в первую очередь необходимо знать, какие таксоны описаны тем или иным исследователем. Описания таксонов публиковались в разных источниках, поэтому необходим их поиск и анализ. С 2004 г. мы последовательно проводим анализ литературных источников для выявления состава и числа таксонов, описанных каждым из ученых, работавших в Гербарии с конца XIX в. и до 60–70-х гг. XX в., когда таксоны описывались массово. К настоящему моменту опубликованы работы, в которых указывается число таксонов описанных П.Н. Крыловым – 239, Л.П. Сергиевской – 241, А.В. Положий – 38 (Гуреева, 2017, 2023, 2024). Однако и после этих публикаций находятся источники, в которых опубликованы еще неучтенные названия. Нередко на поиск описания таксона наталкивают заметки на этикетках гербарных образцов: если на них имеются пометки «sp. n.», «var. nov.», «f. nov.» или после предложенного названия имеется сокращение «m. [mihi]», значит необходимо искать источник, в котором указанный на этикетке таксон описан, хотя не всегда дело доходит до описания таксона и его обнародования, а иногда при опубликовании название меняется. Так или иначе, в точности подсчитать названия, опубликованные тем или иным ученым, не всегда удается. Так, после опубликования информации о числе и составе таксонов, описанных П.Н. Крыловым (Гуреева, 2023), в 2024 г. обнаружено еще 15 пропущенных названий, таким образом, их число возросло до 254 (Гуреева, 2024), сейчас список таксонов авторства П.Н. Крылова включает уже 270 названий. После опубликования списка названий А.В. Положий (Гуреева, 2017), найдено еще 16 названий её авторства, всего 54 опубликованных названия.

П.Н. Крылов описывал таксоны до 1931 г., когда правила опубликования названий не требовали описания на латыни, указания типа и места хранения образцов, поэтому все названия таксонов П.Н. Крылова обнародованы действительно. Иное дело с авторами, основная деятельность которых пришлась на более поздние годы. При невыполнении вновь вводимых «Международным кодексом»

номенклатурных правил, многие названия, опубликованные без их учета, не являются действительно обнародованными. Так у Л.П. Сергиевской на сегодняшний день выявлено 17 недействительно обнародованных названий таксонов, из них валидизировано 1 название (Дорофеев, 2017); у А.В. Положий выявлено 15 недействительно обнародованных названий, из них валидизированы 3 (Гуреева, 2021).

Цель представляемой работы – выявить действительно и недействительно обнародованные названия, опубликованные Виктором Владимировичем Ревердатто.

В самые первые годы своей деятельности под руководством П.Н. Крылова В.В. Ревердатто совершил самостоятельные поездки в Приенисейскую Арктику (1912, 1914 гг.), участвовал в экспедициях П.Н. Крылова по югу Западной Сибири: в 1913 г. работал в Барабинской, Кулундинской и Коростелевской степях, в 1915 г. – на Алтае, в Барнаульском, Славгородском и Змеиногорском уездах (Гуреева, Курбатская, 2020). В дальнейшем В.В. Ревердатто работал в основном на территории Средней Сибири. Именно сборы из многочисленных экспедиций В.В. Ревердатто, его учеников и коллег составляют основу отдела Приенисейской Сибири Гербария им. П.Н. Крылова. Планомерные флористические и геоботанические обследования Приенисейской Сибири начались в 20-е годы и активизировались с созданием кафедры геоботаники под руководством В.В. Ревердатто. Сборы проводились в окрестностях Красноярска, Ачинска и в 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.), «Абаканская» (1927, 1928 гг.) и «Хакасская» (1929 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 (Тупицына и др., 2016, 2017; Гуреева, Курбатская, 2020). Именно эти сборы послужили основой для создания «Флоры Красноярского края» (1960–1983), один из выпусков которой, посвященный крупной и трудной в систематическом отношении группе злаков, был полностью написан В.В. Ревердатто (1964). Именно в обработке злаков для этой «Флоры» В.В. Ревердатто описал или предложил названия большинства своих внутривидовых таксонов злаков – 51. Кроме того, новые таксоны В.В. Ревердатто активно публиковал в периодическом издании «Систематические заметки по материалам Гербария Томского государственного университета», основанном в 1927 г. П.Н. Крыловым специально для публикации работ по систематике. Здесь было опубликовано 57 таксонов, из них 40 – злаки.

Всего В.В. Ревердатто с разной степенью полноты описал 115 таксонов растений, в том числе 23 вида, 66 разновидностей и 26 форм (таблица).

Число таксонов видового и внутривидовых рангов, описанных В.В. Ревердатто

Семейство	Число родов с описанными таксонами	Ранг таксона			Всего таксонов
		sp.	var.	f.	
Campanulaceae	1	3	6		9
Cyperaceae	1		2		2
Geraniaceae	1		1		1
Poaceae	14	18	51	26	95
Ranunculaceae	4	2	6		8
Всего	21	23	66	26	115

Из общего числа таксонов, 111 описано В.В. Ревердатто единолично, еще 4 таксона опубликованы по заметкам В.В. Ревердатто на этикетках гербарных образцов А.П. Гамаюновой (1956 descr. ross., 1964 descr. lat.) – *Koeleria transiliensis* Reverd. ex Gamajun., А.В. Положий (1974) – *Aconitum barbatum* Patr. ex Pers. var. *parviflorum* Reverd. et Polozhij, *Delphinium cheilanthum* Fisch. ex DC. var. *evenkiense* Reverd. et Polozhij и Н.Ф. Вылцан (1977) – *Geranium albiflorum* Ledeb. var. *grandiflora* Reverd. et Vylzan.

Больше всего таксонов – 95 – описано в сем. Poaceae; они относятся к 14 родам: *Agropyron* Gaertn. s.l. (13), *Agrostis* L. (4), *Alopecurus* L. (5), *Anthoxanthum* L. (1), *Bromus* L. (2), *Calamagrostis* Adans. (4), *Deschampsia* P. Beauv. (1), *Dupontia* R. Br. (1), *Festuca* L. (38), *Koeleria* Pers. (6), *Poa* L. (15), *Puccinellia* Parl. (3), *Stipa* L. (1), *Trisetum* Pers. (1). В сем. Poaceae описано 18 видов. Второе место по числу вновь описанных таксонов занимает сем. Campanulaceae – 9 таксонов, включая 3 вида (*Adenophora golubinzevaeana* Reverd., *A. insolens* Reverd., *A. rupestris* Reverd.), третье – сем. Ranunculaceae – 8 таксонов, включая 2 вида (*Thalictrum pavlovii* Reverd., *Trollius kytmanovii* Reverd.).

В номенклатурном онлайн-ресурсе IPNI (2025) из 115 названий, опубликованных В.В. Ревердатто, значится 54 названия новых таксонов и 3 новых комбинации. Это не в последнюю очередь связано с тем, что многие названия опубликованы В.В. Ревердатто без соблюдения правил «Международного кодекса...» (Turland et al., 2018), необходимых для действительного обнародования, в частности, для некоторых таксонов не приведено описание на латыни и почти для всех таких таксонов не указан единственный тип, в то время как с 1 января 1935 г. название должно сопровождаться латинским диагнозом (Turland et al., 2018: Art. 39.1), с 1 января 1958 г. – иметь ясное указание типа (Turland et al., 2018: Art. 40.1). Фактически, действительно обнародованными являются только названия таксонов, опубликованные В.В. Ревердатто до 1935 г., и позже опубликованные названия видов, обнародованные с соблюдением правил «Международного кодекса...». Для описанных без соблюдения правил номенклатуры таксонов требуется валидизация; таких таксонов у В.В. Ревердатто 58, в том числе 49 разновидностей и 9 форм. К настоящему времени валидизированы названия 10 разновидностей и 5 форм из сем. Poaceae (*Poa*, *Festuca*) (Олонова, Гуреева, 2023, 2024), 2 разновидностей из сем. Cyperaceae (Гуреева, Эбель, 2021), по 1 разновидности из сем. Geraniaceae (Гуреева, Балашова, 2017) и Ranunculaceae (Гуреева, 2021), подготовлена к опубликованию валидизация названий еще 8 разновидностей (*Alopecurus*, *Puccinellia*); названия 1 разновидности и 2 форм *Poa* решено не валидизировать (Олонова, Гуреева, 2023). Таким образом, валидизации подлежат еще 28 названий разновидностей и 2 названия форм, описанных В.В. Ревердатто.

Большинство образцов, на основе которых В.В. Ревердатто описаны новые для науки таксоны, хранятся в Гербарии имени П.Н. Крылова (TK) Томского государственного университета.

В честь В.В. Ревердатто названы *Achillea micrantha* Willd. var. *reverdattoi* Serg., *Astragalus reverdattoanus* Sumnev., *Calamagrostis reverdattoi* Golub, *Oxytropis reverdattoi* Jurtzev, *Poa reverdattoi* Roshev., *Potentilla reverdattoi* Polozhij, *Pulsatilla reverdattoi* Polozhij et Malzeva, *Rosa reverdattoi* Sumnev., *Senecio reverdattoi* Sobolevsk., *Thymus reverdattoanus* Serg., *Veronica reverdattoi* Krasnob.

Исследование выполнено в рамках гранта РНФ № 25-24-00509 «Типификация названий таксонов растений, описанных российскими ботаниками, и выявление типовых образцов в коллекционном фонде Гербария Томского государственного университета».

ЛИТЕРАТУРА

Вылцан Н.Ф. Семейство Geraniaceae – Гераниевые // Флора Красноярского края. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1977. Вып. 7–8. С. 3–7.

Гамаюнова А.П. Род 95. Тонконог – *Koeleria* Pers. // Флора Казахстана / под ред. Н.В. Павлова. Алма-Ата : Изд-во АН КазССР, 1956. Т. 1. С. 211–215.

Гамаюнова А.П. Дополнения к I–IV томам «Флоры Казахстана» // Бот. материалы Герб. ин-та бот. АН КазССР. 1964. Т. 2. С. 10–13.

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 : Изд. дом Том. гос. ун-та, 2017. С. 21–28.

Гуреева И.И. Валидизация и лектотипификация названий таксонов сем. Ranunculaceae, описанных В.В. Ревердатто и А.В. Положий // Новости сист. высш. раст. 2021. Т. 52. С. 53–56. doi: 10.31111/novitates/2021.52.53

Гуреева И.И. Число и состав таксонов, описанных П.Н. Крыловым // Ботаника и ботаники в меняющемся мире [Электронное издание] : Труды Междунар. науч. конф., посвященной 135-летию кафедры ботаники и 145-летию Томского государственного университета (г. Томск, 14–16 ноября 2023 г.). Томск : Изд-во Том. ун-та, 2023. С. 68–70.

Гуреева И.И. Число и состав таксонов, описанных Л.П. Сергиевской // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. Специальный выпуск «Камелинские чтения». Барнаул : Изд-во Алт. гос. ун-та, 2024. Т. 23, № 1. С. 70–74. doi: 10.14258/pbssm.2024013

Гуреева И.И., Балашова В.Ф. Валидизация научного названия *Geranium albiflorum* var. *grandiflorum* (Geraniaceae) // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2017. № 115. С. 7–11. doi: 10.17223/20764103.115.2

Гуреева И.И., Курбатская Н.В. Коллекторы флоры Сибири: к 135-летию основания Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: Труды VII Междунар. науч. конф., посвященной 135-летию Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета и 170-летию со дня рождения П.Н. Крылова (г. Томск, 28–30 сентября 2020 г.). Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 2020. С. 5–11. doi: 10.17223/978-5-94621-927-3-2020-1

Гуреева И.И., Эбель Т.В. Валидизация названий разновидностей *Carex* L., описанных К.А. Соболевской и В.В. Ревердатто // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2021. № 124. С. 43–47. doi: 10.17223/20764103.124.4

Дорофеев В.И. Номенклатурные новинки в семействе Cruciferae (Brassicaceae) флоры России // Новости сист. высш. раст. 2017. Т. 48. С. 136–137.

Олонова М.В., Гуреева И.И. Валидизация названий внутривидовых таксонов *Poa* L. (Poaceae), описанных В.В. Ревердатто из Приенисейской Сибири // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2023. № 127. С. 28–37. doi: 10.17223/20764103.127.3

Олонова М.В., Гуреева И.И. Валидизация названий внутривидовых таксонов *Festuca* L. (Poaceae), описанных В.В. Ревердатто из Приенисейской Сибири // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2024. № 129. С. 18–25. doi: 10.17223/20764103.129.3

Положий А.В. Новые виды и разновидности цветковых в Приенисейской Сибири // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 1974 [publ. 1975]. № 85. С. 4–7.

Положий А.В., Балашова В.Ф. Типы таксонов в Гербарии им. П.Н. Крылова. Томск, 1989. Препринт № 4. 47 с.

Ревердатто В.В. Злаковые – Gramineae // Флора Красноярского края. Томск : Изд-во. Том. ун-та, 1964. Т. 2. 139 с.

Тупицына Н.Н., Шауло Д.Н., Гуреева И.И. История флористических исследований Средней Сибири: монография. Красноярск : Сибирский федеральный ун-т, 2017. 202 с.

IPNI (2025): International Plant Names Index. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Herbarium. URL: http://www.ipni.org/ (дата обращения: 01.09.2025).

Turland N.J., Wiersema J.H., Barrie F.R., Greuter W., Hawksworth D.L., Herendeen P.S., Knapp S., Kusber W.-H., Li D.-Z., Marhold K., May T.W., McNeill J., Monro A.M., Prado J., Price M. J., Smith G.F. (eds.). International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress, Shenzhen, China, July 2017. Glashütten : Koeltz Botanical Books, 2018. 254 p. (Regnum Vegetabile 159). doi: 10.12705/Code.2018

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-11

Notes on *Astragalus nuratensis* (Fabaceae), an endemic species from Uzbekistan

Sh.O. Doniyorova[1], O.A. Turdiboev[2]

[1] *Jizzakh State Pedagogical University, Jizzakh, Uzbekistan; shaxnozadoniyorova750@gmail.com*
[2] *Kokand State University, Kokand, Uzbekistan; turdiboyev.obidjon@mail.ru*

Abstract. *Astragalus nuratensis* Popov is a rare and locally restricted endemic growing on the Aktau Mountains of central Uzbekistan at 700 to 1600 m a.s.l. As a result of field studies, several new populations of the species were identified, the classification of morphological characters was completed. Studying the seed germination of the species is important for its conservation and propagation.

Keywords: *Aktau*, *Astragalus*, lectotype, morphology, new recjrds, Nurota

Заметки о *Astragalus nuratensis* (Fabaceae), эндемичном виде из Узбекистана

Ш.О. Дониёрова[1], О.А. Турдибоев[2]

[1] *Джизакский государственный педагогический университет, Джизак, Узбекистан; shaxnozadoniyorova750@gmail.com*
[2] *Кокандский государственный университет, Коканд, Узбекистан; turdiboyev.obidjon@mail.ru*

Аннотация. *Astragalus nuratensis* Popov – редкий и локально ограниченный эндемик, произрастающий на горах Актау в центральном Узбекистане на высоте от 700 до 1600 м над ур. м. В результате полевых исследований были выявлены несколько новых популяций данного вида, завершена классификация морфологических признаков. Изучение прорастания семян этого вида важно для его сохранения и размножения.

Ключевые слова: Актау, *Astragalus*, морфология, новые местонахождения, Нурата

Introduction

The Pomir-Oloy mountain ranges northwest on the outskirts and is the tallest point sea to the level relative to an elevation of 2169 m (Akhmedov et al., 2022). The flora of the Nurata Mountains includes 90 families, 503 genera and 1289 species, forming 34 species of local endemics (Beshko 2018; Baikov et al. 2024). The Nurata Mountains have been noticeably altered by livestock farming, the clearing of trees and shrubs, and the mining industry; however, the area is rich in vegetation (Profile, 2017). *Astragalus* L. (Fabaceae) is the leading genus in the flora of the region, comprising 69 species (Beshko, 2023). The endemic *Astragalus nuratensis* Popov occurs in the Nurota mountains. This extremely rare species is limited to locally endemic regions. Since 1998, this species has been included in the Red Book of Uzbekistan with status 1 (Beshko, 2018, 2023; Khassanov, 2019).

Materials and methods

The morphology of *Astragalus nuratensis* is given according to the data of the herbarium collections of LE, TASH (abbreviation according to B. Thiers (2022)) and the herbarium of the Jizzakh State Pedagogical University, as well as the published data and the results of field studies. (from 2023 to 2024).

Results

Astragalus nuratensis Popov, 1938, Bot. Mater. Gerb. Bot. Inst. Komarova Akad. Nauk SSSR, 7: 111.

Morphological description. Plants c. 30(21–30) cm tall, branched at the base (Fig. 1, A). Stems 8–15 (3–9.5) cm, densely leafy, green, terete, glabrous, or sparsely covered with spreading white hairs 1–2 mm. Stipules whitish-membranous to greenish, 5–8 mm, ovate to narrowly triangular, adnate to petiole for c. 1 mm, sparsely white ciliate, sometimes black ciliate. Leaves 15–20 (12–20) cm (Fig. 1, B); petiole 4–5 (3–5) cm, like the rachis sparsely covered with spreading white hairs 1–2.5 mm. Leaflets in 5-6 pairs, remote, 8–17 (7.8–17) × 8–15 (16) mm, nearly orbicular to orbicular-obcordate, deeply incised, glabrous on upper side, with scattered spreading hairs only at the midvein beneath and at the margins. Peduncle 2–7 cm, sparsely covered with spreading white and also few black hairs or subglabrous. Raceme one-sided, 4–10-flowered. Bracts 5–7 mm, narrowly triangular, acute, sparsely black, and white ciliate. Pedicels 3–4 mm, sparsely black hairy. Calyx 12–14 mm, tubular, very sparsely to sparsely covered with white and black hairs 1.5–2 mm; teeth subulate, 4–7 mm. Petals pale yellow. Standard 27–30 (25–30) mm (Fig. 1, I); blade narrowly oblong, 4–5 mm wide, slightly retuse, and gradually narrowed into the long claw. Wings 23–

25 mm (Fig. 1, J); blades narrowly oblong, obtuse, c. 8 x 1.5 mm; auricle c. 2 mm, claw 15–16 mm. Keel 23–25 (20–25) mm (Fig. 1, H); blades oblong-bent, with in the middle gibbously curved lower edge and concave upper edge, obtuse, c. 8 × 2.5 mm; auricle c. 1 mm, claw 15–16 mm. Ovary with a stipe c. 10 (15–17) mm, white hairy (Fig. 1, G). Stamen 20–24 mm (Fig. 1, F). Each plant has approximately 5–16 buds. Legumes with a stipe 10–13 mm, narrowly ellipsoid, 20–25 (35) mm long (Fig.1, C), c. 7 mm high and wide, rounded ventrally, widely and shallowly grooved dorsally, with a slender beak 2–3 mm, bilocular; valves thinly coriaceous, pale brown, sparsely covered with ± spreading white hairs 2.5–3 mm.

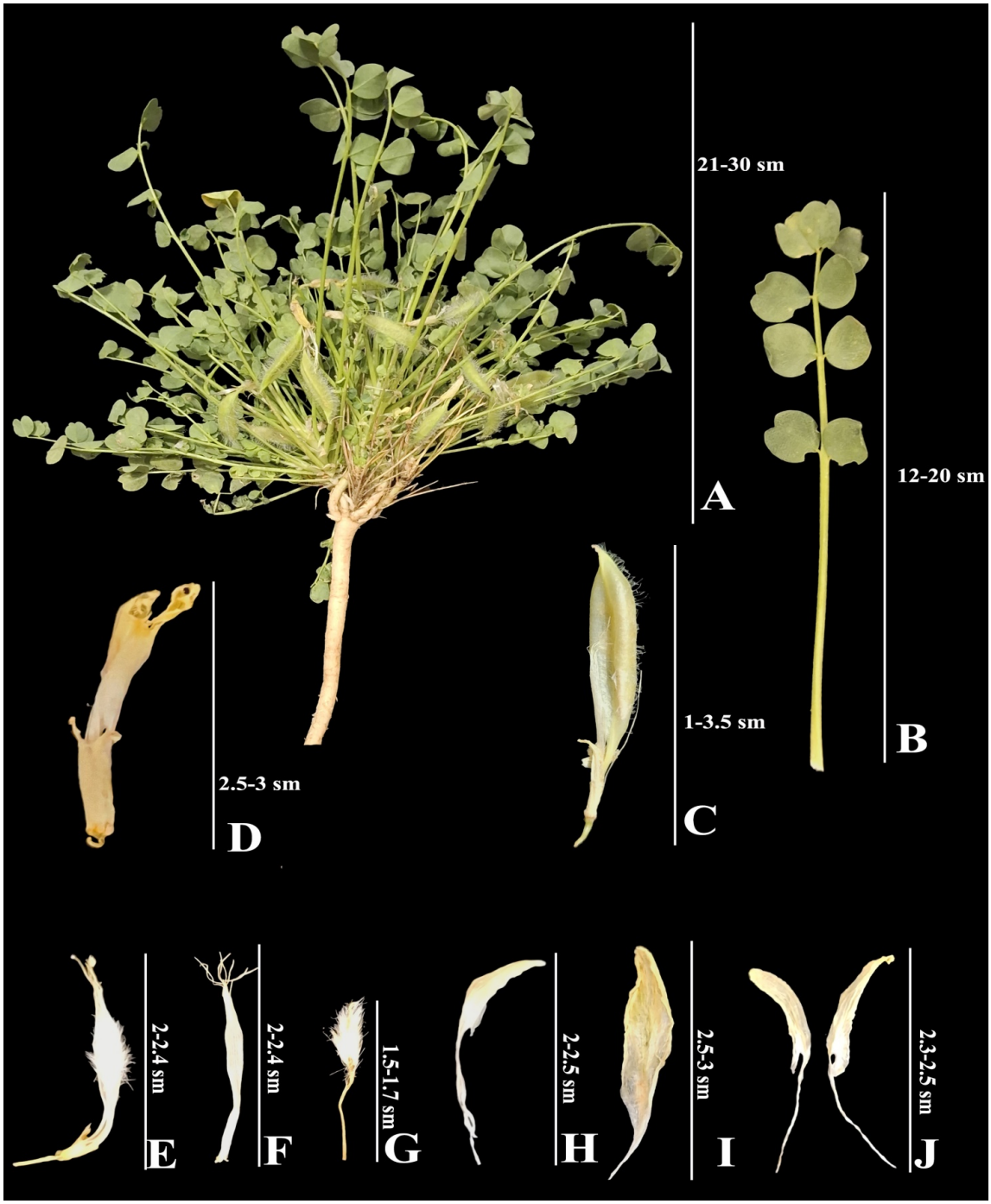


Figure 1. Illustration of *Astragalus nuratensis*: A – general habit; B – leaves; C – legume, D – flower; E – gynoecium; F – stamen; G – ovary; H – keel; I – standart; J – wings

Phenology. *Astragalus nuratensis* blooms in early May, begins to flower in the second half of May, and ripens in June.

Habitat and ecology. *Astragalus nuratensis* grows in the lower and middle zones of the mountains, in dry riverbeds, and on rocky slopes. The altitudinal distribution of the species covers a range of 777 to

1535 m. The dominant species in the populations where the species is widespread include *Cousinia pseudolanata* Popov ex Tscherneva*, Peganum harmala* L.*, Amygdalus bucharica* Korsh.*, Prunus spinosissima* (Bunge) Franch.*, Artemisia juncea* Kar. & Kir.*, Rosa maracandica* Bunge*, Salvia karelinii* J.B. Walker*, Artemisia tenuisecta* Nevski*, Bromus oxyodon* Schrenk*, Salvia sarawschanica* Regel & Schmalh.

Specimens examined. Samarkand: Nuratau, Aktau, 14.07.1972, Kamelin s.n. (LE); Navoi region, Aktau mountains Langar pass between Chuya, 20.07.2015, Esankulov, Khasanov s.n. (TASH); Navoiy region, Aktau mountains, village Chuya, 10.07.2024, Doniyorova 22 (Jizzakh State Pedagogical University); Navoiy region, Aktau mountains, Xatirchi district, Langar Kurgan, 10.07.2024, Doniyorova 45 (Jizzakh State Pedagogical University); Navoiy region, Aktau mountains, Xatirchi district, village Turemas, 19.07.2024, Doniyorova 50 (Jizzakh State Pedagogical University); Navoiy region, Aktau mountains, Xatirchi district, village Darasoy, 19.07.2024, Doniyorova 55 (Jizzakh State Pedagogical University).

Conclusion

The rare endemic *Astragalus nuratensis* requires immediate conservation priority because the disappearance of its local populations may cause the extinction of this species. This should be the focus of specific *in situ* conservation actions. Measures should be implemented to grow it from seeds. The research results will provide a crucial scientific foundation for conservation measures and future floristic studies.

REFERENCES

Akhmedov A., Nomozova Z., Umurzakova Z., Turdiboev O., Atayeva S., Jumayev N. Assessment of the current condition of populations of the red list species *Salvia submutica* Botsch. & Vved. (Lamiaceae) Lindl.) in Nuratau Mountain ridge, Uzbekistan. *Ekológia (Bratislava)*. 2022;41(4):322-328.

Baikov K.S., Baikova E.V., Turdiboev O.A., Beshko N.Yu. Ecological monitoring of the endemic species *Salvia submutica* (Lamiaceae) habitat. *Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies*. 2024;29(3):83-96.

Beshko N.Yu. Endemic plants of the Nuratau Mountains (North-Western Pamir-Alay). *Uzbek biological journal.* 2018;4:13-18.

Beshko N.Yu. Flora of Central Asia: the Nuratau mountains. Pocheon: Korea national arboretum, 2023:432 p.

Khassanov F.O. (Ed.) The Red Data Book of Uzbekistan. Vol. 1. Plants and Fungi. Tashkent, 2019. Chinor ENK, 335 p.

Profile E. Mountains of Central Asia Biodiversity Hotspot. Draft for Submission to the CEPF Donor Council, 2017. 13.

Thiers B. Index herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden, Bronx, NY. Available from: http://sweetgum.nybg.org/ ih/ (accessed: 28.02.2022).

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-12

Василий Сергеевич Алгазин – ботаник, предложивший организовать ботанический сад

В.М. Доронькин

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Ботанический музей Сибири ЦСБС СО РАН, Новосибирск, Российская Федерация; norbo50@yandex.ru

Аннотация. Идея создания ботанического сада в г. Новосибирске была предложена в 1939 г. ботаником Василием Сергеевичем Алгазиным (1907–1949). Он прожил короткую жизнь, всего 42 года, но она была целиком отдана изучению растительных ресурсов Западной Сибири: итогом работы стала посмертная публикация книги «Полезные растения Западной Сибири». Он уделял много внимания вопросам краеведения, популяризации истории изучения растительности Приобья, занимался литературной работой, много сил отдал юннатскому движению.

Ключевые слова: ЦСБС СО РАН, организация ботанического сада, полезные растения, краеведение, каучуконосные растения, волокнистые растения, станции юных натуралистов

Vasily Sergeevich Algazin is a botanist who proposed the creation of a botanical garden

V.M. Doronkin

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Botanical Museum of Siberia of the CSBG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation; norbo50@yandex.ru

Abstract. The idea of creating a botanical garden in Novosibirsk was proposed in 1939 by the botanist Vasily Sergeevich Algazin (1907–1949). He lived a short life, only 42 years, but his life was devoted entirely to the study of the plant resources of Western Siberia. The result of his work was the posthumous publication of the book “Useful Plants of Western Siberia” (1950). He paid much attention to local history, popularized the history of the Ob region's vegetation, engaged in literary work, and contributed significantly to the nature conservation movement.

Keywords: CSBG SB RAS, organization of the botanical garden, useful plants, local history, rubber-bearing plants, fibrous plants, stations for young naturalists

В 2026 г. исполнится 80 лет со дня основания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. Однако предложение об организации сада в Новосибирске было публично сделано до еще войны и даже были начаты организационные мероприятия по обоснованию создания сада. Это сделал Василий Сергеевич Алгазин.

В.С. Алгазин родился в Ленинграде в 1907 г. в семье преподавателя реального училища. В 1929 г. поступил в Ленинградский университет, в 1933 г. с IV курса по состоянию здоровья из-за заболевания туберкулёзом прервал учёбу и уехал в Узбекистан, где работал в системе Всесоюзного института каучука и гуттаперчи под Ташкентом в качестве младшего научного сотрудника. Занимался изучением естественных зарослей «тау-сагыза» (Scorzonera tau-saghyz Lipsch. & Bosse., Asteraceae) произрастающего в Южном Казахстане на хребте Кара-Тау (местное казахское название растения – «горная жвачка»). В те годы только что закончился период крупнейших открытий советскими исследователями растений-каучуконосов (1929–1934 гг.). Для работ по выявлению каучуконосов организовывалось большое количество экспедиций и трудились крупные учёные, что позволило В.С. Алгазину получить хорошую школу полевой работы ботаника-исследователя. Однако он заболел малярией и был вынужден уехать из Казахстана.

В 1935 г. В.С. Алгазин переезжает в Новосибирск и работает в Западно-Сибирском бюро краеведения в качестве заведующего агроботаническим сектором. В этом же году впервые за Уралом он произвёл посев каучуконосов, а в 1939 г. организовал посевы каучуконосов в Новосибирске, Томске и Рубцовске.

В период индустриализации страны Кузбассу требовалось всё больше грубых тканей для работы в шахтах и в сталелитейной промышленности. Встал вопрос о поиске дикорастущих волокнистых растений, способных дать местное сырьё для изготовления верёвок, брезентовых тканей. Бийская текстильная фабрика им. В.С. Будённого самостоятельно не смогла решить этот вопрос. Краевое управление местной промышленности передало изыскание Западно-Сибирскому бюро краеведения. Обладая знаниями растений и опытом полевых исследований, Алгазин подключился к работам по выявлению сырьевых резервов для текстильной промышленности Западной Сибири, поиску дикорастущих волокнистых растений.

В итоге он пришёл к заключению о том, что Западная Сибирь в составе дикой флоры располагает огромными ресурсами прядильных растений и растений, пригодных, как для производства верёвочных изделий, так и для выработки брезентов и технических тканей. В составе флоры Западной Сибири имеется около 50 видов потенциально волокнистых растений. Однако не все они были равноценно изучены. Работы проводились на озёрах Барабы в Приобских районах и предгорных районах Алтая. В.С. Алгазину удалось найти совершенно новый, очень ценный технический объект – хатьму, или розовую мальву (Lavatera thuringiaca L., Malvaceae), дающую превосходное волокно, сходное с манильской пенькой. Растения обладают высоким качеством и количеством волокна (10 % выхода) и значительным запасом в естественных местах произрастания, представляющих интерес для промышленного использования, о чем он сообщил в журнале «Советская ботаника» (1939). Для журнала «Социалистическое хозяйство Западной Сибири» (1936) была написана статья о запасах дикорастущих прядильных растений для текстильной промышленности Западной Сибири. В результате обследования вероятные запасы дикорастущих прядильных растений в Западной Сибири оценены в 260 тыс. ц, в том числе, рогоза – 120 тыс. ц, крапивы – 80 тыс. ц, мальвы – 40 тыс. ц, конопли – 20 тыс. ц. Помимо маршрутного изучения природных зарослей, Алгазин высказывает предложение о стационарном изучении коллекционного материала и организации опытных посевов в питомниках, привлечении к работе зональных станций, Биологического института с кафедрой геоботаники Томского университета, Крайхимлаборатории и Института экономики Крайплана. Была подготовлена «Инструкция по выявлению зарослей дикорастущих волокнистых растений Западной Сибири» (1935).

В 1939 г. на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке в Москве был организован павильон «Сибирь», который решили декорировать растениями с Алтая. Для этого Крайвыставкомом в 1935 и 1936 гг. для отбора декоративных растений были проведены экспедиции на Алтай, в которых участвовал Алгазин. Собранный материал был высоко оценён специалистами «Управления субтропических культур», некоторые виды были испытаны в 1937 г. на Алтайской опытной станции. Собранный материал использовался при оформлении павильона.

С 1937 г. Василий Сергеевич работал на Краевой детской технической и сельскохозяйственной станции заведующим отделом растениеводства, принимал участие в работе Западно-Сибирского бюро краеведения и издал научно-методическое пособие в серии «В помощь краеведу» «Полезные растения Западно-Сибирского края» (1937). На агроботаническом участке станции в течение двух лет проводил с юннатами наблюдения за 22 видами растений, привезёнными из экспедиций на Алтай, в которых участвовал. Результаты этих наблюдений были опубликованы в журнале «Советская ботаника» (1941). На участке станции проводилось большое количество экскурсий, установилась широкая корреспондентская сеть с активом из учителей и сельской интеллигенции, работали десятки юннатских кружков. Всем этим руководил Василий Сергеевич. В 1939 г. был издан популярный очерк «Растительность Приобья», предназначенный учащейся молодёжи, учителям и сельской интеллигенции. Помимо популярного изложения сведений о современной растительности Приобья, о растительности прежних геологических эпох, о происхождении современных растительных ландшафтов Приобья, в Приложении были даны сведения о главнейших полезных растениях Приобья (кормовые травы, технические растения, лекарственные растения). Книга очень быстро разошлась и была рекомендована Областным отделом народного образования в качестве дополнительного учебного пособия для городских и сельских школ по курсу ботаники и дарвинизма.

В 1939 г. Василий Сергеевич поднял вопрос об организации в Новосибирске центра широкой научно-популярной и исследовательской ботанической работы – Ботанического сада. 12 декабря в газете «Советская Сибирь» (№ 285, стр. 2) была опубликована статья-манифест «Нам нужен ботанический сад», в которой высказаны предложения о создании сада, как учреждения, где в тематике исследовательских работ должны были стоять вопросы интродукции, селекции и широкого изучения местных растительных ресурсов. Массовую работу сада должен был создать широкий актив из агрономов, мичуринцев, опытников, учителей, любителей, школьников, юннатов. Сад должен создать густую корреспондентскую сеть, установив связь с центральными научно-исследовательскими учреждениями Советского Союза, а в Новосибирской области – с лучшими людьми сельского хозяйства.. Сад должен систематически показывать их опыт на своих делянках, стать живым музеем ботанической географии Сибири и живым показом переделки естественной среды социалистическим хозяйством. В статье указана необходимость организации Ботанического сада в Новосибирске, в городе, где есть вузы и техникумы, десятки тысяч школьников и тысячи учителей. Новосибирские учебные заведения – сельскохозяйственный институт, медицинский институт, институт повышения квалификации учителей – были очень заинтересованы в организации ботанического сада. На опытных делян-

ках сада должны были подводить научную базу под свои достижения знатные опытники страны, работать любители, юннаты. В целом ботанический сад должет был бы представлять общественную организацию по пропаганде достижений передовиков сельского хозяйства, любителей, учителей, юннатов.

Статья получила широкий отклик общественности Новосибирска, Томска; в редакцию поступил ряд писем. Вскоре редакцией было созвано совещание научной и педагогической общественности, которое целиком одобрило мысль об организации ботанического сада в Новосибирске, выработало основные положения и наметило смету сада для постановки вопроса на Президиуме Облисполкома. Начавшаяся советско-финская (1939–1940), а потом и Великая отечественная война (1941–1945) надолго прервали организацию ботанического сада, лишь через 7 лет в 1946 г. он был организован в составе научных учреждений и институтов Западно-Сибирского филиала Академии наук СССР.

В 1940 г. Новосибирская область участвовала во Всесоюзной сельскохозяйственной выставке в Москве в павильоне «Сибирь». В Новосибирске к выставке была издана большая коллективная монография «Большевики переделывают Сибирь» (1940), где в разделе «юннаты, будущее за ними», рассказывается о юннатском движении в области. В выставке принимала участие и станция юннатов под руководством В.С. Алгазина. Среди участников выставки была Лида Ерёменко, её работы по культуре кок-сагыза и сои сорта «Крушуля» были отмечены дипломами выставки. После окончания Омского сельскохозяйственного института и конца войны в 1945 г. она была принята на работу на Новосибирскую областную станцию юных техников и натуралистов (ОблСЮТиН). А Лида Ерёменко в дальнейшем стала Лидией Львовной Ерёменко, доктором сельскохозяйственных наук, профессором и работала долгие годы в ЦСБС СО АН СССР.

В 1939 г. у Алгазина была обнаружена открытая форма туберкулёза лёгких, что не позволило ему работать на станции, и он занялся литературной работой в журнале «Сибирские огни» и газете «Советская Сибирь». Им были опубликованы статьи: «Кок-сагыз» – по проблеме каучуководства в Сибири, «Тенис-озеро» по проблеме осушения каменских колхозов, популярный очерк о Кулунде «Хлеб и соль» (1941).

С марта 1941 г. здоровье позволило Алгазину вернуться к основной работе в системе Западно-Сибирского отделения «Водстроя» в «Барабстройпроекте» в качестве старшего геоботаника. Помимо основной работы им был составлен аннотированный библиографический указатель «Почва и растительность Барабы» (1942), включавший 247 названий рукописных и печатных работ. В 1948 г. он подготовил к печати обстоятельную сводку «Очерк растительности Обь-Иртышской лесостепи», в которой была подробная характеристика растительных сообществ Барабы. К сожалению, библиография и эта работа, весьма ценные в практическом и научном отношении, не были опубликованы (Вагина, 1962). Уже после войны эти материалы были использованы в совместной монографии с почвоведом Н.В. Орловским «Бараба. Почва и растительность» (1948).

В 1944 г по состоянию здоровья Алгазин вернулся на станцию юннатов в качестве заместителя директора по учебной части и вновь занялся литературной работой. Для широкой аудитории была опубликована книга «Растительное сырье Новосибирской области» (1944). В книге описано использование более чем 100 видов растений по их применению – ягоды, овощные, крахмалосодержащие, масличные пищевые, масличные технические, волокнистые, дубители, лекарственные, приведены ключи для определения видов растений, включены споровые растения и грибы (плаун, сфагновые мхи, спорынья). Так в книге сообщено, что в 1941 г. по Новосибирской области было собрано 194,2 тонн спорыньи, которая использовалась как лекарственное сырьё. Указаны сроки сбора сырья и характерные даты перехода времён года от зимы к лету и наоборот. С 1945 г. Василий Сергеевич оставил работу на станции и занялся написанием очерков для журнала «Сибирские огни», которые были опубликованы позже: «Земля барабинская» (1946), «Травы жизни» (1947), «Рассказ о луке» (1948).

В 1946 г. Василий Сергеевич перешёл на инвалидность. Обобщая материалы своих исследований и изучив специальную литературу, он подготовил к августе 1949 г. рукопись книги «Полезные растения Западной Сибири» и сдал её в редакцию Новосибирского областного книжного издательства. Книга является одной из первых серьёзных сводок по растительному сырью Западной Сибири, имеющему хозяйственное значение. Автор опирался, в основном, на личный исследовательский материал, собранный в экспедиционных поездках по Западной Сибири. Полезные растения, приводимые в книге, разбиты на 6 групп: пищевые (43 вида растения), лекарственные (103), технические (73), кормовые (40), медоносы (31) и декоративные (32). Использованная литература приводится в конце каждой главы. В книгу включены только растения, представляющие большой хозяйственный интерес

и значительно распространенные в естественных природных сообществах Западной Сибири. Не стало Василия Сергеевича Алгазина в 1949 г. Книга была подписана к печати в декабре 1949 г. и, по всей вероятности, корректуру он уже не видел, как и саму книгу, вышедшую из печати в 1950 г. тиражом 3000 экземпляров.

ПУБЛИКАЦИИ В.С. АЛГАЗИНА

Ботанические

Lavatera thuringiaca L., как волокнистое сырье // Советская ботаника. 1939. № 3. С. 82–90.
Интродукция алтайских растений // Советская ботаника, 1941. № 3. С. 152–156.
Алгазин В.С., Орловский Н.В. Бараба. Почва и растительность / под ред. Г.В. Малкина, В.В. Ревердатто. Новосибирск : Новосибгиз, 1948. 228 с.

Краеведческие

Иструкция по выявлению зарослей дикорастущих волокнистых растений Западной Сибири. Новосибирск : Газ. «Большевист. смена», 1935. 23 с., ил.
Сырьевые резервы текстильной промышленности Западной Сибири // Социалистическое хозяйство Западной Сибири. Новосибирск. 1936. № 5–6. С. 55–60.
Полезные растения Западно-Сибирского края. Новосибирск : Зап.-Сиб. краев. изд., 1937. 54 с. (Серия научно-методических пособий и программ «В помощь краеведу» / Зап.-Сиб. краев. бюро краеведения. Вып. 10).
Растительность Приобья : попул. очерк / под ред. В.А. Хахлова. Новосибирск : Новосибгиз, 1939. 84 с.
Нам нужен ботанический сад // Советская Сибирь. 12 декабря, 1939. № 285. С. 2.
Юннаты. Будущее за ними // Большевики переделывают Сибирь / под ред. А.П. Волкова, Ф.Д. Кузнецова, Л.И. Соколова. Новосибирск : Новосибгиз, 1940. С. 173–178.
Хлеб и соль. Очерк // Сибирские огни. 1941, № 2. С. 69–85.
Растительное сырье Новосибирской области / под ред. В.В. Ревердатто. Новосибирск : Новосиб. обл. гос. изд-во, 1944. 77 с., ил.
Земля барабинская // Сибирские огни. 1946. № 4. С. 83–88.
Травы жизни // Сибирские огни. 1947. № 5. С. 110–117.
Рассказ о луке. // Сибирские огни. 1948. № 2. С. 110–117.
Кок-сагыз // Советская Сибирь (по Крылов Г.В. Алгазин и его книга. Алгазин В.С. Полезные растения Западной Сибири. 1950. С. 5).
Тенис-озеро // Советская Сибирь (по Крылов Г.В. Алгазин и его книга. Алгазин В.С. Полезные растения Западной Сибири. 1950. С. 5).
Полезные растения Западной Сибири / под ред. Г.В. Крылова. Новосибирск : Новосиб. обл. гос. изд., 1950. 175 с.

Рукописи

Библиография Барабы. (Почвы и растительность). Рукопись. 1942.
Очерк растительности Обь-Иртышской лесостепи. Рукопись. 1948.

ЛИТЕРАТУРА

Вагина Т.А. Луга Барабы. Новосибирск : Изд-во СО АН СССР, 1962. Ч. 1. 198 с.
Крылов Г.В. В.С. Алгазин и его книга // Полезные растения Западной Сибири. Новосибирск : Новосиб. обл. гос. изд-во, 1950. С. 3–8.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-13

Пастбищная дигрессия растительности на территории питомника лесных бизонов «Усть-Буотама»

Д.В. Дьячковский[1], А.А. Никифорова[2]

[1, 2] *Северо-Восточный федеральный университет, Якутск, Российская Федерация*
[1] *danilda601@gmail.com;*
[2] *aliaf/nikiforova@s-vfu.ru*

Аннотация. В статье представлены результаты изучения пастибищной дигрессии луговых и лесных сообществ при вольерном содержании лесных бизонов на территории питомника «Усть-Буотама» (Центральная Якутия). Выполнен анализ изменения флористического состава луговых и лесных сообществ под влиянием выпаса, проведена оценка степени деградации фитоценозов. В результате проведенных исследований выявлены наиболее нарушенные места, что дает возможность пересмотреть режим и необходимую нагрузку использования пастбищ.

Ключевые слова: фитоценоз, пастбищная дигрессия, видовое разнообразие, таксономический спектр, проективное покрытие, ступени дигрессии, степень синатропизации

Pasture degradation of vegetation in the Ust-Buotama forest bison nursery

D.V. Dyachkovsky[1], A.A. Nikiforova[2]

[1, 2] *North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation*
[1] *danilda601@gmail.com*
[2] *aliaf/nikiforova@s-vfu.ru*

Abstract. The article presents the results of the study of pastoral digression of meadow and forest communities on the territory of nursery of forest bisons (Ust-Buotama, Central Yakutia). The change in the floristic composition of meadow and forest communities under the influence of bisons was analyzed, the degree of degradation of phytocenoses was assessed. As a result of the studies, the most disturbed places were identified, which makes it possible to revise the regime and the necessary load for the use of pastures.

Keywords: phytocenosis, pastoral digression, species diversity, taxonomic spectrum, projective coverage, digression stages, degree of synatropization

На территории Центральной Якутии, которая является наиболее густозаселенной частью республики, население в основном занято животноводством. Чрезмерный выпас домашнего скота и неблагоприятные природные условия региона сильно отражаются на состоянии естественных растительных сообществ. К тому же, данная территория является одной из активных туристических уголков Якутии, что тоже добавляет негативную нагрузку на фитоценозы питомника.

Питомник по разведению лесных бизонов «Усть-Буотама» расположен на правобережье реки Лены, в междуречье Буотамы и Лены. Южная граница питомника примыкает к природному парку «Ленские столбы». Общая площадь, занимаемая питомником, включая десять взаимосвязанных вольеров и карантинный блок, составляет 112,4 га. Для сравнительной характеристики: в 2008 г. общая площадь хозяйства составляла 91,56 га, из которых 65,07 га были заняты под пастбища, 21,0 га представляют собой лесные и кустарниковые насаждения, а 5,49 га – водные объекты (Петров, Кривошапкин, 2020).

Так как территория бизонария используется как туристическая точка, режим использования вольеров, а следовательно, и пастбищная нагрузка на растительный покров внутри вольера, зависит от особенностей туристической нагрузки. Туристический сезон начинается с марта и заканчивается в октябре, наибольшее количество туристов бывает в летние месяцы, июнь – август, особенно по выходным дням.

В рабочие дни, с понедельника по пятницу, бизоны пасутся в самых отдаленных от берега вольерах (вольеры № 8, 9, рис. 1), где территория самая большая по площади; в выходные дни всех бизонов перегоняют в вольеры, которые находятся ближе к берегу (вольеры № 4, 5), где есть смотровая площадка.

Ночью лесные бизоны иногда могут свободно передвигаться по вольерам; если они находятся в отдаленных вольерах, они могут заходить в вольер № 7, а в выходные ночью могут перейти к вольер № 2. Между вольерами № 2 и 7 есть забор, который при надобности можно открывать и закрывать с целью контроля перемещения бизонов.

Естественные пастбища бизонов включают как луговые территории, так и лесные участки. Луговые сообщества представлены, в основном, злаковыми сообществами с высоким участием *Elytrigia*

repens. Это связано с тем, что до 80-х гг. XX в. на этих местах располагались пашни, которые после развала совхоза, были оставлены на самовосстановление и сейчас находятся на стадии залежей. В питомнике «Усть-Буотама» распространены сообщества из ив (*Salix bebbiana* Sarg., *S. pyrolifolia* Ledeb.), первичные березовые (*Betula pendula* Roth) и еловые (*Picea obovata* Ledeb.) леса (Ефимова, 2011).

Рис. 1. Схема расположения вольеров питомника «Усть-Буотама» и места описаний

Исследования проведены в 2022–2023 гг. на пастбищах вольеров питомника. Всего на территории питомника было сделано 45 геоботанических описаний луговой и лесной растительности (36 луговых и 9 лесных описаний растительности), из которых 16 описаний растительности были сделаны внутри вольеров и 29 – вне вольеров. Флористический состав фитоценозов очень беден и состоит, в среднем, из 6–12 видов. Всего, по всем геоботаническим описаниям фитоценозов, нами было выявлено 94 видов из 26 семейств.

Индикацию пастбищной дигрессии растительного покрова выполнили по Л.Г. Раменскому (Раменский и др., 1956). Проведенные исследования луговых растительности позволили выявить существенные различия в состоянии луговых фитоценозов на обследованной территории. Анализ 36 описаний луговых фитоценозов показал четкую дифференциацию растительных сообществ по степени нагрузки, что соответствует традиционной классификации стадий пастбищной дигрессии.

Из всех описанных 36 луговых фитоценозов нами выделены 4 фитоценоза (11,1 % от общего числа) с высоким участием разнотравья, которые мало нарушены и относятся к 1–2 ступени дигрессии. Доминирующими видами выступают *Geranium pratense* и *Vicia multicaulis*. Высокие значения проективного покрытия (около 80 % и более) и отсутствие пастбищных сорняков свидетельствуют о минимальном антропогенном воздействии на данные участки. Все указанные фитоценозы расположены тонкой каймой по периферии вольеров (возле забора) или за его пределами на опушке лесных фитоценозов и зарослей кустарников.

Основную массу обследованных лугов составляют сообщества сенокосного типа 3–4 ступени дигрессии, всего 21 фитоценоз (58,3 % от общего числа). Для этих фитоценозов характерно умеренное видовое богатство (6–8 видов). В видовом спектре преобладают злаки, в основном это *Poa pratensis*, *Hordeum brevisubulatum* и *Festuca rubra,* что определяет высокую хозяйственную ценность данных угодий. Проективное покрытие остается на уровне (74 ± 5) %, а единичное присутствие пастбищных индикаторов указывает на слабое антропогенное влияние.

В 11 луговых фитоценозах (30,6 % от общего числа) выявлены признаки умеренного выпаса 5 ступени дигрессии. Для этих фитоценозов характерно заметное упрощение структуры (всего 4–6 видов) и изменение экологического баланса: доля злаков возрастает до (63 ± 5) %, при этом абсолютным доминантом становится *Elytrigia repens*. Появление сорных компонентов, таких как *Chenopodium album,* и снижение проективного покрытия до 67 ± 5 % свидетельствуют о необходимости регулирования пастбищной нагрузки на данных территориях.

Бизоны на местах отдыха, принимают пылевые ванны, образуя небольшие участки без растительности – «каталки» (рис. 2), которые в последующем зарастают сорными видами, такими как *Polygonum aviculare, Atriplex patula*, а также виды рода *Artemisia – A. jacutica* и *A. integrifolia.* Таких участков внутри вольера может быть несколько. Размеры каталок могут быть совершенно разными, в зависимости от длительности их использования, от чего зависит время их восстановления.

Рис. 2. Место каталки или пылевых ванн (фото А.А. Никифоровой)

Проведенный анализ выявил преобладание слабонарушенных луговых сообществ (69,4 % вместе с ненарушенными), что свидетельствует об относительно благоприятной экологической ситуации на обследованной территории.

По составленным описаниям лесных сообществ выявили существенные изменения в структуре древостоя на участках, которые располагались внутри вольеров и были подвержены длительному выпасу. На местах долинных еловых фитоценозов из *Picea obovata* сейчас мы обнаружили заболоченные леса с доминированием *Betula pendula*. Ель встречается в виде валежа или сухостоя. Стволы крупных елей бизонами используются как чесалки, из-за чего почти у всех деревьев кора содрана, корневая система оголена, что, видимо, и стало причиной гибели деревьев. Березам тоже достается от бизонов, так как они откусывают нижние ветки и обдирают кору. Поэтому если ситуация не изменится, лесной участок в вольере № 8 в скором будущем погибнет. На этом участке почти нет подроста ели или березы, так как молодые деревья в первую очередь съедаются бизонами.

Фитоценозы различаются по целому ряду внешних характеристик, к числу которых относятся: видовой состав, морфологическая структура, типы циклической динамики и уровень продуктивности. Среди этих признаков особое значение имеет видовой состав, поскольку он отражает особенности экотопа, характеризует продуктивность сообщества и служит показателем одной из форм биологического разнообразия, альфа-разнообразия на уровне фитоценоза. Изучение видового состава даёт возможность выявить причины формирования конкретного растительного сообщества и понять закономерности его организации.

По всем описаниям выявлено 94 вида из 26 семейств. В таксономическом спектре доминирует семейство *Rosaceae* – 18 видов (19,15 % от общего числа). Представители этого семейства широко распространены как в лесных, так и в луговых сообществах. Среди них наиболее часто встречаются представители рода *Potentilla,* из которых *Potentilla bifurca* на некоторых луговых фитоценозах является абсолютным доминантом. Кроме нее в лесных фитоценозах и в некоторых луговых отмечена *Rosa acicularis.* Примерно одинаково участие семейств Poaceae, Fabaceae, Asteraceae – по 10 видов (10,64 % от общего числа), 6 видами (6,4 %) представлено семейство Ranunculaceae. В сумме участие этих 5 ведущих семейств составляет 57,45 % всей флоры. Семейство *Poaceae* является одним из наиболее представительных в луговых фитоценозах и на разреженных лесных участках. Из всех представителей этого семейства во многих фитоценозах встречается, избегая только сильно заболоченных участков, *Elytrigia repens*. Следует отметить, что этот вид во многих фитоценозах выступает

как доминирующий. Из семейства *Fabaceae* преобладают виды родов *Vicia* и *Astragalus*; они играют важную роль в обогащении почвы азотом и обитают в различных типах растительных сообществ. Наиболее часто встречается *Vicia cracca*, которая имеет более широкую амплитуду толерантности по фактору увлажнения. Семейство Asteraceae отличается высокой экологической пластичностью и широко представлено в изученных сообществах. Замечено, что многие виды этого семейства не поедаются бизонами. Среди них выделяются: *Achillea millefolium*, которая встречается как в луговых, так и в лесных фитоценозах, *Jacobaea vulgaris* и *Saussurea amara*. Кроме указанных видов, встречаются представители рода *Artemisia*. Единичными видами представлены семейства Orchidaceae, Boraginaceae, Urticaceae, Pyrolaceae, Amaranthaceae и др. – по 1,06 % от общего числа видов). Вероятно, это сохранившиеся виды типичных локальных фитоценозов и новые заносные, сорные виды.

Для изучения продуктивности фитоценозов использовали метод укосов. Укосы были проведены в вольерах 2, 5 и 8 (см. рис. 1). Укосные площадки (1 $м^2$) располагались по трансекте от периферии вольера, где выпас минимален, к центру, к участкам которые подвержены к наибольшей нарузке. Анализ результатов по оценке продуктивности фитоценозов показал следующее: наиболее продуктивным является участок в вольере № 2 – от 9,5 до 20,2 ц/га (14,5 ц/га в среднем), так как на этом участке выпас лесных бизонов минимален (только ночью в выходные дни). Наименее продуктивные фитоценозы находились в вольере № 8 – от 2,7 ц/га до 13,5 ц/га (7,7 ц/га в среднем); в этом вольере лесные бизоны находятся 5 дней в неделю и он является основным местом выпаса.

Рассчитанный индекс синантропизации фитоценозов (Черосов и др., 2005), показал, что почти во всех луговых сообществах, доминируют виды, относящиеся к 2 степени синантропизации или факультативные синантропы. Это, *Taraxacum ceratophorum*, *Potentilla anserina*, *Elytrigia repens*, *Crepis tectorum*, *Chamaenerion angustifolium*, *Plantago media*, *Senecio jacobaea*, *Artemisia jacutica*, *Chenopodium album*, *Artemisia dracunculus* и *Polygonum aviculare*. В одном фитоценозе были встречены виды, которые относятся к 1 группе синантропизации, такие как *Axyris amaranthoides* и *Cannabis sativa*. Их присутствие, видимо, связано с тем, что семена этих растений могли быть в составе кормов. В остальных фитоценозах, которые располагались в большей степени вне вольера или по переферии вольеров, господствовали виды 3 степени синантропизации, – *Poa pratensis*, *Alopecurus arundinaceus*, *Thalictrum simplex*, *Vicia cracca* и др.

Анализ результатов исследования показал что, все фитоценозы в разной степени испытывают нагрузку, но в те из них, в которых отмечен незначительный выпас (труднодоступные для бизонов места по периферии вольеров и за вольерами), относятся к 1–2 ступеням (низкой стадии) дигрессии, в местах же постоянного выпаса почти все фитоценозы относились к средней стадии дигрессии – 5 ступень. В местах, где стадо любит отдыхать и получать прикорм, отмечены фитоценозы со значительной стадией дигрессии – 8 и 9 ступени, с участием устойчивых к вытаптыванию сорных трав, таких как *Polygonum aviculare*, *Chenopodium album*, *Taraxacum ceratophorum*, *Atriplex patula*.

Таким образом, лесные бизоны за период пребывания на территории питомника «Усть-Буотама» оказали существенное влияние на лесную и луговую растительность в направлении изменения видового состава, упрощения структуры лесолуговых природных сообществ и их деградации, что очень опасно на ограниченной территории в экстремальных климатических условиях Якутии. Лесные фитоценозы менее устойчивы к пастбищной нагрузке, чем луговые. Важной особенностью трансформации луговых сообществ под влиянием выпаса бизонов является их избирательность в поедании растений. По всей территории с умеренным и сильным уровнем выпаса наряду с объеденными участками присутствуют куртины высокорослых растений, это можно расценить как приспособительную черту в питании вида, способствующую восстановлению травостоя при соблюдении режима пастбищеоборота.

ЛИТЕРАТУРА

Ефимова А.П. Леса долины Средней Лены (Центральная Якутия): синтаксономический и динамический анализ. Новосибирск : Наука, 2011. 160 с.

Никифорова А.А. Определитель высших растений окрестностей н.п. Еланка Хангаласского улуса (Центральная Якутия): учебное пособие. Якутск : Изд. дом СВФУ, 2023. 300 с.

Петров А.А., Кривошапкин А.А. Организм и среда: Поведенческие особенности лесных бизонов при вольерном содержании в условиях питомника «Усть-Буотама» // Евразийский Союз Ученых. 2020. № 5–9 (74). С. 31–36.

Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М. : Сельхозгиз, 1956. 472 с.

Черосов М.М., Слепцова Н.П., Миронова С.И. и др. Синтаксономия синантропной растительности Якутии / отв. ред. Е.Г. Николин. Якутск : Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2005. 575 с.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-14

Местообитания чужеродных видов сосудистых растений на севере полуострова Ямал

А.А. Егоров[1, 2, 3], В.В. Бялт[4], К.И. Скворцов[4]

[1] *Институт лесоведения РАН, Успенское, Московская обл., Российская Федерация; egorovfta@yandex.ru*
[2] *Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация; a.a.egorov@spbu.ru*
[3] *Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация; egorovfta@yandex.ru*
[4] *Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Российская Федерация; VByalt@binran.ru*

Аннотация. Выявлены местообитания 27 чужеродных видов сосудистых растений на севере полуострова Ямал в пределах подзоны арктических тундр. Чужеродные виды на севере полуострова Ямал приурочены преимущественно к нарушенным дренированным песчаным местообитаниям в условиях высокой инсоляции. Исключение составляет только *Barbarea arcuata* на юге арктических тундр п-ова Ямал, выявленный многократно в цветущем состоянии и с плодами в местах проведения рекультивации и смежных с ними естественных местообитаниях. Появление большого числа чужеродных видов на Ямале по сравнению с «Флорой полуострова Ямала» (Ребристая, 2013), несомненно, связно с усилением антропогенной нагрузки на местные сообщества.

Ключевые слова: география растений, заносные виды, Западная Сибирь, местообитание, чужеродные (адвентивные) виды, Ямал

Habitats of alien species of vascular plants on the North of the Yamal Peninsula

A.A. Egorov[1, 2, 3], V.V. Byalt[4], K.I. Skvortsov[4]

[1] *Institute of Forestry Sciences RAS, Uspenskoye, Moscow Region, Russian Federation; egorovfta@yandex.ru*
[2] *St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation; a.a.egorov@spbu.ru*
[3] *St. Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg, Russian Federation; egorovfta@yandex.ru*
[4] *Komarov Botanical Institute RAS, St. Petersburg, Russian Federation; VByalt@binran.ru*

Abstract. Habitats of 27 alien species of vascular plants were identified in the north of the Yamal Peninsula within the arctic tundra subzone. Alien species in the north of the Yamal Peninsula are confined mainly to disturbed drained sandy habitats under conditions of high insolation. The only exception is *Barbarea arcuata* in the south of the arctic tundra of the Yamal Peninsula, which was repeatedly identified in bloom and with fruits in reclamation sites and adjacent natural habitats. The appearance of a large number of alien species in Yamal compared to the "Flora of the Yamal Peninsula" (Rebristaya, 2013) is undoubtedly associated with increased anthropogenic pressure on local communities.

Keywords: alien (adventive) plants, habitat, geography of plants, Western Siberia, Yamal

Активное освоение территорий Крайнего Севера, обусловленное экономическими интересами в разработке месторождений углеводородного сырья, приводит к нарушению природной среды и формированию специфических местообитаний. Развитие промышленной инфраструктуры, активизация транспортного сообщения, внедрение технологий рекультивации нарушенных земель в сочетании с потеплением климата способствует проникновению широкого спектра чужеродных видов в северные регионы. В последнее десятилетие интенсивному освоению подвергся север Западной Сибири в пределах Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО), включая п-ов Ямал, в недрах которого были обнаружены крупные месторождения природного газа и газоконденсата.

В результате проведенных в 2016–2019 гг. исследований в вахтовом пос. Сабетта и его окрестностях на севере п-ова Ямал в пределах подзоны арктической тундры нами выявлено 27 чужеродных видов сосудистых растений (Бялт, Егоров, 2019; Бялт и др., 2025), которые ранее не указывались для данной территории Н.И. Андреяшкиной (2008), О.В. Ребристой (2013), Л.М. Морозовой (2018) и др.

Цель настоящей работы – выявить спектр местообитаний видов чужеродной фракции флоры, находящихся на северном пределе распространения в Западной Сибири (подзона арктических тундр).

Исследование проведено в 2016–2019 гг. в вахтовом пос. Сабетта и его окрестностях. Флористические исследования проводились классическим маршрутным методом со сбором гербарного материала и описанием местообитаний для каждого образца. Всего был собран 51 образец сосудистых растений, отнесенных к чужеродной фракции флоры в соответствии со следующими критериями: 1) местонахождение в большом отрыве от основного ареала; 2) упоминание о заносе вида в соседний регион; 3) присутствие в нарушенных местообитаниях.

Благоустройство населенных пунктов на севере п-ова Ямал, формирование промышленной, в том числе, дорожной инфраструктуры, нарушение природных комплексов в результате хозяйственной деятельности приводит к формированию специфических местообитаний – грунтовых дорог, песчаных насыпей и валов, дренированных откосов различных экспозиций, газонов и др. Ввиду особенностей песчаных грунтов применяются различные технологии закрепления песчаных площадок и откосов дорожных насыпей, в том числе рекультивация с использованием травосмесей различного географического происхождения. Травосмеси, содержащие примеси различных сорных трав, являются одним из источников проникновения чужеродных видов на север Ямала. Выявление спектра местообитаний чужеродных видов может способствовать выявлению риска расселения и проникновения чужеродных видов в природные комплексы, определению их степени натурализации.

Некоторые из отмеченных чужеродных видов (*Bromopsis inermis*, *Bromus squarrosus*, *Dactylis glomerata*, *Elytrigia repens*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra* s.str., *Phleum pratense*) целенаправленно культивируются на газонах в поселке, либо высевались для закрепления песчаных откосов по краям поселка и вдоль дорог, были использованы при рекультивации нарушенных земель. Вместе с тем, в местах проведения рекультивации был отмечен ряд широко известных сорно-рудеральных трав (*Berteroa incana*, *Chenopodium album*, *Plantago major* и др.), насчитывающих 6 таксонов (22 % от чужеродной флоры) (таблица). Многие сборы чужеродных видов были сделаны на откосах насыпи по краям поселка и откосам дорог южной экспозиции – 20 видов (74 %). Если на откосах насыпей высевались травосмеси, с которыми заносилась часть чужеродной флоры, то по песчаным дорогам и обочинам чужеродные виды уже расселялись самостоятельно (13 видов – 48 %).

В таблице приведены выявленные на севере п-ова Ямал чужеродные виды (в алфавитном порядке по семействам) и их местообитания.

Местообитания чужеродных видов сосудистых растений в поселке Сабетта и его окрестностях

Вид	Местообитание				
	1	2	3	4	5
Achillea millefolium L. s. l.	+	+			
Anthemis subtinctoria Dobrocz.	+				
Arctium tomentosum Mill.	+				
Artemisia vulgaris L.	+			+	
Leucanthemum vulgare Lam.		+			
Tripleurospermum inodorum (L.) Sch. Bip.	+				
Barbarea arcuata (Opiz ex J. et C. Presl) Reichenb.	+	+	+		+
Berteroa incana (L.) DC.		+	+		
Rorippa palustris (L.) Bess.	+				
Melandrium album (Mill.) Garcke	+				
Oberna behen (L.) Ikonn.	+	+			
Chenopodium album L.		+			
Melillotus officinalis (L.) Pall.	+			+	
Chamaenerion angustifolium (L.) Scop.	+	+	+		
Plantago major L.	+	+	+		
Bromopsis inermis (Leyss.) Holub		+		+	
Bromus squarrosus L.	+				
Dactylis glomerata L.	+	+		+	
Elytrigia repens (L.) Nevski	+				
Festuca pratensis Huds.		+		+	
Festuca rubra L. s. str.	+				
Phleum pratense L.	+			+	
Rumex acetosella L.		+	+		
Rumex pseudonatronatus Borb.	+	+			
Ranunculus acris L.			+		
Potentilla argentea L.	+				
Potentilla norvegica L. s. l.	+				

Примечание. 1 – откосы и склоны песчаных насыпей; 2 – дороги и обочины песчаные; 3 – рекультивированные площадки песчаные; 4 – газоны (посевы); 5 – берега озер.

На севере п-ова Ямал, в окрестностях пос. Сабетта, чужеродные растения расселяются исключительно по антропогенным местообитаниям, практически не внедряясь в естественные фитоценозы. Все чужеродные виды выявлены в нарушенных местообитаниях (пустыри, песчаные насыпи газовых площадок, заброшенные и новые газоны, обочины и откосы дорог) и приурочены преимущественно к дренированным песчаным хорошо прогреваемым участкам. Исключение на юге арктических тундр п-ова Ямал составляет только Barbarea arcuata. Вид был выявлен нами многократно в цветущем состоянии и с плодами в местах проведения рекультивации, а также смежных с ними естественных местообитаниях.

Появление большого числа чужеродных видов на Ямале по сравнению с «Флорой полуострова Ямала» (Ребристая, 2013), несомненно, связно с усилением антропогенной нагрузки на местные сообщества.

ЛИТЕРАТУРА

Андреяшкина Н.И. Формирование растительного покрова в искусственно созданных местообитаниях (полуостров Ямал) // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2008. Т. 1, № 1. С. 3–10.

Бялт В.В., *Егоров А.А.* Новые чужеродные виды сосудистых растений на полуострове Ямал // Бот. журн. 2019. Т. 104, № 7. С. 1154–1164. DOI: 10.1134/S0006813619070020

Бялт В.В., *Егоров А.А.*, *Скворцов К.И.* Находки новых чужеродных видов сосудистых растений в Западносибирской Арктике // Turczaninowia. 2025. Т. 28, № 1. С. 175–186. DOI: 10.14258/turczaninowia.28.1.18

Морозова Л.М. Внедрение видов сосудистых растений юга бореальной зоны в субарктическую зону Ямала (фитомониторинг на территории промобъекта) // Экология и география растений и растительных сообществ : материалы IV Междунар. науч. конф. Екатеринбург, 2018. С. 580–585.

Ребристая О.В. Флора полуострова Ямал: современное состояние и история формирования. СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 312 с.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-15

Особенности интродукции малоизученных редких и исчезающих видов растений на примере *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk. (Apiaceae)

Т.В. Елисафенко

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация; tatvelisa@mail.ru

Аннотация. Представлен опыт интродукции малоизученного вида *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk. в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН (2016–2025 гг.). Многие природные популяции *S. divaricata* находятся в угнетенном состоянии в связи с бесконтрольным изъятием растительного сырья (корни) и отсутствием мер охраны для данного вида. Интродукция проводилась согласно методическим рекомендациям по редким и исчезающим видам растений с модификацией для слабоизученных видов. На основе результатов комплексного изучения растений *in situ* и *ex situ*, а также дополнительных исследований *in vitro* и молекулярно-генетического анализа установлены биологические особенности роста и развития *S. divaricata,* перспективы культивирования растений.

Ключевыеслова: *Saposhnikovia divaricata,* интродукция, размножение, сохранение

Features of the introduction of poorly studied rare and endangered plant species on the example of *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk. (Apiaceae)

T.V. Elisafenko

Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation; tatvelisa@mail.ru

Abstract. The experience of introducing a insufficiently studied *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk. is presented in the Central Siberian Botanical Garden SB RAS (2016–2025 years). Many natural populations of *S. divaricata* are in a depressed state due to the uncontrolled removal of plant raw materials (roots) and the lack of protection measures for this species. The introduction was carried out according to the methodological recommendations for rare and endangered plant species with modification for poorly studied species. The biological features of the growth and development of *S. divaricata* and the prospects for plant cultivation have been established based on the results of a comprehensive in situ, situ research of plants and additional *in vitro* studies and molecular genetic analysis.

Keywords: *Saposhnikovia divaricata,* introduction, reproduction, conservation

В настоящее время антропогенное воздействие на природные сообщества настолько масштабно и интенсивно, что некоторые виды могут оказаться на грани исчезновения. Особенно это актуально для видов, имеющих экономическую ценность. Интродукция видов, внесенных в списки Красных книг отличается от интродукции хозяйственно-ценных видов. Основная цель интродукции хозяйственно-ценных видов – поиск форм с ценными признаками и свойствами, и часто для таких видов изучены биологические особенности, разработана технология выращивания. Сбор их природного материала не ограничен законодательством и можно некоторое количество изъять из природы не только семенами, но и растениями, или их частями, соблюдая правило – дать возможность восстановлению популяции. Результаты интродукции применяются в селекции и в расширении культигенного ареала. Обычно цель интродукции редких и исчезающих видов – сохранение видового разнообразия, изучение биологических особенностей видов (часто этот аспект недостаточно исследован). Кроме этого, сбор природного материала ограничивается законодательством, так как многие подобные виды внесены в списки Красных книг, а интродукционный материал необходимо проверять на достоверность. Культивирование таких видов часто не разработано, и требуются многолетние исследования. Результаты интродукции, как и у предыдущей группы видов, используются для расширения культигенного ареала, но основная задача – разработка рекомендаций для восстановления природных популяций.

В последние годы появились публикации по интродукции редких и исчезающих видов, в которых обобщены сведения по особенностям культивирования многих видов растений (Семенова, 2007; Амельченко, 2010; Редкие…2015; Елисафенко, Дорогина, 2021; Интродукция…, 2024). Однако, хозяйственно-ценные виды могут быть внесены в списки Красных книг, и при этом быть слабоизученными. Одним из таких видов является *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk., в корнях которого содержатся биологически активные вещества, обладающие широким спектром действия, и относится к видам растений с высоким фармакологическим потенциалом. *Saposhnikovia divaricata* являющаяся

эндемиком юга Восточной Азии, произрастает на востоке России: в Сибири (Республика Бурятия, Забайкальский край) и на Дальнем Востоке (Амурская область, Хабаровский край, Приморский край); вне России: в Монголии, Китае и Корее. Вид включен в фармакопею Кореи, Японии, Китая (Kazakov et al., 2025), а также используется в традиционной тибетской медицине. В Китае запрещено изъятие вида из природы, и он интенсивно культивируется, например, разработан сорт (Xu et al., 2016). Спрос на растительное сырье (корни) данного вида очень высок на мировом уровне, особенно в странах Восточной Азии; в результате возникла проблема недостатка сырья. До 2019 г. вид не включался в список региональных Красных книг России, что привело к бесконтрольному изъятию растительного сырья из природных популяций. В результате на юге Сибири многие популяции *S. divaricata* находятся в угнетенном состоянии.

Цель данной работы – обобщить опыт культивирования малоизученного вида *Saposhnikovia divaricata* в Центральном сибирском ботаническом саду (ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск).

Интродукция редких и исчезающих видов включает подготовительный этап и три основных этапа (Елисафенко, Дорогина, 2021). Подготовительный этап – анализ литературных данных, изучение растений в природе; 1 этап – непосредственно сбор материала для интродукции, организация участка, первичная интродукция; 2 этап, самый трудоемкий, предполагает размножение и изучение интродуцентов, на основе полученных результатов дается оценка акклиматизации; 3 этап – изучение интродукционных популяций, когда происходит смена поколений, создание устойчивых самовозобновляющихся интродукционных популяций, дается оценка адаптации и формируется биологический паспорт интродуцента.

В 2016 г. в ЦСБС СО РАН начата интродукция *S. divaricata,* семенами, собранными в Республике Бурятия. Подготовительный этап изучения данного вида выявил только, что растения являются монокарпиками, растут в степных сообществах и на залежах. В России не было детальных сведений ни о состоянии природных популяций, ни о введении в культуру. Таким образом интродукция началась с почти нулевыми сведениями. Первый этап, размножение растений, включал получение рассады лабораторно-теплично-грунтовым методом (Дюрягина, 1982). Опыт начался в ноябре в климатостате с контролируемыми условиями проращивания семян (температура 17 °С ночью и 27 °С днем, продолжительность фотопериода 16,5 ч.), что позволяло выявить особенности их прорастания. Кроме этого, необходимо было изучить морфологию плодов и семян. В результате было установлено, что для плодов характерна гетеромерикарпия, околоплодник не плотный, семена с обильным эндоспермом и с хорошо развитым зародышем, имеют неглубокий тип покоя и хорошо прорастают. В течение зимы растения выращивали в климатокамере, и летом они были высажены в открытый грунт на участки с разными микроэкологическими условиями: умеренно увлажненный и с небольшим затенением в первой половине дня, и на открытом участке без застоя влаги. На третий год растения зацвели и были получены семена первого поколения интродуцентов. В результате первичной интродукции установлено, что *S. divaricata* является среднеперспективным видом для интродукции в условиях лесостепной зоны Сибири (Елисафенко и др, 2021). Одновременно с этим проводился анализ содержания хромонов у интродуцентов сотрудниками Бурятского научного центра (Урбагарова и др., 2021).

Дальнейшее исследование *S. divaricata* в 2023–2024 г. было поддержано грантом Российского научного фонда. Это позволило полноценно провести изучение растений в природных популяциях. В течение 2024 г. изучено 7 ценопопуляций в Республике Бурятия*,* проведены фитоценотический, популяционный онтогенетический, анализы (Елисафенко и др., 2024). Установлено, что *S. divaricata* имеет широкую экологическую амплитуду – способность произрастать как под пологом редкостойных сосняков, так и в степи; в сообществах доля участия вида не превышает 2 % от общего проективного покрытия, что указывает на довольно слабую его конкурентоспособность; для большинства популяций характерна низкая плотность особей (5–48 ос./100 м^2). Выявлены биологические особенности растений в природных популяциях: контрактильность корней, продолжительность прегенеративного периода 10–12 лет, монокарпичность, коллатеральные почки возобновления в пазухах листьев, смена моноподиального нарастания при повреждении верхушечной почки на симподиальное за счет спящих почек. Согласно изученным сообществам, интродукционный прогноз для *S. divaricata* благоприятный.

С 2019 г. данный вид не только был включен в региональные Красные книги (Постановление…, 2019; Постановление…, 2022; Красная книга…,2023), но начал выращиваться в интродукционных центрах России: в г. Москве (ВИЛАР), г. Иркутске, г. Барнауле (ЮСБС), г. Улан-Удэ (БСХГА) (Цицилин, 2022; Интродукция…, 2024).

В течение второго этапа интродукции был проведен сравнительный анализ интродукционной и природной популяции, определена семенная продуктивность, морфология плодов и семян, биология их прорастания (Елисафенко и др., 2023), выработаны рекомендации для выращивания семян, определен участок с наиболее благоприятными микроэкологическими условиями, изучен онтогенез. Кроме этого, накопленный семенной материал позволил начать работы по выявлению биологической долговечности семян, влиянию зрелости семян и условий хранения семян на их прорастание.

Нами отмечено, что наиболее благоприятный участок для роста и развития растений – с небольшим затенением и умеренной влажностью. При сравнительно-морфологическом анализе возрастных состояний нами установлено сокращение прегенеративного периода в 4 раза и развитие мощной корневой системы у интродуцентов. Характерно развитие боковых корней, равнозначных главному корню, в то время как в природе развивается только главный корень с мелкими боковыми корнями, и развитие крупного бокового корня исключительный случай. Отмечено образование многоглавого каудекса при росте коллатеральных пазушных почек листьев прошлых лет. В природе обычно реализуется рост одной почки.

Высота генеративных растений в природе варьирует в зависимости от условий произрастания от 35 до 120 см. Диаметр синфлоресценции интродуцентов достигает 124 см, на которой, в среднем, около 70 двойных зонтиков, процент семенификации – 65, реальная семенная продуктивность особи более 6000 семян, что выше, чем в природных местообитаниях. Установлено, что у особей в условиях культуры более 50 % реальной семенной продуктивности составляют семена от двойных зонтиков побегов 3-го порядка

В генеративном состоянии происходит уменьшение корневой системы, так у 2-летних растений масса корней составила 25,9 г у виргинильных растений и 8,9 г у генеративных. Подобную тенденцию отметили у интродуцентов в Иркутской области (Худоногова, Половинкина, 2024), однако масса корней растений из ЦСБС СО РАН в 2 раза превышает таковую растений, выращенных в Иркутской области.

Семена имеют неглубокий покой, в лабораторных условиях начинали динамично прорастать через 6–10 дней от начала опыта, в течение 7 дней проросли более 50 % от проросших семян. Установлены лабораторная всхожесть до 100 %, грунтовая всхожесть необработанных мерикарпиев – 13 %, механически скарифицированных – 23 %, при посеве в почвенную смесь в климатокамере – 53 % (Елисафенко и др., 2023). Сухое хранение семян при +4 °С и –18 °С в течение 6 месяцев не оказало положительного влияния на прорастание семян. Наилучшим образом при пересадке растений в открытый грунт адаптировались особи, выращенные из стратифицированных семян. Установлено, что прорастание семян *S. divaricata* зависит от условий хранения, года сбора, срока хранения. Кроме этого предположили, что неглубокий покой семян и отсутствие целых семян на конец опыта, монокарпичность растений обусловливает уязвимость вида в природных популяциях.

Весной 2024 г. отмечена значительная гибель имматурных растений, зимостойкость составила в среднем 28 %, растения грунтового посева оказались наиболее зимостойкими – 21–46 %. На зимостойкость не влияет обработка мерикарпиев перед проращиванием или режимы проращивания семян.

В естественных условиях и в интродукции у растений *S. divaricata* образуется многоглавый каудекс. Причем в условиях культуры основания каудикул находятся на глубине более 10 см, что позволяет сохранить почки возобновления.

На основании полученных данных *ex situ* и *in situ* выявлены факторы, влияющие на устойчивость природных популяций *S. divaricata*: монокарпичность, длительный прегенеративный период, вероятно, низкий запас семян в почве, уничтожение генеративных растений при сборе корней, выпас, массовое повреждение семян беспозвоночными. Вероятно, постоянная температура выше +23 °С и влажность являются оптимальными условиями для прорастания и в естественных условиях могут провоцировать массовое прорастание семян и отсутствие пополнения банка семян в почве. Ряд факторов определяет стратегию вида в природе: низкий запас семян в почве (так как выявлен неглубокий покой семян и отсутствие целых семян на конец опыта), вероятный всплеск всходов при повышенной влажности при диссеминации (август – сентябрь); длительное сохранение жизнеспособных семян в засушливые годы (биологическая долговечность семян при хранении +23 °С более 5 лет), ранняя контрактильность корней (обеспечивает сохранение верхушечной почки), рост спящих почек при повреждении верхушечной почки. Кроме этого, высокая изменчивость признаков как в природе, так и в культуре, определяет способность к адаптации вида при изменении экологических условий и является предпосылкой для успешной интродукции *S. divaricata* в лесостепной и степной зоне, а также селекции. Положительными факторами для интродукции *S. divaricata* и получения растительного сырья

являются: сокращение прегенеративного периода в 3–4 раза, развитие мощной корневой системы, состоящей из главного корня и равнозначных ему боковых корней, образование многоглавого каудекса при росте коллатеральных пазушных почек листьев прошлых лет.

Нами предложены рекомендации для выращивания *S. divaricata*: летний грунтовый посев с механической скарификацией мерикарпиев на участках с небольшим затенением и умеренной влажностью, массовый сбор семян при созревании мерикарпиев (коричневый околоплодник) на зонтиках 2–3 порядка; растительное сырье (корни) необходимо заготавливать на 2-й год жизни (виргинильные растения) в августе–сентябре.

Для *S. divaricata* были проведены дополнительные исследования: разработка протоколов выращивания *in vitro*, сравнительный анализ содержания хромонов у образцов из природы и интродуцентов, сравнительный анализ межмикросателлитных маркеров (ISSR-ПЦР) для оценки генетической изменчивости популяций как *in situ*, так и *ex situ*.

При культивировании *S. divaricata in vitro* зрелыми семенами интродуцентов максимальная всхожесть составила 67 %, выход асептических проростков – 73 %, разработан протокол микроклонирования (Елисафенко и др., 2023; Zheleznichenko et al., 2024). В результате ISSR-анализа выявлены маркерные последовательности для определения генетического разнообразия популяций *S. divaricata*. У исследованных образцов обнаружены очень похожие спектры генетической вариабельности, т.е. за три смены поколений (с 2016 г.) в условиях культуры сохранился уровень изменчивости генотипов природной популяции *S. divaricata,* при этом установлено, что число эффективных аллелей одинаково как у интродуцентов, так и у образцов из природной популяции (Скворцова и др., 2025).

В течение 8 лет для малоизученного вида *S. divaricata* установлены биологические особенности *ex situ* и *in situ*. Сравнительный анализ природных и интродукционных популяций выявил факторы, влияющие на устойчивость природных популяций. Результаты исследований могут применяться для дальнейшей выработки технологий выращивания растений в промышленных масштабах и обеспечения фармацевтической, косметической и пищевой промышленности исходным сырьем для производства биологически активных веществ, и, таким образом, способствовать сохранению природных популяций данного хозяйственно-ценного вида.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23-24-00445 и государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН АААА-А21-121011290025-2, на материале УНУ № USU 440534 «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте» ЦСБС СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Амельченко В.П. Редкие и исчезающие растения Томской области (анатомия, биоморфология, интродукция, реинтродукция, кариология, охрана). Томск, 2010. 238 с.

Дюрягина Г.П. К методике интродукции редких и исчезающих растений // Бот. журн. 1982. Т. 67, № 5. С. 679–687.

Елисафенко Т.В., Казаков М.В., Чимитов Д.Г., Тараскин В.В. Эколого-ценотический анализ ценопопуляций *Saposhnikovia divaricata* (Turcz. ex Ledeb.) Schischk (Apiaceae) в Республике Бурятия // Сибирский экологический журнал. 2024. № 5. С. 783–801.

Елисафенко Т.В., Дорогина О.В. Методические рекомендации по интродукции и восстановлению природных популяций редких и исчезающих видов растений. Кемерово, 2021. 48 с.

Елисафенко Т.В., Железниченко Т.В., Югрина П.Н., Жигмитцыренова Б.М., Казаков М. В., Тараскин В.В. Особенности прорастания семян и введение в культуру *in vitro Saposhnikovia divaricata* (Turcz. ex Ledeb.) Schischk // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2023. Т. 13, № 4 (47). С. 552–560.

Елисафенко Т.В., Королюк Е.А., Югрина П.Н., Урбагарова Б.М., Тараскин В.В. Результаты первичной интродукции *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk. в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН // Растит. мир Азиатской России. 2021. № 4. С. 293–302.

Елисафенко Т.В., Югрина П.Н., Жигмитцыренова Б.М., Казаков М.В., Тараскин В.В. Особенности семенного размножения *Saposhnikovia div*aricata (Apiaceae) // Растит. ресурсы. 2023. Т. 59, № 4. С. 424–438.

Интродукция редких и исчезающих видов растений Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 2024. 808 с

Красная книга Республики Бурятия: Растения и грибы. Белгород, 2023. 342 с.

Постановление Правительства Амурской области от 30.11.2022 № 1163 «О внесении изменений в постановление Правительства Амурской области от 16 октября 2008 г. № 233». № 8. Сапожниковия растопыренная – *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk.

Постановление Правительства Забайкальского края от 28 августа 2019 года № 350 «О внесении изменения в раздел 1 «Отдел Покрытосеменные – Angiosperma» Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Забайкальского края, утвержденного постановлением Правительства Забайкальского края от 16 февраля 2010 года № 52. URL: https://docs.cntd.ru/document/550188977?marker (дата обращения: 07.09.2023).

Редкие растения природной флоры Сибири в Сибирском ботаническом саду. Томск, 2015. 198 с.

Семенова Г.П. Редкие и исчезающие виды флоры Сибири: биология, охрана. Новосибирск, 2007. 408 с.

Скворцова Т.Э., Елисафенко Т.В., Кубан И.Н., Якк В.Н., Дорогина О.В. ISSR-анализ полиморфизма природной и интродукционной популяций *Saposhnikovia divaricata* (Apiaceae) // Растит. мир Азиатской России. 2025. № 3 (в печати).

Урбагарова Б.М., Тараскин В.В., Елисафенко Т.В., Шульц Э.Э., Королюк Е.А., Раднаева Л.Д. Содержание основных действующих веществ в корнях природного и интродуцированного растения *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk. // Химия растительного сырья. 2021. № 3. С. 143–151.

Худоногова Е.Г., Половинкина С.В. Онтогенетические особенности *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk. при интродукции в условиях Предбайкалья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2024. Т. 185, № 1. С. 9–15.

Цицилин А.Н. Интродукция Сапожниковии растопыренной (*Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk.) в ботаническом саду ВИЛАР //Современные проблемы интродукции и сохранения биоразнообразия растений. Воронеж, 2022. С. 118–122.

Kazakov M.V., Anenkhonov O.A., Zhigmittsyrenova B., Elisafenko T.V., Zheleznichenko T.V., Zhang F., Altaeva O.A., Tcybikov B.B., Dylenova E.P., Taraskin V.V., Tykheev Zh.A. Saposhnikovia divaricata – important component of Oriental Traditional Medicine: current status, cultivation experience and biotechnological potential (a review) // Botanica Pacifica. 2025. T. 14. № 1. С. 3–20.

Xu Y.-H., Huang Z.-J., Liu S.-L., Yang H., Wang C. A New *Saposhnikovia divaricata* Cultivar ‘Guanfangfeng 1’ //Acta Horticulturae Sinica. 2016. Vol. 43, Iss. 6. С. 1221–1222.

Zheleznichenko T., Elisafenko T., Zhigmittsyrenova B., Kazakov M., Taraskin V. Influence of plant growth regulators on morphogenesis and in vitro regeneration of *Saposhnikovia divaricata* (Turcz. ex Ledeb.) Schischk // In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant. doi: 10.1007/s11627-024-10462-9

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-16

Экоморфологическая и экоценотическая структуры, закономерности формирования *Salix*-фракции западной части Байкальской Сибири

Э.В. Енин[1, 2], О.П. Виньковская[3]

[1] *Иркутский государственный университет, Иркутск, Российская Федерация; edward_lp@icloud.com*
[2] *ФГБУ «Заповедное Прибайкалье», Иркутск, Российская Федерация*
[3] *Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, Молодежный, Российская Федерация; urbanoflora@yandex.ru*

Аннотация. В работе приводятся результаты экоморфологического и экоценотического анализа *Salix*-фракции территории исследования. Выявлено, что анализируемая фракция насчитывает 51 вид. Преобладают виды мезофильного ряда (32 вида, 62,75 %), доминирует зональный комплекс (46 видов, 90,20 %) за счет светлохвойных лесных эумезофитов (10 видов, 19,61 %) и значительного участия светлохвойных лесных ксеромезофитов (5 видов, 9,80 %). Пространственное распределение видов с использованием метода Уорда показало разделение территории на 2 кластера: равнинный (лесной) и горный.

Ключевые слова: *Salix*-фракция, ивы, Предбайкалье, экологические группы, поясно-зональные комплексы

Ecomorphological and ecocenotic structures, patterns of formation of the *Salix*-fraction in the western part of Baikal Siberia

E.V. Enin[1, 2], O.P. Vinkovskaya[3]

[1] *Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation; edward_lp@icloud.com*
[2] *Zapovednoe Pribaikalye, Irkutsk, Russian Federation*
[3] *Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhny township, Irkutsk region, Russian Federation; urbanoflora@yandex.ru*

Abstract. The paper presents the results of an ecomorphological and ecocenotic analysis of the *Salix*-fraction of the study area. It was found that the analyzed fraction comprises 51 species. Mesophilic species predominate (32 species,, 62,75 %), with the zonal complex dominating (46 species, 90,20 %) due to light-coniferous forest eumesophytes (10 species, 19,61 %) and a significant participation of light-coniferous forest xeromesophytes (5 species, 9,80 %). The spatial destribution of species, using Ward's method, showed a division of the territory two clusters: flat (forest) and mountainous.

Keywords: *Salix*-fraction, willows, Pre-Baikal region, ecological groups, belt-zonal complexes

Salix-фракция представляет собой совокупность всех видов рода *Salix* L., произрастающих на конкретной территории, а именно в западной части Байкальской Сибири. Представители анализируемого рода обладают высокой экологической пластичностью. Они широко распространены и входят в состав большинства фитоценозов региона. Целью данного исследования стало выявление состава, экологических характеристик и условий формирования видовых групп рода *Salix* L. в природно-территориальных комплексах западной части Байкальской Сибири.

Основу работы составили материалы, полученные в ходе натурных работ 2017–2024 гг., включавших автомобильные и пешие маршруты общей протяженностью около 9000 км. Наиболее детальные натурные обследования проведены на территории Усть-Илимского района, в учебно-опытном охотничьем хозяйстве «Голоустное» им. О.В. Жарова Иркутского ГАУ (с. Булунчук), в восточных окрестностях г. Усть-Кут, вдоль трассы Байкало-Амурской магистрали до пос. Кунерма на Байкальском хребте, по руслу р. Анга (Качугский р-н), в районе оз. Ближнее (Государственный природный заказник регионального значения «Лебединые озера»), на побережье Малого Моря оз. Байкал (мыс Зундук, с. Онгурены), в пади Солнцепадь, и на территории мыса Покойный и верховьев р. Лена (Государственный природный заповедник федерального значения «Байкало-Ленский»). В результате собрано более 900 гербарных листов. Значительный объем информации получен при анализе следующих гербарных коллекций: Гербария Института управления природными ресурсами – факультета охотоведения им. В.Н. Скалона Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского, Гербария им. проф. В.И. Смирнова Иркутского государственного университета (IRKU), Гербария им. проф. М.Г. Попова Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (NS, NSK), а также цифровых ресурсов Гербария МГУ им. М.В. Ломоносова (MW) (Национальный банк-депозитарий …, 2025). Общее число обработанных гербарных листов превысило 1500 экземпляров. Дополнительно проанализированы данные глобальной информационно системы по биоразнообразию GBIF (Global Biodiversity Information…, 2025), что составило более 15000 учтенных записей. Использованы данные

авторитетных флористических сводок: «Ивы СССР» (Скворцов, 1968) «Флора Центральной Сибири» (1979), «Флора Сибири» (1992), «Древесные растения Азиатской части России» (Коропачинский, Встовская, 2002), «Flora of China» (2025).

Номенклатура и понимание объемов видов приведены в соответствие с базой данных World Plants (2025). Для анализа встречаемости видов по флористическим выделам региона применен кластерный анализ по методу Уорда при помощи программы PAST (Hammer, Harper, Ryan, 2025). Для анализа закономерностей пространственного распространения видов использовано рабочее флористическое районирование из «Конспекта флоры Иркутской области (сосудистые растения)» (2008), включающее 20 выделов Предбайкалья, объединенных в 2 крупных района: Ангаро-Саянский и Приленско-Катангский.

Исследования проведены по плану работ, результаты которых частично опубликованы ранее (Енин, 2019; Енин, Виньковская, 2023а, б).

В результате проведенных работ, на территории западной части Байкальской Сибири выявлен 51 вид рода *Salix*. Экоморфологический анализ *Salix*-фракции выявил преобладание видов мезофильного ряда – 32 (62,75 %), который включает 3 группы. Группа ксеромезофитов (11 видов, 21,57 %) включает наиболее засухоустойчивые ивы: *S. bebbiana* Sarg., *S. ledebouriana* Trautv., *S. microstachya* Turcz. ex Trautv., *S. miyabeana* Seemen, *S. nummularia* Andersson, *S. sajanensis* Nasarow, *S. saxatilis* Turcz., *S. sphenohylla* A.K. Skvortsov, *S. taraikensis* Kimura, *S. triandra* L., *S. vestita* Pursh. Группа эумезофитов (12 видов, 23,53 %), как правило, содержит лесные и наиболее крупные виды: *S. abscondita* Laksch., *S. babylonica* L., *S. caprea* L., *S. gmelinii* Pall., *S. pyrolifolia* Ledeb., *S. rhamnifolia* Pall., *S. rorida* Laksch., *S. rosmarinifolia* L., *S. saposhnikovii* A.K. Skvortsov, *S. schwerinii* E.L. Wolf, *S. subfragilis* Andersson, *S. viminalis* L. Группа гигромезофитов (9 видов, 17,65 %) состоит из самых требовательных к наличию влаги в почве и близости грунтовых вод своего ряда: *S. hastata* L., *S. jenisseensis* (F. Schmidt) Flod., *S. kochiana* Trautv., *S. krylovii* E.L.Wolf, *S. pseudopentandra* (Flod.) Flod., *S. recurvigemmata* A.K. Skvortsov, *S. reticulata* L., *S. turczaninowii* Laksch., *S. udensis* (Wimm.) Trautv. & C.A. Mey. Гидрофильный ряд (19 видов, 37,25 %) представлен самой многочисленной группой мезогигрофитов (13 видов, 25,49 %) и самой малочисленной группой эугигрофитов (6 видов, 11,76 %). Мезогигрофиты занимают широкий спектр прибрежных местообитаний и требуют высокой обводненности, но при этом они могут выдерживать периодическое понижение уровня грунтовых вод: *S. alaxensis* (Anderson) Coville, *S. alexii-skvortzovii* A.P. Khokhr., *S. arctica* Pall., *S. caesia* Vill., *S. divaricata* Pall., *S. kalarica* (A.K. Skvortsov) Vorosh., *S. lanata* L., *S. nasarovii* A.K. Skvortsov, *S. phylicifolia* L., *S. polaris* Wahlenb., *S. pulchra* Cham., *S. rectijulis* Ledeb. ex Trautv., *S. ustnerensis* (Bolsch.) Baikov. Группа эугигрофитов объединяет наиболее влаголюбивые виды: *S. berberifolia* Pall., *S. brachypoda* (Trautv. & C.A. Meyer) Kom., *S. dshugdshurica* A.K. Skvortsov, *S. fuscescens* Andersson, *S. glauca* L., *S. myrtilloide* L. В целом спектр экоморф свидетельствует о высокой требовательности представителей *Salix*-фракции к фактору влажности и их слабой устойчивости к засушливым условиям, что обусловлено эволюционными особенностями и региональными закономерностями флорогенеза.

Экоценотический анализ исследуемой фракции выявил доминирование зонального комплекса (46 видов, 90,20 %). Азональный комплекс представлен слабо (5 видов, 9,80 %). Он включает 1 культигенный интродуцент (1,96 %) *S. babylonica* и 4 прирусловых вида (7,84 %) (*S. kalarica, S. phylicifolia, S. pulchra, S. subfragilis*).

В зональном комплексе лидирует горная хорологическая группа (23 вида, 45,09 %). Альпийские (собственно высокогорные) виды (8 видов, 15,69 %) обычно имеют небольшие или средние размеры: *S. alexii-skvortzovii*, *S. berberifolia*, *S. divaricata*, *S. krylovii*, *S. nasarovii*, *S. sphenophylla*, *S. turczaninowii*, *S. vestita*. Значительную долю составляют тундрово-высокогорные (арктоальпийские) (8 видов, 15,69 %), встречающиеся как в высокогорьях, так и в Арктике: *S. arctica, S. fuscescens, S. glauca, S. lanata, S. nummularia, S. polaris, S. recurvigemmata, S. reticulata*. Горная общепоясная (монтанная) группа и гипарктомонтанная группа, характерная для различных горных поясов и гипарктического ботанико-географического пояса, представлены 4 (7,84 %) (*S. caesia, S. rectijulis, S. sajanensis, S. saxatilis*) и 3 (5,88 %) (*S. alaxensis, S. hastata, S. jenisseensis*) видами соответственно. Наиболее многочисленная поясно-зональная группа светлохвойно-лесная (22 вида, 43,14 %) является единственной в составе лесного комплекса: *S. abscondita, S. bebbiana, S. brachypoda, S. caprea, S. dshugdshurica, S. gmelinii, S. kochiana, S. microstachya, S. miyabeana, S. myrtilloides, S. pseudopentandra, S. pyrolifolia, S. rhamnifolia, S. rorida, S. rosmarinifolia, S. saposhnikovii, S. schwerinii, S. taraikensis, S. triandra, S. udensis, S. ustnerensis, S. viminalis*. Это объясняется доминированием светлохвойных лесов как титульного типа растительности Предбайкалья и Байкальской Сибири в целом.

Степной комплекс представлен лишь одной горно-степной группой с единственным видом (1,96 %) *S. ledebouriana.* Таким образом, *Salix*-фракция западной части Байкальской Сибири характеризуется как горная (с преобладанием высокогорных и тундрово-высокогорных элементов) и бореальная лесная (преимущественно светлохвойно-лесная), что отражает процессы регионального флоро- и фитоценогенеза. Принадлежность видов к поясно-зональным группам отражает их связь с высотными поясами гор и фитоценозами конкретных природных зон.

Консолидация экоморфологических и экоценотических элементов (таблица) показала подавляющее превосходство светлохвойных лесных эумезофитов (10 видов, 19,61 %) и значительное участие светлохвойных лесных керомезофитов (5 видов, 9,80 %). Все остальные элементы экоморфологической и экоценотической структур насчитывают 1–3 вида (1,96–5,88 %).

Экоморфологическая и экоценотическая структуры *Salix*-фракции западной части Байкальской Сибири, число видов (доля, %)

Экоценотические комплексы и группы			Экоморфологические ряды и группы					
			Мезофильный ряд			Гидрофильный ряд		Всего
			Ксеромезофиты	Эумезофиты	Гигромезофиты	Мезогигрофиты	Эугигрофиты	
Зональный	Лесной	Светлохвойная	5 (9,80)	10 (19,61)	3 (5,88)	1 (1,96)	3 (5,88)	22 (43,14)
	Степной	Горно-степная	1 (1,96)	–	–	–	–	1 (1,96)
	Горный	Альпийская или собственно высокогорная	2 (3,92)	–	2 (3,92)	3 (5,88)	1 (1,96)	8 (15,69)
		Гипарктомонтанная	–	–	2 (3,92)	1 (1,96)	–	3 (5,88)
		Общепоясная	2 (3,92)	–	–	2 (3,92)	–	4 (7,84)
		Тундрово-высокогорная или арктическая	1 (1,96)	–	2 (3,92)	3 (5,88)	2 (3,92)	8 (15,69)
Азональный		Интродуцент	–	1 (1,96)	–	-	–	1 (1,96)
		Прирусловая	–	1 (1,96)	–	3 (5,88)	–	4 (7,84)
Всего			**11 (21,57)**	**12 (23,53)**	**9 (17,65)**	**13 (25,49)**	**6 (11,76)**	**51 (100)**

Закономерности формирования *Salix*-фракции проявляются в частоте встречаемости в выделах флористического районирования. Виды имеют следующие категории распространения: единичное (1–3 выдела из 20), локальное (4–6 выделов), ограниченное (7–10 выделов), широкое (11–15 выделов), повсеместное (16–20 выделов). Группа с единичным распространением включает 9 видов (17,65 %): *S. alaxensis S. alexii-skvortzovii, S. babylonica, S. kalarica, S. ledebouriana, S. miabeana, S. polaris, S. sajanensis, S. subfragilis*. Локально встречаются 13 видов (25,49 %): *S. arctica, S. brachypoda, S. dshugdshurica, S. fuscescens, S. microstachya, S. nasarovii, S. nummularia, S. phylicifolia, S. pulhra, S. recurvigemmata, S. reticulata, S. sphenofilla, S. vestita*. Ограниченно отмечены 6 видов (11,76 %): *S. berberifolia, S. caesia, S. lanata, S. rectijulis, S. turczaninowii, S. ustnerensis*. Широко встречаются 8 видов (15,69 %): (*S. glauca, S. kochiana, S. krilivii, S. saposhnikovii, S. saxatilis, S. schwerinii, S. triandra, S. udensis*). Повсеместное распространение характерно для 15 видов (29,41 %), из них наиболее часто (в 16–19 выделах) наблюдаются 11: *S. abscondita, S. caprea, S. divaricata, S. gmelinii, S. hastata, S. jenisseensis, S. myrtilloides, S. pseudopentandra, S. rorida, S. rosmarinifolia u S. viminalis*. В каждом из 20 выделов обнаружено 4 вида: *S. bebbiana, S. pyrolifolia, S. rhamnifolia, S. taraikensis*.

Наименьшим числом (11–20 видов из 51) отличаются окраины Мурской низины и Канско-Рыбинской равнины (выдел Пз-1), Бирюсинское плато и Ангарский кряж (выделы Пз-2, 3) Ангаро-Саянского флористического района, а также Ербогаченская равнина (выдел Пс-13) и Приленское плато (выдел Пс-14) Приленско-Катангского флористического района. Это связано со скудностью гербарных материалов и указывает на слабую изученность перечисленных территорий. Средним количе-

ством видов (21–30 видов из 51) представлены Предсаянская депрессия (выделы Пю-4, 5) Ангаро-Саянского флористического района, а также Лено-Ангарское плато и Предбайкальская впадина (выделы Пв-11, 12), северная часть Северо-Байкальского нагорья и Патомское нагорье (выделы Нп-19, 20) Приленско-Катангского флористического района. Максимальное видовое богатство зафиксировано на территории Восточного Саяна (выделы Сс-9, 10) и Саяно-Байкальского района (выделы Сб-7, 8) Ангаро-Саянского флористического района, а также Северобайкальского нагорья (выдел Нб-15) и Станового нагорья (выдел Нс-18) Приленско-Катангского флористического района.

Закономерности распределения видов рода *Salix* по территории исследования, выявленные методом Уорда, показали, что при евклидовом расстоянии 6 в макрокластер I объединяются преимущественно лесные (более равнинные) территории: Ербогаченская равнина, Приленское плато, Мурская низина, Канско-Рыбинская равнина, Бирюсинское плато, Ангарский кряж, Предсаянская депрессия, Лено-Ангарское плато, Предбайкальская впадина, Приморский хребет, Онотская возвышенность. Макрокластер II включает горные территории: Восточный Саян, хребет Хамар-Дабан, Байкальский хребет, Северо-Байкальское и Патомское нагорья, хребты Делюн-Уранский и Кодар. Такое закономерное объединение территорий обусловлено наличием узкоспециализированных видов, требовательных к экологическим условиям. Одновременно присутствие экологически пластичных видов объясняет относительную близость всех кластеров друг к другу, что выражается в небольшом расстоянии, необходимом для их разделения.

ЛИТЕРАТУРА

Енин Э.В. Представители рода *Salix* L. (Salicaceae Mirb.) на территории Иркутской области // Вестник ИРГСХА. 2019. № 94. С. 72–84.

Енин Э.В., Виньковская О.П. Ботанико-географические параметры представителей *Salix*-фракции западной части Байкальской Сибири // Journal of Agriculture and Environment. 2023а. № 1 (29). С. 1–7. DOI: 10.23649/jae.2023.1.39.008

Енин Э.В., Виньковская О.П. Экоморфологический анализ представителей рода *Salix* L. (Salicaceae Mirb.) на территории западной части Байкальской Сибири // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященной памяти Александра Александровича Ежевского (п. Молодежный, 16–17 ноября 2023 г.) п. Молодежный : Иркутский гос. аграрный ун-т им. А.А. Ежевского, 2023б. С. 577–581.

Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск : Гео, 2002. 707 с.

Национальный банк-депозитарий живых систем «Ноев ковчег». URL: https://plant.depo.msu.ru/open/public. 24.07.2025

Скворцов А.К. Ивы СССР. М. : Наука, 1968. 262 с.

Флора Центральной Сибири. Т. I: Оноклеевые – Камнеломковые / под ред. Л.И. Малышева, Г.А. Пешковой. Новосибирск : Наука. 1979. 536 с.

Флора Сибири. Т. 5: Salicaceae – Amaranthaceae / под ред. И.М. Красноборова, Л.И. Малышева. Новосибирск : Наука, 1992. 312 с.

Чепинога В.В., Степанцова Н.В., Гребенюк А.В., Верхозина А.В., Виньковская О.П., Гнутиков А.А., Дулепова Н.А., Енущенко И.В., Зарубин А.М., Казановский С.Г., Коновалов А.С., Коробков А.А., Луферов А.Н., Росбах С.А. Конспект флоры Иркутской области (сосудистые растения) / под ред. Л.И. Малышева. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2008. 327 с.

Flora of China. URL: http://www.efloras.org/flora_page.aspx?flora_id=2 (дата обращения: 24.07.2025).

Global Biodiversity Information Facility. URL: https://www.gbif.org (дата обращения: 24.07.2025).

Hammer O., *Harper D.A.T.*,, *Ryan P.D.* PAST – Paleontological Statistics, ver.2.17c URL: http://www.nhm2.uio.no/norlex/past/download.html (дата обращения: 24.07.2025).

World Plants. URL: https://www.worldplants.de (дата обращения: 24.07.2025).

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-17

Современное состояние популяций редких видов растений и лишайников Курумбельской степи (Омская область)

А.Н. Ефремов, Н.В. Пликина

Омский государственный педагогический университет, Омск, Российская Федерация; stratiotes@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены современные данные о популяциях редких видов сосудистых растений и лишайников Курумбельской степи в пределах Омской области. Обобщены сведения о 58 видах растений и 3 видах лишайников, включённых в Красную книгу региона, а также выявлена популяция макромицета *Battarrea phalloides*. Отмечены тенденции изменения численности ряда видов, включая фрагментацию и колебания численности популяций на фоне природных и антропогенных факторов. Выделены ключевые территории с наибольшим видовым разнообразием, имеющие приоритетное значение для охраны степных видов.

Ключевые слова: редкие виды, сосудистые растения, лишайники, Курумбельская степь, Омская область.

Current status of populations of rare plants and lichens species of the Kurumbel steppe (Omsk Region)

A.N. Efremov, N.V. Plikina

Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russian Federation; stratiotes@yandex.ru

Abstract. The article presents current data on populations of rare vascular plant and lichen species in the Kurumbel steppe within the Omsk Region. Information on 58 plant species and 3 lichen species listed in the regional Red Data Book is summarized, and a population of the macrofungus *Battarrea phalloides* has been identified. Trends in population changes for several species are noted, including fragmentation and fluctuations in abundance under natural and anthropogenic influences. Key areas with the highest species diversity are identified as priority sites for the conservation of steppe species.

Key words: rare species, vascular plants, lichens, Kurumbel steppe, Omsk Region.

Курумбельская степь – исторически сложившееся название участка Барабинской низменности, который представляет собой неглубокую впадину со слаборасчлененным рельефом между р. Иртыш и оз. Чаны, отграниченную от Барабинской степи явно выраженным уступом. В ее пределах преобладают плоскозападинные равнины южной лесостепи и северной степи с развитой системой микропонижений, чередованием колочных, озёрных и солончаковых западин (Новиков, 2024). Административно Курумбельская степь находится на стыке территорий Омской, Новосибирской областей России и Павлодарской области Республики Казахстан. Фрагментация местообитаний, деградация почв и интенсификация климатических экстремумов усиливают антропогенное давление на аборигенные ценозы, ставя под угрозу сохранность редких видов сосудистых растений и лишайников. Их систематический мониторинг необходим для научного обоснования сети особо охраняемых природных территорий и разработки адаптивных стратегий сохранения биоразнообразия.

Цель исследования – оценка состояния ценопопуляций редких видов растений и лишайников Курумбельской степи в пределах административных границ Омской области и определение тенденций их численности и структуры.

Согласно геоботаническому районированию (Зоны и типы поясности…, 1999а, 1999б; Степи Евразии, 1991), территория исследования относится к западносибирско-североказахстанским степям – разнотравно-красноковыльным, разнотравно-овсецовым, разнотравно-тырсовым (*Stipa zalesskii, S. capillata, S. lessingiana, S. pennata, Helictotrichon desertorum, Festuca valesiaca, Koeleria cristata, Peucedanum morisonii, Pulsatilla flavescens, Salvia stepposa, Filipendula vulgaris, Artemisia frigida, Carex supina*) местами с кустарниками (*Spiraea hypericifolia, S. crenata*).

На возвышенных массивах центральной и притеррасной поймы и первой надпойменной террасе распространены разреженные остепнённые берёзовые (*Betula pendula*) леса. В подлеске обычны *Rosa majalis, Salix cinerea* и *S. caprea*; в травостое обычны *Poa angustifolia, Festuca ovina, Bromopsis inermis*, *Filipendula vulgaris, Galatella biflora* и др., реже – *Calamagrostis epigeios, Rubus saxatilis, Filipendula ulmaria, Hieracium umbellatum* (Растительный покров…, 1985). Среди редких видов встречаются *Cerasus fruticosa, Artemisia gmelinii, Adonis villosa*.

Остепнённые разнотравно-злаковые луга формируются на месте сведённых лесов и изменены сенокошением, палами, выпасом. Преобладают *Elytrigia repens, Bromopsis inermis, Calamagrostis epigeios, Poa angustifolia, Astragalus danicus, Medicago falcata, Trifolium lupinaster* и др. (Растительный

покров…, 1985). Галомезофильные остепнённые луга связаны с понижениями и бывшими болотами (Вагина, 1962), характеризуются доминированием *Calamagrostis epigeios, Poa angustifolia, Festuca pseudovina*, обилием ксерогалофитов и присутствием *Galatella biflora, Artemisia pontica, A. nitrosa, Plantago maxima*. В комплексе встречаются полынно-бескильницевые галофитные фитоценозы с *Puccinellia tenuissima*, *Artemisia nitrosa, Limonium gmelinii* и др. В волоснецовых и бескильницевых лугах господствуют *Leymus paboanus, Puccinellia gigantea, Galatella biflora, Artemisia nitrosa* (Степи Евразии, 1991).

В злаково-разнотравных луговых степях среди злаков доминируют *Stipa pennata, Koeleria cristata, Festuca pseudovina, Phleum phleoides, Calamagrostis epigeios* и др., среди разнотравья – *Adonis vernalis, Galium verum, Filipendula vulgaris, Seseli libanotis* и др. (Вандакурова, 1950). Встречаются редкие виды: *Astragalus stenoceras, Clausia aprica, Dianthus acicularis, Valeriana tuberosa, Stipa pennata, Allium ramosum, Dianthus ramosissimus, Iris humilis*.

В разнотравно-дерновинно-злаковых степях доминируют *Stipa zalesskii, S. capillata, Festuca pseudovina, F. valesiaca*, с участием *Peucedanum morisonii, Artemisia marschalliana, A. austriaca* и др. Богаторазнотравно-ковыльные степи отличаются высокой видовой насыщенностью и отсутствием летнего покоя (Исаченко, Рачковская, 1961), доминируют *Bromopsis inermis, Elytrigia repens, Stipa* spp., *Festuca pseudovina* и др. Более ксерофильные овсецово-красноковыльные сообщества с *Helictotrichon desertorum* содержат *Potentilla humifusa, Salvia stepposa, Jurinea multiflora* и другие степные виды. Среди охраняемых видов встречаются: *Allium nutans, Onosma borysthenica, Leuzea altaica, Adonis villosa, Asparagus pallasii, Limonium caspium, Stipa lessingiana*.

Разнотравно-тырсовые и тонконогово-тырсовые степи характеризуются господством *Stipa capillata, Koeleria cristata, Festuca valesiaca* с участием *Bromopsis inermis, Cleistogenes squarrosa, Phleum phleoides, Artemisia* spp., *Spiraea crenata*. Полынно-типчаково-тырсовые степи более галофильны, формируются с *Festuca valesiaca, Stipa capillata, Calamagrostis epigeios* и несколькими видами *Artemisia*. Среди охраняемых видов встречаются *Fritillaria meleagroides* и *Valeriana tuberosa*.

Галофитно-злаковые луга развиваются в понижениях с минерализованными грунтовыми водами; преобладают *Hordeum brevisubulatum, Puccinellia distans*, *Plantago cornuti, Limonium gmelinii, Saussurea amara* и др. (Вагина, 1962). Галофитно-разнотравные луга приурочены к солончакам, включают *Leymus paboanus, Puccinellia tenuissima, Artemisia nitrosa*. На наиболее солёных участках встречаются сообщества *Salicornia europaea, Suaeda* spp., *Halocnemum strobilaceum, Kalidium foliatum*. Среди охраняемых видов встречаются *Frankenia hirsuta, Ofaiston monandrum, Serratula cardunculus, Leuzea altaica, Fritillaria meleagroides, Ranunculus polyrhizos, Allium nutans, Halocnemum strobilaceum, Nitraria sibirica, Kalidium foliatum*

Аналогичная структурная мозаичность фитоценозов, выраженная смена доминантов в зависимости от засолённости и положения в микрорельефе характерны и для детально исследованного Кулундинского озера (Алтайский край) (Королюк и др., 2008). Наиболее типичны солонцеватые полынно-злаковые степи с участием *Festuca valesiaca, Puccinellia tenuissima, Artemisia nitrosa*, а также галофитные сообщества с *Halimione verrucifera, Limonium gmelinii* и настоящие дерновинно-злаковые степи. В понижениях отмечаются солончаковые и галофитно-злаковые луга с преобладанием *Hordeum brevisubulatum, Puccinellia distans*, а наиболее экстремальные местообитания занимают ценозы с *Halocnemum strobilaceum, Salicornia perennans*, характеризующиеся минимальным видовым разнообразием (Королюк и др., 2008).

В гелофитных группировках обычны *Phragmites australis, Carex acuta, C. riparia*, *Butomus umbellatus, Typha angustifolia, T. laxmannii*, *Bolboschoenus planiculmis, B. maritimus*. Подводная гидрофитная растительность образована сообществами *Stuckenia pectinata, Potamogeton pusillus, P. trichoides, P. perfoliatus, Hydrilla verticillata, Myriophyllum sibirica, Hydrocharis morsus-ranae, Nuphar lutea*. Соляноводные ценозы образуют охраняемые виды *Ruppia maritima* и *Althenia filiformis*.

Полевые исследования для оценки состояния популяций редких видов выполнены в вегетационные периоды 2015–2023 гг., кроме того, использованы результаты ранее выполненного мониторинга охраняемых видов на данной территории, включенные в авторскую базу данных (293 записи). Учтены результаты многолетних наблюдений натуралиста-любителя О.Н. Холодова на территории Черлакского муниципального района (окрестности с. Красный Октябрь, оз. Ульжай). Оценка сообществ с участием редких и охраняемых видов выполнена с использованием традиционных методов (Понятовская, 1964; Полевая геоботаника, 1959–1976; Воронов, 1986). Названия видов даны согласно World Checklist of Vascular Plants (2025).

Результаты оценки состояния популяций редких и охраняемых видов приведены в таблице.

Оценка состояния популяций объектов растительного мира исследуемой территории

Вид	Категория редкости	Число местонахождений	Период наблюдений, год	Средняя численность и ПП, %	Размер ценопопуляции, га
Сосудистые растения					
Aconogonon alpinum Schur	ТВ	1	2021	До 1 % ПП	0,015
Adonis villosa Ledeb.	3 (R)	13	1998–2023	ПП 1–5 %; 5–165 экз.	0,03
Adonis volgensis Steven ex DC.	3 (R)	1	2020	до 1 % ПП	–
Allium flavescens Besser	2 (V)	6	2015–2020	ПП 5–20 %; 30–100 экз.	0,05
Allium nutans L.	ТВ	8	2020–2023	ПП 1–15 %	0,1
Allium ramosum L.	1 (E)	1	1	ПП 20–30 %	0,01
Allium strictum Schrad.	ТВ	2	2021	ПП до 10 %,	0,01
Althaea officinalis L.	3 (R)	1	1998	10 экз.	0,001
Althenia orientalis (Tzvelev) García-Mur. & Talavera	1 (E)	3	2017–2021	ПП 40–60 %	0,05
Artemisia gmelinii Weber ex Stechm.	2 (V)	3	2021	ПП до 10 %	0,02
Asparagus pallasii Miscz.	1 (E)	1	2023	≥200 экз.	1–2
Aster alpinus L.	3 (R)	3	2020–2021	ПП 5–15 %	0,01
Astragalus austriacus Jacq.	2 (V)	3	2020–2023	ПП 1–5 %; 30–50 экз.	0,04
Astragalus buchtormensis Pall.	3 (R)	1	2004	30 экз.	0,0001
Astragalus stenoceras C.A. Mey.	1 (E)	1	2020	5 экз.	0,001
Atraphaxis frutescens (L.) K.Koch	2 (V)	5	2020	25 экз.	0,002
Bupleurum bicaule Helm	1 (E)	7	1996–2021	ПП 10–20 %	0,02
Castilleja pallida (L.) Kunth	1 (E)	1	2020	Вероятно, утрачена	–
Centaurea scabiosa subsp. *adpressa* (Ledeb.) Gugler	ТВ	3	2020	ПП 2–5 %	0,1
Clausia aprica (Stephan ex Willd.) Korn.-Trotzky	1 (E)	5	2011-2021	10–15 экз.	0,03
Dianthus acicularis Fisch. ex Ledeb.	2 (V)	2	2020	ПП до 1 %	0,003
Dianthus ramosissimus Pall. ex Poir.	1 (E)	1	2009	30 экз.	0,005
Ephedra distachya L.	1 (E)	2	2020–2021	ПП 10–20 %	0,03
Frankenia hirsuta L.	3 (R)	18	2020–2023	ПП 5–20 %	0,2
Fritillaria meleagroides Patrin ex Schult. & Schult. f.	3 (R)	7	2006–2023	ПП 1–10 %; 2–100 экз.	0,3
Gagea fedtschenkoana Pasch.	1 (E)	1	2021	ПП до 1 %	0,002
Gratiola officinalis L.	2 (V)	2	2017–2021	ПП 1 %; 10 экз.	0,01
Halocnemum cruciatum Tod.	2 (V)	5	2020–2023	ПП 1–10 %	0,5
Helichrysum arenarium (L.) Moench	ТВ	2	2021	ПП 10–20 %	0,03
Hypericum elegans Stephan ex Willd.	2 (V)	1	2020	ПП <1 %	0,001
Iris halophila Pall.	ТВ	7	2004–2020	ПП <1–10 %	0,5
Iris humilis Georgi	3 (R)	24	2004–2021	ПП 1–20 %; 5–30 экз.	0,02
Iris sibirica L.	ТВ	2	2020	до 5 % ПП	–
Kalidium foliatum (Pallas) Moq.	2 (V)	17	2007–2023	ПП 1–30 %; 5–30 экз.	0,05
Kraschenninnikovia ceratoides (L.) Gueldenst.	1 (E)	1	2004	15 экз.	0,001
Leuzea altaica Link	2 (V)	8	2021–2023	ПП 5–20 %	0,05
Limonium caspium (Willd.) P.Fourn.	ТВ	10	2020–2023	ПП <5–15 %	0,06
Linum perenne L.	2 (V)	6	2016–2023	ПП 1–10 %	0,04
Nepeta ucranica L.	2 (V)	2	2004–2020	25 экз.	0,01
Nitraria sibirica Pall.	ТВ	6	2021–2023	5–25 экз.	0,03
Nuphar lutea (L.) Sm.	3 (R)	3	2020	по опросу	–
Nymphaea candida C.Presl	3 (R)	3	2020	по опросу	–
Alyssum obovatum (C.A.Mey.) Turcz.	1 (E)	5	2015–2021	ПП 1–5 %	0,02
Ofaiston monandrum (Pall.) Moq.	2 (V)	14	1996–2023	ПП 5–30 %	0,01(1–2)

Окончание таблицы

Вид	Категория редкости	Число местонахождений	Период наблюдений, год	Средняя численность и ПП, %	Размер ценопопуляции, га
Onosma borysthenica Klokov	3 (R)	28	2020–2023	ПП 1–10 %; 3–35 экз.	0,02
Orostachys spinosa (L.) Sweet	2 (V)	4	2020–2021	10 экз.	0,01
Prunus cerasus L.	1 (E)	3	2020–2021	1 экз.	0,001
Psephellus turgaicus (Klokov) A.L.Ebel	2 (V)	1	2015	ПП 2–3 %	0,05
Ranunculus polyrhizos Stephan ex Willd.	ТВ	2	2021	ПП 1–5 %	0,6
Ruppia maritima L.	1 (E)	4	2020–2023	ПП 5–80 %	0,3
Scorzonera ensifolia M.Bieb.	1 (E)	3	2020	ПП 5–10 %	0,01
Scorzonera hispanica subsp. *Asphodeloides* (Wallr.) Arcang.	ТВ	2	2020–2021	ПП 10–20 %	0,2
Serratula cardunculus (Pall.) Schischk.	ТВ	1	2021	ПП 30 %	0,008
Sporobolus aculeatus (L.) P.M.Peterson	2 (V)	5	2020–2021	ПП 30–50 %	0,03
Stipa lessingiana Trin. & Rupr.	2 (V)	15	2015–2023	ПП 5–70 %	0,2 (2–5)
Stipa pennata L.	3 (R)	40	1998–2023	ПП 10–90 %	0,5 (2–5)
Stipa zalesskii Wilensky ex Grossh.	2 (V)	17	2015–2023	ПП 5–50 %	0,05 (1–2)
Valeriana tuberosa L.	3 (R)	14	1998–2023	ПП <1–20 %	0,03
Лишайники					
Cladonia foliacea (Huds.) Willd.	2 (V)	20	2020–2022	ПП 1–10 %, до 7 экз.	0,001
Diploschistes diacapsis (Ach.) Lumbsch	1 (E)	1	2015	ПП менее 1 %	0,0001
Xanthoparmelia camtschadalis (Ach.) Hale	3 (R)	12	2020–2023	ПП <1–5 %	0,002
Макромицеты					
Battarrea phalloides (Dicks.) Pers.	P	1	2021	3 плодовых тела	0,001

Примечание. Статус охраны в Красной книге Омской области: 1 (E) – вид, находящийся под угрозой исчезновения; 2 (V) – восстановленные в численности виды; 3 (R) – редкий вид; 4 (I) – неопределенные по статусу; ТВ – виды, нуждающиеся в особом внимании к их состоянию в природной среде; P – рекомендуемый к включению; ПП – проективное покрытие; «–» – данные отсутствуют.

По результатам исследований обнаружено 58 видов растений, включенных в Красную книгу Омской области (2015) (15 – имеют категорию 1 (E), 18 видов – 2 (V), 13 видов – 3 (R), 12 видов включены в перечень видов, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде) и 3 лишайников (1 вид имеет категорию 1 (E), 1 вид– 2 (V), 1 вид – 3 (R)). Кроме того, обнаружена популяция макромицета *Battarrea phalloides*, рекомендуемого для включения в Красную книгу Омской области.

Для некоторых видов можно выделить тенденции изменения численности. Так, например, для *Adonis villosa* в 1998 г. наблюдались максимальные показатели численности – 300–400 экз. при площади произрастания в несколько сотен квадратных метров. В 2000-е гг. вид встречался единично, численность составляла 10–100 экз., площадь – от десятков до сотен квадратных метров. В 2021–2023 гг. распространение сохраняет локальный характер, численность обычно не превышает 30 экз., площади сопоставимы с ранними данными, однако отмечается тенденция к фрагментации ценопопуляций. В 1998–2004 гг. *Stipa pennata* образовывал крупные непрерывные участки площадью 1–5 га, с общей численностью в десятки тысяч экземпляров. В 2015–2023 гг. фиксируются новые локации с высокими показателями (5–20 тыс. экз.), однако растёт доля мелких ценопопуляций, в ряде случаев численность сокращается до сотен экз., а участки становятся более фрагментированными и разреженными. В отдельные засушливые или, наоборот, чрезмерно влажные годы на одних и тех же участках отмечаются резкие колебания численности (до 5–10 раз). В 2020–2023 гг. на влажных солончаках зафиксированы массовые всплески численности *Frankenia hirsuta* и *Ofaiston monandrum*, сменявшиеся в последующие годы снижением этих показателей. В целом динамика большинства

степных и галофитных видов характеризуется пульсацией численности – в зависимости от погодных, гидрологических и антропогенных факторов на одних и тех же участках может наблюдаться рост или спад на порядок в разные годы. Для редких видов и видов, реагирующих на сенокосы и выпасы, отмечается постепенное снижение численности (фрагментация популяций), особенно на освоенных участках.

В пространственном отношении выделяются несколько территорий, с максимальной концентрацией видового разнообразия, которые могут быть рассмотрены как ключевые ботанические территории: котловина озера Ульжай (*Stipa pennata, S. zalesskii, Onosma borysthenica, Leuzea altaica, Kalidium foliatum, Adonis villosa, Dianthus ramosissimus, Bupleurum bicaule, Aster alpinus*); особо охраняемая природная территория местного значения «Природный комплекс Верхнеильинский» (крупные устойчивые ценопопуляции *Astragalus austriacus, Adonis villosa, Stipa pennata, Stipa lessingiana, Iris halophila, Iris humilis*); котловины озер Горькое (окрестности с. Крестики) и Чебаклы, входящих в состав государственного природного заказника регионального значения «Степной» (крупные ценопопуляции как типичных галофитов, так и степных видов); степи в окрестностях населенных пунктов Козинка, Погранично-Григорьевка, Медет (*Asparagus pallasii, Nitraria sibirica*, *Leuzea altaica, Fritillaria meleagroides, Halocnemum cruciatum, Kalidium foliatum, Onosma borysthenica, Stipa lessingiana, Stipa zalesskii* и др.).

В отдельные годы экспедиционные работы осуществлялись в рамках государственных контрактов № Ф.2021.4721801 от 23.07.2021 г. и № Ф.2023.402364 от 22.08.2023 г. с Министерством природных ресурсов и экологии Омской области.

ЛИТЕРАТУРА

Вагина Т.А. Луга Барабы. Новосибирск : Изд. РИО СО РАН, 1962. 197 с.

Вандакурова Е.В. Растительность Кулундинской степи. Новосибирск : Зап-Сиб. фил. АН СССР, 1950. 128 с.

Воронов А.Г. Геоботаника. М. : Высшая школа, 1984. 384 с.

Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий: Карта для высших учебных заведений. М: 1 : 8 000 000 / под ред. Г.Н. Огуреевой. М., 1999а. 2 л.

Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий: Пояснительный текст, легенда и свод условных знаков и пояснений к карте, раскрывающих её содержание. М: 1 : 8 000 000 / под ред. Г.Н. Огуреевой. М., 1999б. 64 с.

Исаченко Т.И., Рачковская Е.И. Основные зональные типы степей Северного Казахстана // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. 1961. Вып. 13. С. 133–137.

Королюк А.Ю., Смоленцев Б.А., Лащинский Н.Н. Почвенно-растительный покров приозерной равнины Кулундинского озера // Растительный мир Азиатской России. 2008. № 2. С. 80–88.

Красная книга Омской области / под ред. Г.Н. Сидорова, Н.В. Пликиной. Омск, 2015. 636 с.

Новиков И.С. Геоморфологические формации юга Западной Сибири и прилегающих территорий // Геоморфология и палеогеография. 2024. Т. 55, № 4. С. 27–41. DOI: 10.31857/S2949178924040037

Полевая геоботаника. М. ; Л., 1959–1968. Т. 1–5. 2128 с.

Понятовская А.А. Учет обилия и характера размещения растений в сообществах // Полевая геоботаника. М. ; Л. : Наука, 1964. Т. 3. С. 209–285.

Растительный покров Западно-Сибирский равнины. Новосибирск : Наука, 1985. 251 с.

Степи Евразии / под. ред. Е.М. Лавренко. Л. : Наука, 1991. 146 с.

Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. URL: http://wcvp.science.kew.org/ (accessed: 20.07.2025).

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-18

Индивидуальная изменчивость содержания некоторых групп вторичных метаболитов в корневищах у *Rhodiola rosea* (Crassulaceae) в горах Южной Сибири

Е.В. Жмудь[1], О.В. Коцупий[1], И.Н. Кубан[1], Е.П. Храмова[1], А.А. Ачимова[2], Д.А. Кривенко[3], А.В. Кабанов[4], О.В. Дорогина[1]

[1] *Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация; elenazhmu@gmail.com*
[2] *Горно-Алтайский ботанический сад, с. Камлак, Республика Алтай, Российская Федерация; gabs@csbg-ngs.ru*
[3] *Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Российская Федерация; krivenkoirk@gmail.com*
[4] *Главный ботанический сад РАН, г. Москва, Российская Федерация; alex.kabanow@rambler.ru*

Аннотация. Методом ВЭЖХ проведено исследование индивидуальной изменчивости содержания шести групп фенольных соединений (ФС) – салидрозида, тирозола, розарина, розавина, розина и коричного спирта у зрелых генеративных особей из трёх ЦП *Rhodiola rosea,* произраставших на абсолютных высотах 2000, 2100 и 2200 м над уровнем моря на одном и том же склоне в Республике Бурятия. В выборках у исследованных особей не выявлено достоверных межгрупповых отличий средних значений по накоплению каждой из групп ФС, но обнаружена неодинаковая вариабельность этих показателей на разных частях склона.

Ключевые слова: фенольные соединения, салидрозид, тирозол, розарин, розавин, розин, коричный спирт, ВЭЖХ, градиент абсолютных высот

Individual variability of some secondary metabolites content in the rhizomes of *Rhodiola rosea* (Crassulaceae) in the mountains of Southern Siberia

E.V. Zhmud[1], O.V. Kotsupiy[1], I.N. Kuban[1], E.P. Khramova[1], A.A. Achimova[2], D.A. Krivenko[3], A.V. Kabanov[4], O.V. Dorogina[1]

[1] *Central Siberian Botanical Garden of the SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation; elenazhmu@gmail.com*
[2] *Gorno-Altai Botanical Garden», Kamlak, Altai Republic, Russian Federation; gabs@csbg-ngs.ru*
[3] *Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of SB RAS, Irkutsk, Russian Federation; krivenkoirk@gmail.com*
[4] *Main Botanical Garden of RAS, Moscow, Russian Federation; alex.kabanow@rambler.ru*

Abstract. The HPLC method was used to study the individual variability in the accumulation of six groups of phenolic compounds (PC) – salidroside, tyrosol, rosarin, rosavin, rosin and cinnamic alcohol, in mature generative individuals from three CPs of *Rhodiola rosea* growing at absolute altitudes of 2000 (CP1), 2100 (CP2) and 2200 (CP3) m above sea level on the same slope in the Republic of Buryatia. In the samples of the studied individuals, no reliable intergroup differences in the average values for the accumulation of each of the PC groups were found, but unequal variability of these indicators on different parts of the slope was found.

Keywords: phenolic compounds, salidroside, tyrosol, rosarin, rosavin, rosin, cinnamic alcohol, HPLC method, gradient of absolute altitudes

Rhodiola rosea L. – лекарственный вид, занесённый в Красные книги на большей части территории умеренных широт Северного полушария (Brinckmann et al., 2021). Растительные фенилпропаноиды в корневищах *R. rosea* составляют большую группу вторичных метаболитов, которые у высших растений вырабатываются в ответ на стрессы различной природы и служат индивидуальной защитной реакцией растений на воздействие неблагоприятных факторов (Лёзина и др., 2022).

Исследования по накоплению вторичных метаболитов проводятся в средних пробах из ценопопуляции (ЦП) преимущественно без учёта индивидуальных особенностей растений (Marchev et al., 2017). Поэтому поиск форм с высокими значениями накопления биологически активных соединений (БАС) в настоящее время остаётся актуальной проблемой. Он позволит выявлять и сохранять данные формы для последующего получения активных компонентов из растений, в частности, биотехнологическими методами, так как искусственное получение этих групп БАС, характерных для корневищ *Rhodiola rosea,* до настоящего времени остаётся практически невозможным (Ferreira et al., 2021). В перспективе биотехнологические методы могут быть приоритетными для получения салидрозида, розина и их производных на сравнимых уровнях с дикорастущими или культивируемыми растениями, для чего необходим, в частности, поиск высокопродуктивных форм по накоплению БАС (Жданов и др., 2023; Tasheva et al., 2023). Исследования по выявлению наиболее продуктивных форм в природных условиях до настоящего времени проводятся фрагментарно (Kotsupiy et al., 2024).

Цель данного исследования – определение вариабельности содержания шести групп вторичных метаболитов в корневищах индивидуальных растений *Rhodiola rosea* L. из трёх ценопопуляций в Республике Бурятия.

Материалы и методы

Исследования проведены в Тункинском районе Республики Бурятия (РБ) в окрестностях оз. Ильчир в фазе начала бутонизации (13.06.2023). Малоинвазивным методом у 3 зрелых генеративных особей из каждой ЦП, остававшихся живыми после взятия проб, исследованы фрагменты корневищ (около 1,5–2 см). Расстояние между растениями составило не менее 2 м в каждой из трёх ЦП, произраставших на одном и том же склоне восточной экспозиции, но на разных абсолютных высотах. Особи из ЦП1 занимали наиболее низкую часть склона на абсолютной высоте 2030 м над ур. м.; представители из ЦП2 исследованы на высоте 2130 м, а особи из ЦП3 – в высокогорье (2221 м). Таким образом, в выборке у 9 представителей вида из трёх ЦП в РБ исследована вариабельность содержания БАС в корневищах у отдельных особей на разных абсолютных высотах.

Выделение веществ вторичного обмена проведено по стандартным методам из фрагментов высушенных в лабораторных условиях корневищ, нарезанных ломтиками (слайсами) в поперечном направлении с последующим измельчением до порошкообразного состояния (Kotsupiy et al., 2024). Нами исследована индивидуальная изменчивость содержания двух групп наиболее значимых фенольных соединений (ФС) – салидрозида, тирозола, розарина, розавина, розина, коричного спирта и их суммы. Образцы для анализа представляли собой точную навеску (0,2 г) высушенных корневищ. Извлечение ФС проведено в 2 этапа. Первый – мацерация 50 % водным этанолом (5 суток). Второй – горячая экстракция 70 % этанолом (60 мин на водяной бане, при t = 60–70 °C). Объединенный экстракт концентрировали, измеряли общий объем и пропускали через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм.

ВЭЖХ-анализ проводился с использованием системы Agilent 1200 с диодно-матричным детектором и с автосамплером с программой обработки данных ChemStation (Agilent Technologies, Санта-Клара, Калифорния, США). Хроматографическое разделение проводили при 25 °C на колонке Диасфер-110-С18 (4,6 × 150 мм, внутренний диаметр 5 мкм) (ЗАО БиоХимМак СТ, Россия). Подвижная фаза состояла из метанола (растворитель А) и 0,1 % ортофосфорной кислоты в воде (растворитель Б). Градиент начинался со смеси А-В в 22 : 78 (по объему) с последующим линейным градиентом до 70 : 30 (по объему) в течение первых 30 мин, а затем до 100 : 0 (по объему), с 30-й минуты по 32-ю минуту. Возврат подвижной фазы к 22 : 78 (об/об) осуществляли с 32-й по 36-ю минуту. Скорость потока устанавливали равной 1 мл/мин. Объем введения образца составлял 10 мкл. Отслеживание хроматограмм проводилось по поглощению при 220, 255, 270, 290, 325, 340, 350 и 360 нм. Фенольные соединения определяли количественно методом внешнего стандарта. Количественное определение тирозола, салидрозида и розавинов проводили по калибровочной кривой для тирозола (Pharmaffiliates Analytics & Synthetics (P) Ltd., Панчкула, Индия), салидрозида и розавина (Aobious, Глостер, Массачусетс, США), соответственно, в диапазоне концентраций 10–300 мкг/мл. Концентрации фенольных соединений выражали в мг на 100 г воздушно-сухой массы (влажность 6 %). Относительная ошибка методики ± 2,95 %.

Статистическая обработка и визуализация результатов проведены с использованием пакетов программ StatSoft EXCEL и Statistica 8.0. Оценка варьирования признаков проведена в соответствии со шкалой С.А. Мамаева (1975). Согласно данной работе, коэффициенты вариации оценивались нами как низкие при значениях 8–12 %, средние 13–20 %, высокие 21–40 % и очень высокие – более 40 %.

Результаты

Нами установлено, что средние значения содержания шести данных групп веществ в выборках из исследованных ЦП достоверно не различались (таблица). Однако отмечены неодинаковые тенденции в изменчивости их накопления на разных абсолютных высотах.

Максимальная амплитуда изменчивости значений у особей из данных ЦП в пределах исследованного склона отмечена нами по содержанию розина; варьирование этого признака изменялось от средних (в ЦП3) до очень высоких (в ЦП1) значений по шкале С.А. Мамаева (1975) (таблица). Соответственно, значения коэффициентов вариации изменялись от очень высоких (в ЦП1) до средних и низких в ЦП2 и ЦП3 (рис. 1, a). Амплитуда изменчивости значений накопления розавина снижалась у особей также в высокогорной ЦП3 (рис. 1, b). Содержание тирозола в выборках у особей из трёх исследованных ЦП достоверно не отличалось, но характеризовалось тенденцией к снижению в высоко-

горье (рис. 1, c). По содержанию коричного спирта у особей в ЦП1 (в нижней части склона) нами выявлен, напротив, минимальный размах значений, а в высокогорной ЦП3 – высокий (рис. 1, d). Очень высокая изменчивость отмечена по содержанию розавина у представителей из ЦП1, расположенной у подножия склона. В выборке из данной ЦП выявлена форма с максимальным для исследованных выборок содержанием этой группы веществ в корневищах (особь 1_3) (таблица).

Изменчивость содержания фенольных соединений (ФС) (мг/100 г) в выборках из ЦП *Rhodiola rosea* L. в Республике Бурятия в 2023 г.

№	1	2	3	4	5	6	7
ЦП1							
1_1	452,6	189,7	490,5	815,6	139,8	248,7	2336,87
1_2	289,7	80,6	391,8	425,8	82,9	267,7	1538,45
1_3	289,1	112,3	638,6	**2045,5***	**524,9**	199,8	3810,10
M	344,0	127,5	506,9	1095,6	249,2	238,7	2561,8
Cv, %	27,4	44,0	24,5	77,2	96,5	14,7	44,9
ЦП2							
2_1	331,8	157,4	541,9	1058,2	335,5	259,3	2684,2
2_2	**690,2***	92,5	652,7	717,4	199,8	395,1	2747,7
2_3	239,7	74,1	593,6	644,5	147,3	365,3	2064,5
M	421	108,0	596,1	806,7	227,5	339,9	2498,8
Cv, %	56,6	40,5	9,3	27,5	42,7	20,9	15,1
ЦП3							
3_1	113,6	43,8	413,0	802,2	108,1	147,7	1628,5
3_2	415,3	121,1	**760,5**	955,9	158,4	**416,2***	2827,5
3_3	428,3	93,3	699,4	1014,1	148,0	379,8	2763
M	319	86,1	624,3	924,0	138,2	314,6	2406,3
Cv, %	55,8	45,5	29,7	11,9	19,2	46,3	28,0
Средние значения для всех выборок из ЦП1-ЦП3							
M	361,2	107,2	575,8	942,1	205,0	297,7	2489,0
Cv, %	45,0	41,4	22,0	48,6	68,3	31,8	28,0
Кратность содержания групп веществ по трём выборкам из ЦП**							
ЦП1-ЦП3	6,1	4,3	1,9	4,8	6,3	2,8	2,5

Примечание. 1 – салидрозид; 2 – тирозол; 3 – розарин; 4 – розавин; 5 – розин; 6 – коричный спирт; 7 – сумма ФС; M – средние значения; Cv, % – коэффициент вариации.

* Полужирным шрифтом выделено максимальное содержание вещества.

** Отношение максимального и минимального значений содержания групп ФС у особей в общей выборке из ЦП1-ЦП3.

Обсуждение

Вертикальный градиент климатических условий в горах представляет собой уникальную природную модель для исследования изменчивости различных параметров растений на относительно небольшой территории (Поликарпов и др., 1986).

В данном исследовании показано, что при необходимости проведения отбора форм из ЦП *R. rosea* по содержанию определённых групп веществ средние значения для ЦП малоинформативны. Нами выявлено, что в исследованной выборке из трёх ЦП наиболее высока амплитуда индивидуальной изменчивости у особей в ЦП1, произраставшей в нижней части склона, по содержанию розина. В данной ЦП выявлена форма (№ 1_3) с достаточно высоким содержанием розина и розавина в корневищах, согласно фармакопейным требованиям (Савченко и др., 2024). Изменчивость содержания розарина и коричного спирта, напротив, выше в ЦП3 в условиях высокогорья, где выявлена особь (№ 3_2) с более высоким содержанием этих групп веществ, по сравнению с особями из ЦП1 и ЦП3. В средней части склона в ЦП2 нами найдена форма с более высоким содержанием салидрозида (№ 2_2). Такие высокопродуктивные особи могут служить основой для введения их в культуру.

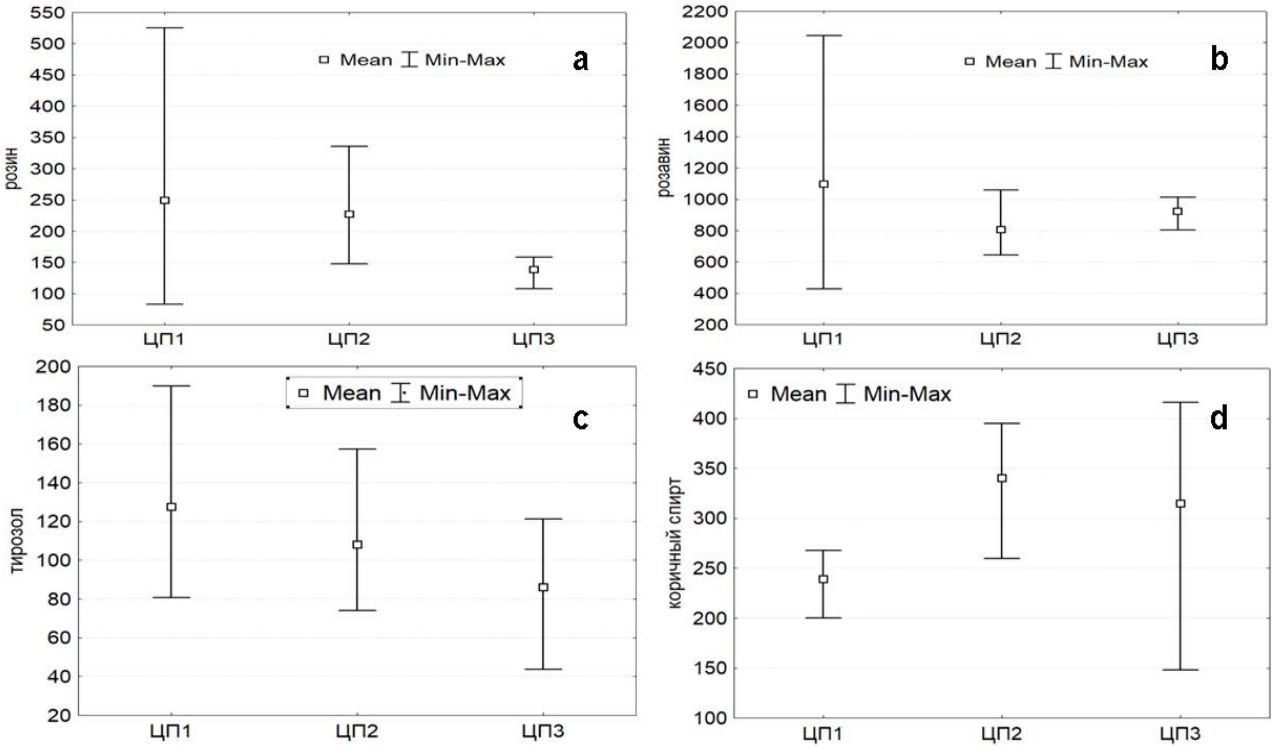


Рис. 1. Изменчивость содержания фенольных соединений в корневищах у особей *Rhodiola rosea* в Республике Бурятия (берег озера Ильчир, 13.06.2023 г.). Обозначения: по вертикальной оси – содержание вещества (мг/100 г) (средняя величина и размах значений), по горизонтальной – номера ценопопуляций (ЦП1-ЦП3); содержание групп веществ: a – розина; b – розавина; c – коричного спирта; d – тирозола

В результате анализа полученных данных выявлено наличие неодинаковой вариабельности содержания исследованных групп БАС в ЦП, расположенных на разной абсолютной высоте в пределах одного и того же склона. Тенденция заключалась в увеличении вариабельности накопления салидрозида и коричного спирта и в снижении вариабельности содержания розина и розавина по мере увеличения абсолютной высоты в горных условиях.

Ранее проведённое нами исследование индивидуальной изменчивости содержания фенилпропаноидов у представителей *R. rosea* в Республике Алтай показало, что этот подход позволяет не только выявить, но в дальнейшем и паспортизовать наиболее продуктивные формы из ЦП при помощи молекулярно-генетических маркёров (Жмудь и др., 2025). Таким образом, различная индивидуальная изменчивость содержания этих групп веществ вдоль высотного градиента в пределах одного и того же склона в РБ отражает адаптивный характер изменчивости этих групп ФС, которые вырабатываются у особей вида в корневищах в ответ на определённый комплекс климатических факторов в различных эколого-географических условиях (Лёзина и др., 2021; Сафаралихонов, Акназаров, 2021).

Заключение

Приведённые данные по содержанию основных действующих групп веществ в корневищах у особей *R. rosea* дают представление о диапазоне внутривидовой изменчивости их накопления у представителей этого вида в горных условиях Республики Бурятия в фазе бутонизации.

Выявленные тенденции в изменчивости накопления некоторых групп ФС у зрелых генеративных особей из трёх ЦП *R. rosea* на разных абсолютных высотах 2000–2200 м в Республике Бурятия отражают неоднородность проявления адаптивных возможностей зрелых генеративных растений этого вида в горных условиях. Несмотря на отсутствие достоверных различий по средним значениям содержания БАС у особей в трёх ЦП на разных абсолютных высотах в пределах одного и того же склона, нами выявлена высокая амплитуда изменчивости содержания салидрозида и розина, составляющая 6-кратную величину между особями, и неодинаковые тенденции по вариабельности содержания разных групп веществ в разных частях склона. Отличия в амплитуде изменчивости накопления этих групп веществ на разных абсолютных высотах, вероятно, зависят от адаптивной системы данного вида в горах. Принимая во внимание тенденции в изменчивости содержания данных групп веществ, можно заключить, что для отбора продуктивных форм с определенными параметрами необхо-

димы исследования с привлечением большего числа образцов в выборках из ЦП *R. rosea*, приуроченных к различным эколого-географическим условиям.

Работа выполнена в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН «Оценка морфогенетического потенциала популяций растений Северной Азии экспериментальными методами» № АААА-А21-121011290025-2.

ЛИТЕРАТУРА

Жданов Д.А., Рязанова Т.К., Куркин В.А., Куркина А.В., Браславский В.Б. Биотехнологические способы получения активных соединений Родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) (Обзор) // Химия растительного сырья. 2023. № 3. С. 5–25. URL: http://journal.asu.ru/cw/article/view/12550

Жмудь Е.В., Коцупий О.В., Кубан И.Н., Ачимова А.А., Храмова Е.П. Кабанов А.В., Дорогина О.В. Индивидуальная изменчивость по содержанию биологически активных соединений и идентификация по ISSR-маркерам у *Rhodiola rosea* (Crassulaceae) в Республике Алтай // Химия растительного сырья. 2025. № 2. С. 215–225. DOI: 10.14258/jcprm.20250215773

Лёзина А.В., Тернинко И.И., Генералова Ю.Э., Джаборова С.С. Анализ родоспецифичных фенольных соединений растений рода *Rhodiola* SPP. в сравнительном аспекте // Химия растительного сырья. 2022. № 3. С. 187–193. URL: http://journal.asu.ru/cw/article/view/10646

Мамаев С.А. Некоторые вопросы формирования популяционной структуры вида у древесных растений // Экология. 1975. № 1. С. 39–49.

Поликарпов Н.П. Чебакова Н.М., Назимова Д.И. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск: Наука. 1986. 224 с.

Савченко О.М., Кроль Т.А, Аксенов А.А., Балеев Д.Н. Содержание розавина в сырье родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) // Вестник КрасГАУ. 2024. № 3. С. 45–50. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-3-45-50

Сафаралихонов А.Б., Акназаров О.А. Действие экологических факторов высокогорья Памира на жизнедеятельность растений. Душанбе : Дониш, 2021. 144 с.

Brinckmann J.A., Cunningham A.B., Harter D.E.V. Running out of time to smell the roseroots: Reviewing threats and trade in wild *Rhodiola rosea* L. // Journal of Ethnopharmacology. 2021. Vol. 6 (269). 113710. DOI: 10.1016/j.jep.2020.113710

Ferreira S.S., Antunes M.S. Re-engineering Plant Phenylpropanoid Metabolism With the Aid of Synthetic Biosensors // Front Plant Sci. 2021. Vol. 12. 701385. DOI: 10.3389/fpls.2021.701385

Kotsupiy O.V., Achimova A.A., Zhmud E.V., Williams N., Kuban I.N., Dorogina O.V., Khramova E.P. Secondary metabolites in rhizomes of wild *Rhodiola rosea* representatives from various ecological and geographical conditions in the Altai Mountains // Biochemical Systematics and Ecology. 2024. Vol. 116. 104860. DOI: 10.1016/j.bse.2024.104860

Marchev A.S., Aneva I.Y., Koycheva I.K., Georgiev M.I. Phytochemical variations of *Rhodiola rosea* L. wild-grown in Bulgaria // Phytochemistry Letters. 2017. Vol. 20. P. 386–390. DOI: 10.1016/j.phytol.2016.12.030

Tasheva K., Dimitrova M., Lazarova M., Kosturkova G. Production of the Phenols Salidroside and Rosavins in *Rhodiola rosea* Regenerants *Ex Vitro* Adapted to Natural Conditions // Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences. 2023. Vol. 76 (9). DOI: 10.7546/CRABS.2023.09.06

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-19

Красная пятнистость хвои – новое заболевание видов семейства Pinaceae в Томской области

Е.А. Жук[1], В.А. Сенашова[2], Т.А. Сурина[3]

[1] *Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Российская Федерация; eazhuk@yandex.ru*
[2] *Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Российская Федерация; vera0612@mail.ru*
[3] *ФГБУ «ВНИИКР», Быково, Раменское, Российская Федерация; t.a.surina@yandex.ru*

Аннотация. В работе представлен первый случай обнаружения в Томской области патогенного гриба *Dothistroma septosporum*, вызывающего красную пятнистость хвои, широко распространенное опасное заболевание видов сем. Pinaceae.

Ключевые слова: *Dothistroma septosporum*, инвазивные грибы, патогены растений, заболевания хвойных видов, устойчивость растений

Red band needle blight – a new disease of Pinaceae species in Tomsk region

E.A. Zhuk[1], V.A. Senashova[2], T.A. Surina[3]

[1] *Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russian Federation; eazhuk@yandex.ru*
[2] *Sukachev Institute of Forest FRC KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russian Federation; vera0612@mail.ru*
[3] *All-Russian Plant Quarantine Center (FGBU VNIIKR), Bykovo, Ramenskoye, Russian Federation; t.a.surina@yandex.ru*

Abstract. This study presents the first occurrence of pathogenic fungus *Dothistroma septosporum*, the causative agent of red band needle blight, widespread dangerous disease of Pinaceae species, in Tomsk region.

Key words: *Dothistroma septosporum*, invasive fungi, plant pathogens, conifer diseases, plant resistance

Инвазионные виды фитопатогенов постоянно расширяют свой ареал благодаря завозу на новую территорию с экзотическими видами и сортами растений, а также в связи с потеплением климата и, как следствие, появлением новых территорий с благоприятными для инвайдера условиями существования. В связи с этим проблема устойчивости растительных видов к чужеродным организмам становится все более острой. Столкновение растений с новыми видами патогенов может приводить к катастрофическим последствиям и вызывать массовое вымирание зараженных популяций. Грибные заболевания являются одной из частых причин таких вымираний. Яркие примеры подобных инцидентов: поражение пузырчатой ржавчиной (*Cronartium ribicola* J.C.Fisch.) американских видов пятихвойных сосен (Maloy, 1997); вспышка *Phomopsis azadirachtae* Sateesh, Shank. Bhat & Devaki (=*Diaporthe azadirachtae* Udayanga & Castl.) вызвавшая гибель дерева ним (*Azadirachta indica* A.Juss.) в Индии (Nagendra Prasad et al., 2009); вспышка *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, вызвавшая гибель 85 % деревьев ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.) в Европе (Carroll, Boa, 2024).

Микромицет *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet, вызывающий красную пятнистость хвои (дотистромоз), является одним из самых распространенных патогенов хвойных видов. Он поражает только виды сем. Pinaceae, преимущественно из рода *Pinus,* а также отдельных представителей родов *Picea* A.Dietr.*, Larix* Mill.*, Abies* Mill., *Pseudotsuga* Carr. и *Cedrus* Trew (Drenkhan et al., 2016). Эпифитотии дотистромоза возникают как в естественных лесах, так и в плантационных культурах хвойных видов, нанося экономически значимый ущерб, поскольку могут вызывать гибель молодых растений и ухудшение качества древесины в целом (Gibson, 1974). Вид распространен на всех континентах, где произрастают растения-хозяева, при этом довольно быстро осваивает новые территории (Woods et al., 2005). В России данный микромицет был обнаружен в 2000 г. в республике Марий Эл, а к настоящему времени возбудитель дотистромоза выявлен в Тульской, Ростовской, Волгоградской, Московской и Ярославской областях, Краснодарском крае, Северо-Кавказском лесном горном районе (Шероколава и др., 2008; Жуков и др., 2013; Булгаков и др., 2015; Шишкина, Карпун 2024). В Сибири красная пятнистость хвои выявлена в Горном Алтае (Ильичев, Шуваев, 2016), Красноярском крае (Сенашова и др., 2021) и в Забайкалье (Бедрицкая и др., 2024). Томская область находится севернее всех остальных мест обнаружения *D. septosporum* в азиатской части России, и здесь это заболевание до недавнего времени не диагностировалось.

В 2022 г. на научном стационаре «Кедр» ИМКЭС СО РАН, расположенном недалеко от г. Томска (56°13′ с.ш., 84°51′ в.д., 78 м над ур. м.), где собрана коллекция местных и интродуциро-

ванных хвойных видов, были обнаружены деревья с симптомами, характерными для красной пятнистости хвои: хвоя с кирпично-красными участками, хорошо дифференцируемыми от остальной части хвои, усыхание хвои, начинающееся с нижней части кроны, благодаря которому формируется специфическая форма кроны в виде кисточки (Bulman et al., 2013).

Целью работы была идентификация патогена и оценка степени поражения кроны у разных видов.

Объектом наблюдения было семенное и вегетативное потомство 9 видов и гибридов сем. Pinaceae, выращенное на научном стационаре «Кедр»: кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour), кедрового стланика (*P. pumila* (Pall.) Regel), гибридов *P. sibirica* × *P. pumila*, кедра европейского (*P. cembra* L.), кедра корейского (*Pinus koraiensis* Siebold & Zucc.), сосны румелийской (*P. peuce* Griseb.), сосны веймутовой (*P. strobus* L.), сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) и сосны горной (*P. mugo* Turra). Семенное потомство кедра сибирского, сосны веймутовой и сосны обыкновенной представляло собой посадки рядами с размещением 2 × 3 м, а кедрового стланика и сосны горной – рядами 2 × 2 м. Вегетативное потомство кедра сибирского, кедрового стланика, их гибридов, кедра европейского, кедра корейского и сосны румелийской было создано посредством прививки черенков, полученных от деревьев из естественных популяций, на местный подвой кедра сибирского и выращено с размещением 3 × 6 м.

Было подсчитано число здоровых деревьев каждого вида и деревьев с признаками красной пятнистости хвои, произрастающих на площадях научного стационара. Для микроскопического исследования у 10 представителей каждого вида были отобраны образцы хвои 1-го и 2-го годов жизни с признаками поражения. На отобранной хвое присутствовали красные полосы и пятна, но не было отмечено спороношений патогена, поэтому образцы хвои в лабораторных условиях были заложены во влажные камеры для выгонки плодовых тел с предварительной обработкой 70 % этанолом. Были применены стандартные макро- и микроскопические методы с использованием бинокуляра МБС-10 и светового микроскопа Olympus BX43. При идентификации гриба учитывали анатомо-морфологические признаки и особенности конидиогенеза анаморфной стадии. Для молекулярно-генетической идентификации патогена из хвои с симптомами заражения вырезали небольшие фрагменты с конидиомами, из которых выделяли ДНК с помощью набора МагноПрайм® ФИТО (ООО «НекстБио). С выделенными образцами ДНК проводили классическую ПЦР с праймерами ITS4/ITS5 (White, 1990), которые амплифицируют продукт от 600 п.о. региона ITS рРНК, и секвенировали полученные фрагменты.

Первые симптомы красной пятнистости хвои появились у кедра сибирского в 2017 г., а вторая вспышка заболевания произошла в 2022 г. В 2023–2025 гг. однотипные симптомы заражения наблюдались уже у большинства видов: хвоя на прошлогодних побегах имела кирпично-красные участки или полностью засыхала и приобретала кирпично-красный оттенок (рис. 1).

Рис. 1. Хвоя *Pinus mugo* (слева) и *P. sibirica* (справа) с признаками красной пятнистости хвои

Первые признаки заражения хвои появлялись внизу кроны, а затем распространялись вверх по кроне. Наиболее ярко они проявлялись у *P. sibirica*, *P. pumila* и их гибридов в начале нового вегетационного сезона: почти вся хвоя в нижней части кроны у многих деревьев была поражена и имела характерный красноватый оттенок. У *P. pumila* иногда наблюдались признаки поражения хвои сразу почти по всей высоте кроны. У остальных видов наблюдались лишь небольшие участки пораженной хвои, за исключением сосны румелийской, у которой не было обнаружено симптомов заражения. За-

сохшая хвоя постепенно отпадала. При этом побег либо полностью погибал, либо из сохранившихся почек вырастали новые побеги. Если погибших побегов было много, у деревьев формировалась характерная форма кроны в виде кисточки, что до настоящего времени наблюдалось только у кедра сибирского. Случаи гибели деревьев вследствие развития заболевания были отмечены только у кедра сибирского (около 4 % от числа больных деревьев).

Рис. 2. Деревья кедра сибирского после первой вспышки красной пятнистости хвои в 2017 г. (слева) и в 2025 г. (справа)

После 2 недель инкубации в условиях влажных камер на хвоинках в областях изменения окраски (красные пятна) было отмечено формирование конидиом, прорывавших эпидермис хвоинок. Споры гиалиновые, тонкостенные, гладкие с 1–3 поперечными перегородками вытянутой формы 19–35 × 2–3 мкм, встречались как прямые, так и изогнутые. По совокупности признаков, таких как внешний вид пораженной хвои, анатомо-морфологические особенности плодоношений и спор, патоген был идентифицирован как *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet, согласно EPPO 2015.

Микромицет *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet является анаморфной стадией аскомицета *Mycosphaerella pini* Rostr. (Mycosphaerellaceae, Mycosphaerellales, Dothideomycetidae, Dothideomycetes, Ascomycota, Fungi) (=*Cytosporina septospora* Dorogin) (полный список синонимов см. Index Fungorum (2025).

Молекулярно-генетический анализ и анализ BLAST подтвердил принадлежность патогена к *D. septosporum* (GenBank Acc. No. PV849241). Доля деревьев с признаками красной пятнистости хвои существенно различалась между видами (таблица). Больше всего больных деревьев у кедра сибирского, кедрового стланика и гибридов между ними. У этих видов симптомы заболевания имели больше половины деревьев. У кедра европейского зараженных деревьев было немного меньше половины от общего числа. У остальных видов зараженных деревьев было намного меньше, а у сосны румелийской их вообще не было найдено.

Согласно литературным данным, ранее считалось, что все рассмотренные пятихвойные виды имеют низкую чувствительность к *D. septosporum*, а чувствительность двухвойных видов существенно варьирует (ссылки на источники в таблице). Однако, в условиях плантационного выращивания на юге Западной Сибири кедр сибирский, кедровый стланик и гибриды между ними оказались как минимум умеренно чувствительными, согласно той же классификации. Чувствительность остальных видов в новых условиях по-прежнему оставалась низкой.

Появление *D. septosporum* в Томской области было ожидаемо, так как вид около 10 лет назад был обнаружен в соседних регионах. Умеренные зимы последних лет в регионе могли способствовать активному распространению патогена. Однако вспышек инфекции в естественных лесах пока зафиксировано не было. Дальнейшее расселение *D. septosporum* в зоне естественного ареала кедра сибирского может негативно повлиять на лесное хозяйство и экосистему региона, так как его чувствительность к патогену может со временем вызвать изменение видового состава лесов, что, в свою очередь, приведет к изменению видового состава фауны, поскольку жизненный цикл кедра сибирского неразрывно связан с животными-распространителями семян. Однако, по нашим данным, кедр сибирский более устойчив к данному заболеванию, чем *Pinus ponderosa*, *P. radiata*, *P. nigra* и *P. contorta*, у которых заболевание протекает особенно тяжело и часто приводит к гибели деревьев (Woods et al.,

2005). Кроме того, внутривидовая изменчивость по устойчивости к *D. septosporum* у разных видов весьма велика (Fraser et al., 2015; Perry et al., 2016). Это позволяет предположить, что местные виды могут оказаться относительно устойчивыми к инфекции, а в первую очередь пострадают интродуцированные виды и сорта хвойных видов.

Доля деревьев с признаками красной пятнистости хвои у разных видов сем. Pinaceae на научном стационаре «Кедр»

Вид	Возраст деревьев, лет	Доля деревьев с симптомами красной ржавчины хвои, %	Чувствительность вида к *D. septosporum* по литературным данным
Pinus sibirica	21–36	58,4	Низкая (Jankovský et al., 2004)
P. pumila	21–29	51,1	–
P. sibirica × *P. pumila*	20–29	88,3	–
P. cembra	29–33	39,7	Низкая (Kirisits, Cech, 2006)
P. koraiensis	18–29	6,7	Низкая (Drenkhan et al., 2016)
P. peuce	29	0	Низкая (Barnes et al., 2008)
P. strobus	21	12,5	От низкой (Bulman et al., 2004) до умеренной (Gibson, 1979)
P. sylvestris	15–18	19,2	От низкой (Bulman et al., 2004; Fraser et al., 2015) до высокой (Gibson, 1979).
P. mugo	15–26	28	От умеренной (Gibson, 1979) до высокой (Kirisits, Cech, 2006)

В качестве защитных мер от *D. septosporum* активно применяются медьсодержащие фунгициды, обрезка нижних ветвей у деревьев, а также избирательный подход к посадкам чувствительных к патогену видов или экотипов в местностях с высоким риском заражения (Bulman et al., 2016). Однако наиболее надежным направлением в защите деревьев от данного патогена считается генетическое улучшение лесов и плантационных культур с помощью селекции на устойчивость к заболеванию (Ivković et al., 2010; Ismael et al., 2020). Этот метод имеет долговременный эффект и не требует дополнительных мер поддержки. В России массовых мероприятий по защите деревьев от *D. septosporum* пока не проводилось, так как на территории страны данный патоген до сих пор считался относительно редким и малоузученным (Жуков и др. 2013; Булгаков и др., 2015). Дальнейшие наблюдения за распространением заболевания помогут выявить характер внутривидовой дифференциации российских видов пятихвойных сосен по устойчивости к *D. septosporum*, а также в случае необходимости осуществить первоначальные мероприятия по отбору устойчивых генотипов, клоны и семенное потомство которых затем будут подвергнуты испытаниям на устойчивость.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда, грант № 25-26-00284.

ЛИТЕРАТУРА

Бедрицкая Т.В., Воинков А.А., Арефьева М.А., Антонова Т.И. Результаты молекулярно-генетического анализа для фитосанитарной диагностики лесообразующих пород Байкальской природной территории // Лесохозяйственная информация. 2024. № 2. С. 79–96. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2024.2.07

Булгаков Т.С., Мусолин Д.Л., Селиховкин А.В. Dothistroma pini и *D. septosporum* – малоизвестные вредоносные грибные патогены сосен в России и сопредельных странах // Информационный бюллетень Совета Ботанических садов стран СНГ при международной ассоциации Академий наук. 2015. № 4(27). С. 59–63.

Жуков А.М., Гниненко Ю.И., Жуков П.Д. Опасные малоизученные болезни хвойных пород в лесах России : 2-е изд., испр. и доп. Пушкино : ВНИИЛМ, 2013. 128 с.

Ильичев Ю.Н., Шуваев Д.Н. Состояние клоновых объектов кедра сибирского *Pinus sibirica* Du Tour Республики Алтай: сохранность и перспективы селекции // Сибирский лесной журнал. 2016. № 5. С. 33–44. DOI: 10.15372/SJFS20160503

Сенашова В.А., Шилкина Е.А., Сафронова И.Е. Фитопатогенные микромицеты, ассоциированные с хвойными растениями на территории Средней Сибири // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. № 236. С. 129–151. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.236.129-151

Шероколава Н.А., Скрипка О.В., Александров И.Н. Патогенная микрофлора древесных культур в Европейской части России // Современная микология в России. Т. 2: материалы 2-го Съезда микологов России. М. : Нац. акад. микол., 2008. С. 215.

Шишкина А.А., Карпун Н.Н. Видовой состав патогенных микромицетов на лесосеменных плантациях сосны обыкновенной в Московской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. № 251. С. 78–96. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.251.78-96

Barnes I., Kirisits T., Akulov A., Chhetri D.B., Wingfield B.D., Bulgakov T.S., Wingfield M.J. New host and country records of the Dothistroma needle blight pathogens from Europe and Asia // Forest Pathology. 2008. Vol. 38. P. 178–195. DOI: 10.1111/j.1439-0329.2007.00536.x

Bulman L.S., Bradshaw R.E., Fraser S., Martín-García J., Barnes I., Musolin D.L., La Porta N., Woods A.J., Diez J. J., Koltay A. et al. A worldwide perspective on the management and control of Dothistroma needle blight // Forest Pathology. 2016. Vol. 46. P. 472–488. DOI: 10.1111/efp.12305

Bulman L.S., Dick M.A., Ganley R.J., McDougal R.L., Schwelm A., Bradshaw R.E. Dothistroma needle blight // Infectious Forest Diseases / eds. P. Gonthier, G. Nicolotti ; CABI. 2013. P. 436–457. DOI: 10.1079/9781780640402.0436

Bulman L., Gadgil P.D., Kershaw D.J., Ray J.W. Assessment and control of Dothistroma needle-blight // Forest Research Bulletin 1776–2632, 2004. № 229.

Carroll D., Boa E. Ash dieback: From Asia to Europe // Plant Pathology, 2024. Vol. 73, Iss. 4. P. 741–759. DOI: 10.1111/ppa.13859

Drenkhan R., Tomešová-Haataja V., Fraser S., Bradshaw R.E., Vahalík P., Mullett M.S., Martín-García J., Bulman L.S., Wingfield M.J., Kirisits T. et al. Global geographic distribution and host range of *Dothistroma* species: a comprehensive review // Forest Pathology. 2016. Vol. 46, Iss. 5. P. 408–442. DOI: 10.1111/efp.12290

EPPO PM 7/46 (3) *Lecanosticta acicola* (formerly *Mycosphaerella dearnessii*), *Dothistroma septosporum* (formerly *Mycosphaerella pini*) and *Dothistroma pini* // EPPO Bulletin. 2015. Vol. 45. P. 163–182. DOI: 10.1111/epp.12217

Fraser S., Woodward S., Brown A.V. Inter- and intra- specific variation in susceptibility to dothistroma needle blight in Britain. How susceptible are *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta*? // Forest Pathology. 2015. Vol. 46. P. 534–546. DOI: 10.1111/efp.12217

Gibson I.A.S. Diseases of forest trees widely planted as exotics in the tropics and Southern Hemisphere. Part II. The genus *Pinus*. Oxford : Commonwealth Mycological Institute, Kew/Commonw. Forestry. Ins. 1979.

Gibson I.A.S. Impact and control of Dothistroma blight of pines // European Journal of Forest Pathology. 1974. Vol. 4. P. 89–100.

Index Fungorum Partnership. URL: https://indexfungorum.org/Index.htm (Accessed 30.06.2025)

Ismael A., Suontama M., Klápště J., Kennedy S., Graham N., Telfer E., Dungey H. Indication of quantitative multiple disease resistance to foliar pathogens in *Pinus radiata* D.Don in New Zealand // Frontiers of Plant Science. 2020. Vol. 11. 1044. DOI: 10.3389/fpls.2020.01044

Ivković M., Baltunis B., Gapare W., Sasse J., Dutkowski G., Elms S., Wu H. Breeding against dothistroma needle blight of radiata pine in Australia // Canadian Journal of forest research. 2010. Vol. 40. P. 1653–1660. DOI: 10.1139/X10-097

Jankovský L., Bednářová M., Palovčíková D. Dothistroma needle blight *Mycosphaerella pini* E. Rostrup, a new quarantine pathogen of pines in the CR // Journal of Forest Science. 2004. Vol. 50. P. 319–326. DOI: 10.17221/4629-JFS

Kirisits T., Cech T.L. Is Dothistroma needle blight going to become an important forest disease in Austria? // Forstschutz Aktuell. 2006. Vol. 36. P. 20–26.

Maloy O.C. White pine blister rust control in North America: A case history // Annual Review of Phytopathology, 1997. Vol. 35 (1). P. 87–109. DOI: 10.1146/annurev.phyto.35.1.87

Nagendra Prasad M.N., Shankara Bhat S., Charith Raj A.P., Janardhana G.R. Detection of *Phomopsis azadirachtae* from dieback affected neem twigs, seeds, embryo by polymerase chain reaction // Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2009. Vol. 42, Iss. 2. P. 124–128. DOI: 10.1080/03235400600982584

Perry A., Brown A.V., Cavers S., Cottrell J.E., Ennos R.A. Has Scots pine (*Pinus sylvestris*) co-evolved with *Dothistroma septosporum* in Scotland? Evidence for spatial heterogeneity in the susceptibility of native provenances // Evolutionary Applications. 2016. Vol. 9, Iss. 8. P. 982–993. DOI: 10.1111/eva.12395

White T.J., Bruns T., Lee S.J., Taylor J.W. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics: PCR protocols: a guide to methods and applications. California, USA : Academic Press., San Diego, 1990. P. 315–322.

Woods A., Coates K.D., Hamann A. Is an unprecedented Dothistroma needle blight epidemic related to climate change? // BioScience. 2005. Vol. 55, Iss. 9. P. 761–769. DOI: 10.1641/0006-3568(2005)055[0761:IAUDNB]2.0.CO;2

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-20

Рациональное использование вторичных метаболитов растений рода *Silene*, интродуцированных в Сибирском ботаническом саду

Л.Н. Зибарева

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация; zibareva.lara@yandex.ru

Аннотация. В процессе многолетних исследований, проводимых в Сибирском ботаническом саду Томского государственного университета (СибБС ТГУ), с привлечением современных физико-химических методов исследования, изучен состав химических компонентов ряда лекарственных растений рода *Silene*. Схема исследований заключается в поиске перспективных по составу и содержанию вторичных метаболитов видов на основе анализа экстрактов семян, введении в культуру растений, изучении особенностей их развития, аккумулирования биомассы, достаточной для выделения биологически активных веществ (БАВ), с целью изучения химических структур. Выявлены новые источники экдистероидов и флавоноидов. Выделен ряд индивидуальных соединений из интродуцентов. Выявлены биологические активности выделенных комплексов: гемореологическая, радиопротекторная, антиоксидантная, антигипергликемическая, актопротекторная, церебропротекторная, гастропротекторная. Установлены структуры выделенных из интродуцентов индивидуальных соединений – экдистероидов и флавоноидов на основе данных ВЭЖХ, ЯМР, масс-спектров. Выявлены антимикробное, антиковидное, антигерпесное, противовоспалительное, анальгетическое, капиллярнопротекторное и другие их действия.

Ключевые слова: лекарственные растения, интродукция, *Silene*, вторичные метаболиты, экдистероиды, флавоноиды

Rational use of secondary metabolites of *Silene* plants introduced in the Siberian Botanical Garden

L.N. Zibareva

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; zibareva.lara@yandex.ru

Abstract. In the process of many years of research conducted with the use of modern physical and chemical research methods in Siberian botanical garden of Tomsk state university (SibBS TSU), the composition of the chemical components of a number of medicinal plants of the genus *Silene* has been studied. The research scheme consists of searching for species that are promising in terms of their composition and content of secondary metabolites based on the analysis of seed extracts, introducing plants into culture, studying the features of their development, and accumulating biomass sufficient for the isolation of biologically active substances (BAS) in order to study their chemical structures. New sources of ecdysteroids and flavonoids have been identified. A number of individual compounds have been isolated from the introducers. The biological activities of the isolated complexes have been identified: hemorheological, radioprotective, antioxidant, antihyperglycemic, actoprotective, cerebroprotective and gastroprotective. The structures of individual compounds of ecdysteroids and flavonoids isolated from introducers have been established based on data from HPLC, NMR, and mass spectra. Their antimicrobial, anti-COVID, anti-herpes, anti-inflammatory, analgesic, capillaryprotective, and other effects have been identified.

Keywords: medicinal plants, introduction, *Silene*, secondary metabolites, ecdysteroids, flavonoids

Растения, синтезируя множество БАВ различной химической природы, являются альтернативными источниками эффективных препаратов против устойчивых патогенов человека, и представляют собой огромный ресурс для разработки новых лекарственных средств для профилактики и лечения социально значимых заболеваний. Особенность экстрактов лекарственных растений заключается в том, что их БАВ находятся в определенных соотношениях, которые способствуют оптимальному воздействию на организм человека, и могут применяться длительное время, поскольку характеризуются мягкостью действия и практически не имеют побочных воздействий на организм в отличие от синтетических лекарственных препаратов (Сухенко, 2012). В условиях истощения природной флоры интродукция лекарственных растений в Западную Сибирь приобретает большое значение, так как позволяет более рационально использовать дикорастущие растения и обогащать культурную флору регионов новыми ценными видами путем привлечения семенного материала из других стран.

Начало интродукции лекарственных растений в Сибирском ботаническом саду Томского государственного университета было положено П.Н. Крыловым.

Коллектив лаборатории фитохимии, созданной в СибБС в 1972 г., разработал научно-методические подходы к поиску растительных источников ценных вторичных метаболитов – экдистероидов и флавоноидов, занимается изучением состава вторичных метаболитов перспективных интродуцентов, закономерностей их аккумулирования в зависимости от различных факторов, выявлением биологических активностей выделенных комплексов и действующих веществ.

Скрининг мировой флоры способствует выявлению новых продуцентов фитоэкдистероидов и ускоряет такие исследования. Проведение крупномаштабного скрининга видов семейства Caryophyl-

laceae на присутствие экдистероидов, основанного на предварительном хроматографическом анализе экстрактов семян (Зибарева и др., 1997), позволило проанализировать семена более 280 видов растений, в том числе 168 видов рода *Silene* и прогнозировать синтез искомых соединений в растениях. Среди видов семейства Caryophyllaceae, успешно интродуцированных в СибБС, экдистероиды обнаружены в 124 видах: в 100 видах *Silene*, в 10 видах *Lychnis*. Впервые выявлено 92 новых источника экдистероидов в роде *Silene*, 8 в роде *Lychnis*, 3 в роде *Melandrium, 2* в роде *Petrocoptis*, 4 в роде *Sagina* и 2 вида в роде *Saponaria*. Выявлены новые источники экдистероидов во флоре Монголии – *S. aprica*, *S. ichiboda*, *S. mongolica*, *S. turgida* и ряд дикорастущих видов Киргизии – *S. stenophylla, S. stylosa, S. sussamyrica, S. turchaninova*.

Из видов семейства Caryophyllaceae, интродуцированных в СибБС, нами выделено 29 экдистероидов, в том числе 7 новых, информация о которых занесена в международную базу Ecdybase.org. Выявление большого количества новых источников фитоэкдистероидов различными подтверждающими друг друга методами: химическим, радиоиммунным и биотестированием вселяет большую уверенность в результаты скрининга и расширяет горизонты их изучения. Окончательное утверждение о присутствии экдистероидов в том или ином виде растений доказано совместно с российскими и зарубежными коллегами из ряда европейских стран после их выделения в индивидуальном виде, получения и интерпретации данных ВЭЖХ (рис. 1), ЯМР, масс-спектров, определения различных физико-химических свойств, на основе которых установлены химические структуры выделенных соединений.

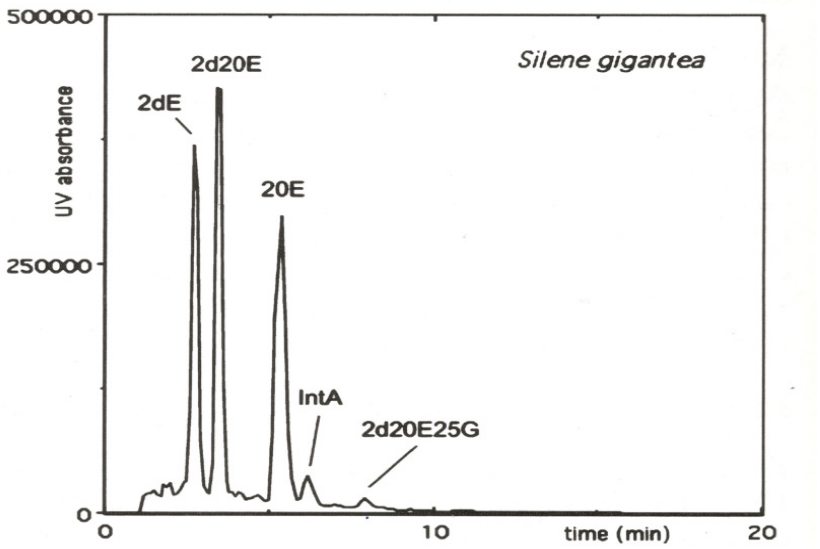


Рис. 1. Хроматографический профиль экдистероидов *S. gigantea*: 2dE – 2-дезоксиэкдзон, 2d20E – 2-дезокси-20-гидроксиэкдзон, 20E – 20-гидроксиэкдзон, IntA – интегристерон А, 2d20E25G – 2-дезокси-20-гидроксиэкдизон-25 глюкозид

Согласно экспериментальным данным исследованные виды рода Silene, успешно интродуцированные в СибБС, часть из которых являются эндемиками Средиземноморья, оказались богатыми источниками флавоноидов, в них выявлено по 15-18 соединений этого класса полифенолов (рис. 2). Групповая идентификация флавоноидов проведена с учетом данных ВЭЖХ и характерных УФ-спектров при сравнении основных пиков исследуемых образцов растительного сырья и пиков стандартных образцов С-гликозилированных производных апигенина, лютеолина и соответствующих времен удерживания.

Структура индивидуального флавона, выделенного из *S. chalcedonica,* установлена методами – УФ-, МС-, ЯМР ^{1}H и ^{13}C как апигенин-6-С-β-D-глюкопиранозил-8-С-α-L-арабинопиранози- шафтозид (Зибарева и др., 2022)**.**

В 29 видах рода *Silene – S. chalcedonica, S. frivaldszkyana, S. roemeri, S. sendtneri, S. viridiflora, S. paradoxa, S. colpophylla, S. nemoralis, S. graminifolia, S. caramanica, S. linicola, S. jenissensis, S. graefferi* и др. флавон шафтозид обнаружен впервые (Филоненко, Зибарева, 2021; Зибарева и др., 2025). Показано, что шафтозид присутствует в изученных видах на протяжении всего вегетационного процесса (Зибарева и др., 2022). Во многих из них впервые выявлены другие флавоны – виценин-2, неовитексин, ориентин, витексин (рис. 2, таблица).

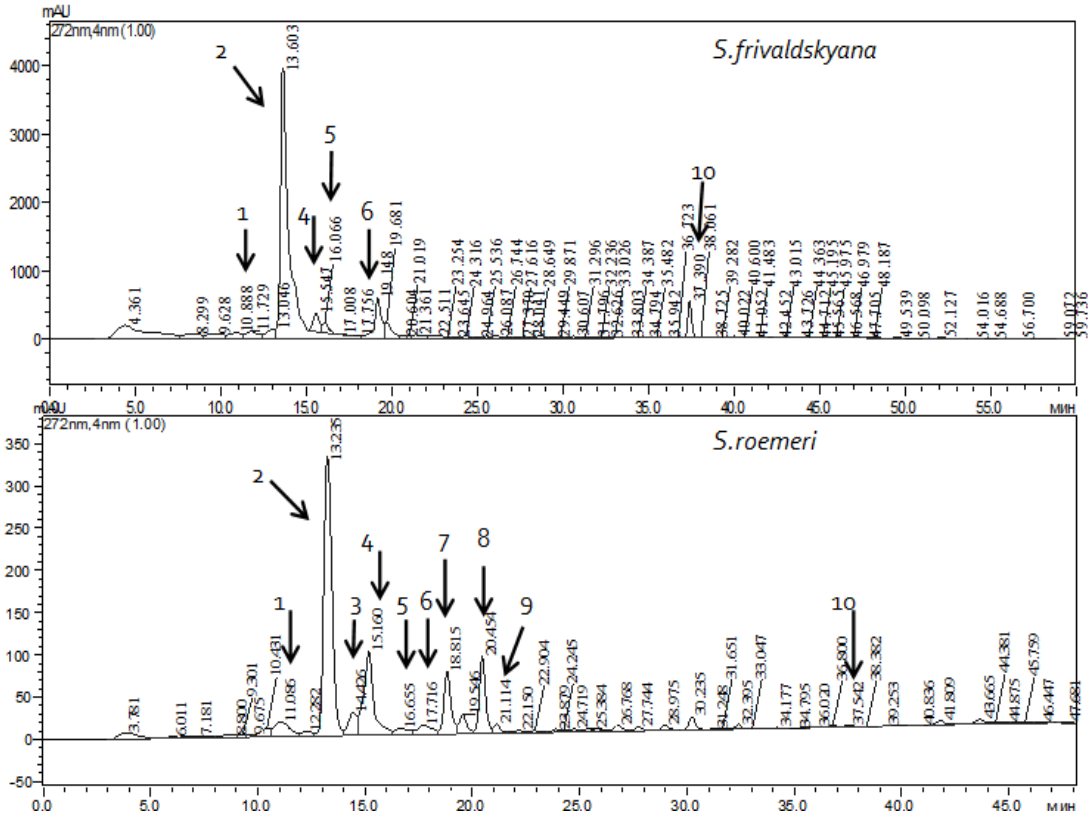


Рис. 2. ОФ-ВЭЖХ экстрактов Silene (λ 272 нм): 1 – виценин-2; 2 – шафтозид; 3 – ориентин; 4 – неовитексин; 6 – витексин; 7 – изовитексин, 5, 8-10 – неидентифицированные флавоноиды

Полученные данные о присутствии обнаруженных флавонов значительно увеличивают число источников ценных полифенолов. Ранее известно было 8 видов Silene, содержащих шафтозид, в настоящее время – 37, виценин-2 выявлен в 17 видах, с учетом полученных экспериментальных данных – 34. Установлено, что в составе комплексов флавоноидов исследованных видов Silene значительную долю – 71-79 % составляет шафтозид (Зибарева и др., 2021).

В процессе многолетнего сотрудничества СибБС с Сибирским государственным медицинским университетом обнаружено и изучено фунгистатическое действие экдистероидсодержащих экстрактов и выделенных из них вторичных метаболитов. Сместно с НИИ фармакологии и регенеративной медицины им. Е.Д. Гольдберга (НИИФиРМ г. Томск) выявлен ряд биологических активностей экстрактов растений *Silene* и выделенных соединений: гемореологическая, антиоксидантная, антигипергликемическая, актопротекторная, церебропротекторная, гастропротекторная.

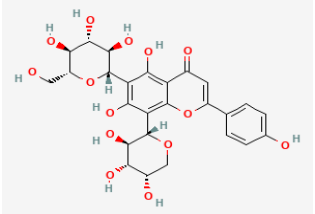
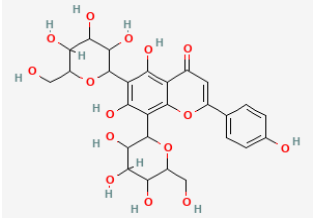
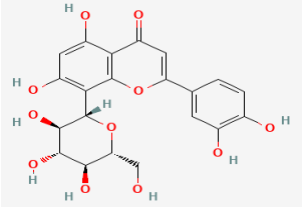
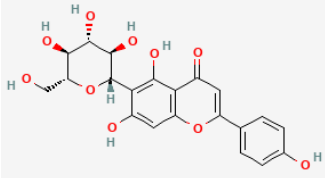
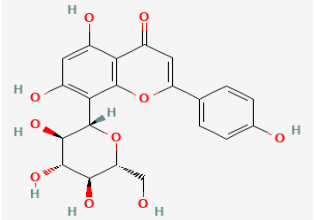
Выявлены различные виды биологической активности С-гликозидов флавонов, характерных для видов *Silene.* Совместные с учеными НИИФиРМ (г. Томск) исследования активности экстрактов, а также комплекса флавоноидов, выделенного из *S. chalcedonica* и других видов, интродуцированных в СибБС ТГУ, показали проявление противовоспалительного, анальгетического, актопротекторного, капиллярнопротекторного, противоопухолевого, противоязвенного действий (Зибарева и др., 2021).

Впервые наряду с антимикробной активностью бутанольных экстрактов *S. chalcedonica, S. viridiflora, S. graefferi, S. colpophylla, S. sendtneri, S. linicola, S. jenisseensis* (Зибарева и др., 2023) показано, что индивидуальный флавон шафтозид, выделенный из бутанольных комплексов и входящий в состав всех объектов исследования, проявляет ингибирующее действие на штаммы *Bacillus cereus* В-1367, *Bacillus subtilis* В-1376 и слабое действие на штаммы *Staphylococcus aureus* В-1266 и *Staphylococcus epidermidis* В-1251. Показано, что антимикробному действию исследуемых экстрактов не подвержены грамотрицательные штаммы *Staphylococcus typhimurium* В-581, *Klebsiella pneumoniae* В-378, *Shigella sonnei* В-582.

В настоящее время продолжается поиск недорогих и эффективных лекарств против COVID-19, в том числе и растительного происхождения. Выявлена ингибирующая активность этанольных экстрактов и бутанольных фракций 9 видов *Silene*, а также выделенных из них индивидуальных соединений – шафтозид и 20-гидроксиэкдизон (Казачинская и др., 2023). Полученные результаты свидетельствуют о наличии в этих растениях биологически активных веществ, действующих деструктивно

на вирионы SARS-CoV-2 и влияющих на один из основных этапов его «жизненного» цикла – на прикрепление к рецепторам чувствительных клеток.

Флавоны рода Silene – гликозиды апигенина и лютеолина

Флавон	Структура	Количество видов *Silene*-интродуцентов СибБС, содержащих флавон	Количество видов, содержащих флавон, в литераратуре
Шафтозид (Апигенин 6-С-глюкозид 8-С-арабинозид)		31 вид	8 видов 2 общих (*S. nutans*, *S. repens*)
Виценин-2 (Апигенин-6,8-ди-С-глюкозид)		20	17 3 общих (*S. graminifolia*, *S. jenissensis*, *S repens*)
Ориентин (Лютеолин 8-С-глюкозид)		8	25 2 общих (*S. graminifolia*, *S. jenissensis*)
Неовитексин (Апигенин 6-С-глюкозид)		11	33 2 общих (*S. graminifolia*, *S. jenissensis*)
Витексин (Апигенин 8-С-глюкозид)		11	33 3 общих (*S. graminifolia*, *S. boristenica*, *S. repens*)

Выявлена ингибирующая активность этанольных экстрактов и бутанольных фракций 9 видов *Silene* и выделенных из *S. chalcedonica* флавона шафтозида и экдистероида 20-гидроксиэкдизона на вирионы герпеса HSV-2 (Казачинская и др., 2024). Полученные результаты позволяют сделать заключение о деструктивном действии шафтозида на вирионы HSV-2 и влиянии на один из основных этапов его «жизненного» цикла – на «вход» вируса в чувствительные клетки.

Впервые показано, что средство, содержащее индивидуальное соединение шафтозид, выделенное из *S. chalcedonica*, оказывает антигипоксическое действие (Зибарева и др., 2024). В результате проведенного эксперимента было установлено, что шафтозид в дозе 0,001 мг/кг проявляет более выраженную антигипоксическую активность, чем препарат сравнения α-токоферола ацетат.

Экспериментально установлено новое свойство шафтозида, а также возможность использования его в качестве средства, обладающего ноотропной активностью в практическом здравоохранении (Афанасьева и др., 2025). Шафтозид в дозе 0,015 мг/кг в эксперименте при выработке и воспроизведении условного рефлекса пассивного избегания, проявлял более выраженное влияние на обучение и память, чем препарат сравнения ноотропил.

Впервые показано, что индивидуальное соединение шафтозид оказывает ранозаживляющее действие (Поветьева и др., 2023). Результаты проведенного исследования на модели плоскостной кожной раны позволили установить, что предлагаемое средство шафтозид из *S. chalcedonica*, в кон-

центрациях 0,1 мкг/мл, 1,5 мкг/мл, 3,0 мкг/мл при наружном применении способствует существенному сокращению размеров плоскостных кожных ран, сопоставимое по активности с действием препарата сравнения сока алоэ.

В связи с выявленным широким спектром биологической активности шафтозида изучен вопрос о разработке способа более полного извлечения индивидуальных соединений из перспективных видов рода *Silene* (Зибарева и др., 2025).

Таким образом, показано, что виды рода *Silene,* интродуцированные в СибБС, являются богатыми продуцентами БАВ, которые обладают широким спектром биологической активности и перспективны для применения в медицине.

Результаты получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России, проект № FSWM-2024-0009.

ЛИТЕРАТУРА

Сухенко Л.Т. Дикорастущие растения флоры Юга России как источник ценных фитокомпонентов с противомикробными и биорегуляторными свойствами : автореф. дис. … д-ра биол. наук. Астрахань, 2012. 41 с.

Филоненко Е.С., Зибарева Л.Н. Экдистероиды и флавоноиды *Silene graefferi* // Химия растительного сырья. 2021. № 1. С. 175–182. DOI: 10.14258/jcprm.2021018294

Зибарева Л.Н.., Еремина В.И., Зибарев П.В. Патент № 2082168. Способ обнаружения и количественного определения экдистероидов в растительных объектах. Опубл. 20.06.97. Бюл. № 17. Приоритет от 26.01.1994.

Зибарева Л.Н, Сидельников В.С., Рогова У.Р., Захаренко А.М. Выявление оптимальных условий экстракции флавона шафтозида из растений рода *Silene.* Перспективы применения его в медицине. // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений в Евразийском экономическом союзе: материалы международной научно-практической конференции (Симферополь, 26-27 июня 2025 г.) / науч. ред. В.С. Паштецкий. Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2025. С. 57-64.

Зибарева Л.Н., Филоненко Е.С., Черняк Е.И. и др. Флавоноиды некоторых видов растений рода *Silene* // Химия растительного сырья. 2022. № 3. С. 109-118. DOI:10.14258/jcprm.20220310592

Растения родов *Silene* и *Lychnis* (Caryophyllaceae): состав химических компонентов и биологическая активность. Томск: Изд-тво Том. гос. ун-та, 2021. 496 с.

Зибарева Л.Н., Филоненко Е.С., Андреева И.С. и др. Антимикробная активность 20-гидроксиэкдизона, шафтозида и бутанольных комплексов некоторых видов рода *Silene* семейства Caryophyllaceae // Химия растительного сырья. 2023. № 2. С. 185–196. DOI: 10.14258/jcprm.20230211950

Казачинская Е.И., Зибарева Л.Н., Филоненко Е.С. и др. Исследование ингибирующей активности экстрактов, фракций и вторичных метаболитов *Silene* spp. (Caryophylaceae) и *Serratula cupuliformis* (Asteraceae) на репликацию коронавируса SARS-CoV-2 // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18, № 1. С. 62-81. https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-1-62-81

*Казачинская Е.И., Зибарева Л.Н., Филоненко Е.*С. и др. Исследование ингибирующей активности экстрактов, фракций и вторичных метаболитов *Silene* spp. (Caryophylaceae) и *Serratula cupuliformis* (Asteraceae) на «вход» простого герпеса 2 типа в чувствительные клетки линии Vero // Юг России: экология, развитие**.** 2024. Т. 19, № 1. С. 30-46.

Зибарева Л.Н., Поветьева Т.Н., Афанасьева О.Г. и др. Патент № 2813662. Средство, обладающее антигипоксическим действием. Заявка № 2023111010. Приоритет 28.04.2023. Опубликовано 14.02.2024. Бюл. № 5.

Афанасьева О.Г., Поветьева Т.Н., Зибарева Л.Н. Патент № 2834002 Средство, обладающее ноотропным действием. и др. Приоритет 30.07.2024. Заявка № 2024121580. Опубликовано: 03.02.2025. Бюл. № 4.

Поветьева Т.Н., Афанасьева О.Г., Зибарева Л.Н. и др. Патент № 2788469. Средство, обладающее ранозаживляющим действием. Заявка № 2022119818. Приоритет 18.07.2022. Опубликовано: 19.01.2023. Бюл. № 2.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-21

Дополнения к изучению эпифитных лишайников музея-заповедника «Томская писаница» (Кемеровская область)

Д.И. Казанцева, В.В. Конева

Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация; da46611@gmail.com

Аннотация. Приведены результаты исследования эпифитных лишайников сем. Cladoniaceae в сосновых лесах музея-заповедника «Томская Писаница» (Кемеровская обл.). Выявлено 7 таксонов. *Cladonia digitata* (на березе, сосне, пнях) – новый вид для лихенобиоты заповедника. Впервые для 6 видов (*C. chlorophaea, C. coniocraea, C. fimbriata, C. macilenta, C. ochrochlora, Pycnothelia papillaria*) документировано произрастание на древесине пней. Обнаружен *Peltigera* sp. (на пнях) – новый род для территории. Данные уточняют сведения, полученные ранее Н.В. Седельниковой (2006).

Ключевые слова: лишайники, *Cladonia*, Cladoniaceae, *Peltigera*, эпифиты, эпиксилы, сосновые леса, Томская Писаница, субстратная приуроченность.

Additions to the study of epiphytic lichens in the “Tomskaya Pisanitsa” Museum-Reserve (Kemerovo Region)

D.I. Kazantseva, V.V. Koneva

Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; da46611@gmail.com

Abstract. The study presents results of research on epiphytic lichens of the family Cladoniaceae in pine forests of the «Tomskaya Pisanitsa» Museum-Reserve (Kemerovo Region). Seven taxa were identified. *Cladonia digitata* (on birch, pine, and stumps) represent new species record for the reserve's lichen biota. For six species (*C. chlorophaea, C. coniocraea, C. fimbriata, C. macilenta, C. ochrochlora, Pycnothelia papillaria*), growth on stump wood was documented for the first time. *Peltigera* sp. (on stumps) was recorded as a new genus for the territory. The obtained data refine previous findings by Sedelnikova (2006).

Keywords: lichens, *Cladonia*, Cladoniaceae, *Peltigera*, epiphytes, epixylic species, pine forests, Tomskaya Pisanitsa, substrate preference.

На правом берегу реки Томи, в Яшкинском районе Кемеровской области, расположен музей-заповедник «Томская Писаница», основанный в 1988 г. для сохранения уникального археологического памятника – скалы с древними петроглифами, первого музеефицированного объекта наскального искусства в России. Заповедник занимает территорию площадью 156 га, подавляющую часть которой (около 90 %) покрывает сосновый лес. Помимо своей историко-культурной ценности, музей-заповедник играет важную роль в сохранении и изучении природных комплексов Притомья (Музей-заповедник..., 2025).

Исследования природы заповедника включают изучение лихенобиоты. Пионерная работа Н.В. Седельниковой (2006) выявила на территории «Томской Писаницы» значительное разнообразие лишайников – 227 видов из 82 родов и 35 семейств. Все обнаруженные виды были новыми для заповедника, при этом ряд находок оказались новыми для России, Азии, Сибири или Западной Сибири. Среди зарегистрированных Н.В. Седельниковой видов присутствовали и представители семейства Cladoniaceae Zenker (Седельникова, 2006).

Данная работа посвящена изучению эпифитных лишайников семейства Cladoniaceae на территории музея-заповедника. Основной задачей стало уточнение видового состава эпифитных кладоний в доминирующем типе растительности – бору.

Сборы лишайников производились в июле 2025 г. Виды определяли по «Определителю лишайников СССР» (Окснер, 1974). Номенклатура таксонов соответствует Index Fungorum (по состоянию на 2025 г.).

Исследование эпифитных лишайников семейства Cladoniaceae в сосновых лесах музея-заповедника «Томская Писаница» позволило выявить 7 видов, относящихся к данному семейству. Видовой состав и их субстратная приуроченность характеризуются следующим образом:

Cladonia chlorophaea (Flörke ex Sommerf.) Spreng. – на коре берёзы, сосны; на древесине пней;
Cladonia coniocraea (Flörke) Spreng. – на коре берёзы, сосны; на древесине пней;
Cladonia digitata (L.) Baumg. – на коре берёзы, сосны; на древесине пней;
Cladonia fimbriata (L.) Fr.– на коре берёзы; на древесине пней;
Cladonia macilenta Hoffm. – на древесине пней;
Cladonia ochrochlora Flörke– на коре берёзы, сосны; на древесине пней;
Pycnothelia papillaria (Ehrh.) Dufour– на древесине пней.

На коре березы были обнаружены 5 видов *(C. chlorophaea, C. coniocraea, C. digitata, C. fimbriata, C. ochrochlora)*. На коре сосны отмечены 4 вида (*C. chlorophaea*, *C. coniocraea*, *C. digitata*, *C. ochrochlora*). Значительное число видов было найдено на древесине пней – 7 видов из семейства Cladoniaceae (*C. chlorophaea*, *C. coniocraea*, *C. digitata*, *C. fimbriata*, *C. macilenta*, *C. ochrochlora*, *P. papillaria*, а также *Peltigera* sp. Род *Peltigera* Willd. не был указан в работе Н.В. Седельниковой (2006) для территории заповедника, поэтому его находка представляет интерес как новое дополнение к лихенофлоре «Томской Писаницы» и включена в данную работу как сопутствующий вид эпиксильного комплекса сосновых лесов.

Сопоставление полученных данных с результатами исследования лихенофлоры заповедника, выполненного Н.В. Седельниковой (2006), выявило как совпадения, так и важные отличия. Шесть видов из наших сборов были ранее зарегистрированы Н.В. Седельниковой для территории заповедника: *C. chlorophaea* (указана для сосны и березы), *C. coniocraea* (для березы), *C. fimbriata* (для сосны), *C. macilenta* (для сосны), *C. ochrochlora* (для сосны и березы) и *P. papillaria* (для березы). Однако наше исследование впервые документирует произрастание этих видов на специфическом субстрате – древесине пней в пределах сосновых биотопов заповедника.

Особый интерес представляет не указанный в работе Н.В. Седельниковой *C. digitata*. Этот вид был найден на коре березы, сосны и древесине пней. Эта находка являются новым дополнением к известной лихенофлоре «Томской Писаницы».

В то же время, ряд видов рода *Cladonia*, зарегистрированных Н.В. Седельниковой на территории заповедника (*C. botrytes* (K.G. Hagen) Willd., *C. deformis* (L.) Hoffm., *C. gracilis* (L.) Willd., *C. pyxidata* (L.) Hoffm.), не были обнаружены в наших сборах, ограниченных сосновыми лесами. Вероятно, это связано с их специфической экологией: например, *C. pyxidata* отмечен Н.В. Седель–никовой на наносах почвы поверх скал, а *C. gracilis* – на почве и древесине, что может указывать на приуроченность к другим, не затронутым нашим исследованием биотопам (скальные выходы, открытые участки), либо на их низкую встречаемость или отсутствие именно в сосновых массивах на момент наших сборов.

Таким образом, исследование эпифитных лишайников семейства Cladoniaceae в сосновых лесах музея-заповедника «Томская Писаница» выявило 7 таксонов, среди которых впервые для территории заповедника указан *C. digitata* (на коре берёзы, сосны и пнях), что дополняет лихенофлору, описанную ранее Н.В. Седельниковой (2006). Уточнена субстратная приуроченность шести видов, подтверждённых в сосняках, с первой документацией их произрастания на древесине пней (*C. chlorophaea, C. coniocraea, C. fimbriata, C. macilenta, C. ochrochlora, P. papillaria*). Отдельный интерес представляет находка на пнях *Peltigera* sp. – нового для лихенофлоры заповедника рода.

ЛИТЕРАТУРА

Окснер А.Н. Определитель лишайников СССР (Морфология, систематика и географическое распространение). Л. : Наука, 1974. Вып. 2. 281 с.

Музей-заповедник «Томская Писаница». URL:www.tomskayapisanitsa.ru (дата обращения: 25.07.2025).

Седельникова Н.В. Лишайники музея-заповедника «Томская писаница» (Кемеровская область) // Сибирский экологический журнал. 2006. Т. 13, № 5. С. 677–683.

Index Fungorum. URL: http://www.indexfungorum.org/ (дата обращения: 25.07.2025).

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-22

Опыт адаптации химического метода определения лишайников на базе томского государственного университета

Д.И. Казанцева, В.В. Конева, Р.С. Романец

Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация; da46611@gmail.com

Аннотация. Для точной идентификации лишайников Сибири в лаборатории структурного и молекулярного анализа растений ТГУ адаптирован метод тонкослойной хроматографии (ТСХ). Разработана система калибровки с использованием региональных видов-стандартов (*Vulpicida pinastri*, *Cladonia*), учитывающая специфику химического состава сибирских образцов. Метод, впервые примененный томскими лихенологами, повысил точность таксономической идентификации по сравнению с традиционными подходами.

Ключевые слова: лишайники, Сибирь, тонкослойная хроматография (ТСХ), идентификация, вторичные метаболиты, региональные стандарты, *Vulpicida pinastri*, *Cladonia*, Гербарий ТГУ, адаптация методов.

Experience of adapting a chemical method for lichen identification at Tomsk State University

D.I. Kazantseva, V.V. Koneva, R.S. Romanets

Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; da46611@gmail.com

Abstract. For accurate identification of Siberian lichens at the Laboratory of Structural and Molecular Plant Analysis of TSU, the method of thin-layer chromatography (TLC) has been adapted. A calibration system using regional standard species (*Vulpicida pinastri, Cladonia*) was developed, accounting for the specific chemical composition of Siberian samples. This method, first applied by Tomsk lichenologists, has improved the accuracy of taxonomic identification compared to traditional approaches.

Keywords. Lichens, Siberia, thin-layer chromatography (TLC), identification, secondary metabolites, regional standards, Vulpicida pinastri, Cladonia, TSU Herbarium, method adaptation.

Лишайники как комплексные симбиотические организмы отличаются исключительным морфологическим и химическим разнообразием, что представляет значительные трудности для их точной идентификации (Вайнштейн, 1990). Стандартные микроскопические методы в сочетании с химическими пятновыми тестами (реакция с гипохлоритом калия (K) и парафенилендиамином (P)) остаются основой для полевого и гербарного определения лишайников (Окснер, 1971). Однако эти подходы зачастую недостаточны для различения криптических видов, полиморфных видов (например, родов *Cladonia* P. Browne, *Lecanora* Ach.) или видов, характеризующихся преимущественно химическими признаками. Морфологическая изменчивость, индуцированная экологическими факторами, и субъективность интерпретации цветных реакций могут приводить к ошибочным определениям, особенно при работе с богатой, но недостаточно изученной лихенобиотой Сибири (Седельникова, 2017).

В условиях возрастающей потребности в точной инвентаризации биоразнообразия Сибири и мониторинга состояния экосистем, ограниченность традиционных методов стала очевидным барьером для исследований лихенобиоты Сибири, в том числе и коллекций Гербария им. П.Н. Крылова (ТК) Томского государственного университета. Решение о внедрении дополнительного, объективного инструмента идентификации – тонкослойной хроматографии (ТСХ) – было продиктовано необходимостью верификации спорных таксономических единиц и создания надежной химической базы данных для сибирских лишайников, дополняющей морфологические описания.

ТСХ зарекомендовала себя как эффективный и относительно доступный инструмент для решения подобных задач в лихенологии (Culberson, 1970; White, 1985; Orange, 2010). Основанный на разделении сложных смесей веществ в тонком слое сорбента, этот метод позволяет визуализировать и идентифицировать характерные вторичные метаболиты лишайников. Этот химический подход к таксономии лишайников с использованием хроматографии был существенно развит работами Ч. Калберсон и её коллег в 1960–1970 гг. (Culberson, 1969, 1970). Именно они заложили основы стандартизированных протоколов ТСХ для лихенологии, которые впоследствии были детализированы и популяризированы в ключевых методических руководствах, таких как (Вайнштейн, 1990; Orange, 2010). В настоящее время ТСХ остается «золотым стандартом» для быстрой и надежной идентификации лишайниковых веществ в большинстве исследовательских лабораторий.

В процессе внедрения тонкослойной хроматографии в практику работы лаборатории структурного и молекулярного анализа растений ТГУ выявились существенные ограничения стандартных ме-

тодик применительно к сибирской лихенобиоте. Основные трудности были связаны с несоответствием рекомендуемых в литературе европейских или североамериканских контрольных видов (Culberson, 1969; White, 1985; Вайнштейн, 1990; Orange, 2010); видовому составу и химическим особенностям лишайников нашего региона. Многие референсные виды либо не встречаются в Сибири, либо характеризуются иным набором вторичных метаболитов, что значительно снижает эффективность применения стандартных протоколов.

Дополнительную сложность представляли систематические расхождения между экспериментально полученными значениями R_f – отношение длины пробега вещества к длине пробега растворителя и табличными данными, что особенно затрудняло работу с современными базами данных, такими как «Wintabolites» (Mietzsch, 1992; Lafferty, 2021). Наблюдаемые отклонения могли быть связаны как с региональными особенностями химического состава лишайников, так и со спецификой лабораторных условий.

Для преодоления этих ограничений нами был разработан комплексный адаптационный подход. В качестве региональных стандартов были выбраны широко распространенные в Томской области виды лишайников с хорошо изученным и стабильным химическим составом, а, главное, – с четко выраженными морфологическими признаками, позволяющие точно и однозначно определить видовую принадлежность: *Vulpicida pinastri* (Scop.) J.-E. Mattsson & M.J. Lai (Orange, 2010), содержащий уникальную комбинацию вульпиновой и пинастровой кислот, и представители рода *Cladonia* (*C. gracilis* (L.) Willd., *C. rangiferina* (L.) Weber) с характерной фумарпротоцетраровой кислотой (Vartia, 1949; Asahina, 1950). Эти виды стали основой для создания локальной референсной системы.

На следующем этапе, путем серии воспроизводимых экспериментов с отобранными контрольными образцами, была разработана система калибровки экспериментальных данных, позволяющая сопоставлять полученные R_f-значения с референсными табличными данными. Метод основан на использовании двух стандартных соединений с известными табличными значениями R_f:

$$R_f, \text{ табл.} = a \cdot R_f, \text{ эксп.} + b,$$

где a – калибровочный коэффициент, отражающий соотношение подвижностей соединений в данной системе; b – корректирующая константа, учитывающая систематическое смещение фронта растворителя.

Коэффициенты рассчитываются по данным контрольных веществ:

1. Вульпиновая кислота (стандарт V):

– R_f, табл.V = 76 (референсное значение) (по данным Orange, 2010 для системы растворителя C);

– R_f, эксп.V – измеренное значение в экспериментальных условиях.

2. Фумарпротоцетраровая кислота (стандарт F):

– R_f, табл.F = 7 (референсное значение) (по данным Orange, 2010 для системы растворителя C);

– R_f, эксп.F – измеренное значение в экспериментальных условиях.

Формулы для расчета:

$$a = \frac{R_f, \text{ табл.}\, V - R_f, \text{ табл.}\, F}{R_f, \text{ эксп.}\, V - R_f, \text{ эксп.}\, F};$$

$$b = R_f, \text{ табл.}\ V - aR_f, \text{ эксп.}\ V.$$

Таким образом, разработанный подход существенно повысил точность идентификации вторичных метаболитов у сибирских лишайников.

Представленный опыт демонстрирует, что успешное применение классического метода ТСХ в новых условиях требует не только технического воспроизведения, но и содержательной адаптации референсной базы под локальную специфику. Реализация данного подхода позволила существенно повысить эффективность и надежность исследований лишайниковых коллекций Гербария ТГУ и заложить основу для дальнейших региональных исследований.

Авторы выражают глубокую благодарность заведующему лабораторией структурного и молекулярного анализа растений А.А. Кузнецову за предоставленную возможность работы в лаборатории, доступ к оборудованию и создание комфортных условий для проведения исследований.

ЛИТЕРАТУРА

Вайнштейн Е.А., Равинская А.П., Шапиро И.А. Справочное пособие по хемотаксономии лишайников / Ботанический институт им. В.Л. Комарова. Л. : Наука, 1990. 152 с.

Окснер А.Н. Определитель лишайников СССР (Морфология, систематика и географическое распространение). Л. : Наука, 1974. Вып. 2. 281 с.

Седельникова Н.В. Видовое разнообразие лихенобиоты Западной Сибири и оценка участия видов лишайников в основных её горных и равнинных фитоценозах. Новосибирск : Гео, 2017. 612 с.

Asahina Y. Lichens of Japan. Vol. 1: Genus Cladonia. Tokyo : Hirokawa publ., 1950. 240 p.

Culberson C.F. Chemical and botanical guide to lichen products. Chapel Hill : University of North Carolina Press, 1969. 628 p.

Culberson C.F., Kristinsson H.D. A standardized method for the identification of lichen products // J. Chromatogr. 1970. Vol. 46. P. 85–93. DOI: 10.1016/S0021-9673(00)83967-9

Lafferty D., Bungartz F., Elix J.A. Wintab 64bit - a program developed at Arizona State University for the analysis of secondary metabolites of lichens // Help & Resources for the Consortium of Lichen Herbaria. 2021. URL: https://help.lichenportal.org/index.php/en/resources/metabolites/ (дата обращения: 20.12.2024).

Mietzsch E., Lumbsch H.T., Elix J.A. Wintabolites. Essen: Publ. by the authors, 1992. 54 p.

Orange A., James P.W., White F.J. Microchemical Methods for the Identification of Lichens. London : British Lichen Society, 2010. 101 p.

Vartia K.O. Antibiotics in Lichen // Ann. Med. Exper. et Biol. Fenniae. 1949. Vol. 27, № 1. P. 46–54.

White F.J., James P.W. A new guide to microchemical techniques for the identification of lichen substances // Bull. Brit. Lichen Soc. 1985. Vol. 57 (Suppl.). P. 1–54.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-23

Болота Республики Коми как ключевые биотопы редких видов сосудистых растений

В.А. Канев, С.В. Дёгтева, Н.Н. Гончарова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Российская Федерация; kanev@ib.komisc.ru

Аннотация. В работе представлены итоги инвентаризации растительного покрова и флоры болотных экосистем Республики Коми. Выявлено, что в болотных сообществах регионе произрастает 278 видов высших сосудистых растений, из которых 25 являются охраняемыми. Местообитания 15 видов охраняются в сети ООПТ.

Ключевые слова: Республика Коми, болотные экосистемы, редкие растения, особо охраняемые природные территории

Wetlands of the Komi Republic as key biotopes of rare vascular plants species

V.A. Kanev, S.V. Degteva, N.N. Goncharova

Institute of Biology Komi Scientific Center Ural Branch RAS, Syktyvkar, Russian Federation; kanev@ib.komisc.ru

Abstract. The results of the inventory of the vegetation and flora of the wetland ecosystems of the Komi Republic are presented. It was revealed that 278 species of higher vascular plants grow in the wetland communities of the region, of which 25 are protected. The habitats of 15 species are protected in the network of Nature Protected Areas.

Keywords: Komi Republic, wetland ecosystems, rare plants, Nature Protected Areas

Республика Коми, расположенная на европейском северо-востоке России, отличается от сопредельных регионов значительным разнообразием природных комплексов. Регион находится на границе Европы и Азии, которая проходит по Уральскому хребту, занимает площадь 416 тыс. км^2. В пределах республики расположены природные зоны тайги (с южной, средней и северной и крайне северной подзонами) и тундра (подзона южных кустарниковых тундр), отделенные полосой притундровых лесов; на востоке республики в горах Северного, Приполярного и Полярного Урала хорошо выражена высотная поясность. Разнообразные ландшафты мало трансформированы деятельностью человека и представляют собой уникальный полигон для изучения и сохранения биологического разнообразия.

Согласно ботанико-географическому районированию, принятому в России (Исаченко, Лавренко, 1980), основная часть республики относится к Кольско-Печорской подпровинции Североевропейской таежной провинции Евроазиатской таежной области с господством ельников: долгомошных и сфагновых в крайне северной и северной подзонах тайги, чернично-зеленомошных – в средней и кислично-зеленомошных – в южной. В лесотундре на водоразделах распространены кустарниковые тундры, ближе к долинам рек – еловые и березовые криволесья; в зоне южных гипоарктических тундр преобладают кустарниково-моховые, кустарниково-лишайниковые сообщества, на водоразделах и в депрессиях – болота. Из интразональной растительности наиболее широко распространены болота. Регион относится к числу сильно заболоченных; на долю болот приходится около 10 % территории. Высокой степени заболоченности способствуют особенности географического положения и природно-климатические характеристики. Наиболее благоприятные условия для болотообразования складываются на севере республики, где участие болот в формировании растительного покрова достигает до 20 % площади (Мокиев, 2007). Самые крупные массивы болот и их систем сосредоточены в бассейне р. Печоры и в северном Приуралье.

В соответствии с болотным районированием Н.Я. Каца (1971, 1948) исследованная территория расположена в пределах трех болотных зон: аапа (провинция Припечорских аапа болот), выпуклых олиготрофных (Печоро-Онежская провинция грядово-мочажинных олиготрофных торфяников) и крупнобугристых торфяников.

Болота Республики Коми характеризуются достаточно высоким видовым, ценотическим и экосистемным разнообразием. Всего на территории республики выявлено шесть типов болот и более 10 их региональных вариантов (Алексеева, 1997, 2009; Алексеева, Гончарова, 2007; Дегтева, Гончарова, 2012). Они различаются по геоморфологическому положению и приуроченности к элементам рельефа, типу питания, стадии развития, растительному покрову, мощности и строению торфяной залежи.

Бугристые болота приурочены, в основном, к полосе притундровых лесов и крайне северной подзоне тайги. Изредка они отмечены на севере северной подзоны тайги, в местах распространения

островной вечной мерзлоты. Крупнобугристые болота формируются в депрессиях рельефа, преимущественно на водоразделах и надпойменных террасах. Могут встречаться в виде небольших массивов, состоящих из нескольких бугров, но чаще образуют обширные системы, со сложной морфологической структурой. Такие системы представляют собой комплексы бугров разной высоты и расположенных между ними обводненных пространств (топей, ложбин, ручьев, озерков и пр.). На севере республики на болотах данного типа преобладают хорошо выраженные мерзлотные бугры, имеющие округлую форму и высоту 1,5–3 м.

На равнинных территориях таежной зоны Коми наиболее широко распространены верховые, или сфагновые болота. Среди них преобладают олиготрофные комплексные грядово-мочажинные массивы. Большинство из них приурочено к сточным, слабопроточным котловинам и неглубоким депрессиям на водоразделах.

Значительная часть болот относится к типу травяно-сфагново-гипновых, или аапа. Они распространены на широтном градиенте от притундровых лесов до южной тайги, встречаются на водоразделах и речных террасах. В крайне северной и северной подзонах тайги аапа болота столь же обычны, как и грядово-мочажинные верховые болота. Большинство массивов рассматриваемого типа имеют вогнутую поверхность, периферийный олиготрофный грядово-мочажинный комплекс, который в центре сменяется гетеротрофным грядово-озерково-мочажинным, и мезоолиготрофную окрайку. Болота безлесные или слабо облесенные.

Тип низинных болот объединяет большинство минеротрофных травяных и травяно-гипновых массивов, включая лесные болота, облесенные *Betula pubescens* Ehrh., *Pinus sylvestris* L. и *Picea obovata* Ledeb. Область распространения низинных болот довольно широкая, их можно встретить от подзоны южной тайги до тундровой зоны. В то же время, по площади они значительно уступают массивам других типов. Низинные болота приурочены к поймам рек и ручьев, старицам, проточным котловинам и участкам с близким залеганием или выходом на поверхность грунтовых вод. В последнем случае выделяют особую категорию ключевых болот. Основной характерной чертой низинных и ключевых болот является высокое видовое и ценотическое разнообразие, мозаичный растительный покров со сложной горизонтальной и вертикальной структурой. Обычно низинные болота или их отдельные участки в составе крупных болотных комплексов небольшие по площади, но именно здесь создаются особые экологические условия (воды, питающие данные болота, и торф очень богаты минеральными веществами). Они благоприятны для произрастания сосудистых растений как со специфической, так и с широкой экологической амплитудой. В связи с этим для болот рассматриваемого типа характерно не только высокое естественное видовое разнообразие, но и произрастание охраняемых и редких видов растений.

Болотные экосистемы Республики Коми хорошо обеспечены охраной. Для этих целей в региональной сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) созданы 91 заказник и 7 памятников природы регионального (республиканского) значения гидрологического/болотного профиля, занимающие общую площадь 200 306,4 га (Государственный доклад …, 2025). Кроме того, болотные системы и массивы преобладают на территориях комплексных заказников «Плоскобугристые болота водораздела рек Сейда и Лёк-Воркута» (11 891 га), «Чернореченский» (25 500 га), «Хопковский и Клетчатый» (6 651,9 га), «Океан» (196 058,1 га), «Усинский комплексный» (140 540 га), «Небесанюр» (1 552 га), «Левобережный» (1 834,4 га), «Косчовча» (9 520 га), «Дон-ты» (9 640 га). Площадь указанных резерватов в совокупности составляет порядка 603,5 тыс. га, что составляет 10.4 % от всех земель ООПТ и 19,5 % от земель ООПТ республиканского подчинения.

Эталоны болотных комплексов различных географических зон и подзон сохраняются в 16 заказниках и одном памятнике природы. На их долю приходится 80,9 % от общей площади охраняемых в регионе болот. Остальные болота созданы для сохранения популяций пищевых растений (*Oxycoccus palustris* Pers., *Rubus chamaemorus* L.). Около двух третей площади охраняемых болотных угодий занимают верховые болота. Значительна также доля сложных болотных систем и болот переходного типа. Менее широко представлены на объектах природно-заповедного фонда бугристые, аапа и переходные между ними типы болот. Это в целом отражает как особенности болотной растительности Республики Коми, так и историю формирования природно-заповедного фонда (Дегтева, Гончарова, 2012).

Флора высших сосудистых растений в Республике Коми насчитывает 1222 вида из 415 родов и 114 семейств (Государственный доклад…, 2025). Флора болот равнинной части республики включает 278 видов сосудистых растений из 136 родов и 61 семейства, что составляет 22,7 % от числа таксонов региональной флоры (Гончарова, Канев, 2024). Болотные сообщества в виду своей экологической

специфики являются ключевыми биотопами для редких и охраняемых видов растений, некоторые из которых встречаются только в болотных сообществах. Среди растений, произрастающих в болотных фитоценозах, выявлено 25 видов высших сосудистых растений (8,6 % от всей флоры болот), которые занесены в Красную книгу Республики Коми (2019) и семь видов (2,8 % от всей флоры болот), нуждающихся в биологическом надзоре и включенных в Приложение 1 к региональной Красной книге (Гончарова, Канев, 2020, Гончарова, Канев, 2024). Заметные доли охраняемых видов (10,2 % от числа охраняемых видов в регионе) и таксонов, нуждающихся в биологическом надзоре (15,5 % от общего числа нуждающихся в регионе в постоянном контроле численности в природе), свидетельствуют о важном значении болот для сохранения популяций редких и охраняемых видов растений, а также общего флористического разнообразия. Особо подчеркнем, что 15 видов охраняемых сосудистых растений произрастают исключительно в болотных сообществах (например, *Carex echinata* Murray, *Liparis loeselii* (L.) Rich., *Hammarbia paludosa* (L.) Kuntze, *Dactylorhiza cruenta* (O.F. Muell) Soo., *Juncus stygius* L. и др.). Шесть видов растений: *Pinus sibirica* Du Tour, *Carex bergrothii* Palmgr., *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Hammarbia paludosa* (L.) Kuntze, *Liparis loeselii*, *Ranunculus lingua* L., отнесены в регионе к категории статуса редкости 2 как сокращающиеся в численности. Категорию статуса редкости 3, как редкие имеют 17 видов охраняемых сосудистых растений, отмеченных в болотных сообществах: *Thelypteris palustris* Schott, *Carex obtusata* Liljebl., *Carex pseudocyperus* L., *Rhynchospora alba* (L.) Vahl, *Juncus stygius*, *Calypso bulbosa* (L.) Oakes, *Cypripedium calceolus* L., *Cypripedium guttatum* Sw., *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó, *Dactylorhiza cruenta*, *Dactylorhiza baltica* (Klinge) Orlova, *Dactylorhiza traunsteineri* Saut. ex Reichb., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *Malaxis monophyllos* (L.) Sw., *Leucorchis albida* (L.) E. Mey., *Corydalis bulbosa* (L.) DC., *Saussurea parviflora* (Poir.) DC. К категории статуса редкости 4 (таксоны с неопределенным статусом), отнесены 2 вида: *Carex echinata* и *Carex laxa* Wahlenb. Из 27 видов семейства орхидные (Orchidaceae), произрастающих в регионе, 19 зарегистрированы на болотах; 13 из них занесены в Красную книгу Республики Коми (2019).

В системе ООПТ Республики Коми обеспечены территориальной охраной 15 видов сосудистых растений или около 6 % от общего числа таксонов данной группы, занесенных в региональную Красную книгу (Красная книга, 2019) и 60 % редких видов, зарегистрированных на болотах. Абсолютное большинство из них относится к категории статуса редкости 3, четыре вида – *Epipactis palustris*, *Hammarbya paludosa*, *Liparis loeselii*, *Ranunculus lingua*, к числу сокращающихся в численности (категория статуса редкости 2). Наиболее широко представлены на объектах природно-заповедного фонда *Rhynchospora alba* и *Pinus sibirica* (виды отмечены соответственно в 21 и 12 резерватах, облик растительного покрова которых определяют верховые и переходные болота), *Dactylorhiza traunsteineri* (Saut.) Soó s.l. (зарегистрирован в 13 резерватах), *D. incarnata* (L.) Soó (выявлен в 6 заказниках). Последние два вида предпочитают низинные и ключевые болота. Наиболее разнообразны на охраняемых болотах представители семейства Orchidaceae (9 видов). В силу своих биологических особенностей они находят благоприятные условия на евтрофных болотах с ключевым питанием. Редкие сосудистые растения зарегистрированы на территориях пяти комплексных заказников, где преобладают болотные экосистемы («Океан», «Усинский» комплексный», «Дон-ты», «Пойма», «Синдорский») и 37 болотных (гидрологических) заказников: «Борган-Ель-Куш», «Борганнюр», «Васькакерский», «Гыбаннюр», «Динь-Куш», «Додзьнюр» («Додзь-Нюр»), «Доньнюр» («Доннюр»), «Дыньнюр», «Дэбо» («Дебо»), «Иванюр», «Кайгородканюр», «Кельтминское» («Кельтманское»), «Кузобнюр» («Кузоб-Нюр»), «Левобережный», «Лэньюнюр», «Мартюшевское», «Митрофановский», «Модла-Повнюр», «Мураснюр», «Нившера», «Нюмлыгинский», «Побыльничанюр», «Половниковское», «Пурганюр», «Сед-Ель-Нюр», «Сисьельнюр», «Скляпский», «Ташнюр» («Таш-Нюр»), «Тыбьюнюр» («Тыбью-Нюр»), «Хребетнюр», «Чарвидз», «Ыбинское», «Ыджыднюр» «(Ыджид-Нюр)», «Скляпский», «Сисьельнюр», «Мартюшевское», «Нюмлыгинский», «Хребетнюр». В границах большинства резерватов встречаются по одному, редко по 2–3 вида охраняемых растений. Особую роль в поддержании ценопопуляций редких представителей орхидных играет гидрологический (болотный) заказник «Дыньнюр». На его территории зарегистрированы популяции всех девяти видов орхидей, встречающихся на охраняемых болотах: *Cypripedium calceolus*, *C. gutattum*, *Dactylorhiza cruenta*, *D. incarnata*, *D. traunsteineri*, *Epipactis helleborine*, *E. palustris*, *Hammarbya paludosa*, *Liparis loeselii*, а также *Saussurea parviflora* и *Rhynchospora alba*.

Таким образом, при значительной площади охраняемые болотные экосистемы региона играют достаточно скромную роль в сохранении популяций редких видов сосудистых растений. С одной стороны, это обусловлено подчиненной ролью в растительном покрове республики наиболее богатых во флористическом отношении низинных и ключевых болот. С другой стороны, в 1970–1980-е гг.

одной из основных целей охраны болот в регионе было сохранение в условиях осушительной мелиорации ресурсов ягодоносных растений, прежде всего, *Oxycoccus palustris*; поэтому сегодня в границах резерватов гидрологического (болотного) профиля преобладают массивы верховых болот, для которых характерен бедный видовой состав сосудистых растений, в том числе занесенных в региональную Красную книгу.

Создание в период до 2030 г. гидрологических заказников республиканского значения «Атлас», «Занульский», «Русашор» будет способствовать сохранению в юго-западной части республики низинных и ключевых болот, выполняющих функцию ключевых биотопов редких видов. Так, на территории проектируемого заказника «Русашор» высокой численностью характеризуется популяция *Thelypteris palustris*. Этот вид папоротников в Республике Коми является естественно редким (популяции находятся на северной границе ареала вида) и известен всего из нескольких местообитаний, расположенных в средней подзоне тайги. На территориях, которые планируется включить в состав заказников «Занульский» и «Русашор», расположены ключевые местообитания многочисленных редких представителей семейства орхидные, занесенных в Красную книгу Республики Коми (2019). Включение болотных экосистем в состав заказника «Сыктывкарский» будет способствовать сохранению одних из крупнейших в республике ценопопуляций *Cypripedium calceolus* и *C. guttatum*.

Исследования проведены в ходе выполнения тем государственных заданий ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН «Выявление и инвентаризация ключевых биотопов растений и грибов на европейском северо-востоке России», № государственной регистрации 125021902460-2 и «Средообразующая роль и продуктивность лесных и болотных экосистем Европейского северо-востока России», рег. № 125020501547-8.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеева Р.Н. Болота // Состояние изученности природных ресурсов Республики Коми. Сыктывкар, 1997. С. 36–45, 109–111,117.

Алексеева Р.Н. Болотные заказники бассейна средней Печоры // Биологическое разнообразие особо охраняемых природных территорий Республики Коми. Сыктывкар, 2009. Вып. 4. 148 с.

Алексеева Р.Н., Гончарова Н.Н. Растительность и стратиграфия болотных экосистем бассейна р. Лузы // Сибирский экологич. журн. № 3. 2007. С. 431–439.

Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2024 году» // Минприроды Республики Коми и др. Электронная версия. Сыктывкар : Минприроды Республики Коми, 2025.178 с.

Гончарова Н.Н., Канев В.А. Редкие виды сосудистых растений на болотах Республики Коми // Бот. журн. 2020. Т. 105, № 6. С. 68–77.

Гончарова Н.Н., Канев В.А. Конспект флоры сосудистых растений болот равнинной части республики Коми // Разнообразие растительного мира. 2024. № 3 (22). С. 4–22. DOI: 10.22281/2686-9713-2024-3-4-22

Дегтева С.В., Гончарова Н.Н. Проблемы охраны болот Республики Коми. // Известия Коми научного центра УрО РАН, 2012. № 2(10). С. 29–35.

Исаченко Т.И., Лавренко Е.М. Ботанико-географическое районирование // Растительность Европейской части СССР. Л. : Наука, 1980. С. 10–20.

Кац Н.Я. Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. М. : Географгиз, 1948. 319 с.

Кац Н.Я. Болота земного шара. М. : Наука, 1971. 295 с.

Красная книга Республики Коми: 3-е изд., официальное. Сыктывкар : ООО «Коми республиканская типография», 2019. 768 с.

Мокиев В.В. Торфяные ресурсы Республики Коми // Вестник института биологии Коми научного центра УрО РАН, 2007. № 10 (120). С. 26–28.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-24

История и итоги декоративного садоводства в Алтайском крае

Л.А. Клементьева

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий (ФАНЦА), Барнаул, Российская Федерация; lyuda.klementeva.70@mail.ru

Аннотация. История декоративного садоводства на Алтае насчитывает 90 лет. Основателями научной и производственной деятельности по декоративному садоводству на Алтае являются М.А. Лисавенко, З.И. Лучник, И.В. Верещагина, З.В. Долганова. Сотрудниками отдела НИИСС Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий разработан зимостойкий разнообразный ассортимент декоративных растений, широко используемый в озеленении юга Западной Сибири. Это более 700 видов и сортов древесных и более 2,5 тысяч цветочных культур. Путем применения методов синтетической и аналитической селекции создано 165 декоративных сортов, из них на 88 получены авторские свидетельства.

Ключевые слова: интродукция, селекция, юг Западной Сибири, рекомендованный ассортимент, декоративные травянистые и древесные растения

History and results of ornamental gardening in the Altay region

L.A. Klementyeva

Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology, Barnaul, Russian Federation; lyuda.klementeva.70@mail.ru

Abstract. The history of ornamental gardening in Altai is 90 years old. The founders of scientific and industrial activities in ornamental gardening in Altai are M.A. Lisavenko, Z.I. Luchnik, I.V. Vereshchagina, Z.V. Dolganova. The staff of the Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology have developed a winter-hardy, diverse range of ornamental plants, widely used in landscaping the south of Western Siberia. These are more than 700 species and varieties of trees and more than 2.5 thousand flower crops. By applying methods of synthetic and analytical selection, 165 ornamental varieties were created, and 88 received copyright certificates.

Keywords: introduction, selection, south of Western Siberia, recommended assortment, ornamental herbaceous and woody plants

Совершенствование сортимента многолетних декоративных растений осуществляется за счет селекции и интродукции новых видов, форм и сортов из других регионов и из-за рубежа. Часто в ассортименте, который предлагают садовые центры, существенное место занимают инорайонные сорта (Чебанная, 2024), отличающиеся высокими декоративными качествами. Но некоторые из них не соответствуют климатическим условиям Западной Сибири. Более приспособленными являются сорта местной селекции, разнообразие признаков которых находится на недостаточном уровне в сравнении с мировым. В связи с этим актуальным является создание сортов декоративных культур с разнообразными декоративными качествами, с оригинальной окраской и формой цветка, пригодными для произрастания в городских условиях, а также сортов срезочного типа. Создание устойчивого ассортимента цветочно-декоративных растений в системе озеленения является насущной и неотъемлемой задачей селекционеров научных учреждений, в том числе отдела НИИСС Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий (ФГБНУ ФАНЦА).

История декоративного садоводства на Алтае берет начало в Горно-Алтайске (Ойрот-Туре) – с первых лет организации опорного пункта по садоводству в 1933 г. В 1943 г. он переименован в Алтайскую плодово-ягодную опытную станцию.

Нужно отдать должное прозорливости основателя промышленного садоводства на Алтае – Михаила Афанасьевича Лисавенко – доктора сельскохозяйственных наук (1949), профессора (1951), академика ВАСХНИЛ (1956), Героя Социалистического Труда (1966), дважды лауреата Государственной премии (1946, 1981 посмертно). Работа с декоративными растениями была им организована за 20 лет до издания Приказа МСХ РСФСР о развитии цветоводства и декоративного садоводства. Он не только руководил научной, производственной работой, но и занимался селекцией, стал автором 4 декоративных сортов яблони: Весна, Кармен, Аврора, Бесприданница, полученных в результате спонтанной и направленной гибридизации. Огромная заслуга Михаила Афанасьевича в том, что он «поднял на щит» мичуринский метод гибридизации, отдалённой в географическом и видовом отношении.

Первым специалистом в Сибири по интродукции декоративных растений и ландшафтному проектированию была Зинаида Ивановна Лучник. Она была ученицей академика В.Л. Комарова, приехавшей в 1937 г. с Дальнего Востока. В Горно-Алтайске ею заложен первый декоративный питомник (3,3 га), изучены местные лекарственные и декоративные травянистые растения.

В 1950 г. Алтайская плодово-ягодная опытная станция перебазирована в г. Барнаул и в 1967 г. переименована в Научно-исследовательский институт садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко – сокращенно НИИСС. В Горно-Алтайске был сохранён опорный пункт и экспериментальная база. Пополняется коллектив научных сотрудников и расширяется тематика. Михаил Афанасьевич умел подбирать людей, влюбленных в садоводство. Так пришла работать И.В. Верещагина (годы работы 1946–2006, стаж 60 лет) – дочь известного натуралиста и краеведа В.И. Верещагина. Она написала 14 книг и брошюр, 10 методических рекомендаций по выращиванию цветочных культур, совершила 30 научных экспедиций по Алтаю, изучала травянистые виды и ввела в культуру дикие популяции адониса, пиона, принимала деятельное участие в образовании ботанического сада АГУ (1979). Вывела 3 сорта фиалки, аквилегии. К сожалению, эти сорта в коллекции не сохранили. Главный ее труд – впервые в цветоводстве России провела 30-летние наблюдения за перезимовкой 290 видов многолетников в связи с температурой почвы на разной глубине.

Благодаря З.И. Лучник, Н.Б. Семенюк и многим другим дендрологам в Барнауле в ходе научных экспедиций и отбора наиболее перспективных видов деревьев и кустарников из других областей создан и поддерживается в настоящее время красивейший дендрарий как научная лаборатория под открытым небом. Это излюбленное место для горожан, именитыми гостями которого в свое время были Л.И. Брежнев, Г.С. Титов.

Самые масштабные и фундаментальные работы сделаны сотрудниками и звеньями рабочих за первые 50 лет существования НИИСС. Спроектировано и озеленено 360 объектов в Алтайском крае: парки, скверы, мемориалы, школьные и производственные территории. Собрана уникальная коллекция декоративных растений – более 2500 видов и сортов древесных и травянистых многолетников, налажен обмен семенами и посадочным материалом с другими ботаническими садами, выведены и запатентованы первые сорта. Отобраны в природе и впервые введены в культуру декоративные формы ели с сизой, голубой, серебристой и с желтоватой окраской хвои. Найден оптимальный способ прививки с целью быстрого размножения – 11 тысяч привитых саженцев голубой ели передано озеленителям (Долганова, 2008).

На территории двух интродукционных баз (в Горно-Алтайске и в Барнауле) с их основания установлены метеорологические пункты, позволяющие анализировать сезонное развитие растений с учетом влияния погоды. Более чем за 30 лет исследований З.И. Лучник дала подробную и всестороннюю характеристику природно-климатическим зонам и подзонам Алтайского края. Ею проведена большая работа по расчетам средних, ранних и поздних сроков наступления фенологических фаз для 900 видов деревьев и кустарников (Лучник, 1970). Разработаны местные агротехнические приемы выращивания растений (в том числе способы зимней защиты) и оригинальная методика интродукционной работы, применяемая затем многими дендрологами, особенно в районах Сибири. В 1962–1963 гг. благодаря проведенной З.И. Лучник селекционной работе получены патенты на первые 6 сортов тюльпана.

Большой вклад в развитие и сохранение дендросада внесла Наталья Борисовна Семенюк (1959–1994 гг. работы). Она проработала 45 лет, из них 35 лет совместно с З.И. Лучник вела исследования по теме «Интродукция деревьев и кустарников». Изучала биологию цветения и внутривидового полиморфизма рододендрона Ледебура, причину зимних повреждений почек и тканей древесных растений, жизнеспособность пыльцы, дала оценку репродуктивной способности 115 древесных растений. Соавтор 3 сортов сирени.

Мы гордимся тем, что интродукцией садовых роз занимался Г.Г. Шадрин – старший агроном Министерства сельского хозяйства СССР, имевший опыт по благоустройству Кремля. За 20 лет работы в НИИСС с 1971 по 1991 гг. он ввел в озеленение 180 сортов роз, заложил парадный розарий возле корпуса НИИСС. Вместе с ним трудилась лаборантом И.А. Сатлейкина, в последствии она стала агрономом по розам, проработала 45 лет.

В конце 1970-х гг. пришло новое поколение сотрудников. Среди них самый большой стаж у О.А. Мухиной – 47 лет. Она вела тему по сортоизучению и семеноводству летников, луковичных культур. Автор 10 сортов лилии. Основателем научной школы по селекции цветочных культур стала д-р с.-х. наук, профессор Зоя Владимировна Долганова. Она проработала с цветами 46 лет. Самая большая ее любовь – ирисы. За 10 лет заведования лабораторией генофонд декоративных растений пополнен более 1000 образцами травянистых и более 200 древесных. Она является автором 124 сортов! Ирисы (118 сортов), выведенные З.В. Долгановой, популярны среди любителей и коллекционеров, известны на мировом уровне.

В настоящее время сократилось количество сотрудников по теме, работу по селекции и интродукции декоративных культур проводят 4 научных сотрудника: Н.В. Антропова, О.В. Ларина, Л.А. Клементьева, Г.Э. Синогейкина.

Цель исследований – сохранение, изучение и обогащение генофонда декоративных растений для использования в селекции и озеленении.

Научные исследования продолжаются в следующих направлениях: сохранение, обогащение и изучение генофонда цветочно-декоративных культур; создание сортов ириса, лилии, лилейника, флокса; выделение доноров и источников ценных хозяйственно-биологических признаков, наиболее перспективных генотипов с высоким потенциалом устойчивости к абиотическим и биотическим стрессовым факторам среды в сочетании с высокими показателями декоративности; расширение ассортимента садовых культур для озеленения.

В отличие от предыдущих лет, исследования по видовому составу практически закончены, идет сортоизучение новинок селекции (Синогейкина, 2019).

Количественный состав декоративных растений постоянно изменяется. В XIX в. он составлял 212 древесных и более 400 травянистых видов и сортов. С 1995 по 2021 гг. состав увеличился в целом в 2 раза (Силантьева и др., 2021); в 2024 г. сократился на 322 объекта относительно 2021 г. Объем коллекций приходится пересматривать и сокращать в связи с уменьшением в 2 раза исполнителей темы. С 2024 г. исключены из генофонда тюльпаны (100 сортов); отработано 32 сорта астильбы с дублирующей окраской, уменьшилось число сортов не зимостойких укрывных культур: роз, клематисов, хризантем.

Генофонд декоративных растений на конец 2024 г. включал 1016 видов, сортов, гибридов древесных пород, относящихся к 46 семействам, 119 родам и 2802 объекта травянистых многолетников, относящихся к 33 семействам. В коллекцию входит дендрофлора Восточной и Западной Сибири, Дальнего Востока, Северной Америки, Европы, Средней Азии, Японии и Китая.

С 2019 по 2024 гг. в озеленение рекомендовано 100 декоративных сортов. В основном это сорта ириса (25) и лилейника (30). Среди древесных растений выделено красивоцветущих 7 и декоративнолиственных 2.

Рекомендованные сорта древесных растений прошли изучение в течение 5 лет и проявили зимостойкость (степень повреждения побегов не превышала 3 баллов), имели продолжительные сроки цветения (до 85 дней), охватывающие весь вегетационный сезон. В конце мая цветет свида (*Cornus alba*), в июне – сорта чубушника (*Philadelphus hybrid* Snowbelle) и вейгелы (*Weigela*), с июля до поздней осени – сорта гортензии (*Hydrangea*) и курильский чай (*Pentaphilloides fruticosa* Mango Tango). Вечнозеленый можжевельник скальный (*Juniperus virginiana* Sky Rocket) декоративен сизой хвоей круглый год. Необычная сильно рассеченная листва у дуба черешчатого Пектината (*Quercus robur* Pectinata). Пурпурно-зеленая листва у сортов вейгелы.

Среди травянистых растений рекомендованный сортимент также характеризуется зимостойкостью, обильным и продолжительным цветением. Для городского озеленения годятся неприхотливые культуры (ирис, лилейник), для малых садов – сорта более требовательных к условиям выращивания культур (хризантема, клематис, астильба).

Успешность зимовки относительно новой в интродукционном плане хризантемы в нашем регионе зависит от сортовых особенностей, фенологической стадии развития растений и от погодных условий. Начало сортоизучению положено в 2011 г. Для хризантемы опасно как вымерзание, так и выпревание корневой системы. Установлено, что отсутствие или недостаток снежного покрова в период резкого понижения отрицательных температур осенью, избыток осадков в августе – сентябре приводит к гибели растений. При регулярном омолаживании путем черенкования и делением куста каждые 2–3 года, сорта хризантемы садовой становятся менее уязвимыми в зимний период (у корейской срок культивирования увеличивается до 5 лет). В озеленение рекомендовано 30 сортов, в том числе за последние 6 лет – 6.

Относительно новой культурой является клематис. Сортоизучение начато в 2012 г. За 12 лет из 80 сортов сохранена только половина коллекции. Гибель отмечена в годы с резким падением температуры в ноябре – октябре и промерзанием почвы на глубину 1,5–2,0 м. В озеленение частных садов рекомендовано 20 сортов клематиса, в том числе за последние 6 лет – 6.

Селекционная работа. Количество декоративных алтайских сортов на сегодняшний день составляет 165: в период с 1962 г. (когда зарегистрирован первый сорт тюльпана) до 1990 г. первыми алтайскими учеными создан 21 сорт, и с 1993 г. по настоящее время – 144 сорта. Из них древесных – 7, цветочных – 158, в том числе 118 сортов ириса (автор З.В. Долганова). Это большой объём. Для

сравнения в более теплом регионе – в ФИЦ СНЦ РАН (г. Сочи) за аналогичный период создано 178 сортов 11 цветочных культур: 58 сортов до 2000 г. и 120 после 2000 г.

Установлен характер наследования основных декоративных признаков цветка ириса, лилии: 60 % сеянцев в изученных комбинациях скрещивания наследовали материнский тип окраски (Dolganova, 2014).

Для каждой культуры определены конкретные селекционные задачи на будущее (Программа, 2011). Например, существует спрос на сорта флокса синих и голубых окрасок с высокой продуктивностью размножения, проблема повышенной требовательности сортов к влаге, недостаточной устойчивости растений к грибным заболеваниям. Селекционная работа по флоксу находится только на втором этапе: среди сеянцев алтайского сорта Воздушный замок отобран кандидат в сорта с волнистыми белыми лепестками, пирамидальной формой соцветия. Имеется оригинальная отборная форма с зубчатым краем лепестков. Для безбородых видов ириса предстоит пятый этап селекции: важно создать засухоустойчивые сорта с числом цветков на цветоносе от 4, чтобы увеличить продолжительность цветения; получить гибриды с махровым и супергофрированным цветком розовой окраски. Редкую форму цветка лилейника с плотными лепестками представляется возможным получить благодаря включению в скрещивания новейших триплоидных сортов (ранее использовались только диплоиды). При гибридизации лилии продолжается работа по расширению сроков цветения и созданию бульбоносных сортов с наличием в окраске цветка мазков, пятен, крапа, с приятным ароматом.

Для выполнения этих задач наиболее эффективным по-прежнему является метод географически отдаленной гибридизации – скрещивание устойчивых отечественных сортов с высокодекоративными иностранными (для ириса, лилии). А у такой полиморфной культуры, как флокс процесс опыления трудоемок, отбор ведется среди сеянцев от свободного опыления. При межвидовых скрещиваниях, проводимых на сирени, чубушнике и цветочных культурах, гибриды получены только на пионе (в комбинации п. уклоняющийся × п. степной), на ирисе (и. японский × и. болотный).

За 90-летнюю историю декоративного садоводства на Алтае прожиты жизни нескольких поколений, вложен огромный труд многих людей и приобретен богатый опыт для дальнейшей работы. Созданы богатые коллекции декоративных растений, в озеленение рекомендовано более 700 видов и сортов древесных и 2,5 тысяч цветочных культур, в том числе за последние 12 лет в озеленительный ассортимент рекомендованы 230 лучших сортов, за последние 6 лет – 91 цветочная и 9 древесных культур. Создано 165 декоративных сортов, на 88 получены авторские свидетельства и патенты. Сорта селекции отдела НИИСС превосходят иностранные по зимостойкости, продолжительности и продуктивности цветения. Накоплен огромный опыт и потенциал для дальнейшего развития декоративного садоводства. Результаты научной работы опубликованы в 35 книгах, а также в научных статьях, брошюрах и методических рекомендациях. Однако, поддерживать работу без притока новых кадров затруднительно.

ЛИТЕРАТУРА

Чебанная Л.П. Интродукция декоративных кустарников и перспективы их использования в озеленении // Природообустройство. 2024. № 3. С.134–140.

Долганова З.В. Люди – создатели декоративного садоводства в Алтайском крае // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 7. С. 10–12.

Лучник З.И. Интродукция деревьев и кустарников в Алтайском крае. М. : Колос, 1970. 656 с.

Программа работ селекцентра Научно-исследовательского института садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко до 2030 г.: вып. 3 / Россельхозакадемия ГНУ НИИСС. Новосибирск, 2011 г. 336 с.

Силантьева М.М., Терехина, Т.А., Клементьева Л.А., Синогейкина Г.Э., Куранда Ю.В. Ассортимент декоративных деревьев и кустарников для озеленения населенных пунктов Алтайского края. Барнаул, 2021. 42 с.

Синогейкина Г.Э. Некоторые результаты интродукции древесных растений в условиях лесостепи Алтайского края в связи с их зимостойкостью // Субтропическое и декоративное садоводство. 2019. Вып. 71. С. 116–122.

Dolganova Z.V. Japanese Iris (*Iris ensata* Thunb.) in Southern Sibirian // Russion Journal of Genetic. 2014. Vol. 4, № 6. P. 606–613.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-25

Озеленение и ландшафтная архитектура как основные источники чужеродной флоры в эмирате Фуджейра, Объединенные Арабские Эмираты (ОАЭ).

М.В. Коршунов[1], В.В. Бялт[2]

[1] *РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация; mikh.korshunov@gmail.com*
[2] *Ботанический институт В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Российская Федерация; byalt66@mail.ru*

Аннотация. В ходе полевых исследований 2017–2022 гг. территории эмирата Фуджейра (ОАЭ), а также анализа гербарных образцов и литературных источников, нами был выявлен 371 чужеродный вид сосудистых растений. Из них эргазиофигофитов 235 видов (63,3 %) и 136 видов ксенофитов (36,7 %). Из общего числа эргазиофигофитов, 174 вида (74 % от эргазиофигофитов, или 47 % от общего числа чужеродных видов) используются в основном в озеленении и ландшафтном дизайне. Эти растения чаще всего получают из местных питомников растений, т.е. реализуются на местном рынке. В продаже имеются инвазивные виды, к ним можно отнести 52 вида (14 % от общего числа чужеродных видов). Благодаря суровому, жаркому аридному климату, распространение и локализация таких видов ограничивается местами с антропогенной нагрузкой. Большая часть видов приурочена к местам с круглогодичным доступом к воде: посадки с ирригацией, выходы слива с кондиционеров, протечки канализации. Необходимы мониторинг на наличие чужеродных видов, контроль за инвазивными видами, контроль и искоренение диаспор инвазивных видов растений, карантинные меры при завозе посадочного материала.

Ключевые слова: инвазивный, чужеродная флора, ландшафтная архитектура, озеленение, Фуджейра, ОАЭ

Planting of greenery and landscaping as the main sources of alien flora in the Emirate of Fujairah, United Arab Emirates (UAE).

M.V. Korshunov[1], V.V. Byalt[2]

[1] *Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation; mikh.korshunov@gmail.com*
[2] *Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russian Federation; byalt66@mail.ru*

Abstract. During field studies in 2017–2022 in the Emirate of Fujairah (UAE), as well as the analysis of herbarium specimens and literary sources, we identified 371 alien species of vascular plants. Of these, 235 species are ergasiophygophytes (63.3 %) and 136 species are xenophytes (36.7 %). Of the total number of ergasiophygophytes, 174 species (74 % of ergasiophygophytes, or 47 % of the total number of alien species) are used mainly in landscaping and landscape design. These plants are most often obtained from local plant nurseries, i.e. they are sold on the local market. Invasive species are available for sale, which include 52 species (14 % of the total number of alien species). Due to the harsh, hot arid climate, the distribution and localization of such species is limited to places with anthropogenic load. Most species are confined to places with year-round access to water: plantings with irrigation, drain outlets from air conditioners, sewer leaks. Monitoring for the presence of alien species, control of invasive species, control and eradication of diaspores of invasive plant species, quarantine measures when importing planting material are necessary.

Keywords: invasive, alien flora, landscaping, Fujairah, UAE

Количество чужеродных видов во флорах разных регионов неуклонно увеличивается. Эта тенденция наблюдается даже в местах с суровым климатом. Эргазиофигофиты, то есть сбежавшие культурные растения, составляют значительную часть чужеродной флоры в различных регионах (DAISIE, 2009; Pyšek et al., 2017; Kleunen et al., 2018; Майоров и др., 2019). Пришлые виды способны наносить ущерб местным фитоценозам, иногда полностью меняя их облик. Они нарушают также сложившиеся в течении долгого времени сукцессионные связи, влияя на виды из других царств.

Наши исследования были проведены на территории эмирата Фуджейра, Объединенные Арабские Эмираты (ОАЭ). Большую часть эмирата занимают прорезанные вади горы, а также предгорные долины. Есть небольшой район подвижных песков. По классификации климатов Кеппена-Гейгера, эмират Фуджейра целиком находятся в зоне пустынного, или аридного горячего климата (Bwh). Для эмирата Фуджейра характерны теплая зима и жаркое лето, со средней дневной температурой редко опускающейся ниже +17 °C в январе и +31 °C в июле, среднегодовая около +28,5 °C, минимальная около +9...+10 °C. Летом, примерно с мая по октябрь, температура воздуха утром держится на уровне 29–30 °C, а днем даже в тени нередко превышает 45 °C при влажности воздуха 85–90 % и выше. Среднегодовое количество осадков 55–200 мм, причем половина годовой суммы приходится на декабрь – январь. Дожди носят кратковременный характер. Во время нескольких сильных ливней обычно выпадает вся среднегодовая сумма осадков.

Большую часть эмирата Фуджейра занимает малоосвоенная гористая местность. Сельскохозяйственные посадки занимают примерно 4,5 % площади эмирата, из них финиковые пальмы и манго, как основные фруктовые деревья, занимают 35 % от всех сельскохозяйственных посадок – 2500 га. Под овощами и листовой зеленью 600 га. Полевые культуры представлены полями Rhodegrass (*Chloris gayana*) – 559 га, люцерны – 325 га, проса и кукурузы, 1935 и 1164 га соответственно. Лесов всего 11,8 га, а также 66,2 га посадок ландшафтного дизайна на искусственном орошении, согласно отчетам департаментов. Основными препятствиями для ведения сельского хозяйства в регионе являются сильная жара, ограниченные запасы воды, отсутствие пахотных земель и периодические нашествия саранчи.

В ходе полевых работ с 2017 по 2022 гг. нами была обследована территория эмирата Фуджейра на наличие чужеродных представителей сосудистых растений, с анализом путей заноса и мест натурализации. Использовались маршрутный метод со сбором гербарных образцов и фотографирование растений, их частей и местообитаний. Были обследованы как естественные, так и подвергшиеся антропогенному влиянию экосистемы. Особое внимание уделялось местам с круглогодичным поливом, а также местам с дополнительными источниками влаги, такими как выходы труб от кондиционеров и канализации: сады, сельскохозяйственные поля, питомники растений, точки продажи посадочного материала, парки, скверы, уличные посадки, бульвары и набережные, придомовые терриории. Кроме собственных сборов были использованы и другие источники информации: опубликованные материалы других авторов, гербарные материалы БИН РАН (LE), Гербарий Эдинбургского БС (E), Ботанических садов Кью (K), и др. (по данным из различных источников сети Интернет). Также просматривались списки посадочного материала, предлагаемого для продажи населению питомниками в Дубае, Аль Айне и Абу-Даби.

В результате исследований был обнаружен 371 вид чужеродных растений из 78 семейств. Из них 235 видов, или 63,3 % – эргазиофигофиты, преднамеренно культивируются и уходят из культуры; большинство из них, 174 вида, составляющие 74 % от эргазиофигофитов, или 47 % от общего числа чужеродных видов растений, используются, в основном, в озеленении и ландшафтном дизайне. Ксенофитов 136 видов, или 36,7 %, занесены в результате хозяйственной деятельности непреднамеренно, или случайно, и представляют собой исключительно сорные растения. Многие из видов чужеродной флоры эмирата Фуджейра сорничают в местах своего выращивания, засоряя посадки, как свои, так и других видов – 158 видов, или 43 % от общего числа чужеродных видов. При обмене посадочным материалом происходит и частичный обмен такими растениями, а также ксенофитами, которые тут чаще всего сорничают в питомниках растений, садах, плантациях, зеленых насаждениях ландшафтного дизайна, в местах отвода воды от кондиционеров, значительно реже – на антропогенно-нарушенных местообитаниях без ирригации.

Некоторые известные по другим регионам агрессивные инвазивные виды в Фуджейре выращиваются в питомниках и продаются в качестве доступного посадочного материала для ландшафтного дизайна. Данная практика характерна не только для ОАЭ и эмирата Фуджейра в частности. Питомники неоднократно упомянались в качестве основных источников для заноса на новые территории инвазивных и потенциально-инвазивных растений. Например, в работе ученых из Массачусетского университет в Амхерсте (Evelyn M. Beaury et al., 2023) говорится, что при исследовании ими 672 питомников в продаже были найдены 89 инвазивных видов, а 55 % инвазивных видов были проданы в пределах 21 километра (13 миль) от мест находок этих видов. При этом 61 % из 1285 видов, отмеченных как инвазивные в США, доступны для покупки в 48 штатах. Растения-ксенофиты также распространяются по региону через посадки и занос с посадочным материалом.

Влияние и нанесение ущерба разной степени местным экосистемам и человеческой деятальности незначительно от большинства из чужеродных видов растений в эмирате Фуджейра, к инвазивным на данный момент мы можем отнести 52 вида (14 %); один вид стал биогеоценозотрансформером – просопис июлецветный, или мескит, *Neltuma juliflora* (Sw.) Raf. В сдерживании чужеродных растений региону помогает суровый климат, затрудняющий распространение и закрепление чужеродных видов.

Для региона и эмирата Фуджейра необходим постоянный мониторинг на наличие чужеродных видов и состояние их диаспор. Рекомендуется вести контроль за уже имеющимися чужеродными видами, в особенности – инвазивным, разрабатывать карантинные меры для ввоза, разведения и продажи таких видов. Решение проблемы с просописом июлецветным должна заключаться в разработке и реализации программы по контролю и искоренению данного вида. Для использования в озеленении и ландшафтной архитектуре рекомендуется подобрать альтернативные виды местной флоры.

ЛИТЕРАТУРА

Майоров С.Р., Бочкин В.Д., Насимович Ю.А. Новые эргазиофигофиты московской флоры // Бюлл МОИП. Отд. биол. 2019. Vol. 124, № 3. P. 48–49.

DAISIE. Handbook of Alien Species in Europe / Eds. P. Pyšek, P.W. Lambdon, M. Arianoutsou et al. Dordrecht, 2009. 28+400 p. (Invading Nature – Springer Series in Invasion Ecology. Vol. 3). DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8280-1

Beaury E.M. et al. Horticulture could facilitate invasive plant range infilling and range expansion with climate change, BioScience, 2023. DOI: 10.1093/biosci/biad069

Kleunen M.V., Essl F., Pergl J. et al. The changing role of ornamental horticulture in alien plant invasions // Biological Reviews. 2018. Vol. 93, Iss. 3. P. 1421–1437. DOI: 10.1111/brv.12402

Pyšek P., Pergl J., Essl F. et al. Naturalized alien flora of the world: species diversity, taxonomic and phylogenetic patterns, geographic distribution and global hotspots of plant invasion // Preslia. 2017. Vol. 89 (3). P. 275–290. DOI: 10.23855/preslia.2017.203

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-26

Lapsana communis L. (Asteraceae) в городской флоре Тюмени

И.В. Кузьмин[1], Н.А. Вершинин[2]

[1] *Тюменский государственный университет, Тюмень, Российская Федерация; ivkuzmintgu@yandex.ru*

[2] *Тюменский государственный университет, Тюмень, Российская Федерация; nikita19990804@yandex.ru*

Аннотация. *Lapsana communis* L. (Asteraceae) – редкий кенофит западносибирской флоры. Собран и проанализирован материал по распространению этого вида в городском округе Тюмень. Всего зарегистрировано 14 встреч в разных районах города, их них 11 – в 2023–2025 гг. Вид произрастает на окраинах полей, клумбах, газонах, мусорных местах. Зависимости географического распределения по городской территории не выявлено. Мониторинг мест прежних находок показал, что растения удерживаются в некоторых очагах заноса на следующий год, но сильно страдают от кошения травы.

Ключевые слова: *Lapsana communis*, бородавник обыкновенный, кенофит, урбанофлора, Тюмень, Западная Сибирь

Lapsana communis L. (Asteraceae) in the urban flora of Tyumen

I.V. Kuzmin[1], N.A. Vershinin[2]

[1] *Tyumen State University, Tyumen, Russian Federation; ivkuzmintgu@yandex.ru*

[2] *Tyumen State University, Tyumen, Russian Federation; nikita19990804@yandex.ru*

Abstract. *Lapsana communis* L. (Asteraceae) is a rare kenophyte of the Western Siberia flora. The data on the distribution of this species in the urban district of Tyumen was collected and analyzed. A total of 14 records were recorded in different areas of the city, 11 of which were in 2023–2025. The species grows on the outskirts of fields, flower beds, lawns, garbage places. No dependence of the geographical distribution across the urban territory was revealed. Monitoring of the places of previous records showed that the plants persist in some areas of invasion into the following year, but suffer greatly from grass mowing.

Keywords: *Lapsana communis*, common nipplewort, kenophyte, urban flora, Tyumen, Western Siberia

Бородавник обыкновенный (*Lapsana communis* L., Asteraceae) – однолетнее или двулетнее травянистое стержнекорневое растение, озимый терофит. С древних времён его использовали в пищу (молодые листья – овощ) и в качестве лекарственного (антисептического и противовоспалительного) средства. Это высококачественное кормовое растение (семенами откармливали домашнюю птицу). Предпочитает хорошо увлажнённые почвы, богатые нитратами (Кравченко, 2009). Мелкие семена не имеют хохолка, долго сохраняются на растении и распространяются при сотрясении побегов порывами ветра или животными, сохраняют всхожесть до шести лет. Палеарктический вид, обитающий в нетропических областях Евразии, Северной Африке. Занесён и натурализовался в Северной Америке, Гренландии, Чили, Австралии, Новой Зеландии. В Южном Зауралье считается довольно редким кенофитом (Науменко, 2008).

Сборы *Lapsana communis* L. из города Тюмени не обнаружены нами в Гербариях HTSU, IBIW, IRKU, KRSU, KULPOL, KUZ, LE, LEGB, MAG, MW, MHA, NS, NSK, P, SMR, TK, TKM, TMN, TUL, TULGU, VBGI, а также в не имеющих акронимов Гербариях Музейного комплекса им. И.Я. Словцова Тюменского музейно-просветительского объединения (Тюмень), Тобольского музея-заповедника Тюменского музейно-просветительского объединения (Тобольск), ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» (Тюмень), Ишимского педагогического института им. П.П. Ершова (филиал) ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет» (Ишим), Ишимской станции юных натуралистов (Ишим), Музея леса Сибирской лесной опытной станции – филиала ФБУ ВНИИЛМ (Тюмень).

И.Я. Словцов (1891) не приводит *L. communis* для Тюмени и Тюменского округа (в том числе, в списках «дикорастущих растений, сопровождающих хлебные растения» и «растительности, сопровождающей дороги, канавы, мусорные почвы»). Авторы «Флоры Западной Сибири» (Крылов, 1949) указывают вид в единственной точке нашего региона «в Тюменск. – около Тимофеевки на р. Туре», далеко от города. В списках исторической и современной флор г. Тюмени (Мельникова, Хозяинова, 2004) этот вид не значится. В «Определителе растений Тюменской области» (Глазунов и др., 2017) *L. communis* для города Тюмени не указан, только для Тюменского района. В остальных, менее полных, ранних источниках по урбанофлоре Тюмени упоминания бородавника нами также не обнаружены.

В статье «Флора города Тюмени» (Глазунов и др., 2020) распространение *L. communis* описывается так: «Редко на рудеральных местообитаниях, в посевах. Сбор Е.В. Царевич у д. Падериной, 1955 г. Отмечен по краю тропы в лесопарке «Затюменский»». Указание на находку в лесопарке приведено без ссылки, можно предположить, что это данные авторов статьи. Однако, в другой их статье,

специально посвящённой флоре лесопарка (Глазунов, 2021), *L. communis* отсутствует в списке видов. Два (а не один) сбора Е.В. Царевич в Гербарии Музейного комплекса им. И.Я. Словцова (!) имеют этикетки «На опушке леса у дороги за д. Падерино Тюменского района. 4 июля 1951 г.» и «Паровое поле и посевы у самой деревни Падерино Тюменского района и области. 8 сентября 1955 г.», т.е. коллектор однозначно указывает на деревенский характер местности и её административную принадлежность к району. Кроме того, д. Падерина и по сей день не входит в территорию городского округа Тюмень, а относится к Тюменскому муниципальному району. Поэтому присутствие *L. communis* во флоре города этим источником (Глазунов и др., 2020) однозначно не подтверждается.

В апреле 2021 г. на сайте inaturalist.org мы разместили первое наблюдение из г. Тюмень и, в целом, Тюменской области (от 27.06.2019) с фотографией *L. communis*. С тех пор на этом сайте разными натуралистами было загружено ещё семь наблюдений с фотографиями бородавника из городской черты Тюмени (от 2023–2025 гг.).

Кроме того, мы обработали собственный гербарий и фотоархив по территории городского округа Тюмени, в которых нашлись материалы по этому редкому чужеземному растению.

Приводим перечень находок в хронологическом порядке с комментариями.

1. Г. Тюмень, угол улиц Институтская и Барнаульская, южный край перекрёстка, 57°10′13.9″ N, 65°26′47.7″ E (57.170517, 65.446589), выс. 83 м над ур. м., придорожная канава, ~2012 г., И.В. Кузьмин, 1 экз., 90 см выс., цветёт, гербарий.

2. Г. Тюмень, 5 микрорайон, улица Пермякова, у дома 58, у подъезда 3 со стороны двора, 57°06′59.0″ N, 65°34′24.8″ E (57.116388, 65.573546), выс. 78 м над ур. м., придомовая территория между входами в подъезды и тротуаром, клумба под стволом дерева, среди ландышей и лилий, 27.06.2019, И.В. Кузьмин, 18 экз., до 50 см выс., цветут, фото, https://www.inaturalist.org/observations/73823908.

3. Г. Тюмень, Текутьевское кладбище, юго-западная часть, ~57°08′16.3″ N, 65°33′40.4″ E (57.137857, 65.561217), выс. 88 м над ур. м., среди зарослей чистотела и рудерального разнотравья под пологом тополей, 05.08.2019, И.В. Кузьмин, 1 экз., 30 см выс., цветёт, фото, гербарий. Мы ведём мониторинг флоры кладбища с 2005 г., и L. communis ранее не был обнаружен.

4. Г. Тюмень, улица Парковая, у дома 2А, между подъездами 1 и 2 со стороны проезжей части, 57°08′48.6″ N, 65°30′15.1″ E (57.146820, 65.504205), выс. 88 м над ур. м., засеянный травой газон, 05.10.2023, К.М. Павлов, 10 экз., до 40 см выс., цветут и вегетируют, фото, https://www.inaturalist.org/observations/186255282.

5. Г. Тюмень, ул. Одесская, у дома 26, между подъездами 5 и 6 со стороны проезжей части, 57°08′45.5″ N, 65°35′31.4″ E (57.145961, 65.592063), выс. 72 м над ур. м., щель отмостки фундамента на границе с засеянным травой газоном, 09.10.2023, А.Н. Осипова, 7 экз., до 20 см выс., бутонизируют и вегетируют, фото, https://www.inaturalist.org/observations/186837496.

6. Г. Тюмень, угол улиц Свердлова и Даудельная, между домом 1 корпус 9 по ул. Даудельная и руинами дома 33 по ул. Свердлова, Аптекарский сад, 57°09′20.7″ N, 65°33′05.0″ E (57.155757, 65.551389), выс. 80 м над ур. м., засеянный травой газон, 26.07.2024, Е.В. Левкина, 50 экз., до 20 см выс., цветут, фото, https://www.inaturalist.org/observations/231783760.

7. Г. Тюмень, сквер Авиаторов, юго-западная часть напротив дома 14 по улице Кремлёвская, 57°08′35.0″ N, 65°29′51.3″ E (57.143060, 65.497590), выс. 91 м над ур. м., рудеральное разнотравье на газоне, 03.08.2024, Ю.М. Басов, 1 экз., 20 см выс., вегетирует, фото, https://www.inaturalist.org/observations/233439957.

8. Г. Тюмень, угол улиц Свердлова и Даудельная, между домом 1 корпус 9 по ул. Даудельная и руинами дома 33 по ул. Свердлова, Аптекарский сад, 57°09′20.8″ N, 65°33′05.9″ E (57.155776, 65.551648), выс. 80 м над ур. м., засеянный травой газон, 26.08.2024, Е.В. Левкина, 1 экз., 40 см выс., цветёт, фото, https://www.inaturalist.org/observations/238031860.

9. Г. Тюмень, угол улиц Свердлова и Даудельная, между домом 1 корпус 9 по ул. Даудельная и руинами дома 33 по ул. Свердлова, Аптекарский сад, 57°09′20.8″ N, 65°33′05.4″ E (57.155782, 65.551486), выс. 80 м над ур. м., засеянный травой газон, 27.09.2024, Е.В. Левкина, 6 экз., до 40 см выс., цветут и вегетируют, фото, https://www.inaturalist.org/observations/244273123.

10. Г. Тюмень, улица Бастрыгина, у дома 18, 57°09′05.2″ N, 65°34′55.6″ E (57.151436, 65.582113), выс. 70 м над ур. м., мусорное место с рудеральным разнотравьем, 05.06.2025, А.Н. Осипова, 1 экз., 40 см выс., бутонизирует и зацветает, фото, https://www.inaturalist.org/observations/287677192.

11. Г. Тюмень, Текутьевское кладбище, южная часть, 140 м севернее входа в дом 85 по улице Малыгина (Комитет ЗАГС), 57°08′14.1″ N, 65°33′42.9″E (57.137237, 65.561926), выс. 86 м над ур. м.,

среди зарослей чистотела и рудерального разнотравья под пологом тополей, 28.06.2025, И.В. Кузьмин, 20 экз., до 130 см выс., цветут, фото. В интервалах между 2005 и 2019 гг., 2019 и 2025 гг. вид на кладбище мы не регистрировали.

12. Г. Тюмень, Текутьевское кладбище, западная часть близ дома 75 по улице Малыгина, ~57°08′18.3″ N, 65°33′35.6″E (57.138409, 65.559874), выс. 82 м над ур. м., среди зарослей чистотела и крапивы под пологом тополей, 07.07.2025, И.В. Кузьмин, 1 экз., 40 см выс., цветёт, фото.

13. Г. Тюмень, 1,31 км северо-западнее Никольской церкви в микрорайоне (бывшем селе) Утешево, 660 м юго-восточнее метеостанции аэропорта «Рощино», 57°10′08.2″ N, 65°20′35.1″ E (57.168952, 65.343074), выс. 109 м над ур. м., окраина вспаханного поля, вдоль опушки берёзового колка, 22.07.2025, И.В. Кузьмин, 100 экз., до 30 см выс., цветут, фото, гербарий.

14. Г. Тюмень, микрорайон Восточный, ул. Народная, у дома 6, под пандусом у запасного входа в поликлинику № 12 и подъезда 1 со стороны двора, 57°06′15.9″ N, 65°36′41.4″ E (57.104408, 65.611499), выс. 73 м над ур. м., заросли крапивы двудомной и мари белой, 13.08.2025, И.В. Кузьмин, 4 экз., 50 см выс., цветут, фото, гербарий.

Таким образом, зарегистрировано 14 встреч бородавника в Тюмени, из них 11 – в 2023–2025 гг.

Распространение *L. communis* по территории города можно свести к нескольким типам местообитаний. По окраинам полей с посевами сельскохозяйственных культур на периферии городского округа бородавник выступает как сегетальный сорняк. По всей видимости, с плодородной полевой землёй и, не исключено, что со смесями семян газонных трав, он заносится в места цветоводства и садоводства зоны жилой застройки (клумбы, газоны), откуда может переходить на мусорные участки с рудеральной растительностью. Неоднократное появление его на кладбище может быть также связано с заносами семян в садовом грунте при высадке цветов на могилах. Случайные заносы с частицами полевой земли на автомобилях и обуви пешеходов могут привести к появлению единичных экземпляров этого вида на обочинах дорог и в лесных массивах.

Географическое распределение точек регистрации вида в городской черте не проявляет каких-либо закономерностей, что подчёркивает случайный характер его появления. Две находки (№ 1, 13) тяготеют к центру сельского хозяйства на западной окраине города, где находятся учебно-опытные поля Государственного аграрного университета Северного Зауралья. Поля эти, частично, не обрабатывают гербицидами, что способствует развитию разнообразной сорной сегетальной флоры.

Решение вопроса о том, насколько долго вид удерживается в очагах заноса, и определение его степени натурализации, нуждаются в дальнейшем мониторинге. Текутьевское кладбище мы изучаем почти ежегодно с 2005 г. бородавник там впервые зарегистрирован в 2019 г. (1 экз., который был взят в гербарий), а затем, после перерыва, в 2025 г. в сравнительно большом обилии. Нами проведён мониторинг мест прежних находок (№ 1–2, 4–10) и в указанных местонахождениях растения были обнаружены (14.08.2025, Н.А. Вершинин, фото) только в Аптекарском огороде – № 6, 8–9 (3 куртинки по 20–30 экз. в каждой) и на улице Парковой – № 4 (2 экз.). Во всех местонахождениях трава была скошена газонокосилками, сохранившиеся растения представлены маленькими прикорневыми розетками, цветущих экземпляров не было.

Благодарим тюменских натуралистов Ю.М. Басова, Е.В. Левкину, А.Н. Осипову, К.М. Павлова за предоставленные фотографии. Работа выполнена при поддержке ГЗ ТюмГУ FEWZ-2024-0007 (руководитель кандидат биологических наук Л.А. Иванова).

ЛИТЕРАТУРА

Глазунов В.А. Материалы к флоре памятника природы «Лесопарк «Затюменский» (г. Тюмень) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2021. Т. 30, № 1. С. 36–40. DOI: 10.24412/2073-1035-2021-10373

Глазунов В.А., Науменко Н.И., Хозяинова Н.В. Определитель сосудистых растений Тюменской области. Тюмень : ООО «РГ „Проспект“», 2017. 744 с.

Глазунов В.А., Хозяинова Н.В., Хозяинова Е.Ю. Флора города Тюмени // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2020. Т. 14, № 4. С. 420–497. DOI: 10.24411/2072-8816-2020-10084

Кравченко О.Е. Lapsana communis L. – Бородавник обыкновенный // Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения. 2003–2009. URL: https://agroatlas.ru/ru/content/weeds/Lapsana_communis (дата обращения: 30.07.2025).

Крылов П.Н. Флора Западной Сибири. Вып. 11. Campanulaceae – Compositae. Томск, 1949. С. 2630–3070 + XXIV.

Мельникова М.Ф., Хозяинова Е.Ю. Травянистая флора г. Тюмени и её пространственное распределение // Вестник Тюменского государственного университета. 2004. № 3. С. 71–84.

Науменко Н.И. Флора и растительность Южного Зауралья. Курган : Изд-во Курган. ун-та, 2008. 512 с.

Словцов И.Я. Материалы по фитографии Тобольской губернии. Омск : Типогр. Окруж. Штаба, 1891. II + 72 + 258 + XXXVIII с.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-27

К изучению флоры железных дорог запада Республики Башкортостан

А.С. Курапов[1], В.М. Васюков[2]

[1] *Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Российская Федерация; jasoncoleen@mail.ru;*
[2] *Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Российская Федерация; vvasjukov@yandex.ru*

Аннотация. В результате флористических исследований насыпей железных дорог и прилегающих участков в пределах села Кандры Туймазинского района Республики Башкортостан нами выявлено 174 вида сосудистых растений, из них 22 вида включены в «Черную книгу флоры Республики Башкортостан» как наиболее агрессивные инвазионные растения.

Ключевые слова: Республика Башкортостан, Туймазинский район, село Кандры, сосудистые растения

To study the flora of the railways of the west of the Republic of Bashkortostan

A.S. Kurapov[1], V.M. Vasjukov[2]

[1] *Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara, Russian Federation; jasoncoleen@mail.ru;*
[2] *Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Ecology of the Volga Basin of RAS, Togliatti, Russian Federation; vvasjukov@yandex.ru*

Abstract. As a result of floral studies of railway embankments and adjacent territories within the village of Kandry in the Tuymazinsky district of the Republic of Bashkortostan, we identified 174 species of vascular plants, of which 22 species are included in the "Black Data Book of flora of the Republic of Bashkortostan" as the most aggressive invasive plants.

Keywords: Republic of Bashkortostan, Tuymazinsky district, village of Kandry, vascular plants

В 2025 г. нами проводилось изучение флоры Бугульминско-Белебеевской возвышенности в пределах Самарской области, Республик Башкортостан и Татарстан.

В результате флористических исследований насыпей железных дорог и прилегающих участков в пределах села Кандры Туймазинского района Республики Башкортостан (03.07.2025) нами выявлено 174 вида сосудистых растений, из них 22 вида включены в «Черную книгу флоры Республики Башкортостан» как наиболее агрессивные инвазионные растения (*), а также найден *Stipa pennata*, занесенный в Красную книгу Республики Башкортостан (2021).

Ниже приведен список встреченных видов растений. Номенклатура таксонов дана по International Plant Names Index.

Equisetophyta
Equisetopsida
Equisetaceae
Equisetum arvense L.

Magnoliophyta
Liliopsida
Asparagaceae
Asparagus polyphyllus Steven

Cyperaceae
Carex diluta M. Bieb.
C. praecox Schreb.
Eleocharis palustris (L.) R. Br.
Scirpus sylvaticus L.

Juncaceae
Juncus bufonius L.
J. compressus Jacq.

Orchidaceae
Dactylorhiza incarnata (L.) Soó
(придорожное понижение)

Poaceae
Agrostis capillaris L.
A. stolonifera L.
Alopecurus arundinaceus Poir.
Anisantha tectorum (L.) Nevski
Bromopsis riparia (Rehmann) Holub
**Bromus japonicus* Houtt.
**B. squarrosus* L.
Calamagrostis epigejos (L.) Roth
Dactylis glomerata L.
**Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.
Elytrigia repens (L.) Nevski
Festuca rupicola Heuff.
**Hordeum jubatum* L.
Melica transsilvanica Schur
Panicum ruderale (Kitag.) D.M. Chang
Phleum pratense L.
Phragmites nigricans (Mérat) E.S. Marshall et Shoolbred
Phalaroides japonica (Steud.) Czerep.
Poa angustifolia L.
P. compressa L.
Puccinellia distans (Jacq.) Parl.
Schedonorus arundinaceus (Schreb.) Dumort.
S. pratensis (Huds.) P. Beauv.

Setaria pumila (Poir.) Roem. et Schult.
Stipa capillata L.
S. pennata L.
Triticum aestivum L.

Typhaceae
Typha latifolia L.

Magnoliopsida
Amaranthaceae
**Amaranthus albus* L.
**A. retroflexus* L.
Atriplex patula L.
**A. tatarica* L
**Bassia scoparia* (L.) A.J. Scott
Chenopodium album L.

Apiaceae
Conium maculatum L.
Falcaria vulgaris Bernh.
Libanotis sibirica (L.) C.A. Mey.
Carum carvi L.
Pastinaca sylvestris Mill.

Asteraceae
Achillea collina J. Becker ex Rchb.
A. millefolium L.
A. nobilis L.
Arctium tomentosum Mill.
Artemisia absinthium L.
A. austriaca Jacq.
**A. sieversiana* Ehrh. ex Willd.
A. vulgaris L.
**Carduus acanthoides* L.
Centaurea apiculata Ledeb.
C. pseudomaculosa Dobrocz.
Cichorium intybus L.
Cirsium esculentum (Steven) C.A. Mey.
C. setosum (Willd.) M. Bieb.
**Conyza canadensis* (L.) Cronquist
Erigeron podolicus Besser
Jacobaea schwetzowii (Korsh.) Tatanov et Vasjukov
Inula helenium L.
**Lactuca serriola* L
Leucanthemum ircutianum Turcz. ex DC.
Mulgedium tataricum (L.) DC.
Pentanema britannicum (L.) D. Gut. Larr. et al.
Scorzoneroides autumnalis (L.) Moench
Symphyotrichum salignum (Willd.) G.L. Nesom
**Solidago canadensis* L.
Sonchus arvensis L.
Taraxacum officinale F.H. Wigg. s.l.
Tragopogon major Jacq.
Tripleurospermum inodorum (L.) Sch. Bip.
Tussilago farfara L.
**Xanthium albinum* (Widder) H. Scholz et Sukopp

Balsaminaceae
**Impatiens glandulifera* Royle

Berberidaceae
Berberis vulgaris L.

Betulaceae
Betula pendula Roth

Boraginaceae
Anchusa officinalis L. (рис.) – вид ранее указан только для г. Уфы (Определитель…, 1989).
Cynoglossum officinale L.
Echium vulgare L.
Lappula squarrosa (Retz.) Dumort.
Nonea rossica Steven
Brassicaceae
Berteroa incana (L.) DC.
Bunias orientalis L.
Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.
Eryngium planum L.
Hesperis matronalis L.
**Lepidium densiflorum* Schrad.
**Sisymbrium loeselii* L.

Cannabaceae
Humulus lupulus L.

Caprifoliaceae
Valeriana exaltata J.C. Mikan ex Pohl

Caryophyllaceae
Melandrium album (Mill.) Garcke
Saponaria officinalis L.
Stellaria graminea L.

Convolvulaceae
Convolvulus arvensis L.

Euphorbiaceae
Euphorbia virgata Waldst. et Kit.

Fabaceae
Amoria fragifera (L.) Roskov
A. hybrida (L.) C. Presl
Astragalus cicer L.
A. danicus Retz.
A. onobrychis L.
Caragana arborescens Lam.
Medicago lupulina L.
**M. sativa* L.
M. varia Martyn
Melilotus albus Medik.
M. officinalis (L.) Lam.
Onobrychis viciifolia Scop.
Trifolium medium L.
T. repens L.
T. sativum (Schreb.) Crome ex Boenn.

Geraniaceae
Geranium pratense L.
Geranium sibiricum L.

Lamiaceae
Acinos arvensis (Lam.) Dandy
Dracocephalum thymiflorum L.
Leonurus villosus Desf. ex d'Urv.
Lycopus europaeus L.
Prunella vulgaris L.
Salvia verticillata L.
Thymus marschallianus Willd.

Lythraceae
Lythrum salicaria L.

Malvaceae

Lavatera thuringiaca L.
Malva pusilla Sm.

Onagraceae
Epilobium adenocaulon Hausskn.

Papaveraceae
Chelidonium majus L.

Plantaginaceae
Linaria vulgaris Mill.
Plantago major L.

Polemoniaceae
**Collomia linearis* (Cav.) Nutt.

Polygonaceae
Persicaria tomentosa (Schrank) E.P. Bicknell
Polygonum arenastrum Boreau
P. aviculare L.
Rumex confertus Willd.
R. crispus L.

Ranunculaceae
Ranunculus sceleratus L.

Rosaceae
Agrimonia asiatica Juz.
Argentina anserina (L.) Rydb.
Fragaria viridis Weston
Malus domestica (Suckow) Borkh.
M. prunifolia (Willd.) Borkh.
Potentilla argentea L.
P. heidenreichii Zimmeter
P. supina L.
Rosa spinosissima L.
Sorbus aucuparia L.
Spiraea crenata L.

Rubiaceae
Galium album Mill.
G. aparine L.
G. boreale L.
G. ruthenicum Willd.

Salicaceae
Populus suaveolens Fisch.
Salix alba L.
S. cinerea L.

Sapindaceae
**Acer negundo* L.
A. tataricum L.

Scrophulariaceae
Verbascum lychnitis L.

Ulmaceae
**Ulmus pumila* L.
U. scabra Mill.

Urticaceae
Urtica dioica L.

Anchusa officinalis L. в массе на насыпях железных дорог села Кандры Туймазинского района Республики Башкортостан

Работа выполнена по теме государственного задания Института экологии Волжского бассейна РАН «Комплексная оценка состояния биологических ресурсов и мониторинг природных экосистем Волжского бассейна» (FMRW-2025-0047, № 1024032600230-5-1.6.19).

ЛИТЕРАТУРА

Абрамова Л.М., Голованов Я.М., Мулдашев А.А. Черная книга флоры Республики Башкортостан. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2021. 174 с.

Красная книга Республики Башкортостан : в 2 т. Т. 1: Растения и грибы / ред. В.Б. Мартыненко. 3-е изд., доп. и переработ. М. : Студия онлайн, 2021. 392 с.

Определитель высших растений Башкирской АССР: в 2 т. / отв. ред. Е.В. Кучеров, А.А. Мулдашев. М. : Наука¸ 1988 (т. 1, 316 с.); 1989 (т. 2, 375 с.).

International Plant Names Index: https://www.ipni.org/ (дата обращения: 17.07.2025).

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-28

Динамика таксономического состава семейств Rosaceae и Fabaceae на территории Томской области (по данным региональных флористических сводок за период 1933–2025 гг)

В.И. Курбатский

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация; celloc@rambler.ru

Аннотация. Приводится сравнение данных региональных флористических сводок по семействам Rosaceae и Fabaceae для территории Томской области за период с 1933 по 2025 гг.

Ключевые слова: Семейства Rosaceae, Fabaceae, территория Томской области

Dynamics of taxonomic composition of the families Rosaceae and Fabaceae in the territory of Tomsk region (according to regional floristic summaries for the period 1933–2025)

V.I. Kurbatskiy

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; celloc@rambler.ru

Abstract. The article presents a comparison of data from regional floristic summaries for the families Rosaceae and Fabaceae for the territory of Tomsk region for the period from 1933 to 2025.

Keywords: Families Rosaceae, Fabaceae, territory of Tomsk Region

В работе использованы данные следующих флористических сводок: «Флора Западной Сибири» (Вып. 7, 1933; Т. 12, ч. 2, 1964); «Флора Сибири» (Т. 8, 1988; Т. 9, 1994; Т. 14, 2003); Н.Ф. Вылцан «Определитель растений Томской области», 1994; «Определитель растений Томской области» (отв. ред. А.С. Ревушкин, 2014); то же, 2-е издание (рукопись). Информация, помещенная в указанных источниках, охватывает промежуток времени немногим более 90 лет. Определенный интерес представляет степень изменения таксономического состава представителей таких крупных семейств для флоры Томской области, как семейства Rosaceae и Fabaceae. Полученные данные приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Динамика численности видов и родов семейств Rosaceae на территории Томской области по данным исследований 1933−2025 гг.

Годы	1933	1933+1964	1988	1994	1988+2003	2014	2025
Число видов, абс. / %	53 / 100	57 / 107,5	58 / 109,4	54 / 101,9	60 / 113,0	68 / 128,3	77 / 145,3
Число родов, абс. / %	16 / 100	16 / 100	17 / 106,2	17 /106,2	17 / 106,2	21 / 131,2	25 / 156,2

Таблица 2

Динамика численности видов и родов семейств Fabaceae на территории Томской области по данным исследований 1933−2025 гг.

Годы	1933	1933+1964	1989	1994	1989, 2003	2014	2025
Число видов, абс. / %	38 / 100	42 / 110,5	43 / 113,2	43 / 113,2	43 / 113,2	54 / 142,1	55 / 144,7
Число родов, абс. / %	10 / 100	10 / 100,0	12 / 120,0	11 / 110,0	15 / 150,0	17 /170,0	19 / 180,0

Как видно из данных, приведенных в табл. 1, 2, для семейств Fabaceae и Rosaceae за 92-летний период со времени публикаций отмеченных флористических сводок для территории Томской области наблюдается значительное увеличение числа видов: для семейства Rosaceae на 45,3 %, для семейства Fabaceae – на 44,7 %. Число родов возросло в семействе Rosaceae на 56,2 %, в семействе Fabaceae – на 80 %. При этом для обоих семейств на момент выхода соответствующих сводок «Флоры Сибири»

(1988, 1989, 2003) отмечается небольшой рост числа видов, причем в 14-м томе «Флоры Сибири» (Дополнения и исправления, 2003 г.) новых данных для территории Томской области нет, за исключением 2 новых видов рода *Alchemilla* L. Для семейства Rosaceae наблюдается также небольшое увеличение числа родов, в то время как число родов в семействе Fabaceae заметно возрастает. Следует обратить внимание на то, что значительный скачок в возрастании числа видов и родов для обоих семейств наблюдается в «Определителе растений Томской области» (2014) и особенно во втором его издании (рукопись подготовлена к печати).

Предположительно, увеличение числа видов в обоих указанных семействах происходило несколькими путями: (1) за счет дальнейших детальных и более углубленных флористических исследований территории Томской области, (2) за счет возрастания числа адвентивных растений, (3) за счет дробления отдельных таксонов (в первую очередь это относится к родам). В первом случае особых вопросов не возникает, это закономерный процесс. Во втором случае дела обстоят сложнее, здесь наряду со случайно занесенными видами, свойственными для естественной растительности других регионов, встречаются и виды, вышедшие из числа окультуренных (произрастают на садовых участках, в парках, скверах и т.д.). В частности, значительное число окультуренных заносных видов и, соответственно, родов отмечается для семейства Rosaceae (*Amelanchier spicata, Armeniaca vulgaris, Aronia mitschurinii, Cerasus fruticosa, Malus baccata*), тогда как среди заносных видов Fabaceae преобладают растения, более тяготеющие к категории сорных *(Galega orientalis. Genista tinctoria, Lotus ucrainicus, Lotus corniculatus, Lupinus polyphyllus, Vicia angustifolia*). Из числа последних следует выделить *Lupinus polyphyllus,* активно распространяющийся в различных экологических нишах на юге области и во многих случаях уже в качестве типичного сорного растения. Увеличение числа родов в семействе Fabaceae вызвано, главным образом, за счет дробления рода *Trifolium* L. s.l. на более мелкие рода: *Amoria, Chrysaspis, Lupinaster*. Адвентивные растения, известные только по единичным местонахождениям, выявлены преимущественно на разного рода свалках, мусорных местах, по железнодорожным путям, вблизи дорог. В семействе розоцветных это *Alchemilla hebescens*, *A. gracilis*, *A. hians*, *Cerasus glandulosa*, *Chamaerhodos erecta*, *Potentilla humifusa*, *Spiraea hypericifolia,* в семействе бобовых − *Astragalus glycyphyllos*, *A. testiculatus*, *Chrysaspis campestris*, *Galega orientalis*, *Genista tinctoria*, *Lotus ucrainicus*, *Lotus corniculatus*. Однако некоторые адвентивные виды довольно успешно закрепляются в первичных местах своего заноса и образуют устойчивые популяции (*Potentilla goldbachii, P. erecta, Rosa rugosa*), а такие виды как *Vicia sativa* и вышеупомянутый *Lupinus polyphyllus* при этом активно занимают и новые территории.

В заключение следует отметить, что наблюдаемое резкое увеличение числа видов и родов Rosaceae и Fabaceae для территории Томской области, главным образом, по материалам, опубликованным в «Определителе растений Томской области» за 2014 г и данным, изложенным в рукописном варианте готовящегося второго издания этого определителя, должно свидетельствовать, по нашему мнению, о большей полноте приведенных в «Определителях» данных, собранных в процессе флористических исследований территории Томской области.

ЛИТЕРАТУРА

Вылцан Н.Ф. Определитель растений Томской области. Томск : Изд-во Томск. ун-та. 1994. 300 с.

Определитель растений Томской области / Отв. ред. А.С. Ревушкин, Томск : Изд-во Томск. ун-та, 2014. 464 с.; то же, 2-е изд-е. 2025. Рукопись, подготовлена к печати.

Флора Западной Сибири. Томск : Изд-во Томск. ун-та, 1933. Вып. 7. 372 с.; 1964. Т. 12, Ч. 2. 336 с.

Флора Сибири. Новосибирск : Наука. 1988. Т. 8. 199 с.; 1989. Т. 9. 279 с.; 2003. Т. 14. 187 с.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-29

Оценка состояния растительного покрова по данным NDVI: изменение индекса как индикатор растительности в Северном Казахстане за 1993–2025 годы

А.А. Кусаинова

Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, aimarh@mail.ru

Аннотация. Настоящая статья посвящена анализу многолетней динамики индекса NDVI (нормализованного относительного индекса растительности) на территории Иртышского района Павлодарской области Северного Казахстана за период с 1993 по 2025 г. NDVI является ключевым показателем состояния растительного покрова и широко применяется в практике дистанционного зондирования Земли для оценки плотности и продуктивности растительности. В исследовании использованы архивные спутниковые данные, фиксирующие значения NDVI преимущественно в летний период (май – август). Проведен количественный анализ временного ряда, выявлены пики и спады в вегетационной активности, определены годы с экстремальными значениями индекса. Минимальное значение NDVI зафиксировано в 2019 г. (0,1), а максимальное – в 2012 и 2023 гг. (по 0,9). Среднее значение NDVI за весь анализируемый период составляет около 0,72, что указывает на преобладание умеренно густой растительности в регионе. Выявлена чёткая сезонная зависимость NDVI от месяца наблюдения: наивысшие значения приходятся на июль и август, что соответствует пику вегетационного периода. Особое внимание уделено аномальным изменениям в 1997, 2010 и 2019 гг., предположительно связанным с засушливыми условиями или антропогенными воздействиями. Полученные результаты могут быть использованы для оценки экологической устойчивости региона, планирования сельскохозяйственной деятельности и проведения экологического мониторинга. Также подчёркивается значимость долговременных спутниковых наблюдений как инструмента для анализа изменений природной среды в условиях изменяющегося климата.

Ключевые слова: NDVI, растительный покров, дистанционное зондирование, экологический мониторинг, Иртышск, Павлодарская область, сезонная динамика, изменение климата

Assessment of vegetation cover according to NDVI data: change in the index as an indicator of vegetation in Northern Kazakhstan in 1993–2025

A.A. Kusainova

Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, Kazakhstan, aimarh@mail.ru

Abstract. This article is devoted to the analysis of the long-term dynamics of the NDVI index (normalized relative vegetation index) in the territory of the Irtysh district of the Pavlodar region of Northern Kazakhstan for the period from 1993 to 2025. NDVI is a key indicator of the state of vegetation cover and is widely used in the practice of remote sensing of the Earth to assess the density and productivity of vegetation. The study uses archived satellite data that records NDVI values mainly in the summer (May–August). A quantitative analysis of the time series has been carried out, peaks and troughs in vegetation activity have been identified, and years with extreme index values have been identified. Thus, the minimum NDVI value was recorded in 2019 (0.1), and the maximum in 2012 and 2023 (0.9 each). The average NDVI value for the entire analyzed period is about 0.72, which indicates the predominance of moderately dense vegetation in the region. A clear seasonal dependence of NDVI on the month of observation has been revealed: the highest values occur in July and August, which corresponds to the peak of the growing season. Special attention is paid to anomalous changes in 1997, 2010 and 2019, presumably related to arid conditions or anthropogenic influences. The results obtained can be used to assess the environmental sustainability of the region, plan agricultural activities and conduct environmental monitoring. The importance of long-term satellite observations as a tool for analyzing environmental changes in a changing climate is also emphasized.

Keywords: NDVI, vegetation cover, remote sensing, environmental monitoring, Irtysh, Pavlodar region, seasonal dynamics, climate change

Территория Иртышского района Павлодарской области Северного Казахстана представляет собой важную аграрную и природно-климатическую зону, отличающуюся степным ландшафтом и резко континентальным климатом. В данном районе расположено множество сельскохозяйственных земельных угодий, где выращиваются зерновые культуры. В этой связи возникает необходимость оценить агроэкосистему региона. Эффективное управление природными ресурсами требует регулярного экологического мониторинга, особенно за состоянием растительности. Одним из самых информативных показателей является NDVI – нормализованный индекс растительности, получаемый по данным спутникового зондирования. NDVI варьируется от –1 до +1, где значения ближе к 1 соответствуют густой, активно растущей растительности (Хоменко, Беляев, 2015; Байжигитов, Курманбаев, 2018; Мезенцева и др., 2023).

В данной статье представлен анализ многолетней динамики значений NDVI в летне-вегетационный период на территории с. Иртышск за 1993–2025 гг. Цель исследования – выявить тенденции, аномалии и возможные экологические закономерности, связанные с изменением состояния растительного покрова.

Анализ NDVI за более чем 30 лет демонстрирует широкую амплитуду колебаний – от минимального значения 0,1 (в 2019 г.) до максимума 0,9 (в 2012 и 2023 гг.). Среднее значение за весь период составляет около 0,72, что соответствует устойчивому уровню растительности умеренной плотности. Однако разброс значений указывает на периодические колебания в продуктивности экосистем, вероятно, обусловленные климатическими, погодными и антропогенными факторами (Грызунов, Коротеев, 2016; Каримова, 2021; Бакытжан, 2024).

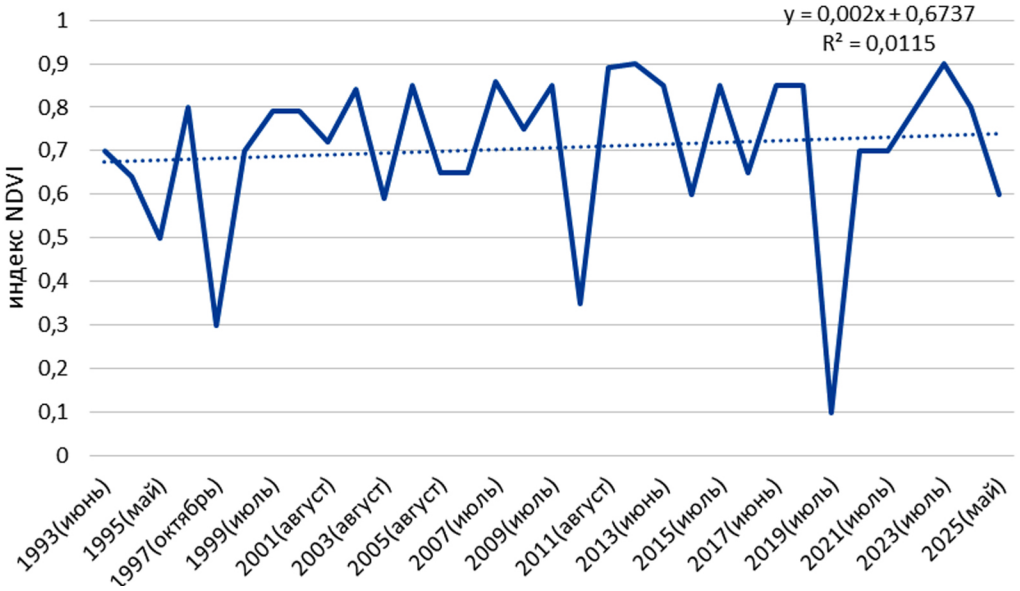
Особенности по десятилетиям:

– 1993–2002 гг. – плавный рост NDVI от 0,5–0,7 до 0,84 (2002), за исключением падения до 0,3 в 1997 г.;

– 2003–2012 гг. – заметные колебания: от 0,59 до 0,9, с резким падением в 2010 г.;

– 2013–2025 гг. – в целом стабильно высокие значения NDVI, за исключением критического падения в 2019 г.;

– линия тренда в целом характеризуется положительной динамикой с начала 2000-х гг., несмотря на краткосрочные спады (рисунок).



Динамика значений индекса NDVI на территории Иртышского района в 1993–2025 гг.

Начальный этап характеризуется умеренными значениями NDVI: 0,70 в июне 1993 г., 0,64 в 1994 г. и снижением до 0,5 в мае 1995 г. Очевидно влияние сезонности: майские значения ниже, чем июльские и августовские. В 1996 г. фиксируется значительный рост до 0,8 (август), что свидетельствует о благоприятных условиях – возможно, влажном и тёплом лете (таблица).

Резкое снижение до 0,3 в октябре 1997 г. можно объяснить как поздним сроком наблюдения (после завершения вегетационного периода), так и возможным засушливым сезоном. С 1999 г. NDVI снова растёт, достигая 0,84 в июле 2002 г. (Tucker, 1979; Didan, 2015; Мезенцева, Кусаинова, 2023). В этот период наблюдается повышенная нестабильность. В 2003 г. значение падает до 0,59, затем вновь растёт до 0,85 в 2004 г. В 2005–2006 гг. фиксируется повторяющееся значение 0,65, затем снова рост до 0,86 в 2007 г. и стабилизация на уровне 0,75–0,85. Однако в июне 2010 г. NDVI резко падает до 0,35 – вероятный результат засухи, пыльных бурь или снижения биомассы в результате сельскохозяйственного использования.

С 2011 по 2018 гг. NDVI демонстрирует устойчиво высокие значения: 0,89 в 2011 г., 0,9 в 2012 г. (максимум), и в дальнейшем колеблется в пределах 0,85. Это может указывать на устойчивые агроклиматические условия, успешное восстановление растительности и / или минимальное антропогенное вмешательство. Интересен факт, что пик значений NDVI часто приходится на июль – август, что подтверждает сезонную закономерность максимального фотосинтеза в середине лета (Турсунов, Исмаилова, 2023).

Значения индекса NDVI и характеристики растительного покрова на территории Иртышского района

Год (месяц)	Значение индекса NDVI	Характеристика
1993 (июнь)	0,70	Плотная, здоровая растительность (леса, сельхозугодья в пик роста)
1994 (июнь)	0,64	
1995 (май)	0,5	Хорошо развитая растительность (луга, поля, кустарники)
1996 (август)	0,8	Плотная, здоровая растительность (леса, сельхозугодья в пик роста)
1997 (октябрь)	0,3	Разреженная растительность, трава, сухие посевы
1998 (август)	0,7	Плотная, здоровая растительность (леса, сельхозугодья в пик роста)
1999 (июль)	0,79	
2000 (июль)	0,79	
2001 (август)	0,72	
2002 (июль)	0,84	
2003 (август)	0,59	Хорошо развитая растительность (луга, поля, кустарники)
2004 (июль)	0,85	Плотная, здоровая растительность (леса, сельхозугодья в пик роста)
2005 (август)	0,65	
2006 (август)	0,65	
2007 (июль)	0,86	
2008 (август)	0,75	
2009 (июль)	0,85	
2010 (июнь)	0,35	Разреженная растительность, трава, сухие посевы
2011 (август)	0,89	Плотная, здоровая растительность (леса, сельхозугодья в пик роста)
2012 (июнь)	0,9	
2013 (июнь)	0,85	
2014 (июнь)	0,6	Хорошо развитая растительность (луга, поля, кустарники)
2015 (июль)	0,85	Плотная, здоровая растительность (леса, сельхозугодья в пик роста)
2016 (июнь)	0,65	
2017 (июнь)	0,85	
2018 (июнь)	0,85	
2019 (июль)	0,1	Скудная растительность, слабый рост или стресс
2020 (июль)	0,7	Плотная, здоровая растительность (леса, сельхозугодья в пик роста)
2021 (июль)	0,7	
2022 (июль)	0,8	
2023 (июль)	0,9	
2024 (август)	0,8	Скудная растительность, слабый рост или стресс
2025 (май)	0,6	Плотная, здоровая растительность (леса, сельхозугодья в пик роста)

2019 г. выделяется резким снижением NDVI до 0,1 – наименьшее значение за весь период. Возможные причины: чрезвычайная засуха, снижение урожайности, вырубка растительности или пыльная буря. Этот год можно считать экологическим стрессовым маркером. С 2020 г. начинается восстановление: 0,7 – в 2020–2021 гг., 0,8 – в 2022 и 2024 гг., и 0,9 – в 2023 г. В 2025 г. NDVI снижается до 0,6 (в мае), что частично может объясняться ранним сроком наблюдения.

Рассматривая месяцы наблюдений, можно выделить следующую закономерность:

– май–июнь: более низкие значения NDVI (0,5–0,7), связанные с неполной вегетацией;

– июль–август: максимальные значения NDVI (0,79–0,9), отражающие пик продуктивности;

– октябрь: резкий спад NDVI до 0,3, что подтверждает завершение вегетационного сезона.

Таким образом, временные рамки наблюдения критически важны при интерпретации индекса NDVI. В результате исследования сделаны следующие выводы:

1. NDVI на территории Иртышска демонстрирует в целом положительную динамику с начала 2000-х гг., несмотря на краткосрочные спады.

2. Значительные колебания индекса NDVI (особенно в 1997, 2010 и 2019 гг.) свидетельствуют о подверженности региона климатическим рискам.

3. Максимальные значения индекса приходятся на июль и август, что подтверждает сезонную природу NDVI.

4. Аномально низкие значения требуют дополнительного междисциплинарного анализа (гидрометеорология, агрономия, экология).

Индекс NDVI помогает отслеживать рост и развитие растений на разных стадиях вегетации. В начале вегетации индекс растет, достигая пика в период активного роста и цветения, затем снижается в период созревания. Оценка значении NDVI помогает выявить участки, где растениям не хватает питательных веществ или влаги. Также данный индекс позволяет минимизировать затраты на агрохозяйство за счет точечного мониторинга и управления ресурсами. Долгосрочные спутниковые наблюдения и мониторинг NDVI может использоваться в качестве инструмента для анализа изменений природной среды в условиях изменяющегося климата и индикатора устойчивости агроэкосистем региона для принятия решений в сфере сельского хозяйства и охраны природы.

ЛИТЕРАТУРА

Хоменко И.А., Беляев А.И. Дистанционное зондирование Земли: основы теории и практики. М. : Академия, 2015. 272 с.

Байджигитов М.И., Курманбаев А.А. Агроэкологический мониторинг сельскохозяйственных угодий Казахстана. Алматы : Қазақ университеті, 2018. 214 с.

Мезенцева О.В. Кусаинова А.А., Галиуллина К.Р. Исследование влагозапаса в растительном покрове на территории Казахстана с применением спутниковых снимков // Безопасный Север – чистая Арктика : материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Сургут, 13–14 апреля 2023 г.) Сургут : Сургутский гос. ун-т, 2023. С. 240–244.

Бакытжан Е.А. Определение особенностей многолетней изменчивости состояния увлажнения долины реки Иртыш по спутниковым снимкам // Ratio et Natura. 2024. № 2(10).

Грызунов В.Н., Коротеев А.В. Геоинформационные технологии в экологическом мониторинге. М. : Инфра-М, 2016. 304 с.

Каримова А.А. Анализ пространственно-временных изменений NDVI в Северном Казахстане // География и природные ресурсы. 2021. № 2. С. 52–60.

Мезенцева О.В., Кусаинова А.А. Особенности многолетней изменчивости увлажнения ландшафтов Акмолинской области Республики Казахстан по данным спутниковой съемки // Природообустройство. 2023. № 5. С. 95–102. DOI 10.26897/1997601120235-95-102

Didan K. MODIS Vegetation Index User's Guide (MOD13 Series). NASA, University of Arizona, 2015. 64 p. URL: https://modis.gsfc.nasa.gov (дата обращения: 21.06.2025).

Tucker C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // Remote Sensing of Environment. 1979. Vol. 8, Iss. 2. P. 127–150.

Турсунов Е.М., Исмаилова Ж.А. Пространственно-временной анализ растительности с использованием NDVI: опыт Павлодарской области // Вестник Казахского агротехнического университета. 2023. № 4 (112). С. 83–89.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-30

Экзогенная обратимая сукцессия в тундрово-болотном полигональном комплексе

Н.Н. Лащинский[1, 2]

[1] *Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Российская Федерация; nnl630090@gmail.com*
[2] *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация; nnl630090@gmail.com*

Аннотация. Описана сукцессия растительности в полигональном тундрово-болотном комплексе на первой террасе в дельте р. Лена. Установлен экзогенный и обратимый характер сукцессии в зависимости от скорости деградации мерзлоты и общего рельефа и гидрологии территории. Для каждой стадии сукцессии выделены дешифровочные признаки, позволяющие диагностировать ее как в полевых условиях, так и на снимках высокого разрешения.

Ключевые слова: Арктика, полигонально-жильные льды, экзогенная сукцессия, тундра, микропоясность, гидроморфизм

Exogenous reversible succession in tundra-mire polygonal complex

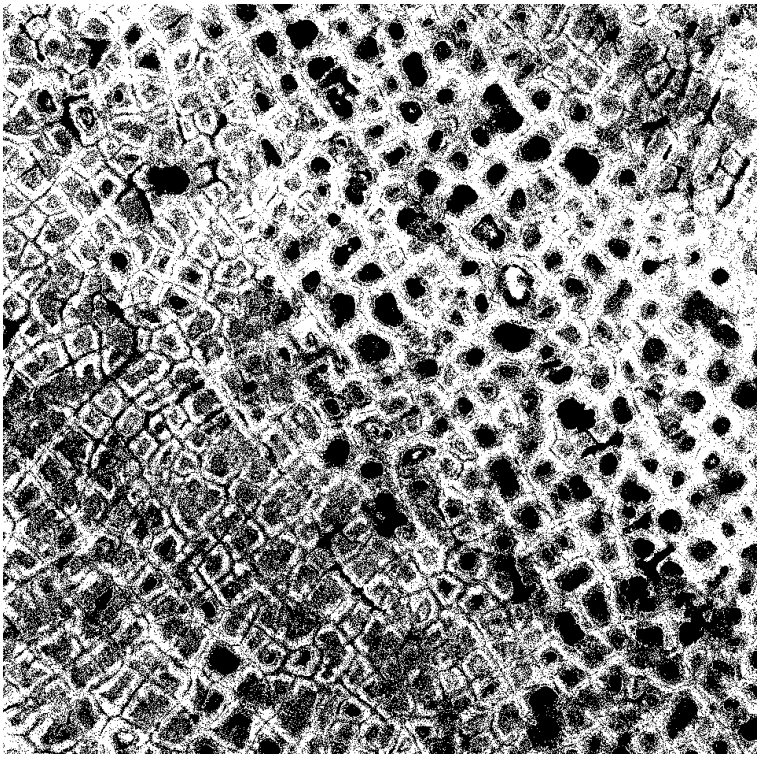
N.N. Laschchinskiy[1, 2]

[1] *Central Siberian botanical garden SD RAS, Novosibirsk, Russian Federation; nnl630090@gmail.com*
[2] *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; nnl630090@gmail.com*

Abstract. Vegetation succession in tundra-mire polygonal complex on the first terrace in Lena delta was described. It was found that succession has exogenous and reversible character depending on permafrost degradation velocity and on general relief and hydrology. For the each successional stage decoding signs were determined which allow to identify stages in field and on high-resolution images.

Keywords: Arctic, polygonal ice wedges, exogenous succession, tundra, micro belts, hydromorphism

Полигональный рельеф, сложенный повторно-жильными льдами, является типичным компонентом арктических низменностей, занимающих около 2/3 территории Арктики (French, 2007). Ледяные жилы разбивают поверхность на многоугольники около 5–7 метров в поперечнике, разделенные неглубокими трещинами вдоль ледяных жил. По краю полигонов часто формируются возвышения в виде валиков, оконтуривающих полигон (рисунок). Если полигональные структуры развиваются на торфянистых грунтах, растительность представлена сочетанием разнообразных болотных сообществ и описывается как полигональный болотный массив. Если грунт минеральный, то растительный покров образован комплексом тундровых и болотных сообществ.



Полигональный рельеф на первой террасе в дельте р. Лена

Полигональный тундрово-болотный комплекс абсолютно преобладает в обширной области юго-восточной части дельты р. Лены, представленной первой надпойменной террасой. Здесь процессы деградации полигонально-жильных льдов играют решающую роль в трансформации рельефа и растительного покрова. Существуют две основные гипотезы о зависимости морфологии полигонов от стадии деградации жил. Первая подразумевает линейный процесс деградации и однозначно доказывает связь начала деградации жил с наличием воды в межваликовом пространстве (Liljedahl et al., 2016). Вторая гипотеза более комплексная, подразумевает в целом идентичный процесс, но указывает на возможность возобновления процесса с начальной стадии при изменении природно-климатических условий (Kanevskiy et al., 2017).

Несмотря на то, что изменения в морфологии полигонов при деградации мерзлоты приводят к существенным изменениям рельефа и всего комплекса экологических условий, что не может не повлиять на изменения растительного покрова, сукцессия растительности в полигональном тундрово-болотном комплексе до настоящего времени не описана.

Настоящая работа представляет итог 8-и летних исследований растительного покрова дельты р. Лена на базе международной научно-исследовательской станции «Остров Самойловский». В ходе работы использовались ортофотопланы и цифровые модели рельефа, полученные с помощью БПЛА, а также данные наземного геоботанического обследования. Всего за годы работы на пяти модельных островах, представляющих геоморфологический уровень первой террасы, было сделано 230 геоботанических описаний, а также измерения мощности сезонно-талого слоя. Были составлены геоботанические карто-схемы, позволившие увязать пространственное распределение различных растительных ассоциаций в единый пространственно-временной сукцессионный ряд.

Начальным этапом следует рассматривать слабовыпуклые и плоские полигоны, занятые осоково-зеленомошной тундрой. В моховом покрове преобладает *Hylocomium obtusifolium*, содоминируют *Tomentypnum nitens* и *Aulacomnium turgidum*. Видовое разнообразие сосудистых растений 30–35 видов. Доминирует *Carex concolor*. Валики таких полигонов почти не выражены. Трещины между полигонами неглубокие до 30 см шириной. В трещинах *Eriophorum polystachyon, Comarum palustre*, *Carex concolor*.

Сукцессия растительности запускается вследствие просадки центральной части полигона. Просадка связана с деградацией льдистой мерзлоты, таянием льда и уменьшением объема грунта. Ледяные жилы, обрамляющие полигоны, более устойчивы к воздействию положительных температур вследствие значительной массы льда. Оформляются приподнятые валики по границе полигона. При небольшой просадке центральной части полигона в тундровых сообществах появляются четы гидроморфизма – увеличивается обилие и высота кустов ив (*Salix glauca* и *S. reptans*), увеличивается доля *Tomentypnum nitens* и *Aulacomnium turgidum* в моховом покрове. Индикатором первой стадии сукцессии может выступать *Orthilia obtusata*.

Дальнейшая просадка грунта приводит к формированию болотного сообщества с доминированием *Aulacomnium turgidum* и *A. palustre*, хорошо различимого по ярко-зеленому цвету. На поверхности хорошо выраженных валиков сохраняется осоково-зеленомошная тундра.

Следующая стадия связана с разрушением сплошного мохового покрова и образованием ярко зеленых кочек *Aulacomnium palustre*. В межкочьях появляется вода на поверхности, но не более 5 см глубиной. Состав мхов в межкочьях разнообразен с включением *Meesia triquetra, Scorpidium revolvens* и др. Среди сосудистых растений заметное участие принимает *Carex rariflora*.

Далее размеры и число кочек с видами аулакомниума сокращаются, микрорельеф становится более выровненным. Доминирует *Carex rariflora*, обильны *Carex concolor* и *C. chordorrhyza*. Вода на поверхности также не глубже 5–10 см.

Следующая стадия связана с развитием водоема. Это осоковое болото с доминированием *Carex chordorrhyza* и обилием *Carex concolor*. Глубина воды может быть до 20 см. Разнообразие мхов резко падает, иногда до полного их отсутствия. Появляются подводные формы мхов.

Далее, по мере углубления водоема образуются осоковые болота с *Carex concolor*. Глубина воды до 50 см. Часто встречается *Comarum palustre*. Обычна подводная форма *Scorpidium revolvens*, часто покрывающая все дно водоема.

Осоковое болото переходит в осоковую заросль из той же *Carex concolor*. Видовое разнообразие сообществ падает до 2–3 видов. Мхи часто отсутствуют даже в подводной форме.

Следующая возможная стадия – заросль *Dupontia fulva* – практически моновидовые сообщества при глубине водоема до 60–100 см.

Конечная стадия – открытый водоем. Глубина более 1 м. Дно часто песчаное.

Часто в пределах одного полигона можно наблюдать несколько стадий сукцессии, сменяющих друг друга от периферии полигона к центру и формирующих кольцевую микропоясную структуру. Некоторые стадии при этом сокращаются до полосы в 20–40 см или выпадают совсем.

Параллельно деградации мерзлоты в полигоне идет деградация ледяных жил по его границе. На валиках заметно их возвышение по углам полигонов с просадкой на сторонах. В просадках наблюдаются те же стадии сукцессии с 1-й по 4-ю, после чего происходит соединение двух соседних полигонов. Объединение полигонов может приводить к перетеканию воды и осушению одного из них, что тормозит сукцессию или же запускает ее в обратном направлении. В предельном случае, когда протаивание ледяных жил идет глубже, чем протаивание в полигоне, полигон дренируется и его растительный покров возвращается к состоянию осоково-зеленомошной тундры, нередко со значительным участием Dryas punctata. От начальной стадии такие комплексы отличают глубокие трещины между полигонами и выпуклая поверхность самих полигонов. Как правило, подобные комплексы возникают вблизи террасного уступа на хорошо дренируемой территории.

Описанная сукцессия является экзогенной и обратимой. Ее скорость и направленность определяется скоростью деградации мерзлоты и ледяных жил, а также рельефом и гидрологией территории.

ЛИТЕРАТУРА

French H.M. The Periglacial Environment, 3rd ed // Chichester and New York : John Wiley, 2007. 458 p.

Kanevskiy M., Shur Y., Jorgenson T., Brown D.R.N., Moskalenko N., Brown J., Walker D. A., Raynolds M.K., Buchhorn M. Degradation and stabilization of ice wedges: implications for assessing risk of thermokarst in Northern Alaska // Geomorphol. 2017. Vol. 297. P. 20–42.

Liljedahl A.K., Boike J., Daanen R.P., Fedorov A.N., Frost G.V., Grosse G., Hinzman L.D., Iijma Y., Jorgenson J.C., Matveyeva N. et al. Pan-Arctic Ice-Wedge Degradation in Warming Permafrost and Its Influence on Tundra Hydrology // Nat. Geosci. 2016. № 9. P. 312–318.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-31

Использование древесных растений для защиты почв от дефляции и повышения урожайности зерновых культур в степной Хакасии

А.И. Лобанов[1], В.В. Мулява[2]

[1] *Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии – филиал ФИЦ КНЦ СО РАН, с. Зеленое, Республика Хакасия, Российская Федерация; anatoly-lobanov@ksc.krasn.ru*
[2] *Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Российская Федерация; rubine@yandex.ru*

Аннотация. Для степной зоны Республики Хакасия характерен агроэкологический кризис, вызванный неадекватным использованием земель сельскохозяйственных угодий и дефляционными процессами после освоения целинных и залежных земель в 1954–1962 гг. Для борьбы с этими опасными явлениями используют разные виды защитных лесных насаждений (полезащитные лесные полосы, пастбищезащитные лесные полосы, прикошарные лесные полосы, затишковые лесные насаждения, зеленые (древесные) зонты и др.), состоящие из различных видов главных древесных пород. Установлено, что главными древесными породами, используемыми в защитном лесоразведении, являются: лиственница сибирская, береза повислая, сосна обыкновенная, вяз приземистый, тополь бальзамический, тополь черный, тополь лавролистный и ива остролистная. Использование долговечных лиственничных полезащитных лесных полос позволяет давать стабильную прибавку урожая яровой пшеницы на черноземных почвах от 0,9 до 6,6 ц/га. Рациональное использование древесных растений помогает обеспечить экологическую и продовольственную безопасность Республики Хакасия.

Ключевые слова: дефляция, лиственничные полезащитные лесные полосы, прибавка урожая яровой пшеницы, Республика Хакасия

Using woody plants to protect soils from deflation and increase grain yields in steppe Khakassia

A.I. Lobanov[1], V.V. Mulyava[2]

[1] *Scientific Research Institute of Agrarian Problems of Khakassia – Branch of the Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Zelenoe Village, Republic of Khakassia, Russian Federation; anatoly-lobanov@ksc.krasn.ru*
[2] *V.N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Krasnoyarsk, Russian Federation; rubine@yandex.ru*

Abstract. The steppe zone of the Republic of Khakassia is characterized by an agroecological crisis caused by inadequate use of agricultural lands and deflationary processes after the development of virgin and fallow lands in 1954–1962. To combat these dangerous phenomena, different types of protective forest plantations are used (field-protective forest belts, pasture-protective forest belts, near-mown forest belts, quiet forest plantations, green (tree) umbrellas, etc.), consisting of different types of main tree species. It has been established that the main tree species used in protective afforestation are: Siberian larch, silver birch, Scots pine, Siberian elm, balsam poplar, black poplar, laurel poplar and Norway willow. The use of long-lasting larch forest shelterbelts allows for a stable increase in the yield of spring wheat on chernozem soils from 0.9 to 6.6 c/ha. Rational use of woody plants helps to ensure environmental and food security of the Republic of Khakassia.

Key words: deflation, larch shelterbelts, increase in spring wheat yield, Republic of Khakassia

Основными отраслями сельского хозяйства в Республике Хакасия являются земледелие и животноводство, которые функционируют преимущественно в лесостепной, степной и сухостепной агролесомелиоративных зонах.

Масштабная распашка здесь в 1954–1962 гг. на площади более 500 тыс. га целинных и залежных земель привела к катастрофической вспышке очагов дефляции почв – выдуванию или развеиванию – крайне сложному процессу, проявляющемся на площади 430 тыс. га (86 %) (Подстрелов, 1995) и опустыниванию территории на площади 947,3 тыс. га (Панов, 2003). Особенно большие очаги дефляции были зарегистрированы в левобережном Абаканском, Боград-Ширинском и Минусинском дефляционных районах (рис. 1).

Цель работы – оценка видового состава главных древесных пород, используемых в защитном лесоразведении для защиты почв от дефляции, и их мелиоративной роли в богарных условиях Республики Хакасия.

Защитное лесоразведение как элемент управления экологией через лесомелиоративное обустройство ландшафтов завоевало безусловное признание (Савин и др., 2001; Пугачева, 2018; Пименов, Седельникова, 2022).

На рациональное землепользование, развитие агролесомелиорации и защитного лесоразведения направлены также важные документы: Субрегиональная национальная программа действий по борь-

бе с опустыниванием для юга Средней Сибири Российской Федерации (Субрегиональная …, 2000); Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 г. (Стратегия …, 2018).

Практически во всех дефляционных районах степной и сухостепной зон Республики Хакасия в целях борьбы с дефляцией и улучшения экологической обстановки начиная с 1967 г. было создано на разных типах каштановых и черноземных почв 15188 га полезащитных лесных полос и облесено 16415 га неудобных песчаных и супесчаных земель (Подстрелов, 1995).

Комплексные системы разных видов защитных лесных насаждений, по данным А. И. Лобанова (1988), А.И. Лобанова с соавторами (2015, 2024б), К.Н. Кулика, А.А. Мартынюка (2020), благотворно воздействуют на почвенную, воздушную среду и водный режим прилегающих полей, что сдерживает водную эрозию и дефляцию почв; смягчают засухи и суховеи; обогащают биосферный потенциал аграрного ландшафта посредством повышения продуктивности полей, наращивания древесной массы и образования целого ряда полезностей (грибы, ягоды, техническое и лекарственное сырье); улучшают санитарно-гигиенические и эстетические условия жизни населения; улучшают кормовую базу для скота и диких животных; повышают устойчивость преобразованной агросферы к природным возмущениям и антропогенным нагрузкам; ослабляют силу метелевых ветров, задерживают снег на полях, регулируют весной поверхностный сток, уменьшают смыв и улучшают гидрологический режим почвы; содействуют эффективному использованию удобрений. Благодаря этому положительным образом трансформируется водный, пищевой и биогенный режим территории, интенсифицируются почвообразовательные процессы. Сумма положительных признаков, приобретенных аграрным ландшафтом в результате лесомелиорации, создает качественно новый средообразующий эффект, выражающийся в повышении плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

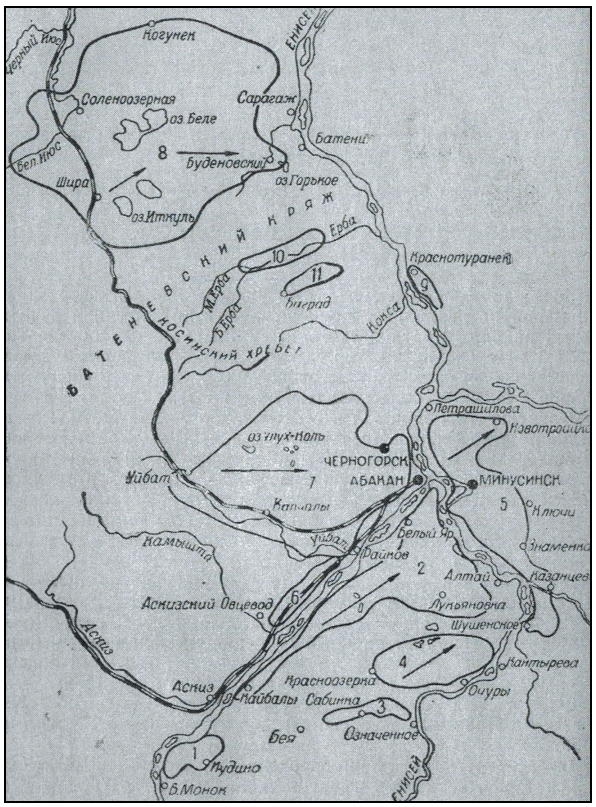


Рис. 1. Схема расположения районов дефляции на юге Красноярского края и в Республике Хакасия: 1, 2, 3, 4 – правобережный Абаканский; 6, 7 – левобережный Абаканский; 5, 9 – Минусинский; 8, 10, 11 – Боград-Ширинский. Стрелками показано направление господствующих ветров

В настоящее время в Республике Хакасия испытаны технологии создания полезащитных лесных полос (Лиховид, 1990; Лобанов, 1991; Савостьянов, Лиховид, 1995; Лобанов, Савин, 1998; Савин и др., 2001) и насаждений для целей животноводства (пастбищезащитные, прикошарные, затишковые, зеленые (древесные) зонты) (Технология…, 1995; Лиховид, Чарков, 2003; Лобанов, Савин, 2011).

В составе названных видов защитных лесных насаждений в разном соотношении участвуют: береза повислая (Betula pendula Roth.), вяз приземистый (Ulmus pumila L.), ива остролистная (Salix acutifolia Willd.), лиственница сибирская (Larix sibirica Ledeb.), сосна обыкновенная (Pinus sylvestris L.), тополь бальзамический (Populus balsamifera L.), тополь лавролистный (P. laurifolia Ledeb.), тополь черный (P. nigra L.), которые ранее в исконно безлесных степях Хакасии никогда не произрастали, и впервые были введены в культуру искусственным путем в 60-80-х гг. прошлого века (рис. 2).

Доля участия в составе полезащитных лесных полос по главным древесным породам составляет (в %): тополя разных видов – 54, вяз – 17, лиственница – 16, береза – 10, сосна – 2, ива – 1. Через 15–40 лет после их посадки сохранность тополей разных видов варьирует от 14,7 до 39,6 % (Лобанов и др., 2024в), вяза – 72 % (Подстрелов, 1995), березы – от 25,5 до 70,2 % (Ковылина и др., 2011; Лобанов и др., 2024б), сосны – от 1 до 69,2 % (Подстрелов, 1995; Ковылина и др., 2011; Лобанов и др., 2025), лиственницы – от 10 до 73 % (Подстредов, 1995; Лобанов и др., 2024а).

Средняя высота древесных растений в полезащитных лесных полосах – один из важнейших показателей роста и развития, обусловливающий дальность защитного и мелиоративного влияния искусственных лесонасаждений. Эта дальность, как правило, не превышает 25–30-кратности их средней высоты.

Рис. 2. Общий вид древесных пород, использованных в обустройстве ландшафтов Республики Хакасия: *а* – береза повислая; *б* – вяз приземистый; *в* – ива остролистная; *г* – лиственница сибирская, *д* – сосна обыкновенная; *е* – тополь бальзамический; *ж* – тополь лавролистный; *з* –тополь черный

Показатели роста основных древесных растений, используемых в защитном лесоразведении по агролесомелиоративным зонам Республики Хакасии, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средняя высота (м) древесных растений в разных агролесомелиоративных зонах

Растение	Возраст, лет	Агролесомелиоративная зона*		
		Лесостепная	Степная	Сухостепная
Береза	35–45	9–10	7–8	6–7
Вяз	35–45	8–9	7–9	5–7
Лиственница	35–45	11–12	9–10	7–8
Сосна	35–45	11–12	7–8	6–7
Тополь**	30–35	23–25	13–15	–

* По В.К. Савостьянову (2009).

** На участках с близкими грунтовыми водами.

Из табл. 1 видно, что самая быстрорастущая древесная порода – это тополь, способный достигать в степной зоне в 30–35 летнем возрасте в высоту 13–15 м на участках с близкими грунтовыми водами. Однако таких участков здесь крайне мало.

Тополя, произраставшие ранее на участках с глубокими грунтовыми водами, к 30–35-летнему возрасту, как правило, усыхали, а лесополосы деградировали. Поэтому от тополей в составе лесополос в богарных условиях степных и сухостепных районов Хакасии целесообразно полностью отказаться и необходимо переходить на более широкое использование долговечной лиственницы сибирской. Она в составе полезащитных лесных полос продолжает успешно произрастать и развиваться и после 60-летнего возраста, показывая хорошие противодефляционные и мелиоративные свойства.

Лиственничные полезащитные лесные полосы ажурно-продуваемой конструкции в зимний период не только накапливают снег на расстоянии до 10 их высот, пополняя весенние запасы влаги в почве, но и эффективно защищают почву от дефляции в многоснежные зимы (рис. 3).

Рис. 3. Снегонакопление на расстоянии 1–2 и 5 высот от лиственничной лесополосы, произрастающей на Ширинском сортоучастке Республики Хакасия

Охлаждая приземные слои воздуха на межполосных пространствах в жаркую погоду такие лесополосы на черноземах дают прибавку урожая яровой пшеницы от 0,9 до 6,6 ц/га (табл. 2).

Таблица 2

Прибавка урожая яровой пшеницы под влиянием лесных полос из лиственницы сибирской,произрастающих на южном легкосуглинистом черноземе в Ширинской степи Республики Хакасия

Конструкция лесополосы	Возраст, лет	Культура, сорт	Средневзвешенный урожай в зоне 5–10 Н*, ц/га	Урожай в открытом поле, ц/га	Прибавка урожая	
					ц/га	%
Повышенно-продуваемая	12	Пшеница Саратовская 29	7,8	6,9	0,9	13,0
Ажурно-продуваемая	49	Пшеница Кантегирская 89	34,2	27,6	6,6	23,9

* Н – средняя высота лесополосы.

Подводя итог сказанному, отметим, что среди испытанных древесных пород в защитном лесоразведении Республики Хакасия наиболее перспективной и долговечной из хвойных пород оказалась лиственница сибирская, обладающая хорошим ростом и удовлетворительными снегораспределительными свойствами в снежные зимы. Из лиственных древесных пород предпочтение в полезащитном лесоразведении следует отдавать березе повислой. Указанные древесные породы отличаются хорошими противодефляционными и мелиоративными свойствами. Для усиления борьбы с деградацией почв и опустыниванием территорий в республике необходимо еще дополнительно заложить 13,9 тыс. га полезащитных лесных полос (Пугачева, 2018), поскольку к 2003 г. их осталось в наличии всего 5,6 тыс. га (Кутькина, 2003). Впервые начатые в настоящее время комплексные исследования по формированию и лесоводственно-мелиоративной оценке разных видов защитных лесных насаждений в Республике Хакасия помогут выявить наиболее эффективные способы создания их нового поколения, оптимальный породный состав деревьев и кустарников и конструктивные особенности лесополос.

ЛИТЕРАТУРА

Ковылина О.П., Ковылин Н.В., Суханко Н.В. Исследование роста защитных лесных полос разного возрастного состава в Ширинской степи Хакасии // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. 28, № 1–2. С. 27–33.

Кулик К.Н., Мартынюк А.А. О мерах по совершенствованию государственной политики в сферах лесного хозяйства и лесозащитного лесоразведения // Аналитический вестник. 2020. № 12 (755). С. 24–30.

Кутькина Н.В. Влияние лесных полос на степные почвы // Защитное лесоразведение в аридной зоне. Абакан : НИИАП Хакасии, 2003. С. 66–100.

Лиховид Н.И. Технология создания полезащитных лесных полос на богарных и орошаемых землях Хакасской АО. Абакан : Хакас. СХОС, 1990. 26 с.

Лиховид Н.И., Чарков С.М. Пастбищезащитные лесные полосы и их эффективность в степных районах Хакасии // Защитное лесоразведение в аридной зоне. Абакан : НИИАП Хакасии, 2003. С. 174–183.

Лобанов А.И. Средообразующие и мелиоративные свойства полезащитных лиственничных насаждений Северной Хакасии // Современные вопросы полезащитного лесоразведения. Волгоград : ВНИАЛМИ, 1988. Вып. 3 (95). С. 149–157.

Лобанов А.И. Технология создания древесно-кустарниковых насаждений диагонально-крупносетчатой конструкции на подверженных дефляции землях // Защитное лесоразведение по природным зонам СССР. Волгоград : ВНИАЛМИ, 1991. Вып. 2(103). С. 56–60.

Лобанов А.И., Иванов О.А., Кравцова Л.П. Агролесомелиорация и защитное лесоразведение на юге Средней Сибири: краткие итоги исследований // Инновации и технологии в лесном хозяйстве: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства, 16–17 мая 2024 г., г. Санкт-Петербург. СПб. : СПбНИИЛХ, 2024а. С. 191–197. DOI: 10.21178/160524.191

Лобанов А.И., Иванов О.А., Кутькина Н.В., Чебочаков Е.Я., Мартынова М.А., Коновалова Н.А., Мулява В.Е., Мулява В.В. Лесные полосы – на защите почв от эрозии и повышении их плодородия // Проблемы плодородия почв в современном земледелии : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию освоения целинных и залежных земель (24–28 июня 2024 г., г. Красноярск). Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024б. С. 314–318.

Лобанов А.И., Кутькина Н.В., Мартынова М.А., Мулява В.Е., Мулява В.В. Жизнеспособность и лесоводственно-мелиоративная оценка лиственных лесных полос в Койбальской степи Республики Хакасия // Сибирский лесной журнал. 2024в. № 2. С. 31–40. DOI: 10.15372/SJFS20240204

Лобанов А.И., Мулява В.В., Мулява В.Е., Коновалова Н.А. Биологические аспекты роста и развития защитных лесонасаждений в Республике Хакасия // Лесное хозяйство: стратегия и перспективы развития : сб. тр. науч.-практ. онлайн-конф. с междунар. участием, 18 декабря 2024 г. Нижний Новгород : Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева, 2025. С. 459–469.

Лобанов А.И., Савин Е.Н. Новый способ выращивания и формирования лесных полос на пахотных землях в степях Сибири // Лесохозяйственная информация. 1998. Вып. 7. С. 1–8.

Лобанов А.И., Савин Е.Н. Larix sibirica Ledeb. в пастбищезащитных лесных полосах // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. XXIV. №. 3–4. С. 238–244.

Лобанов А.И., Савостьянов В.К., Пименов А.В. Дефляция почв и агролесомелиоративные мероприятия на юге Средней Сибири (к 55-летию Хакасского противоэрозионного стационара Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН) // Сибирский лесной журнал. 2015. № 1. С. 105–117. DOI: 10.15372/SJFS20150408

Панов В.С. Социально-экономические условия жизни населения в районах опустынивания на юге Средней Сибири // Защитное лесоразведение в аридной зоне. Абакан, 2003. С. 197–220.

Пименов А.В., Седельникова Т.С. Биоэкологические аспекты развития агролесомелиоративных исследований на Хакасском противоэрозионном стационаре Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН // Агролесомелиорация и опустынивание: Сб. мат-ов науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Федерал. науч. центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защ. лесоразведения Рос. академии наук. Волгоград, 21–23.07.2022 г. Волгоград : ФНЦ агроэколгии РАН, 2022. С. 133–136.

Подстрелов В.С. Состояние и перспективы защитного лесоразведения в степной зоне Хакасии // Защитное лесоразведение при формировании агроландшафтов в степи: Мат-лы симпоз. по защитн. лесоразведению, посвящ. памяти П. Ф. Фомина, г. Абакан, 9–10 авг. 1994 г. Новосибирск, 1995. С. 12–16.

Пугачева А.М. Роль агролесомелиоративных систем в степном землепользовании // Степи Северной Евразии : материалы VIII междунар. симпозиума. Оренбург : ИС УрО РАН, 2018. С. 800–803.

Савин Е.Н., Лобанов А.И., Невзоров В.Н., Ковылин Н.В., Ковылина О.П. Выращивание лесных полос в степях Сибири. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001. 102 с.

Совостьянов В.К. Агролесомелиоративное районирование засушливой зоны юга Средней Сибири и особенности создания защитных лесных насаждений. Абакан : НИИАП Хакасии, 2009. 23 с.

Савостьянов В.К., Лиховид Н.И. Технология создания двухрядных полезащитных лесных полос с широким междурядьем и освоения лесомелиорируемой территории в степных районах Хакасии. Абакан : НИИАП Хакасии, 1995. 10 с

Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года / К.Н. Кулик, А.Л. Иванов, А.С. Рулев, И.П. Свинцов, Е.С. Павловский, В.И. Петров, А.Т. Барабанов. Волгоград : ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. 36 с.

Субрегиональная национальная программа действий по борьбе с опустыниванием для юга Средней Сибири Российской Федерации / науч. рук. и отв. ред. В.К. Савостьянов. Абакан : НИИАПХ, 2000. 295 с.

Технология создания защитных лесных насаждений для целей животноводства в степных районах Хакасии / Е.Н. Савин, Н.И. Лиховид, С.М. Чарков, И.И. Глухов. Абакан, 1995. 13 с.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-32

Растительное сырье в фармацевтике и медицине как основа экологической безопасности

Р.С. Лунёв[1], Д.С. Лунёв[2]

[1] *СПб ГБПОУ «Академия управления городской средой, градостроительства и печати», Санкт-Петербург, Российская Федерация; Roman_Lunev@mail.ru*

[2] *Государственное бюджетное медицинское учреждение в Санкт-Петербурге и Ленинградской области «Ленинградская областная клиническая больница» (ГБУЗ ЛОКБ), Санкт-Петербург, Российская Федерация; den_lunyov@mail.ru*

Аннотация. В данной статье рассматривается роль растительного сырья в фармацевтике и медицине как важного компонента обеспечения экологической безопасности. Подчеркивается, что использование природных лекарственных средств способствует снижению воздействия на окружающую среду по сравнению с синтетическими препаратами. Исследуются современные тенденции в фитотерапии, которые отражают растущий интерес к безопасным и эффективным решениям в медицинской практике. Анализируются преимущества растительных экстрактов, такие как меньшая токсичность и аллергенность, а также их значимость для сохранения биоразнообразия. Статья подчеркивает, что интеграция растительного сырья в медицинские практики не только способствует лечению заболеваний, но и поддерживает экологическую устойчивость, что делает её актуальной в условиях современного мира.

Ключевые слова: фармацевтика, медицина, фитотерапия, экологическая безопасность, лекарственные средства, растительные экстракты

Plant raw materials in pharmaceuticals and medicine as the basis of environmental safety

R.S. Lunev[1], D.S. Lunev[2]

[1] *Saint Petersburg GBPOU "Academy of Urban Environment Management, Urban Planning and Printing", Saint Petersburg, Russian Federation; Roman_Lunev@mail.ru*

[2] *State budgetary medical institution in St. Petersburg and the Leningrad region "Leningrad Regional Clinical Hospital" (GBUZ LOKB), Saint Petersburg, Russian Federation; den_lunyov@mail.ru*

Abstract. This article examines the role of plant raw materials in pharmaceuticals and medicine as an important component of ensuring environmental safety. It is emphasized that the use of natural medicines helps to reduce the impact on the environment compared with synthetic drugs. The article examines current trends in herbal medicine, which reflect the growing interest in safe and effective solutions in medical practice. The advantages of plant extracts, such as lower toxicity and allergenicity, as well as their importance for the conservation of biodiversity, are analyzed. The article emphasizes that the integration of plant raw materials into medical practices not only contributes to the treatment of diseases, but also supports environmental sustainability, which makes it relevant in the modern world.

Keywords: pharmaceuticals, medicine, phytotherapy, environmental safety, medicines, plant extracts

Растительное сырье занимает важное место в фармацевтике и медицине, обеспечивая человечество натуральными лекарственными средствами. С увеличением интереса к экологически чистым продуктам возрастает и роль растительных экстрактов как альтернативы синтетическим препаратам. Использование растительного сырья в фармацевтике и медицине связано с необходимостью обеспечения экологической безопасности, так как лекарственные растения могут накапливать тяжёлые металлы, радионуклиды и другие вредные вещества.

Загрязнение сырья происходит из-за активной хозяйственной деятельности человека, например из-за загрязнения окружающей среды промышленными предприятиями, автомобильным и железнодорожным транспортом, использования пестицидов и других химикатов. Использование экологически загрязнённого лекарственного сырья может нанести вред организму человека. Например, применение настоев и отваров из сырья, обсеменённого бактериями и грибами, может привести к заболеваниям мочеполовой сферы и органов дыхания.

С нашей точки зрения, для обеспечения экологической безопасности растительного сырья в фармацевтике и медицине необходимо:

1. Контролировать качество сырья. Для этого разрабатывают нормативные документы, которые позволяют контролировать подлинность, чистоту и доброкачественность сырья;

2. Проводить комплексные исследования. Они включают оценку ресурсов, определение содержания тяжёлых металлов и радионуклидов, установление экологической безопасности сырья;

3. Соблюдать меры по охране и рациональному использованию растительного сырья. К таким мерам относятся, например, соблюдение оборота заготовки, максимально щадящие способы сбора лекарственных растений, соблюдение правил сушки и хранения сырья (Стожаров, 2007, с. 57).

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует разрабатывать национальные требования в области безопасности и качества лекарственного растительного сырья и препаратов на его основе. Рассмотрим экологические преимущества фарминдустрии растительного сырья в фармацевтике и медицине. Так, использование растительного сырья способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду. Продукты, полученные из растений, имеют меньший риск токсичности и аллергенности, что важно для сохранения биоразнообразия и здоровья людей (Харкевич, 2018, с. 600).

Рассмотрим современные тенденции развития фарминдустрии растительного сырья в фармацевтике и медицине как основе экологической безопасности. В последние годы наблюдается рост популярности фитотерапии, что связано с поиском безопасных и эффективных средств. Научные исследования подтверждают эффективность многих растительных веществ, что открывает возможности для их применения в медицине (Харкевич, 2018, с. 602).

Современная фармацевтика и медицина все чаще обращаются к растительным ресурсам как к эффективному и экологически безопасному средству в лечении различных заболеваний. Использование растительного сырья в медицинских целях не только позволяет находить альтернативу синтетическим препаратам, но и способствует охране окружающей среды.

Растительные экстракты и препараты, такие как фитопрепараты, широко применяются благодаря своему меньшему токсическому воздействию на организм и низкой аллергенности. Это особенно актуально в условиях повышенного внимания к вопросам здоровья населения и снижения количества побочных эффектов.

Кроме того, растительное сырье играет важную роль в поддержании биоразнообразия. Устойчивое и ответственное использование растений в медицине позволяет сохранять экосистемы. Оно также способствует развитию традиционных методов лечения, которые передаются из поколения в поколение и подчеркивают важность локальных экосистем. Научные исследования подтверждают эффективность многих растительных компонентов, которые используются для создания новых лекарств. Это открывает новые горизонты в разработке экологически чистых и безопасных медицинских решений.

В последние десятилетия наблюдается растущий интерес к природным лекарственным средствам как к альтернативе синтетическим препаратам. Этот тренд обусловлен не только эффективностью фитотерапии, но и необходимостью снизить негативное воздействие на окружающую среду. Природные лекарственные средства часто производятся из растений, грибов и минералов, что подразумевает использование менее токсичных компонентов по сравнению с синтетическими аналогами. Это позволяет избежать загрязнения воды и почвы, которое часто связано с химической обработкой и добычей сырья для синтетических препаратов.

Кроме того, процесс производства природных средств обычно менее энергоемкий, что способствует снижению углеродного следа. В отличие от синтетических препаратов, для которых требуются сложные производственные цепочки, растительные лекарства могут быть получены с минимальным воздействием на природу.

Когда речь идет о биоразнообразии, использование природных ресурсов способствует устойчивому развитию. Соответствующие подходы к сбору и культивированию лекарственных растений помогают сохранить экосистемы и поддерживать разнообразие видов. Использование природных лекарственных средств не только отвечает потребностям современного общества в безопасном и эффективном лечении, но и играет важную роль в защите окружающей среды. Это ведет к созданию более устойчивых решений в области здравоохранения и охраны природы (Денисенко, 2004, с. 73).

С нашей точки зрения, фитотерапия, лечение растительными препаратами, переживает новый этап популярности в медицинской практике. Современные тенденции показывают растущий интерес к безопасным, эффективным и натуральным решениям, что влияло на обновление методов лечения во многих областях медицины. Одной из ключевых тенденций является интеграция фитотерапии в традиционную медицину. Все больше врачей осознают важность растительных средств как дополнение к стандартной терапии, особенно в области профилактики и поддерживающего лечения (Минина, 2004, с. 115). Исследования подтверждают, что экстракты растений, такие как эхинацея, женьшень и зеленый чай, могут способствовать укреплению иммунной системы и улучшению общего состояния здоровья.

Кроме того, активно развиваются стандарты качества фитопрепаратов. Современные технологии позволяют исследовать состав растений и выявлять активные компоненты, что обеспечивает большую предсказуемость и безопасность применения. Поддержка научных исследований часто ведет к созданию новых лекарственных форм и комбинированных препаратов, которые сочетают в себе преимущества различных растений. Важно отметить и растущий интерес к индивидуальному подходу в фитотерапии. Персонализированные фитопрограммы помогают учитывать уникальные особенности организма каждого пациента, что делает лечение более эффективным и минимизирует риск побочных эффектов.

Итак, современные тенденции в фитотерапии отражают стремление к безопасным и эффективным решениям в медицинской практике. Сочетание традиционных знаний и современных научных подходов открывает новые горизонты в области здоровья и благополучия.

Мы считаем, что растительные экстракты становятся все более популярными в фармацевтике и косметологии благодаря множеству своих преимуществ. Основные их характеристики – меньшая токсичность и аллергенность – делают растительные компоненты привлекательным выбором для потребителей и специалистов. В отличие от синтетических препаратов, они часто вызывают значительно меньше побочных эффектов, что делает их более безопасными для длительного использования. Например, экстракты ромашки или календулы применяются для успокоения кожи и снижения воспалительных процессов, минимизируя риск аллергических реакций. Более того, растения содержат множество биоактивных веществ, которые способны оказывать терапевтическое действие без негативных последствий. Это делает растительные экстракты интересными для пациентов, стремящихся к естественным и безопасным методам лечения. Растительное сырьё, содержащее множество биологически активных веществ, часто является основой для разработки натуральных лекарств и препаратов. Использование этих компонентов позволяет лечить различные заболевания с меньшими рисками побочных эффектов, чем синтетические аналоги. Например, экстракты элеутерококка и женьшеня применяются для повышения иммунитета и улучшения общего самочувствия (Коломиец и др.,2004, с. 26).

Кроме того, использование растительных экстрактов имеет важное значение для сохранения биоразнообразия. Разумное и устойчивое использование растений способствует сохранению экосистем и поддержанию разнообразия видов. Выращивание определенных культур, таких как лечебные травы, способствует восстановлению природных мест обитания и предотвращает уничтожение диких растений. Поддержка местных фермеров и производителей также помогает сохранять культурное наследие и традиционные знания о лекарственных растениях. Это создает устойчивую практику, которая может быть полезна для будущих поколений.

Кроме того, применение растительного сырья способствует сохранению биоразнообразия. Выращивание местных лечебных культур поддерживает экосистемы и помогает восстановить природные ареалы. Это, в свою очередь, усиливает устойчивость фермерских хозяйств и местных сообществ. Интеграция традиционных знаний о растениях в современные медицинские практики также способствует охране культурного наследия и изучению уникальных экосистем. Придерживаясь принципов устойчивого развития, мы можем обеспечить доступ к ценным природным ресурсам и снизить давление на природу.

В условиях изменения климата и необходимости бережного отношения к ресурсам интеграция растительного сырья в медицинские практики становится не просто трендом, а необходимостью. Это направление обеспечивает здоровое будущее, способствуя не только лечению людей, но и охране окружающей среды. Интеграция растительного сырья в фармацевтику не только способствует лечению заболеваний, но и поддерживает экологическую безопасность. Будущее медицины зависит от гармоничного сосуществования с природой.Современная фармацевтика активно использует растительное сырье для разработки лекарств. Растения являются богатым источником биоактивных соединений, которые обладают терапевтическими свойствами. Основные преимущества растительных препаратов включают высокую биодоступность и более низкий уровень побочных эффектов по сравнению с синтетическими аналогами.

Исследования показывают, что экстракты трав, такие как валериана, мелисса и женьшень, эффективны при лечении различных заболеваний, от стресса до диабета. Современные технологии экстракции и стандартизации позволяют получать концентраты, которые сохраняют активные компоненты растений. Важно также отметить, что растительные препараты могут быть основой для создания новых синтетических лекарств. Исследование структуры и действия природных веществ ведет к открытию новых терапевтических мишеней и улучшает понимание механизмов действия лекарств.

Таким образом, фармацевтические и медицинские препараты на основе растительного сырья играют важную роль в современном здравоохранении, способствуя развитию эффективных и безопасных лечебных средств.

ЛИТЕРАТУРА

Денисенко О.Н. Лекарственные средства растительного происхождения. СПб. : Питер, 2004. 304 с.

Коломиец Н.Э., Туева И.А., Мальцева О.А., Дмитрук С.Е., Калинкина Г.И. Оценка перспективности некоторых видов лекарственного растительного сырья с точки зрения их экологической чистоты // Химия растительного сырья. 2004. № 4. С. 25–28.

Минина С.А. Химия и технология фитопрепаратов: учебное пособие для вузов. М. : Геотар-Мед, 2004. 558 с.

Стожаров А.Н. Медицинская экология: учебное пособие. Минск : Выш. шк., 2007. 368 с.

Харкевич Д.А. Фармакология : 12-е изд., испр. и доп. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2018. 760 с.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-33

Особенности семенного размножения сибирских видов лилии и лилейника при интродукции на юге Томской области

Лю Си[1], Т.Н. Беляева[2]

[1] *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация; naos39429@gmail.com*

[2] *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Сибирский ботанический сад, Томск, Российская Федерация; tnbel17@yandex.ru*

Аннотация. Приводятся сведения о семенной продуктивности, фертильности пыльцевых зерен и жизнеспособности семян 3 видов лилий и 2 видов лилейника сибирской флоры в условиях культуры на юге Томской области. Регулярное плодоношение установлено у видов лилейника, л. карликовой и л. саранки, высокая эффективность семенного размножения – у л. карликовой. Семена лилий имели высокую всхожесть: 88–100 %, семена лилейников прорастали со всхожестью 50–65 %.

Ключевые слова. Интродукция растений, *Lilium*, *Hemerocallis*, фертильность пыльцевых зерен, семенная продуктивность, всхожесть семян

Features of seed propagation of siberian species of lilies and daylily in introductions in the south of Tomsk region

Liu Si[1], T.N. Belyaeva[2]

[1] *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; email*

[2] *National Research Tomsk State University, Siberian Botanical Garden, Tomsk, Russian Federation; tnbel17@yandex.ru*

Abstract. The article provides information on the seed productivity, pollen grain fertility, and seed viability of 3 species of lilies and 2 species of daylilies from the Siberian flora under cultivation conditions in the south of the Tomsk Region. Regular fruiting was established in daylily species, *Lilium pumilum*, *L. pilosiusculum*, high efficiency of seed propagation was found in *L. pumilum*. Lily seeds had a high germination rate: 88–100%, daylily seeds germinated with a germination rate of 50–65 %.

Keywords: Introduction of plants, *Lilium*, *Hemerocallis*, pollen grain fertility, seed productivity, seed germination

Введение

Проблема сохранения биоразнообразия и рационального использования биологических ресурсов относится к глобальным проблемам современности. Ключевая роль в сохранении генофонда растений и расширении их культигенного ареала принадлежит ботаническим садам, которые представляют собой основные центры сохранения биоразнообразия растений *ex situ*.

В Сибирском ботаническом саду в открытом грунте культивируется 9 видов рода *Lilium* L. (лилия) и 5 видов рода *Hemerocallis* L. (лилейник); 2 вида лилий выращивается в условиях закрытого грунта. При этом несомненный практический интерес для озеленения, селекционных исследований и применения в медицине представляют прежде всего виды сибирской флоры, обладающие высокой декоративностью и устойчивостью в культуре (Belaeva et al., 2024). На территории Сибири численность популяций видов заметно сокращается в результате воздействия антропогенных факторов и нарушения местообитаний, а также сбора растений на букеты. Виды лилий и лилейник малый занесены в ряд региональных сибирских Красных книг.

Цель исследования – выявление особенностей семенного размножения некоторых видов лилий и лилейника сибирской флоры при интродукции в Сибирском ботаническом саду Томского государственного университета (СибБС ТГУ) для сохранения биоразнообразия видов и получения посадочного материала растений.

Материал и методики

Исследования проводили в 2024–2025 гг. на приоранжерейной территории СибБС ТГУ.

Объектами исследования послужили 3 вида лилий и 2 вида лилейника сибирской флоры. *Lilium pilosiusculum* (Freyn) Miscz. (*L. martagon* L. var. *pilosiusculum* Freyn. et Litv.; *Lilium martagon* ssp. *pilosiusculum* (Freyn) Miscz. ex Iljin). – Лилия саранка. Азиатский вид с дизъюнктивным ареалом. Встречается по всей Сибири, в Северной Монголии и Северо-Западном Китае (провинция Синьцзян) в горных и равнинных лесных районах (Власова, 1987). Растет в хвойных и смешанных лесах, березовых рощах, горных лесах, на лесных полянах, разнотравных и субальпийских лугах. Привлечен в СибБС ТГУ из окрестностей н. п. Аникино (Томский район).

L. pensylvanicum Ker-Gawler – Л. пенсильванская, или даурская. Восточноазиатский вид. Растет на пойменных и лесных лугах, опушках лиственничных и березовых лесов, в разреженных зарослях кустарников, на галечниках; в горнолесном поясе – на горных лугах (Власова, 1987). В Сибирский ботанический сад привлечены образцы из культуры из г. Барнаула (НИИСС им. М.А. Лисавенко) в 1995 г.; г. Новосибирска (ЦСБС СО РАН) в 1998 г.; в 2015 г. – из природы (Забайкальский край).

Lilium pumilum Delile – Л. карликовая. Сибирско-восточноазиатский вид. Распространен в Средней и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке; вне России – в Монголии, Северо-Восточном Китае, п-ове Корея (Власова, 1987). Встречается в горных и предгорных районах на лесных полянах, остепненных лугах, сухих каменистых и щебнистых склонах, осыпях, скалах, в луговых степях, зарослях кустарников. Включен в региональные Красные книги на территории Сибири. В Сибирский ботанический сад образцы растений привлечены в 2016 г. из Республики Хакасия (окрестности оз. Белё).

Hemerocallis middendorffii Trautv. & C.A. Mey. – Лилейник Миддендорфа. Восточноазиатский вид, произрастающий на лугах, по склонам гор, в лиственных лесах, зарослях кустарников. Образцы растений привлечены в культуру из Забайкальского края.

Hemerocalis minor Mill. – Лилейник малый. Азиатский вид (Сибирь, российский Дальний Восток, Восточная Монголия, Северный и Северо-Восточный Китай, Корея) (Власова, 1987). Произрастает в светлых лесах, на пойменных, остепненных и лесных лугах, в луговых степях. Растения в культуру привлечены из природы (Томская область).

Ритм сезонного развития видов растений изучали в течение вегетационного периода, используя методику фенологических наблюдений, разработанную И.Н. Бейдеман (1974).

Потенциальную (ПСП) и реальную (РСП) семенную продуктивность определяли как среднее число семяпочек и реально образующихся семян на генеративный побег. Коэффициент продуктивности (Кпр) рассчитывали, как отношение РСП к ПСП, выраженное в процентах (Злобин, 2000). Процент плодообразования (ПП) устанавливали, как отношение числа завязавшихся плодов к числу цветков в соцветии, выраженное в процентах. Для анализа использовали не менее 30–50 плодов.

Жизнеспособность семян оценивали по показателю лабораторной всхожести, в четырехкратной или пятикратной повторности по 50 штук в каждой. Проращивание семян проводили в стеклянных чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге при комнатной температуре от +20 до +22 °С на свету. Для определения массы 1000 семян использовали не менее 4 навесок по 100 штук в каждой (Методические …, 1980). Массу 1000 семян определяли на электронных весах (DX-200, A and D, Япония) с ценой деления 0,001 г. Биометрические характеристики семян исследовали при помощи окуляр-микрометра с использованием микроскопа МБС-10.

Фертильность пыльцы определяли гистохимической реакцией на краситель ацетоорсеин (Практикум по цитологии…, 2013). Для подсчета использовали не менее 300 пыльцевых зерен, в пяти повторностях, из полностью раскрывшихся пыльников с 15 соцветий каждого вида растений.

Результаты измерений обрабатывали с использованием программы Statistica 8.0 (Жукова, Минец, 2020). Определяли следующие показатели: M (Mean) – среднюю арифметическую; m (SE) – ошибку средней арифметической, σ – стандартное отклонение, CV – коэффициент вариации, Min–Max – минимальное и максимальное значение.

Результаты исследований

Исследованные виды рода *Lilium* являются многолетними луковичными травянистыми поликарпиками. Продолжительность вегетации составляет 106–120 дней. Феноритмотип – весенне-летнезеленый. Отрастание растений отмечено в начале мая, цветение – в июне – начале июля в течение 9–17 дней. Период от начала отрастания до начала цветения – 35–42 дней. Цветки сохраняют декоративность в зависимости от погодных условий от 3 до 7 дней. Семена созревали в августе – начале сентября. Лилия карликовая характеризовалась регулярным плодоношением и созреванием семян (табл. 1), что во многом обусловлено высокой фертильностью пыльцевых зерен (92,1 %). Образцы л. пенсильванской из г. Барнаула (НИИСС им. М.А. Лисавенко) семян не образуют, что обусловлено низкой фертильностью пыльцевых зерен (40 %) и вероятным полиплоидным происхождением, связанными с аномалиями развития пыльцы и нарушениями мейоза. Образец из природы завязывает семена, но нерегулярно; фертильность пыльцевых зерен составляет 91,5 %. Лилия саранка отличается, как и л. карликовая, высокой фертильностью пыльцевых зерен (96 %) и в 2024 г. имела хорошую семенную продуктивность (табл. 1); в 2025 г. завязывались единичные плоды, семенная продуктив-

ность была невысокой в связи с пересадкой растений на новое место и, возможно, засушливым и жарким периодом формирования семян в июне – июле.

Семена лилий в среднем 5,1–7,4 мм дл. и 3,6–4,7 мм шир., неправильной округло-треугольной формы с округлыми краями и пленчатым крылом, плоские, буровато-коричневые (табл. 1; рис. 1), наиболее крупные у л. саранки. Параметры семян характеризуются низкой изменчивостью в пределах 4,4–9,0 %, что позволяет использовать их в качестве диагностических признаков видов. Масса 1000 семян изученных видов 4,2–6,8 г. Лабораторная всхожесть семян *L. pilosiusculum* при проращивании на свету через 7 месяцев после сбора при температуре 22°С составляла 88–96 % (в среднем 92), *L. pumilum* 98–100 %, *L. pensylvanicum* – 94 %. Семена л. карликовой начинают прорастать на 6–7-й день, прорастание быстрое, дружное, в течение 4–6 дней, у л. пенсильванской – в течение 5–9 дней. Семена л. саранки характеризовались более растянутым прорастанием в течение 12–14 дней, период до прорастания – 8 дней. Полученные данные о всхожести семян видов лилий соответствуют сведениям, приводимым в литературе (Фомина, 2012; Мухина, 2019), однако всхожесть семян л. пенсильванской и л. саранки была выше, чем при интродукции в Новосибирске, где она составила в среднем соответственно 70 и 59 %.

Таблица 1

Морфометрические характеристики семян видов лилий при интродукции в СибБС ТГУ

Название вида	Длина семени, мм			Ширина семени, мм		
	Min – Max	$X \pm m$	CV, %	Min – Max	$X \pm m$	CV, %
Hemerocallis middendorffii	4,0–6,2	4,9 ± 0,2	8,0	2,7–3,6	3,1 ± 0,1	8,7
H. minor	3,4–5,2	4,2 ± 1,3	8,1	2,2–3,7	2,8 ± 0,1	7,6
Lilium pensylvanicum	5,2–6,4	5,9 ± 0,2	9,0	4,4–5,7	5,1 ± 0,2	8,8
L. pilosiusculum	6,6–8,0	7,4 ± 0,1	6,2	4,7–5,8	5,4 ± 0,1	5,2
L. pumilum	4,9–5,5	5,1 ± 0,1	7,0	3,6–4,5	4,1 ± 0,05	4,4

Примечание. Min – минимальное значение; Max – максимальное значение; X – среднее арифметическое значение; m – ошибка средней арифметической; CV – коэффициент вариации, %.

Рис. 1. Семена видов лилий и лилейников (СибБС ТГУ) *Hemerocallis minor* (A), *H. middendorffii* (B), *Lilium pilosiusculum* (C), *L. pensylvanicum* (D), *L. pumilum* (E)

Реальная семенная продуктивность л. саранки составила в 2024 г. 656,6 семян на побег (Кпр 49 %); л. карликовой 330,6–336,8 семян на побег с высокими показателями коэффициента продуктивности (Кпр) (75,8–76,4 %) (табл. 2; рис. 2). Процент плодообразования также высокий у л. карликовый – 75,8–76,4 % и хороший (59,8 %) у л. саранки в 2024 г. У л. пенсильванской из природы в коробочках в 2024 г. формировалось 136–191 семян, в 2025 г. завязывалось 56–115 семян.

Таблица 2

Элементы семенной продуктивности изученных видов лилий и лилейника при интродукции в СибБС ТГУ

Название вида	Год	Число цветков на побеге, шт.	Число плодов на побеге, шт.	Число семязачатков в цветке, шт.	Число семян в плоде, шт.	ПП, %	Кпр, %
Hemerocallis middendorffii	2024	1,9 ± 0,05	1,4 ± 0,05	22,8 ± 1,9	10,2 ± 1,1	71,8	33,0
	2025	3,0 ± 0,2	2,2 ± 0,1	21,7 ± 0,6	7,3 ± 0,5	73,3	24,7
H. minor	2024	2,4 ± 0,1	1,8 ± 0,08	73,9 ± 7,2	36,2 ± 3,1	75,0	36,7
	2025	2,5 ± 0,1	2,2 ± 0,2	88,0 ± 7,7	46,0 ± 4,2	80,0	46,0
Lilium pilosiusculum	2025	9,7 ± 0,3	5,8 ± 0,5	138,1 ± 8,6	113,2 ± 7,0	59,8	49,0
L. pumilum	2024	2,2 ± 0,05	2,0 ± 0,1	198,3 ± 17,5	165,3 ± 14,9	90,9	75,8
L. pumilum	2025	2,7 ± 0,1	2,5 ± 0,1	163,1 ± 12,0	134,7 ± 10,9	92,6	76,4

Примечание. ПП – процент плодообразования, %; Кпр – коэффициент продуктивности, %.

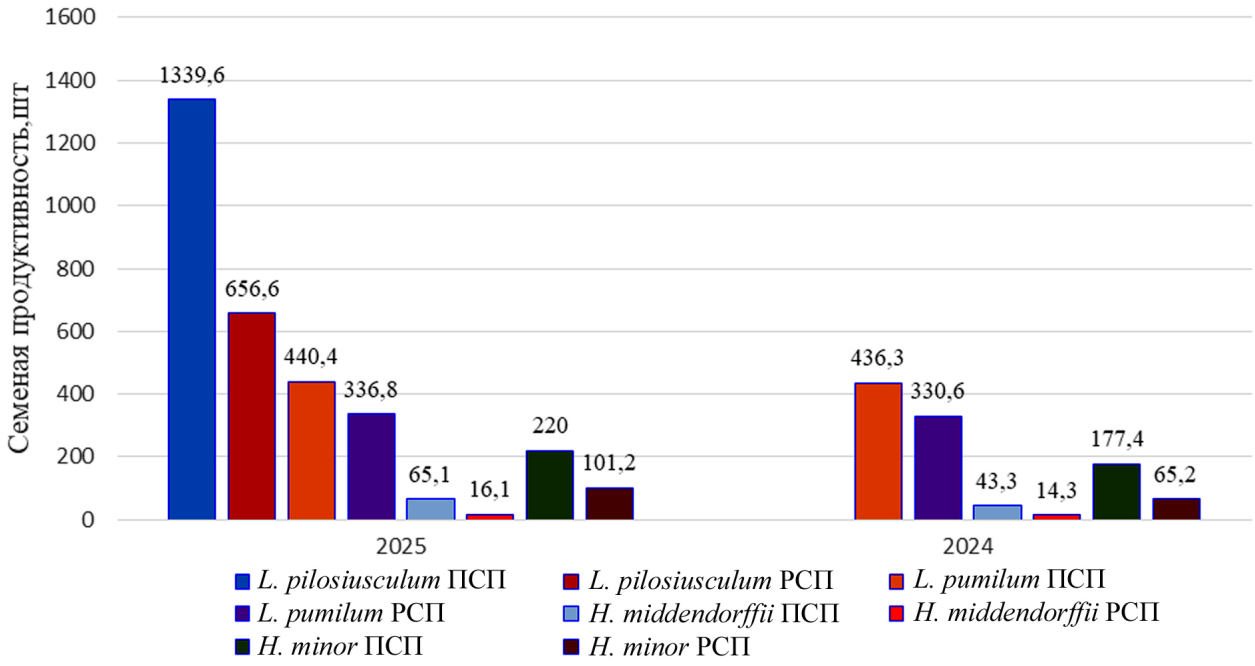


Рис. 2. Семенная продуктивность генеративного побега видов лилий и лилейника при интродукции в СибБС ТГУ (2024–2025 гг.): ПСП – потенциальная семенная продуктивность, шт. семязачатков; РСП – реальная семенная продуктивность, шт. семян

Виды лилейника начинали вегетировать вскоре после схода снега во второй половине апреля. По срокам начала цветения отнесены к раннелетним растениям, зацветающим в первой половине июня; характеризуются регулярным цветением и плодоношением. Семена л. Миддендорфа созревают на 30 дней быстрее, чем у л. малого.

Семена изученных видов в среднем 4,2–4,9 мм дл. и 2,8–3,1 мм шир., более крупные у л. Миддендорфа, гладкие, овальные, черные или коричнево-черные, с блеском (см. табл. 1; рис. 1). Лабораторная всхожесть семян лилейников через 7 месяцев после сбора составляла 50 % у л. Миддендорфа и 65 % у л. малого; период до начала прорастания – 4–7 дней, что соответствует литературным данным, приводимым для Новосибирска (Фомина, 2012). Реальная семенная продуктивность более высокая у л. малого, являющегося аборигенным видом (65,2–101,2 семян на побег против 14,3–16,1 семян у л. Миддендорфа) (см. табл. 2, рис. 2). Эффективность семенного размножения л. малого также выше, чем у восточноазиатского вида л. Миддендорфа, что отражается в значениях коэффициента продуктивности таксонов (см. табл. 1).

Заключение

Регулярное образование семян в условиях интродукции на юге Томской области установлено у 2 исследованных видов лилейника, лилии карликовой и л. саранки. Высокая эффективность семенного размножения обнаружена у лилии карликовой. Коэффициент продуктивности лилейников составил 24,7–46,0 %, более высокий у аборигенного вида лилейника малого. Фертильность пыльцевых зерен изученных видов высокая, за исключением образца лилии пенсильванской из культуры, который, вероятно, является полиплоидом и не формирует семян.

Изученные виды лилейника, лилии пенсильванская и саранка могут быть использованы для посадки в миксбордерах, садах природного стиля. Лилия карликовая может быть рекомендована для каменистых садов.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2024-0006).

ЛИТЕРАТУРА

Belaeva T.N., Si L., Butenkova A.N., Prokopyev A.S. Anatomy of leaves of Siberian species of the genus *Lilium* in conditions of Western Siberia forest zone // Acta Biologica Sibirica. 2024. T. 10. C. 1573–1588. URL: http://journal.asu.ru/biol/article/view/16541/14197

Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / отв. ред. Г.И. Галазий. Новосибирск : Наука, 1974. 156 с.

Власова Н.В. *Lilium* L. – Лилия. *Hemerocallis* L. – Лилейник // Флора Сибири, 1987. Т. 4. С. 49, 96–99.
Жукова А.А., Минец М.Л. Биометрия: пособие: в 3 ч. Ч. 2: Основные техники анализа данных. Минск : БГУ, 2020. 151 с.
Злобин Ю.А. Потенциальная семенная продуктивность. Реальная семенная продуктивность // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции / ред. Т.Б. Батыгина. СПб. : Мир и семья, 2000. Т. 3. С. 258–262.
Методические указания по семеноведению интродуцентов / под ред. акад. Н.В. Цицина. М. : Наука, 1980. 64 с.
Мухина О.А. Качество семян некоторых видов рода *Lilium* L. на юге Западной Сибири // Субтропическое и декоративное садоводство. 2019. С. 114–120.
Практикум по цитологии и цитогенетике растений / В.А. Пухальский [и др.]. М. : КолосС, 2013. 198 с.
Фомина Т.И. Биологические особенности декоративных растений природной флоры в Западной Сибири. Новосибирск : Гео, 2012. 179 с.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-34

Влияние низких температур на анатомию и физиологию устьиц

Н.А. Малюков

Волгоградский государственный университет, Волгоград, Российская Федерация; BiB-211_116591@volsu.ru

Аннотация. Устьица играют ключевую роль в регуляции газообмена и водного баланса растений, выступая в качестве основной точки взаимодействия между растением и окружающей средой. Изменения климатических условий, в частности, низкие температуры, оказывают значительное влияние на развитие и структуру устьиц. Данная статья рассматривает анатомо-физиологические адаптации устьиц растений к холодовому стрессу, уделяя внимание сибирским видам, таким как лиственница сибирская и сосна обыкновенная, которые доминируют в бореальных лесах Сибири. Понимание этих адаптаций имеет решающее значение для прогнозирования реакции растительности на изменение климата и оценки влияния этих изменений на рост растений, продуктивность и урожайность.

Ключевые слова: Устьица, холодовой стресс, адаптация растений, морозоустойчивость, анатомия растений

Effect of low temperatures on stomatal anatomy and physiology

N.A. Malyukov

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation; BiB-211_116591@volsu.ru

Abstract. Stomata play a key role in regulating gas exchange and water balance in plants, serving as the main point of interaction between the plant and the environment. Changes in climatic conditions, in particular low temperatures, have a significant impact on the development and structure of stomata. This article reviews the anatomical and physiological adaptations of plant stomata to cold stress, focusing on Siberian species such as Siberian larch and Scots pine, which dominate the boreal forests of Siberia. Understanding these adaptations is critical to predicting vegetation responses to climate change and assessing the impact of these changes on plant growth, productivity, and yield.

Keywords: Stomata, cold stress, plant adaptation, frost resistance, plant anatomy

Растения постоянно подвергаются воздействию различных факторов окружающей среды, и их выживание и продуктивность напрямую зависят от способности адаптироваться к изменяющимся условиям. Одним из наиболее значимых абиотических стрессов, особенно в регионах с умеренным и холодным климатом, является холодовой стресс. Низкие температуры оказывают многообразное влияние на физиологические процессы растений, включая фотосинтез, дыхание, водный обмен и рост (Kropp, 2017). В контексте глобальных климатических изменений, которые предсказывают значительное потепление в бореальных экосистемах Сибири, понимание механизмов адаптации растений к холоду приобретает особую актуальность. Центральное место в регуляции взаимоотношений растения с атмосферой занимают устьица – специализированные поры, расположенные преимущественно на надземных частях растений, включая листья и стебли (Bugdaeva, 2025). Каждое устьице состоит из двух замыкающих клеток, которые контролируют размер устьичной апертуры. Поскольку кутикула листа практически непроницаема для газов, устьица играют решающую роль в регулировании потери воды через транспирацию и поглощения углекислого газа (CO_2) для фотосинтеза. Приблизительно 95 % всех газовых потоков через наземные растения происходят через устьичные поры, что имеет существенные последствия для глобальных гидрологических и углеродных циклов. Устьица постоянно регулируют свою апертуру в ответ на колебания экологических стимулов, стремясь сбалансировать потребность в CO_2 для фотосинтеза с потерей воды для испарительного охлаждения. Эти стимулы включают освещенность, концентрацию CO_2, температуру и дефицит давления пара. Изменения климатических условий могут напрямую влиять на развитие и структуру устьиц (Kropp, 2017; Hofmann, 2025). Следовательно, исследование анатомии и функции устьиц в ответ на изменяющиеся условия окружающей среды имеет первостепенное значение для оценки воздействия изменения климата на рост, продуктивность и урожайность растений.

Функционирование устьиц тесно связано с изменением тургора замыкающих клеток, которые регулируют их апертуру в ответ на внутренние и внешние сигналы. Устьица открываются при увеличении освещенности, низкой концентрации CO_2, высокой температуре и дефиците низкого давления пара (Hofmann, 2025). Соответственно, закрытие устьиц инициируется противоположными условиями, такими как снижение освещенности, повышение концентрации CO_2, низкие температуры и высокий дефицит давления пара. Однако, в любой момент времени устьица должны реагировать на комбинацию этих факторов, и иерархия этих реакций является видоспецифичной (Zhang, 2025). Для эффективного функционирования растения должны интегрировать изменяющиеся сигналы окружающей среды иерархическим образом, корректируя поведение устьиц для баланса соотношения

фиксированного CO_2 относительно транспирируемой воды, что известно, как эффективность использования воды. Эффективность использования воды служит критической мерой способности растения поддерживать фотосинтез и водный статус в различных условиях. Она часто измеряется как отношение биомассы растения к воде, потерянной при транспирации. Внутренняя эффективность использования воды, измеряемая как отношение скорости фотосинтеза к устьичной проводимости, предоставляет физиологическую оценку компромисса между приростом углерода и контролем потери воды устьичным поведением. Устьичная проводимость определяется анатомическими особенностями и функциональностью, которые являются видоспецифичными и зависят от внутренних и экологических сигналов. Значительная работа по устьичной структуре прояснила многие гены и регуляторные пути, участвующие в развитии устьиц (плотность устьиц и размер), а также влияние окружающей среды на них. Механизмы осморегуляции для изменений тургора устьичной проводимости также хорошо известны, хотя необходима дальнейшая работа для полного понимания всех компонентов путей передачи сигнала, которые запускают движение. В нескольких исследованиях гены в обоих путях манипулировали для изменения плотности устьиц и поведения устьиц, что имело как положительные, так и отрицательные последствия для физиологии листьев, иллюстрируя потенциал генетической манипуляции для улучшения урожая (Kropp, 2017; Wang, 2024; Urban, 2019).

Сибирские бореальные экосистемы характеризуются короткими вегетационными периодами, обусловленными низкими температурами почвы и воздуха, а также малым количеством осадков, часто составляющим менее 300 мм в год. Эти условия создают уникальный вызов для выживания растений, требуя высокоэффективных адаптаций. В этих условиях доминируют хвойные деревья из родов *Pinus*, *Picea* и *Larix*. В лесах Сибири наиболее распространены *Larix* (лиственница) и *Pinus* (сосна). Лиственничные леса (рода *Larix*) занимают около 278 млн га, что составляет 64 % от общей площади лесов Сибири. Сосновые леса (преимущественно из *Pinus sylvestris*) занимают около 73 млн га, или 17 % от общей площади лесов России. Сибирская лиственница (*Larix sibirica* Ledeb.) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) занимают разные экологические ниши. Лиственница обычно растет на больших высотах в горах южной Сибири и на вечной мерзлоте, преимущественно на севере. Сосновые леса можно найти на более низких высотах в горах к югу от границы вечной мерзлоты, и они более устойчивы к заболоченным почвам (Urban, 2019; Bugdaeva, 2025; Zhang, 2025).

Отношения между доступностью почвенной влаги, транспирацией и устьичной проводимостью у лиственницы тесно связаны с таянием вечной мерзлоты, поскольку поступление почвенной влаги из талой вечной мерзлоты может быть выше, чем поступление из летних осадков (Bugdaeva, 2025). Однако устьичная проводимость и транспирация у лиственницы все еще могут зависеть от поступления осадков. Взаимосвязи между доступностью почвенной влаги, устьичной проводимостью и транспирацией лиственницы были установлены на широтах ниже или на полярном круге, где температура воздуха и почвы обычно выше, чем в более северных широтах, а фотопериоды летом составляют менее 24 часов. Лиственница также может иметь очень изменчивые показатели транспирации и устьичной проводимости, которые тесно связаны с надземными климатическими условиями, включая дефицит давления атмосферного пара, температуру воздуха и интенсивность света. Относительная важность надземных и подземных факторов транспирации лиственницы и последствия этих факторов для устьичной проводимости недостаточно хорошо описаны в более высоких широтах (Urban, 2019; Bugdaeva, 2025).

Более сухие условия и более регулярная нехватка воды на юге благоприятствовали насаждениям сосны обыкновенной и ослабили общую жизнеспособность лиственницы сибирской, растущей в том же регионе. Было замечено, что насаждения сосны перемещаются как в более высокие широты, так и на большие высоты, где они эффективно заменяют насаждения лиственницы. До того, как это прогнозируемое изменение видового состава завершится, лиственничные леса будут вынуждены справляться с неблагоприятными климатическими условиями (Zhang, 2025).

Устьица являются ключевыми структурами, регулирующими водный баланс и газообмен растений, что делает их критически важными в условиях холодового стресса, особенно в суровых климатических зонах, таких как Сибирь. Адаптации устьиц к низким температурам включают как морфологические изменения (например, погруженные устьица, восковой налет), так и физиологические реакции.Изменения климата, включая потепление и учащение засух, оказывают существенное влияние на сибирские леса, изменяя конкурентные отношения между такими доминирующими видами, как лиственница и сосна. Эти изменения напрямую затрагивают устьичную функцию и водный баланс растений (Bugdaeva, 2025; Hofmann, 2025).

ЛИТЕРАТУРА

Bugdaeva E.V., Golovneva L.B. Siberian Jehol Biota. London: Geological Society, Special Publications, 2025. Vol. 545(1).

Hofmann T.A., Atkinson W., Fan M., Simkin A.J. et al. Impact of climate-driven changes in temperature on stomatal anatomy and physiology // Philosophical Transactions. 2025. Vol. 380(1927). P. 20240244

Kropp H., Loranty M., Alexander H. D. et al. Environmental constraints on transpiration and stomatal conductance in a Siberian Arctic boreal forest // Journal of Geophysical Research: Biogeosciences. 2017. Vol. 122(3). P. 487–497.

Urban J., Rubtsov A.V., Urban A.V. et al. Canopy transpiration of a *Larix sibirica* and *Pinus sylvestris* forest in Central Siberia // Agricultural and Forest Meteorology. 2019. Vol. 271. P. 64–72.

Wang L., Chang C. Stomatal improvement for crop stress resistance // Journal of Experimental Botany. 2024. Vol. 75. №. 7. P. 1823–1833.

Zhang X., Wu Z., Fan S. et al. Morphological, Physiological, and Transcriptional Responses to Drought Stress in Sensitive and Tolerant Elm (*Ulmus pumila* L.) // Varieties. Forests. 2025. Vol. 16(1). P. 72.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-35

Кариосистематика и эволюция кариотипов трибы *Cimicifugeae* (Ranunculaceae)

Е.Ю. Митренина[1, 2], С.С. Алексеева[1, 2], А.С. Эрст[2]

[1] *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация; emitrenina@gmail.com*

[2] *Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Российская Федерация; erst_andrew@yahoo.com*

Аннотация. Изучение хромосомных наборов (кариотипов) растений играет важную роль в рамках интегративного подхода к таксономии и в филогенетических исследованиях. Работа посвящена сравнительному анализу кариотипов видов трибы *Cimicifugeae*, включающей четыре рода: *Anemonopsis, Actaea*, *Beesia* и *Eranthis.* Собственные и литературные данные демонстрируют сходство структуры кариотипов в пределах данной трибы, четко дифференцируя ее от близкой трибы *Helleboreae* на хромосомном уровне. Базовым кариотипом для *Cimicifugeae* является $x = 8$, $2n = 16$, присутствие пяти пар метацентрических хромосом и трех пар неметацентрических хромосом 2–3 морфологических типов. Исключением являются виды *Eranthis*, произрастающие в Сибири, с $x = 7$ и $2n = 14$; 28; 42, а также несколько полиплоидных видов *Cimicifugeae* с $x = 8$. Предполагается, что в эволюции кариотипов *Eranthis* имели место утрата пары хромосом, полиплоидия и небольшие хромосомные перестройки. Данные эволюционные преобразования привели к большему полиморфизму кариотипов у *Eranthis* по сравнению с другими родами трибы. Кроме того, в работе продемонстрированы различия в локализации рибосомальной ДНК в геноме у разных представителей *Cimicifugeae.*

Ключевые слова: рибосомальная ДНК, флуоресцентная *in situ* гибридизация, хромосомы, эволюция кариотипа, *Actaea*, *Beesia*, *Cimicifugeae*, *Eranthis*

Karyosystematics and karyotype evolution in tribe *Cimicifugeae* (Ranunculaceae)

E.Yu. Mitrenina[1, 2], S.S. Alekseeva[1, 2], A.S. Erst[2]

[1] *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; emitrenina@gmail.com*

[2] *Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation; erst_andrew@yahoo.com*

Abstract. The study of chromosome sets (karyotypes) of plants plays an important role in the integrative approach to taxonomy and phylogenetic research. The study is devoted to the comparative analysis of karyotypes of species of the tribe *Cimicifugeae*, including four genera, as follows *Anemonopsis, Actaea*, *Beesia*, *Eranthis.* Own data and data from scientific sources demonstrate the similarity of karyotype structure within this tribe, clearly differentiating it from the close tribe *Helleboreae* at chromosomal level. The basic karyotype for *Cimicifugeae* is $x = 8$, $2n = 16$, five pairs of metacentric chromosomes and three pairs of non-metacentric chromosomes of 2–3 morphological types. An exception are the *Eranthis* species native to Siberia, with $x = 7$ and $2n = 14$; 28; 42, as well as several polyploid species of *Cimicifugeae* with $x = 8$. It is assumed that in the karyotype evolution of *Eranthis* there was a loss of chromosome pair, polyploidy and small chromosomal rearrangements. These evolutionary transformations have led to a greater polymorphism of the karyotypes in *Eranthis* compared to the other genera of the tribe. The study also demonstrated differences in the localization of ribosomal DNA in the genome of *Cimicifugeae*.

Keywords: *Actaea*, *Beesia*, chromosomes, *Cimicifugeae*, *Eranthis*, fluorescence *in situ* hybridization, karyotype evolution, ribosomal DNA

Еще в ранних исследованиях, выполненных более 100 лет назад и посвященных изучению хромосом, было выявлено, что разные таксономические группы растений и животных различаются по параметрам кариотипов (хромосомных наборов). В настоящее время изучение хромосомных наборов играет важную роль в рамках интегративного, или комплексного, подхода к таксономии растений, включающего разные методы сравнительного анализа – анатомо-морфологические, молекулярно-генетические, фитохимические, цитогенетические и др. (Haider, 2018; Singh, 2019; Erst et al., 2020). Несмотря на широкое применение в настоящее время молекулярно-генетических методов в исследованиях по систематике и филогении растений, цитогенетический подход остается важным, поскольку позволяет визуально оценить эволюционные преобразования геномов на хромосомном уровне (Peruzzi et al., 2009). Несомненна роль хромосомного анализа для выявления криптических видов (Шнеер, Коцеруба, 2015).

Объектами нашего научного интереса являются представители трибы *Cimicifugeae* Torr. & A. Gray (сем. Ranunculaceae), которая включает около 49 видов родов *Actaea* L. (около 32 видов), *Anemonopsis* Siebold & Zucc. (1 вид), *Beesia* Balf.f. & W.W.Sm. (2 вида) и *Eranthis* Salisb. (около 14 видов). Большая часть видов распространена в северном полушарии и относится к травянистым многолетникам (Erst et al., 2020; Ling et al., 2023). Несмотря на то, что исследование кариотипов представи-

телей данной трибы начато еще в 50-е гг. XX в., ряд видов остаются слабо изученными или вовсе не изученными (Kurita, 1955).

Нашей научной группой исследованы кариотипы ряда видов *Actaea*, *Beesia* и практически всех известных видов *Eranthis*. Собственные и литературные данные демонстрируют сходство структуры кариотипов в пределах трибы *Cimicifugeae*. Большая часть видов *Actaea*, *Anemonopsis* и *Beesia* являются диплоидными с основным и соматическим числами хромосом соответственно $x = 8$ и $2n = 16$. Хромосомный набор данных таксонов, как правило, представлен 5 парами крупных метацентрических и 3 парами более коротких неравноплечих хромосом 2–3 морфологических типов (Kurita, 1955; Yang, 2002; Lee, Park, 1998; Mitrenina et al., 2024). Исключением являются тетраплоидный вид *Actaea kashmiriana* J. Compton ($2n = 32$), а также *Beesia calthifolia* (Maxim. ex Oliv.) Ulbr. и *Actaea cimicifuga* L., имеющие тетраплоидные цитотипы ($2n = 32$) наряду с диплоидными ($2n = 16$).

В свою очередь, род *Eranthis* демонстрирует более выраженный полиморфизм как по числу хромосом, так и по структуре кариотипов, что, очевидно, связано с эндемизмом, ограниченными и неперекрывающимися ареалами большинства его представителей (Park et al., 2019; Erst et al., 2020). Внутри данного рода выявлены два основных числа хромосом $x = 8$ и $x = 7$, при этом соматические числа хромосом у разных видов представлены $2n = 14$; 16; 24; 28; 42 (рис. 1) (Erst et al., 2020; Mitrenina et al., 2021; Mitrenina et al., 2023). Следует отметить, что основное число хромосом $x = 7$ встречается в сем. Ranunculaceae наряду с $x = 8$ у *Ranunculus* L. (Baltisberger, Hörandl, 2016) и *Anemone* L. (Mlinarec et al. 2012). В пределах трибы *Cimicifugeae* $x = 7$ выявлено только у группы сибирских видов *Eranthis* (*E. sibirica* DC., *E. tanhoensis* Erst и др.). Структура кариотипов диплоидных видов *Eranthis* с $2n = 16$, в основном, соответствует «канонической» для трибы структуре, описанной выше. Исключением является японский эндемик *E. pinnatifida* Maxim., имеющий по 4 пары метацентрических и неметацентрических хромосом. Сибирский вид *E. tanhoensis* с соматическим числом хромосом $2n = 14$ имеет в кариотипе 5 пар метацентрических и 2 пары субметацентрических хромосом. Кариотип второго сибирского вида – *E. sibirica* – включает 42 хромосомы метацентрического и субметацентрического типов. Очевидно, что в процессе эволюции у предковой для сибирских видов формы была утрачена 8-я пара хромосом, имеющаяся в кариотипах близких видов *E. albiflora* Franch., *E. lobulata* W.T.Wang, *E. stellata* Maxim. Утрата этой пары не привела к существенным изменениям морфологии остальных семи пар хромосом диплоидного вида *E. tanhoensis* по сравнению с близкими видами, которые могли бы наблюдаться при переносе (транслокации) хромосомного материала 8-й пары на другие. Вероятно, фрагменты утраченной пары, по крайней мере, частично присутствуют в кариотипе *E. tanhoensis* в виде B-хромосом, выявленных нами в некоторых популяциях. Другое направление эволюции кариотипов *Eranthis* связано с полиплоидией, которая выявлена для иранского вида *E. kurdica* Rukšāns с $2n = 24$, а также для сибирских таксонов *E. sibirica* с $2n = 42$ и *Eranthis sp.* с $2n = 28$.

Согласно комплексному анализу, основанному в том числе на молекулярно-филогенетических данных, предположено, что предковый для современных *Eranthis* кариотип имел $2n = 16$ и его структура была типичной для всей трибы (5 пар метацентрических хромосом и 3 пары неравноплечих хромосом). В результате эволюционных событий, сопряжённых как с крупными преобразованиями (полиплоидизация, утрата пары хромосом у диплоидного предка), так и с менее значительными (небольшие хромосомные перестройки, меняющие морфологию хромосом), внутри рода сформировались разные варианты кариотипов, в большинстве случаев, позволяющих идентифицировать вид. Следует отметить, что кариотипы представителей трибы *Cimicifugeae*, имея общие черты, четко дифференцируются от кариотипов представителей филогенетически близкой трибы *Helleboreae* (D'Amato, Bianchi, 1989; Wang et al., 2009).

Молекулярно-цитогенетический анализ по локализации повторов рибосомальных генов, часто используемый в филогенетических исследованиях, позволил выявить особенности их распределения у *Actaea* и *Eranthis*. Флуоресцентная *in situ* ДНК-ДНК гибридизация (FISH) проводилась с использованием олигонуклеотидных зондов, комплементарных последовательностям 5S и 5.8S рибосомальной ДНК (рДНК). У большинства изученных диплоидных видов *Eranthis* повторы 45S рДНК, выявленные при помощи зондов к 5.8S рДНК, локализованы в 1–2 парах хромосом. Их положение схоже у филогенетически близких видов внутри рода. Исключением является *E. pinnatifida*, имеющий шесть таких локусов на хромосомах. Повторы 5S рДНК локализуются у *Eranthis* преимущественно в прицентромерных областях, реже – в интеркалярных. Выделены два варианта кариотипов по распределению 5S рДНК в геноме: в одной или двух парах хромосом (*E. cilicica*, *E. longistipitata* Regel, *E. pinnatifida*), либо во всех/практически всех хромосомах набора (*E. albiflora*, *E. hyemalis* Salisb., *E. lobulata*, *E. tanhoensis* и др.). Второй вариант, согласно базе данных по локализации рДНК у растений в целом (Plant

rDNA database), очевидно, является редким. Существует гипотеза, что число локусов рДНК может увеличиваться в процессе эволюции за счет перемещений данных повторов мобильными элементами генома и их последующей амплификации на новом месте (Raskina et al., 2008). Вероятно, для *Eranthis* такие события являлись важным этапом дифференциации кариотипов в процессе видообразования. У изученных *Actaea* выявлен другой характер распределения повторов рДНК в геноме: единичные локусы 5S рДНК и множественные локусы 45S рДНК. Так, например, у *A. erythrocarpa* (Fisch.) Freyn выявлено 10 участков локализации 45S рДНК – во всех метацентрических хромосомах, которые соответствуют максимальному числу вторичных перетяжек для изученной популяции (Новосибирская область) (Mitrenina et al., 2024). Последовательности 5S рДНК визуализировались в двух интеркалярных районах коротких плеч субметацентрических хромосом. У *A. asiatica* H. Hara идентифицировано 8 хромосом, несущих 45S рДНК – 3 пары метацентрических и 1 пара субметацентических. Данные субметацентрики несут кластеры 45S рДНК в длинных плечах, а в коротких плечах – повторы 5S рДНК.

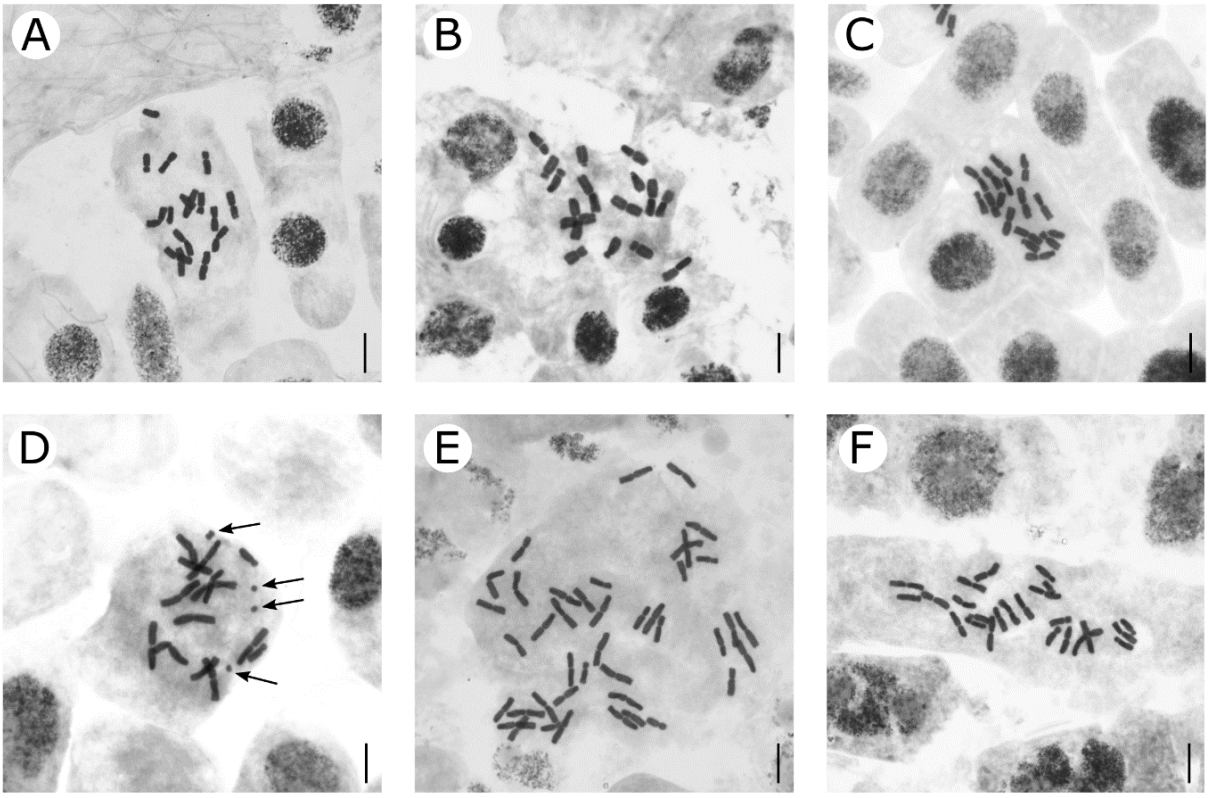


Рис. 1. Метафазные хромосомы некоторых представителей трибы *Cimicifugeae*: A – *Actaea erythrocarpa* (2*n* = 16); B – *Beesia deltophylla* (2*n* = 16); C – *Eranthis lobulata* (2*n* = 16); D – *Eranthis tanhoensis* (2*n* = 14 + Bs), стрелками указаны B-хромосомы; E – *Eranthis sibirica* (2*n* = 42); F – *Eranthis kurdica* (2*n* = 24). Масштабный отрезок равен 10 мкм

Таким образом, в пределах трибы *Cimicifugeae* наблюдается довольно высокая консервативность по числу хромосом и структуре кариотипа. Исключением является часть представителей *Eranthis*, произрастающих в Сибири и имеющих «неканоническое» для трибы основное число хромосом *x* = 7. Для нескольких видов данного рода также характерны полиплоидные хромосомные наборы. В связи с этим, кариотипы большинства видов *Eranthis* имеют видоспецифичные черты, позволяющие идентифицировать их на хромосомном уровне. Представители *Actaea*, за редким исключением имея одинаковое число хромосом и сходные формулы кариотипов, вероятно, дифференцируются на хромосомном уровне по числу и локализации 45S и 5S локусов рибосомальной ДНК.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-14-00230).

ЛИТЕРАТУРА

Шнеер В.С., Коцеруба В.В. Криптические виды растений и их выявление по генетической дифференциации популяций // Генетические основы эволюции экосистем. 2014. Т. 12, № 3. С. 12–31.

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. DOI: 10.1016/j.ppees.2015.11.001

D'Amato G., Bianchi G. Heterochromatin and Ag-NOR staining in some species of *Helleborus* (Ranunculaceae) // Caryologia. 1989. Vol. 42 (1). P. 19–26.

Erst A.S., Sukhorukov A.P., Mitrenina E.Y., Skaptsov, et al. An integrative taxonomic approach reveals a new species of *Eranthis* (Ranunculaceae) in North Asia // PhytoKeys. 2020. Vol. 140. P. 75–100. DOI: 10.3897/phytokeys.140.49048

Haider N. A brief review on plant taxonomy and its components // The Journal of Plant Science Research. 2018. Vol. 34 (2). P. 277–292.

Kurita M. Cytological studies in *Actaea* and some other genera. Ranunculaceae IV. The karyotype analysis in *Actaea* and some other genera // The Japanese Journal of Genetics. 1955. Vol. 30. P. 124–127.

Ling Y.Y., Xiang K.L., Peng H.W., Erst A.S., et al. Biogeographic diversification of *Actaea* (Ranunculaceae): Insights into the historical assembly of deciduous broad-leaved forests in the Northern Hemisphere // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2023. Vol. 186. P. 107870. DOI: 10.1016/j.ympev.2023.107870

Lee H.W., Park C.W. A karyotypic study on Korean taxa of *Cimicifuga* (Ranunculaceae) // Korean Journal of Plant Taxonomy. 1998. Vol. 28 (4). P. 385–398.

Mitrenina E.Y., Alekseeva S.S., Badaeva E.D., Peruzzi L., et al. Karyotypes and physical mapping of ribosomal DNA with oligo-probes in *Eranthis* sect. *Eranthis* (Ranunculaceae). Plants. 2023. Vol. 13 (1). P. 47. DOI: 10.3390/plants13010047

Mitrenina E.Y., Erst A.S., Krivenko D.A., Veklich T.N., et al. A karyomorphological study on *Actaea acuminata*, *A. asiatica*, and *A. erythrocarpa* (Ranunculaceae) // Acta Biologica Sibirica. 2024. Vol. 10. P. 1445–1460.

Mitrenina E.Y., Erst A.S., Peruzzi L., Skaptsov M.V., et al. Karyotype and genome size variation in white-flowered *Eranthis* sect. *Shibateranthis* (Ranunculaceae). PhytoKeys. 2021. Vol. 187. P. 207–227. DOI: 10.3897/phytokeys.187.75715

Mlinarec J., Šatović Z., Mihelj D., Malenica N., Besendorfer V. Cytogenetic and phylogenetic studies of diploid and polyploid members of tribe *Anemoninae* (Ranunculaceae) // Plant Biology. 2012. Vol. 14 (3). P. 525–536. DOI: 10.1111/j.1438-8677.2011.00519.x

Park S.Y., Jeon M.J., Ma S.H., Wahlsteen E., et al. Phylogeny and genetic variation in the genus *Eranthis* using nrITS and cpIS single nucleotide polymorphisms // Horticulture, Environment and Biotechnology. 2019. Vol. 60 (2). P. 239–252. DOI: 10.1007/s13580-018-0113-0

Peruzzi L., Leitch I.J., Caparelli K.F. Chromosome diversity and evolution in Liliaceae // Annals of Botany. 2009. Vol. 103 (3). P. 459–475.

Raskina O., Barber J.C., Nevo E., Belyayev A. Repetitive DNA and chromosomal rearrangements: Speciation-related events in plant genomes // Cytogenetic and Genome Research. 2008. Vol. 120. P. 351–357.

Singh G. Plant systematics: an integrated approach. – CRC Press, 2019.

Wang W, Lua A.-M., Renb Y., Endressc M. E., Chen Zh.-D. Phylogeny and classification of Ranunculales: Evidence from four molecular loci and morphological data // Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 2009. Vol. 11. P. 81–110. DOI: 10.1016/j.ppees.2009.01.001

Yang Q.-E. Cytology of the tribe *Trollieae* and of the tribe *Cimicifugeae* in the Ranunculaceae: a comparative study // Journal of Systematics and Evolution. 2002. Vol. 40 (1). P. 52–65.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-36

Анализ ресурсного потенциала и разработка подходов к рациональному использованию дикоросов Центральной Сибири (на примере Красноярского края)

А.А. Мищенко

Волгоградский государственный университет, Волгоград, Российская Федерация; michenko-a@vfanc.ru

Аннотация. В статье представлен комплексный анализ ресурсного потенциала ключевых видов недревесных лесных ресурсов (дикоросов) Центральной Сибири на примере Красноярского края. На основе полевых исследований, данных государственной статистики и ведомственной отчетности за период 2013–2023 гг. проведена оценка эксплуатационных запасов, объемов заготовки и уровня переработки сырья. Применены методы математической статистики (корреляционный анализ, регрессионное моделирование) для выявления факторов, влияющих на динамику заготовок. Рассчитаны коэффициенты использования эксплуатационного запаса (КИЭЗ) и экономическая эффективность различных видов использования. Результаты свидетельствуют о значительном неиспользуемом потенциале и низком уровне глубокой переработки. На основе анализа предложены модели рационального и устойчивого использования дикоросов, включая зонирование территории по интенсивности эксплуатации и рекомендации по развитию перерабатывающей инфраструктуры. Разработана экономико-математическая модель прогнозирования урожайности ключевых видов на основе климатических параметров.

Ключевые слова: Растительные ресурсы Сибири, недревесные лесные ресурсы (НЛР), дикоросы, эксплуатационный запас, рациональное использование, коэффициент использования, Красноярский край, статистический анализ, прогноз урожайности

Analysis of the resource potential and development of approaches to the rational use of wild plants of Central Siberia (using the example of the Krasnoyarsk Territory)

A.A. Mishchenko

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation; michenko-a@vfanc.ru

Abstract. The article presents a comprehensive analysis of the resource potential of key types of non-timber forest resources (wild plants) Central Siberia on the example of the Krasnoyarsk Territory. Based on field research, data from state statistics and departmental reporting for the period 2013–2023, an assessment of operational reserves, procurement volumes and the level of processing of raw materials was carried out. Methods of mathematical statistics (correlation analysis, regression modeling) have been applied to identify factors affecting the dynamics of workpieces. The coefficients of utilization of the operational reserve (CIEZ) and the economic efficiency of various types of use are calculated. The results indicate a significant untapped potential and a low level of deep processing. Based on the analysis, models of rational and sustainable use of wild plants are proposed, including zoning of the territory according to the intensity of exploitation and recommendations for the development of processing infrastructure. An economic and mathematical model for predicting the yield of key species based on climatic parameters has been developed.

Keywords: Plant resources of Siberia, non-timber forest resources (NLR), wild plants, operational reserve, rational use, utilization rate, Krasnoyarsk Territory, statistical analysis, yield forecast

Растительные ресурсы Сибири, особенно недревесные лесные ресурсы, представляют собой значительный экономический и социальный потенциал. Однако их эксплуатация часто носит нерациональный характер: ведутся бессистемные заготовки, отсутствует эффективная переработка, не оценивается реальное состояние сырьевой базы. Центральная Сибирь (Красноярский край) обладает огромными запасами пищевых, лекарственных и технических дикоросов (Петров, Сидорова, 2018). Цель исследования: провести количественную оценку ресурсного потенциала и современного уровня использования ключевых видов дикоросов Красноярского края, разработать научно обоснованные подходы к их рациональному и устойчивому использованию.

Расчеты эксплуатационных запасов показали значительный потенциал края (табл. 1). Анализ данных за 10 лет выявил нестабильность объемов заготовки, сильно зависящих от урожайности года и спроса. Среднегодовой объем заготовки кедрового ореха составил (2150 ± 540) т, брусники – (850 ± 320) т. (Лесное..., 2013–2023; Данные..., 2025).

Расчеты коэффициента использования (КИЭЗ) показали крайне низкий уровень использования запасов (таблица). Наибольший КИЭЗ характерен для черемши ((18.2 ± 7.1) %) в зонах доступности, наименьший – для голубики ((2,8 ± 1,5) %). В среднем по видам КИЭЗ не превышает 10–15 %, что свидетельствует о значительном неиспользуемом потенциале и/или труднодоступности ресурсов.

Ресурсный потенциал и использование ключевых дикоросов Красноярского края (средние значения за 2018–2023 гг.)

Вид	Площадь угодий, тыс. га	Ср. урожайность, кг/га	Эксплуатационный запас (ЭЗ), т/год	Ср. объем заготовки (V_заг), т/год	Коэффициент использования (КИЭЗ), %	CV КИЭЗ, %
Кедровый орех	9800	120.5 ± 35.2	1 181 000 ± 345 000	2150 ± 540	0.18 ± 0.05	27.8
Брусника	7200	210.0 ± 75.8	1 512 000 ± 546 000	850 ± 320	5.6 ± 2.1	37.5
Черника	5800	185.3 ± 68.4	1 075 000 ± 397 000	420 ± 190	3.9 ± 1.8	46.2
Голубика	4500	95.7 ± 42.1	430 000 ± 189 000	120 ± 50	2.8 ± 1.5	53.6
Черемша	150 (пригодных)	780.0 ± 230.0	117 000 ± 34 500	210 ± 80	18.2 ± 7.1	39.0

Примечание. CV – коэффициент вариации, показатель изменчивости.

В ходе статистической обработки данных, была выявлен дисбаланс между колоссальным запасом и мизерным объемом заготовки (КИЭЗ ≪ 1 %). Это указывает на огромные неиспользуемые резервы, но также и на трудности (труднодоступность, организационные проблемы заготовки, неразвитость переработки). Рекомендуется наращивать использование при обязательном условии внедрения устойчивых практик (Семечкин и др., 2021).

Насчет брусники акцент на том, что это вид с самым большим ЭЗ, но при этом заготавливается лишь малая его часть (~5,6 %). Высокая изменчивость заготовок требует более гибкого планирования. Основной путь рационализации – развитие глубокой переработки для увеличения доходности.

Черника аналогично бруснике – низкое использование значительного ресурса. Максимальная изменчивость заготовок (CV = 46,2 %) выделена как ключевая проблема, требующая решения через улучшенный мониторинг и прогноз.

Выводы по голубике подчеркивают наиболее проблемную ситуацию среди ягод – самый низкий КИЭЗ и самая высокая изменчивость. Это сигнализирует о специфических барьерах (возможно, болотистые труднодоступные места произрастания, меньшая популярность, сложности сбыта), требующих точечных решений и поиска нишевых рынков с высокой добавленной стоимостью.

Несмотря на относительно высокий КИЭЗ у черемши, выводы делают акцент на рисках. Ограниченная площадь пригодных угодий и высокий спрос создают угрозу переэксплуатации. Указывается на критическую необходимость строгого нормирования и постоянного контроля за состоянием зарослей. Высокий КИЭЗ здесь – не показатель успеха, а сигнал к осторожности.

На основе проведенного анализа предложены следующие меры:

– Выделение зон интенсивной (доступные, высокопродуктивные участки с контролем нагрузки), экстенсивной (труднодоступные, низкий КИЭЗ) и заповедной (восстановление, охрана генофонда) эксплуатации дикоросов. Расчет допустимых объемов изъятия) для каждой зоны.

– Создание ГИС-системы мониторинга состояния сырьевой базы на основе данных ДЗЗ и наземных обследований. Внедрение разработанных регрессионных моделей прогноза урожайности для планирования заготовок.

– Внедрение систем добровольной лесной сертификации для дикоросов, гарантирующих устойчивость заготовок и прослеживаемость сырья.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило огромный, но недостаточно используемый и часто эксплуатируемый нерационально ресурсный потенциал дикоросов Центральной Сибири (Красноярский край). Статистический анализ выявил ключевую зависимость объемов заготовки от естественной урожайности и низкий коэффициент использования эксплуатационных запасов (в среднем <15 %). Доминирование экспорта сырца и низкий уровень глубокой переработки существенно снижают экономическую отдачу от ресурсов. Разработанная модель прогноза урожайности кедрового ореха на основе климатических данных является инструментом для планирования.

Предложенные подходы к рациональному использованию, основанные на зонировании территории и приоритетном развитии глубокой переработки, направлены на обеспечение долгосрочной устойчивости эксплуатации растительных ресурсов, сохранение биоразнообразия и максимизацию социально-экономического эффекта для региона. Реализация этих мер требует скоординированных действий органов власти, науки, бизнеса и местного населения.

ЛИТЕРАТУРА

Государственный доклад "О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае" (2023). Красноярск.

Петров А.П., Сидорова О.В. Ресурсы дикорастущих ягодников Сибири и их использование. Новосибирск : Наука, 2018. 215 с.

Семечкин И.В. и др. Влияние климатических факторов на урожайность кедра сибирского в Средней Сибири // Лесоведение. 2021. № 5. С. 45–56.

Лесное хозяйство Красноярского края. Статистические сборники. Министерство лесного хозяйства Красноярского края, 2013–2023.

Данные Красноярскстата: Официальный сайт. URL: https://24.rosstat.gov.ru/ (дата обращения: 01.06.2025).

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-37

Кариологические исследования хвойных в различных условиях произрастания

Е.Н. Муратова, Т.С. Седельникова, О.В. Горячкина, А.В. Пименов

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск, Российская Федерация; elena-muratova@ksc.krasn.ru; tss@ksc.krasn.ru; kvitko@ksc.krasn.ru; pimenov@ksc.krasn.ru

Аннотация. Обобщены результаты кариологических и цитогенетических исследований в популяциях видов хвойных семейств Pinaceae и Cupressaceae из различных условий произрастания. У хвойных у южной и северной границ ареалов, на экологическом пределе распространения, в антропогенно нарушенных экосистемах, в условиях интродукции, выявлена хромосомная изменчивость, обнаружены геномные (миксоплоидия, анеуплоидия и полиплоидия) и хромосомные (кольцевые и полицентрические хромосомы, фрагменты) мутации, множественные хромосомные аномалии, изменения числа и морфологии хромосом, агглютинация хромосом, появление В-хромосом, нарушения митоза и мейоза. С использованием методов флуоресцентной гибридизации *in situ* (FISH) проведены исследования полиморфизма нуклеолярных районов хромосом, выявлены особенности локусов генов 5S и 45S рибосомной РНК. Обсуждаются вопросы о палеополиплоидии у хвойных.

Ключевые слова: сосновые, кипарисовые, число хромосом, кариотип, хромосомные и геномные мутации, нуклеолярные районы, флуоресцентная гибридизация *in situ*, палеополиплодия, экстремальные условия

Karyological studies on conifers in different growing conditions

E.N. Muratova, T.S. Sedel'nikova, O.V. Goryachkina, A.V. Pimenov

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS – separate division of Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS» , Krasnoyarsk, Russian Federation; elena-muratova@ksc.krasn.ru; tss@ksc.krasn.ru; kvitko@ksc.krasn.ru; pimenov@ksc.krasn.ru

Abstract. Results of karyological and cytogenetical studies of conifer species populations from the families Pinaceae and Cupressaceae growing in different environment conditions have been summarized. In conifers near southern and northern borders of areas, on ecological limits of distribution, in anthropogenically disturbed ecosystems, at the introduction, chromosome variability have been revealed. Genome (myxoploidy, aneuploidy and polyploidy) and chromosome mutations (myxoploidy, aneuploidy and polyploidy) and chromosome mutations (ring and polycentric chromosomes, fragments), multiple chromosome irregularities, changes in the number and morphology of chromosomes, agglutinations of chromosomes, were noted. Different types of chromosome anomalies (ring and polycentric chromosomes, fragments, multiple chromosome irregularities), B-chromosomes occurrence, mitosis and meiosis anomalies are found. Using methods of fluorescent *in situ* hybridization (FISH), a polymorphism of the nucleolar-forming regions of chromosomes has been studied, and features of the loci of the 5S and 45S ribosomal RNA genes have been revealed. The issues of paleopolyploidy in conifers are discussed.

Keywords: Pinaceae, Cupressaceae, chromosome number, karyotype, chromosome and genome mutations, nucleolar regions, fluorescent *in situ* hybridization, paleopolyploids, extreme conditions

Хвойные – древняя группа семенных растений, возникшая около 300 млн. лет назад (Козубов, Муратова, 1986). Большинство видов хвойных имеют большое число крупных хромосом, характеризуются огромной массой ДНК и гигантским размером генома (Муратова, Круклис, 1988; Ahuja, Neale, 2005; Sedel'nikova et al., 2011; Ohri, 2021a, b). Изученные нами виды относятся к представителям четырех родов семейства Pinaceae (сосновые): *Abies* Mill. – пихта (10 видов), *Larix* Mill. – лиственница (8 видов), *Picea* A. Dietr. – ель (более 20 видов), *Pinus* L. – сосна (около 20 видов), и 5 родов семейства Cupressaceae (кипарисовые): *Chamaecyparis* Spach – кипарисовик, *Cupressus* L. – кипарис, *Juniperus* L. – можжевельник, *Microbiota* Kom. – микробиота, *Thuja* L. – туя (2 вида). Проведены исследования более чем в 270 популяциях и различных местообитаниях, в том числе у границ ареалов, на болотах, в горах, дендрариях, ботанических садах и парках. Изучались внутривидовые формы, расы, культивары, деревья с отклоняющимися морфологическими признаками.

Большая часть видов семейства Pinaceae содержит в кариотипе 24 хромосомы ($2n = 24$), семейства Cupressaceae – 22 ($2n = 22$). У представителей этих семейств основные морфологические типы хромосом сходны в пределах рода. Кариотипы видов *Picea* (ель) включают 8 пар длинных метацентрических, две пары коротких метацентрических и 2 пары коротких субметацентрических хромосом. Проведены детальные кариологические исследования ели сибирской *P. obovata* Ledeb. из различных регионов Сибири (рис. 1). Во многих популяциях данного вида обнаружены добавочные хромосомы (В-хромосомы) – от 1 до 4 ($2n = 24 + 1 – 4B$). Исследование ели сибирской по всему ареалу показало, что максимальная встречаемость добавочных хромосом наблюдается в популяциях восточной части ареала (центральная часть Красноярского края, Иркутская область), т.е. в более суровых климатиче-

ских условиях. К настоящему времени в роде *Picea* найдено 23 вида с добавочными хромосомами, включая межвидовой гибрид *P.* × *fennica* (Муратова и др., 2023).

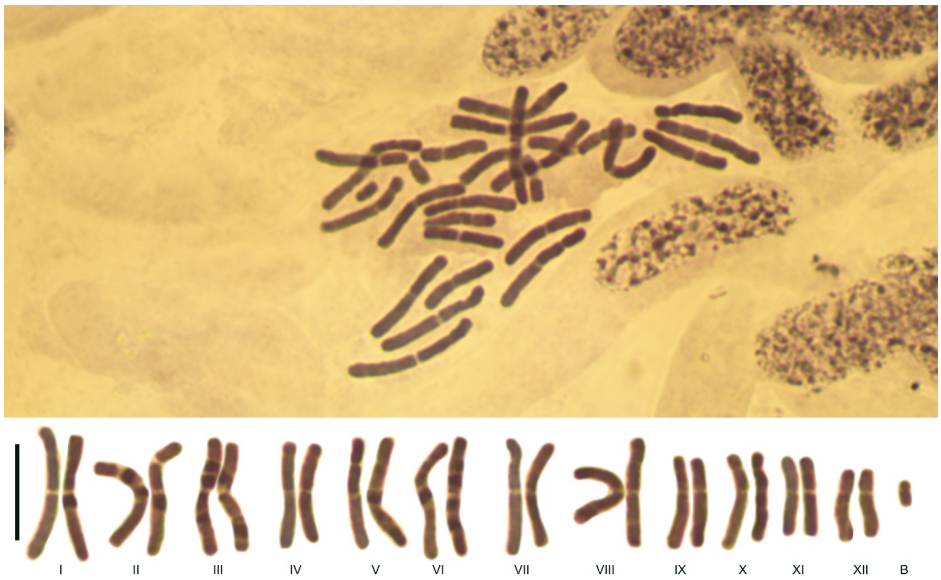


Рис. 1. Метафазная пластинка *Picea obovata* Ledeb. (2*n* = 24 + 1B). Окраска ацетогематоксилином. Масштабная линейка 10 мкм. Хромосомы распределены по парам гомологов на основании их длины и морфологии, с учетом постоянных вторичных перетяжек. B-хромосома субметацентрического типа

Хромосомные наборы видов *Abies* (пихта) включают 7 пар длинных метацентрических и 5 пар коротких субмета- и интерцентрических хромосом. У видов *Larix* (лиственница) соотношение длинных метацентриков и коротких субметацентриков составляет 6 : 6. У кедровых сосен (род *Pinus*, подрод *Strobus*, секция *Strobi*, подсекция *Cembrae*) – сосны кедровой европейской (*Pinus cembra* L.), сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour), сосны корейской (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) и кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel), имеется 11 пар длинных метацентрических и одна пара коротких близких к субметацентрическим хромосом.

У сосен группы *Sylvestres* (род *Pinus*, подрод *Pinus*, секция *Pinus*, подсекция *Sylvestres*) – сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и родственных ей видов, соотношение длинных метацентрических и более коротких, близких к субметацентрикам, хромосом составляет 10 : 2. Кариологическое изучение можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.) показало, что все хромосомы данного вида метацентрические, одна пара близка к субметацентрическому типу (Muratova et al., 2008, 2020). Разные виды, а также популяции и происхождения в пределах видов различаются в основном по числу и локализации вторичных перетяжек (ядрышкооразующих локусов) на хромосомах. Это важнейшие в функциональном отношении районы, в которых у хвойных локализуются локусы 45S рДНК, кодирующие блоки генов 18S и 25–26S рРНК (Brown, Carlson, 1997).

Долгое время кариотипы хвойных считались стабильными, но цитогенетические исследования, проведенные в конце XX в. – начале XXI в., показали, что в оптимальных условиях произрастания хромосомные перестройки встречаются редко, а в экстремальных обнаруживаются многочисленные аномалии. Например, у границ ареалов, отмечены изменения числа и морфологии хромосом, повышенная встречаемость ядрышкообразующих локусов, геномных и хромосомных мутаций. Анеуплоидия, миксоплоидия, иногда и полиплоидия, выявлены у различных видов сосны и лиственницы, ели сибирской, пихты сибирской.

У сосны обыкновенной у северной и южной границ ареала, на болотах в южно-таежной подзоне Западной Сибири, за пределами ареала в Нижнем Поволжье, отмечается широкий спектр хромосомных мутаций (кольцевые и полицентрические хромосомы, делеции, фрагменты, множественные нарушения, аномалии митоза и мейоза). Геномные и хромосомные мутации также выявлены у сосны кедровой сибирской, лиственницы сибирской (*L. sibirica* Ledeb.), ели сибирской, пихты сибирской (*A. sibirica* Ledeb.), произрастающих на болотах различного типа. Патологиим митоза представлена фрагментами, многополюсностью, отстающими хромосомами, одиночными и парными мостами, выбросами хромосом за пределы пластинки, остаточными ядрышками, агглютинацией хромосом, С-митозами. В экстремальных районах произрастания у лиственницы Гмелина (*L. gmelinii* (Rupr.)

Rupr.) в Читинской обл., а также лиственницы сибирской на Таймыре и в Республике Хакасия были обнаружены добавочные (B-) хромосомы, ранее не отмечавшиеся у видов рода *Larix*.

При исследовании насаждениий хвойных в ботанических садах, парках и дендрариях обнаружены изменчивость числа хромосом и миксоплоидия у ряда видов и гибридов сосны. Хромосомные и геномные мутации отмечены также у представителей рода *Picea*, интродуцированных за пределами ареала. Интересные результаты были получены при иучении нескольких широко используемых в озеленении видов кипарисовых: кипарисовика Лаусона (*Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray) Parl.), кипариса аризонского (*Cupressus arizonica* Greene), кипариса вечнозеленого (*C. sempervirens* L.), туи восточной (*Thuja orientalis* L.), культиваров туи западной (*T. occidentalis* L.) с различной окраской хвои и формой кроны. Был использован материал из парковых насаждений и дендрариев России, Болгарии, Кыргызстана, Украины. У декоративных форм кипарисовых встречается миксоплоидия и хромосомные аномалии, например, множественная фрагментация хромосом (Sedel'nikova et al., 2011). Примеры хромосомных аномалий представлены на рис. 2.

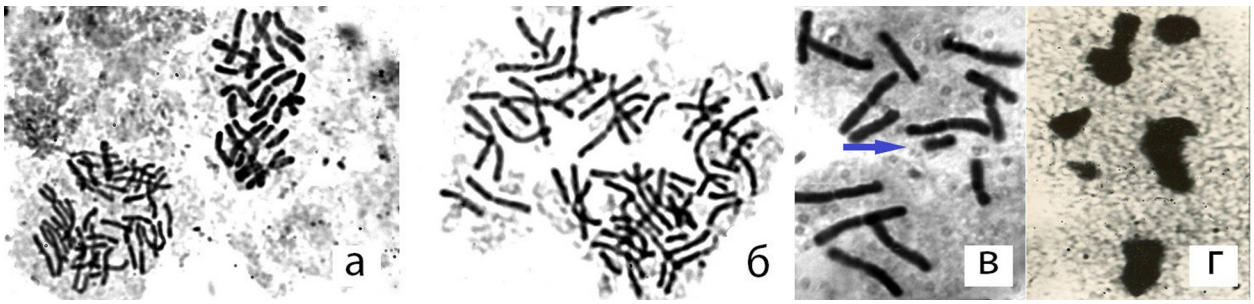


Рис. 2. Хромосомные и геномные аномалии у хвойных: а – миксоплоидия (2*n* = 22, 33) у *Thuja occidentalis*; б – тетраплоидная клетка у *Pinus sylvestris*; в – B-хромосома у *Larix sibirica* (указана стрелкой); г – ядрышки аномальной формы у *Pinus sylvestris*. Окраска ацетогематоксилином.

Высокий уровень хромосомных нарушений отмечен у хвойных не только в естественных экстремальных экотопах, но и в условиях промышленного загрязнения на Южном Урале, на Алтае, в районе Новолипецкого металлургического комбината, Сегежского ЦБК Республики Карелия (Калашник, 2008; Машкина и др, 2009; Егоркина, 2010; Игнатенко, 2021). Повреждения «жесткого типа» – С-митоз, пульверизация и агглютинация хромосом – были выявлены у сосны обыкновенной в условиях радиоактивного загрязнения в зоне Чернобыльской АЭС (Butorina, Evstratov, 1996; Гераськин и др., 2018) и у сосны японской красной (*P. densiflora* Siebold et Zucc.) после аварии на АЭС «Фукусима» (Васильев и др., 2020). Под влиянием антропогенных загрязнений в крупных промышленных центрах и при интродукции установлены цитогенетический полиморфизм семенного потомства, снижение митотической активности и патологии митоза, описаны случаи амитоза (Буторина и др., 2000).

Детальные исследования видов семейства Pinaceae, показали, что их кариотипы различаются в основмном по числу и локализации нуклеолярных районов. При работе с такими геномами новую информацию можно получить при использовании молекулярно-цитогенетических маркеров, в частности, методами флуоресцентной гибридизации *in situ* (FISH). Это дает возможность идентифицировать отдельные хромосомы в кариотипе, подбирать гомологичные пары, выявлять хромосомные перестройки. К настоящему времени методом FISH с пробами 5S и 45S рРНК генов нами изучены хромосомные наборы нескольких лесообразующих видов хвойных Сибири и некоторых других регионов (*Abies sibirica*, нескольких видов *Larix*, *Picea obovata, Pinus sylvestris*).

На рис. 3 представлена идиограмма ели сибирской с рисунком, полученным с использованием FISH. У этого вида имеется 6 мажорныъх сайтов 45S рДНК на гаплоидный геном: в интеркалярных районах на плечах хромосом II, III, IV, V, VIII, X и минорный сайт на длинном плече хромосомы IX. Кроме того, есть два кластера генов 5S рРНК на двух плечах длинной метацентрической хромосомы III. Эта же хромосома несет мажорный локус 45S рДНК рядом с сайтом 5S рДНК. На основе собственных и литературных данных (Shibata, Hizume, 2008) предполагается, что хромосома III, несущая мажорные локусы двух семейств рибосомных генов (5S и 45S), является маркером для видов рода *Picea*. На хромосомах этого вида имеются DAPI-бэнды, которые располагаются в центромерных и интеркалярных районах и облегчают идентификацию хромосом. Использование метода флуоресцентной гибридизации in situ открывает новые возможности при анализе генетического разнообразия, микроэволюции, внутривидовой и межвидовой дивергенции хвойных.

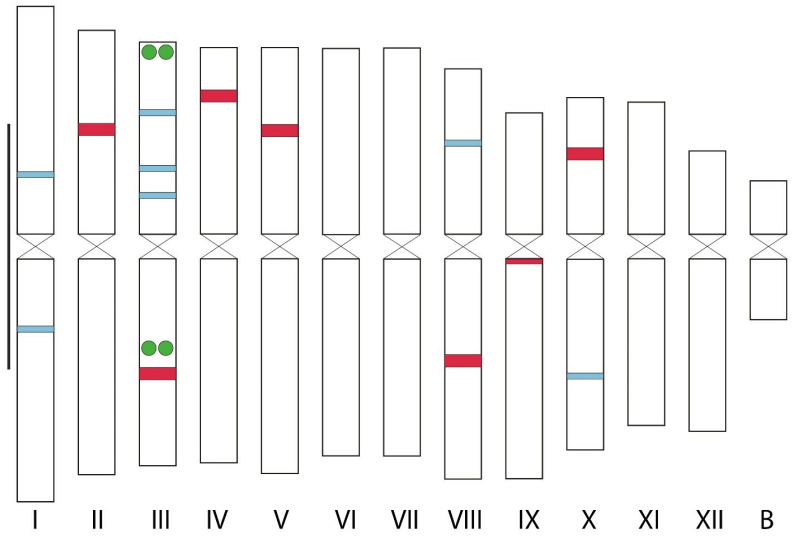


Рис. 3. Идиограмма ели сибирской *Picea obovata* Ledeb: I-XII – номера хромосом. Красными блоками показаны сайты 45S рДНК, зелеными кругами – локусы 5s рДНК, DAPI-бэнды – голубыми блоками. Масштабная линейка 10 мкм

К настоящему времени установлено, что в эволюции хвойных основную роль играли генные мутации при сохранении основных морфологических характеристик кариотипов – числа, морфологии и размеров хромосом (Гриф, 2007). Предположения о том, что хвойные, в частности представители рода *Pinus*, имеют полиплоидное происхождение, высказывались давно, но гипотеза о палеополиплоидной природе этих кариотипов была сформулирована только в начале XXI в. в связи с развитием технологий по анализу структуры и функции их геномов (Ahuja, Neale, 2005). Эта гипотеза нашла подтверждение при изучении полностью секвенированных геномов. Результаты сравнительных геномных и транскриптомных исследований показали, что у современных голосеменных произошли по крайней мере две общегеномных дупликации. Первая из них имела место около 350 млн лет назад, еще до разделения предков современных семенных растений на голосеменные и покрытосеменные, а вторая – у предка голосеменных до разделения филогенетических ветвей елей и сосен, т.е. около 100 млн лет назад (Pavy et al., 2012). Следы полногеномной дупликации выявлены у *Pinus, Picea, Larix, Pseudotsuga, Taxus, Cephalotaxus, Welwitschia, Gnetum, Ephedra, Ginkgo, Cyca*s и других голосеменных, причем удвоение геномов у сосновых и кипарисовых происходило независимо (Jiao et al., 2011; Li et al., 2015; Van de Peer et al., 2017; Liu et al., 2021, 2022). В дальнейшем во многих случаях происходит постепенная диплоидизация генома полиплоида. Она сопровождается потерей многих дуплицированных генов или их сайленсингом, активацией мобильных генетических элементов, генными и хромосомными мутациями, возможно потерей части хромосом; в результате образуется кариотип не отличимый от диплоидного. Исходно полиплоидная природа этих кариотипов может быть выявлена только в сравнительно-геномных исследованиях (Родионов, 2013).

Таким образом, у хвойных у северной и южной границ ареалов, на экологическом пределе распространения, в антропогенно нарушенных экосистемах, интродуцированных в дендрариях, ботанических садах и парках выявлена хромосомная изменчивость, обнаружен широкий спектр геномных и хромосомных мутаций. Анализ накопленных к настоящему времени материалов показывает, что кариотипическая изменчивость имеет определенное адаптивное значение в данной систематической группе растений. Возникновение различных типов хромосомных аномалий и их высокая встречаемость в популяциях хвойных, может рассматриваться как мера их генетического разнообразия и отражать высокую степень экологической пластичности. Проведенные исследования позволяют судить об уровнях внутривидовой и межвидовой изменчивости, процессах микроэволюции и дивергенции хвойных.

Работа выполнена в рамках базового проекта № FWES-2024-0028 «Биоразнообразие лесов Сибири: эколого-динамический, генетико-селекционный, физико-химический и ресурсно-технологический аспекты».

ЛИТЕРАТУРА

Буторина А.К., Калаев В.Н., Вострикова Т.В., Мягкова О.Е. Цитогенетическая характеристика семенного потомства некоторых видов древесных растений в условиях антропогенного загрязнения г. Воронежа // Цитология. 2000. Т. 42, № 2. С. 196–201.

Васильев Д.В., Гераськин С.А., Йощенко В.И., Лыченкова М.А., Нанба К. Цитогенетические эффекты в интеркалярной меристеме хвой красной японской сосны в отдаленный период после аварии на АЭС «Фукусима» // Экологическая генетика. 2020. Т. 18, № 4. С. 483–492.

Гераськин С.А., Кузьменков А.Г., Васильев Д.В. Временная динамика цитогенетических эффек тов в хронически облучаемых популяциях сосны обыкновенной // Радиационная биология. Радиоэкология. 2018. Т. 58, № 1. С. 74–84. DOI: 10.7868/ s0869803118010083

Гриф В.Г. Мутагенез и филогенез растений // Цитология. 2007. Т. 49, № 6. С. 433–441.

Егоркина Г.И. Цитогенетические параметры сосны обыкновенной в Алтайском крае // Лесоведение. 2010. № 6. С. 39–45.

Игнатенко Р.В. Цитогенетические исследования семенного потомства *Pinus sylvestris* L., произрастающей в районе Сегежского ЦБК // Труды Карельского научного центра РАН. Сер. эксперим. биология, 2021. № 11. С. 93–102.

Калашник Н.А. Хромосомные нарушения как индикатор оценки степени техногенного воздействия на хвойные насаждения // Экология, 2008. 4. С. 276-286. DOI: 10.1134/ s106741360804005x

Козубов Г.М., Муратова Е.Н. Современные голосеменные (морфолого-систематический обзор и кариология). Л. : Наука, 1986. 192 с.

Машкина О.С., Калаев В.Н., Мурая Л.С., Леликова Е.С. Цитогенетические реакции семенного потомства сосны обыкновенной на комбинированное антропогенное загрязнение в районе Новолипецкого металлургического комбината // Экологическая генетика. 2009. Т. 7, № 3. С. 17–29. DOI: 10.17816/ ecogen7317-29

Муратова Е.Н., Круклис М.В. Хромосомные числа голосеменных растений. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние. 1988. 117 с.

Муратова Е.Н., Седельникова Т.С., Горячкина О.В., Пименов А.В., Карпюк Т.В. Добавочные хромосомы хвойных растений (на примере видов ели *Picea* A. Dietr.) // Журнал СФУ. Биология. 2023. Т. 16, № 4. 403–419.

Ahuja M.R., Neale D.B. Evolution of genome size in conifers // Silvae Genetica. 2005. Bd. 54, Hf. 3. S. 126–137. DOI: 10.1515/sg-2005-0020

Brown G.R., Carlson J.E. Molecular cytogenetics of the genes encoding 18s-5.8s-26s rRNA and 5s rRNA in two species of spruce (*Picea*) // Theoretical and Applied Genetics. 1997. Vol. 95, N 1–2. P. 1–9.

Butorina A.K., Evstratov N.V. The first detected study case of amitosis in pine // Forest Genetics. 1996. Vol. 3, N 3. P. 137–140.

Jiao Y., Norman J., Wickett N.J., Ayyampalayam S.S., Chanderbali A.S. et al. Ancestral polyploidy in seed plants and angiosperms // Nature, 2011. Vol. 473, N 7345. P. 97–100. DOI: 10.1038/nature09916

Li Z., Banlaga A.E., Sessa E.B., Scascitelli M., Graham W. et al. Early genome duplications in conifers and other seed plants. Science Advances. 2015. Vol. 1, № 10. e1501084. DOI: 10.1126/sciadv.1501084

Liu H., Wang X., Wang G., Cui P., Wu S. et al. The nearly complete genome of *Ginkgo biloba* illuminates gymnosperm evolution. Nature Plants. 2021. Vol. 7, № 6: 748–756. DOI: 10.1038/s41477-021-00933-x

Liu Y., Wang S., Li L., Yang T., Dong S., Wei T. et al. The *Cycas* genome and the early evolution of seed plants. Nature Plants. 2022. Vol. 8, № 4. P. 389–401.DOI:10.1038/s41477-022-01129-7

Muratova E.N., Sedel'nikova T.S., Goryachkina O.V., Pimenov A.V. Karyological and cytogenetical studies on Gymnosperms in V.N. Sukachev Institute of Forest // The International J. of Plant Reproductive Biology. 2020. Vol. 12, № 1. P. 44–55. DOI: 10.14787/ijprb.2020 12.1

Muratova E.N., Sedel'nikova T.S., Karpjuk T.V., Vladimiriva O.S., Pimenov A.V., Mikheeva N.A., Bazhina E.V., Kvitko O.V. Karyological and cytogenetic studies of conifers from West Siberia and Far East // Contemporary Problems of Ecology. 2008. Vol. 1, № 2. P. 263–271. DOI: 10.11.34/S1995425508020148

Ohri D. Variation and evolution of genome size in gymnosperms // Silvae Genetica. 2021a. Vol. 70, № 1. S. 156–169. DOI:10.2478/sg-2021-0013

Ohri D. Karyotype evolution in conifers // Feddes Repertorium. 2021b. Vol. 132, № 3. P. 232–262. DOI: 10.1002/fedr.202100014

Pavy N., Pelgas B., Laroche J., Rigault Ph., Isabel N., Bousquet J. A spruce gene map infers ancient plant genome reshuffling and subsequent slow evolution in the gymnosperm lineage leading to extant conifers. BMC Biology. 2012. Vol. 10, Article number 84. DOI: 10.1186/1741-7007-10-84

Sedel'nikova T.S., Muratova E.N., Pimenov A.V. Variability of chromosome numbers in Gymnosperms // Biology Bulletin Reviews. 2011. Vol. 1. № 2. P. 100–109. DOI: 10.1134/S2079086411020083

Shibata F., Hizume M. Comparative FISH analysis of 11 *Picea* species // Cytologia. 2008. Vol. 73, N 2. P. 203–211.

Van de Peer Y., Mizrachi E., Marchal K. The evolutionary significance of polyploidy. Nature Reviews Genetics. 2017. Vol. 18, № 7. P. 411–424. DOI: 10.1038/nrg.2017.26

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-38

Ресурсы орляка японского на Дальнем Востоке России

А.А. Нечаев

Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Хабаровск, Российская Федерация; dalniilh.fbu@yandex.ru

Аннотация. Приведены данные по пищевым свойствам, распространению, местам произрастания, рахисовой продуктивности, биологическому запасу пищевого сырья орляка японского *Pteridium japonicum* (Nakai) Tardieu-Blot et C. Chr. (*P. aquilinum* auct. non (L.) Kuhn) на Дальнем Востоке. Среднегодовой биологический запас молодых рахисов орляка японского на Дальнем Востоке России оценивается, как минимум, в 300 тыс. т сырой массы. В угодьях производственного (экономически доступного) фонда он составляет 60 тыс. т, а среднегодовой максимально возможный сбор – 24 тыс. т.

Ключевые слова: Дальний Восток России, орляк японский *Pteridium japonicum*, пищевые свойства, рахисовая продуктивность, биологический запас

Resources of *Pteridium japonicum* in the Russian Far East

A.A. Nechaev

Far Eastern Forestry Research Institute, Khabarovsk, Russian Federation; dalniilh.fbu@yandex.ru

Abstract. Data on the nutritional properties, distribution, places of growth, rachis productivity and resources of the foodstuff fern – *Pteridium japonicum* (Nakai) Tardieu-Blot et C. Chr. [*P. aquilinum* auct. non (L.) Kuhn] in the Far East are presented. The average annual biological stock of young rachis of the *Pteridium japonicum* in the Russian Far East is estimated to be at least 300 thousand tons (raw weight). In the fields of the production (economically accessible) fund it is 60 thousand tons and maximum possible harvest is 24 thousand tons.

Keywords: Russian Far East, foodstuff fern *Pteridium japonicum*, nutritional properties, rachis productivity, biological stock

Род орляк *Pteridium* Gled. ex Scop. относится к семейству подчешуйниковые Hypolepidaceae Pichi Sermolli и включает около 6 видов, распространенных в тропических, субтропических и умеренно теплых областях обоих полушарий. По последним данным, на территории Азиатской России произрастают два вида рода – орляк сосновый *Pteridium pinetorum* C.N. Pade et R. Mill s.l. (*P. pinetorum* subsp. *sibiricum* Gureeva et C.N. Pade, *P. aquilinum* auct. non (L.) Kuhn) и орляк японский *Pteridium japonicum* (Nakai) Tardieu-Blot et C. Chr. (*P. aquilinum* var. *japonicum* Nakai, *P. latiusculum* auct. non (Desv.) Hieron ex Fries, *P. aquilinum* auct. non (L.) Kuhn), произрастающие на больших площадях и имеющие большие запасы сырья, соответственно, в Сибири и на Дальнем Востоке (Конспект флоры…, 2012). Как выяснилось, типичный орляк обыкновенный *P. aquilinum* (L.) Kuhn распространен в Западной, Центральной и Южной Европе (включая Карпаты и Крым), в Юго-Западной Азии и в Африке, а орляк широковатый *P. latiusculum* (Desv.) Hieron ex Fries [*P. aquilinum* subsp. *latiusculum* (Desv.) Page, *P. aquilinum* subsp. lanuginosum (Bong.) Hult., *P. aquilinum* auct. non (L.) Kuhn] – в Северной Америке; на территории Азиатской России эти два вида орляка не встречаются (Флора российского…, 2006; Конспект флоры…, 2012). Орляк японский широко распространен в южной части Дальнего Востока и по всему ареалу имеет заросли, пригодные для промышленных и частных заготовок пищевого сырья.

Орляк японский – характерный элемент Маньчжурской (Амурской) флористической провинции Восточноазиатской флористической области (Тахтаджян, 1978). Из пищевых папоротников к таковым относятся, например, чистоустник азиатский (осмунда азиатская) *Osmundastrum asiaticum* (Fern.) Tagawa (*Osmunda asiatica* (Fern.) Ohwi, *O. cinnamomea* auct. non L.) и кочедыжник китайский *Athyrium sinense* Rupr. (*A. rubripes* (Kom.) Kom.). Наиболее обычными растительными формациями Маньчжурской провинции являются широколиственные и хвойно-широколиственные леса, чем растительность этой провинции резко отличается от соседних областей Сибири. Наряду с лесной растительностью видную роль в сложении растительного покрова Маньчжурской провинции играют лесостепи и различные степные группировки и лугостепи (Тахтаджян, 1978).

На Дальнем Востоке орляк японский широко произрастает в Приморье, Приамурье, Западном Приохотье (редко; на север до п-ова Кони), на Сахалине, юге Камчатки и Южных Курильских о-вах (Уруп, Итуруп, Кунашир, Шикотан, Зеленый, Танфильева, Юрий); общее распространение – Северо-Восточный Китай, Корея, Япония (Хоккайдо, Хонсю, Сикоку, Кюсю).

Орляк японский растет в лесах различных типов, особенно в дубняках, березняках (белоберезняках, желтоберезняках, каменноберезняках), смешанных мелколиственных (осиновых, березово-осиновых, березово-лиственничных) и широколиственных лесах, реже в хвойных (лиственничных,

сосновых, пихтово-еловых). Орляк японский предпочитает разреженные древостои с негустым подлеском или с полным его отсутствием, растет у дорог, на лесных полянах, прогалинах и опушках, среди кустарников; преимущественно на богатых и хорошо дренированных субстратах в поймах и долинах рек. Оптимальная для орляка полнота древостоя 0,3–0,4. Древостои с полнотой выше 0,5 для заготовок папоротника не представляют интереса. При уничтожении древесного яруса участие орляка резко возрастает, он становится доминантом кустарникового, кустарниково-разнотравного, разнотравно-вейникового покрова на лугах, болотистых участках, вырубках и гарях (Сабирова, Сабиров, 2015).

Орляк японский – многолетнее споровое травянистое растение 30–80 (до 100–150) см высоты; корневая система сильно разветвленная, состоит из мощных черных горизонтальных и вертикальных корневищ, наименьшая их толщина 3–4 мм, наибольшая – 12–16 мм; наименьшая длина корневищ первого порядка составляет 1,5 м, суммарная – 4,4 м, наибольшая – соответственно 5,4 и 10,2 м; взрослые листовые пластинки (вайи) крупные, одиночные, отмирающие на зиму, в очертании яйцевидно-треугольные, 20–100 см длины, не более чем в 1,5 раза длиннее своей ширины, дважды или трижды перисторассеченные, слабо волосистые; черешки листовой пластинки 20–70 см длины, близ основания темно-бурые и покрытые волосками, выше – голые; сорусы краевые, смыкающиеся друг с другом, расположены узкой полосой по подогнутому краю листа. Споры созревают в июле.

Орляк размножается преимущественно вегетативно – посредством корневищ первого, второго и третьего порядков, на поверхности которых в июле закладываются почки возобновления, формирующиеся в течение трех лет. На четвертый год, с наступлением положительных температур, обычно в конце мая – начале июня, над поверхностью почвы из почек возобновления появляются улиткообразно свернутые молодые вайи (рахисы), которые собирают и употребляют в пищу. В период теплой и достаточно влажной погоды они растут очень быстро, их ежесуточный прирост составляет в среднем 6 см. Кроме того, по всей поверхности корневище орляка покрыто довольно прочными корнями, толщина которых колеблется от 0,3 до 1,2 мм длина – от 4 до 20 см. Корни ветвистые, образуют до четырех порядков ветвления. Средняя глубина залегания корневищ 15–20 см, почек возобновления – 5 см (Сабирова, Сабиров, 2015).

Орляк японский – ценное пищевое, лекарственное, кормовое и декоративное растение. В молодых весенних побегах (рахисах) орляка обнаружены 17 аминокислот, в том числе – все незаменимые. Из последних преобладают лизин, лейцин, а среди остальных – аспарагиновая и глютаминовая кислоты, аланин, серин, меньше содержится метионина, тирозина, фенилаланина и цистина (в виде следов). В рахисах обнаружены витамины – каротин, рибофлавин (B_2), токоферол (Е), аскорбиновая (С) и никотиновая (B_3) кислоты; макро- и микроэлементы – йод, калий, натрий, кальций, кремний, магний, марганец, медь, сера, фосфор, железо, цинк, бор, кобальт. Кроме того, в рахисах и молодых вайях содержатся углеводы и родственные соединения (глюкоза, фруктоза, галактоза, ксилоза, фукоза, арабиноза, аквилинан, лактоза, сахароза, крахмал, клетчатка, пектиновые вещества), органические кислоты (фумаровая, янтарная), ароматические соединения, каратиноиды, сесквитерпеноиды, стероиды, фенолкарбоновые кислоты, фенольные соединения, дубильные вещества до 1,6 %, флаваноиды, тритерпеноиды, липиды. Рахисы и молодые вайи орляка содержат ядовитые горькие цианогенные гликозиды (выделяющие при разложении синильную кислоту), свободную синильную кислоту и фермент тиаминазу, снижающие пищевую ценность сырья (Растительные ресурсы…, 1996; Сабирова, Сабиров, 2015).

В корневищах орляка японского найдены алкалоиды, дубильные вещества (до 4,5 %), горький гликозид птераквиллин, сапонины, сахара, крахмал до 46 %, клетчатка, гемицеллюлоза, жирное и эфирное масла. В Японии и Китае корневища орляка сушат и добывают из них крахмал. Сушеные измельченные корневища пригодны для выпечки хлеба, а просто печеные сразу готовы к употреблению. Из-за наличия сапонинов свежее корневище орляка хорошо мылится, в прежние времена его использовали в качестве мыла, для отбеливания, промывания и окраски шерсти, для использования в производстве пива. Из них делают также особый клей, который не растворяется в холодной воде, а также им пропитывают, например, рюкзаки для придания водонепроницаемости. Корневища заготавливают осенью либо ранней весной (в период с мая по июнь), когда начинает отрастать надземная часть растения, листья заготавливают летом. Листья (вайи) взрослого папоротника охотно едят свиньи, но лошади и рогатый скот не трогают их – имеются сведения, что для них листья орляка ядовиты. Вайи используют в качестве топлива, кровельного материала, подстилки для скота (Растительные ресурсы…, 1996).

Орляк широко используется в народной (традиционной) медицине многих стран мира. Препараты надземных и подземных частей его применяют в качестве жаропонижающих, болеутоляющих, отхаркивающих, вяжущих, маточных, желудочных, тонизирующих, слабительных, противоглистных, мочегонных, кровоостанавливающих, антисептических и инсектицидных средств. Настой или отвар корневищ орляка используют внутрь при заболеваниях нервной системы, селезенки, кишечника, желудка, против ленточных глистов; наружно – при лечении ревматизма, золотухи, экземы, абсцессах, при болях в суставах, головной боли (Растительные ресурсы…, 1996).

В пищу орляк японский издавна употребляют в национальной кухне Китая, Кореи, Японии. На острове Сахалин и на Камчатке орляк и другие пищевые папоротники начали использовать в пищу коренные народности еще в начале XVIII в. По пищевой ценности рахисы орляка близки к овощам, а по вкусовым свойствам напоминают грибы. Считается, что это растение способствует долголетию, омолаживает организм и укрепляет иммунную систему.

На советском Дальнем Востоке папоротник орляк можно было встретить на местных рынках вплоть до Великой Отечественной войны. Затем это растение оказалось забытым почти на три десятилетия, а в конце 60-х гг. о нем заговорили как о новом оригинальном продукте леса. Заготовкой орляка впервые начали заниматься госпромхозы Хабаровского края в 1969 г. (Далин, 1981; Измоденов, 1989, 1997; Сухомиров, 2007). Вначале его заготовляли только промхозы, с 1973 г. к ним подключились другие заготовительные организации. В первые годы заготовок вся продукция шла в Японию. Производство соленого папоротника на экспорт, а затем и на внутренний рынок для промхозов оказалось высокорентабельным, и к данной работе подключились почти все промхозы Приморского края, Амурской области, Сахалина и Камчатки.

В пищу используют молодые весенние черешки (рахисы) и только в переработанном виде, так как орляк относится к условно съедобным видам. Для удаления горечи и дальнейшего приготовления пищи свежие рахисы вымачивают, замораживают, отваривают, солят, сушат. Известно много способов переработки сырья и приготовления пищи в домашних условиях. Орляк съедобен только после отваривания рахисов в подсоленной воде (8–10 минут), затем промывания их водой для удаления горечи и излишней солености (10–15 минут). Отваренные и промытые рахисы можно заморозить для длительного хранения в холодильнике или сразу готовить пищу (жарить, тушить). Или после отваривания – только засолка с неоднократной сменой рассола для длительного хранения. Основной способ переработки сырья в производственных условиях – соление. Перед тем как готовить засоленный папоротник в пищу, его надо в течение 7–8 часов вымочить в воде, а затем прокипятить около 5 минут. После этого папоротник пригоден для дальнейшего приготовления: его можно жарить, делать из него фарши, начинки, салаты. Индивидуальные сборщики готовят впрок и сушеный продукт. Многолетний опыт позволяет рекомендовать этот метод как наиболее удобный в домашних условиях. Свежий папоротник варят в кипящей подсоленной воде 8–10 минут, а затем воду сливают, а папоротник, разложив тонким слоем на стеллажах под навесом, сушат до тех пор, пока почерневшие побеги не станут ломкими. При хорошей погоде побеги полностью высыхают через двое суток. Высушивание имеет ряд преимуществ перед солением и в производственных масштабах. В первом случае требуется всего два дня, а при втором – 1,5–2 месяца. Сушеный папоротник легко расфасовывать, хранить в любой упаковке и транспортировать, поэтому его переработка этим способом может быть основной. В сухом виде орляк сохраняется неограниченное время. Перед употреблением в пищу побеги надо вымочить в течение трех суток в воде, меняя ее через каждые 10–12 часов. Вымоченные побеги можно тушить или жарить как отдельно, так и с овощами, мясом и рыбой (Сухомиров, 2007).

Подобно грибам молодые побеги орляка (рахисы) на одном и том же участке появляются слоями: сначала единично, через 5–7 дней – массой, позже опять единично (Далин, 1981; Измоденов, 1989, 1997). Первые единичные всходы вай появляются в южных районах Дальнего Востока в конце апреля – начале мая при прогревании поверхности почвы до +6 – +8 °С. Вайи первого слоя немногочисленны, очень тонкие и худосочные, отличаются низкими пищевыми качествами, практического значения, как объект заготовок, не имеют. После прогревания почвы на глубине 15–20 см до +6 – +8 °С начинает функционировать все корневище. Когда днем у поверхности почвы температура воздуха достигает +20 – +30 °С, тогда и наблюдается бурное появление вай. Вайи растут очень быстро: побег готов к срыву через 2–4 дня после появления, а спустя еще 3–4 дня он перезревает. Вайи сохраняют пищевые качества всего 4–6 дней, что и определяет срок сбора урожая. Вайи второго (основного) слоя появляются в массе на юге Хабаровского края и в Приморском крае в конце первой – начале второй декады мая; в центральных районах Хабаровского края и в южной части Сахалина – в конце второй – начале третьей декад мая; в остальной части ареала орляка – в конце третьей декады

мая – первой декаде июня. Это время (8–10 дней) – наилучшее для образования пищевой продукции. Весь же период развития второго слоя составляет 15–16 дней. Второй слой является основным, на его долю приходится 70 % всходов, именно он образует урожай, подлежащий сбору – промысловый слой. По времени он совпадает с началом бутонизации и цветения ландыша Кейзке или началом осыпания цветков у черемухи обыкновенной. Последующие слои менее четко выражены и растянуты во времени. Появление единичных молодых вай зарегистрировано в конце июня, в июле и даже в начале августа.

Имеющиеся в научной литературе сведения по рахисовой продуктивности, запасам пищевого сырья, срокам и периодичности заготовки, а также правилам сбора рахисов орляка японского, произрастающего на Дальнем Востоке России, весьма многочисленны и также весьма противоречивы.

Согласно ресурсно-производственной классификации запасы пищевого сырья орляка японского на Дальнем Востоке отнесены к ресурсу промышленного уровня во многих районах, концентрированные запасы имеются во многих районах на достаточно больших площадях, что обеспечивает высокопродуктивный сбор (Измоденов и др., 1981).

И.В. Далиным (1981) по оконтуренным выделам на картах-схемах определены площади растительных сообществ с участием орляка по зоне ценоареала (9,3 млн га), затем, с учетом встречаемости, рассчитаны площади, занятые орляком, раздельно для первой и второй категории встречаемости, после чего они суммированы в разрезе краев и областей Дальнего Востока (всего таких площадей получилось 62 тыс. га). Используя размеры площадей, занятых орляком, показатели рахисовой продуктивности и встречаемости растений по категориям густоты стояния вай, а также встречаемости орляка по разрядам сочности, определены биологические и эксплуатационные запасы пищевого сырья орляка и ежегодный допустимый размер пользования. Они соответственно составляют: в Хабаровском крае – 5800, 2700 и 1600 т; в Приморском крае – 6800, 3500 и 1900 т; на Сахалине – 800, 400 и 250 т. Эти запасы размещаются на территориях промыслового фонда (заросли орляка, расположенные вблизи населенных пунктов, вдоль проезжих дорог и судоходных рек на 3–4 км в каждую сторону) и резервного фонда (территория эта большей частью недоступна для освоения и в настоящее время). Освоение заготовками промыслового фонда составляет: по площади – в Хабаровском и Приморском краях – 80–90 %, на Сахалине – 90–100 %; по запасу – в Хабаровском крае – 50–60 %, в Приморском крае – 40–50 %, на Сахалине – 90–100 % (Далин, 1981).

А.Г. Измоденовым (1989, 1997) по густоте стояния рахисов и вай орляка японского выделено пять групп: очень густые (16,1–20,0 шт./м^2), густые (12,1–16,0 шт./м^2), средние (8,1–12,0 шт./м^2), редкие (4,1–8,0 шт./м^2) и очень редкие (0,1–4,0 шт./м^2) и 3 разряда сочности рахисов: полносочные, сочные и худосочные. Полносочные и сочные рахисы являются полноценными продуктами, худосочные – мало пригодны для пищевых целей. Полносочный рахис среднего размера 20–30 см весит 12 г, сочный – 8 г, худосочный – 4 г. Наиболее распространены орляковые угодья с сочными рахисами, они составляют 66 %, в то время как с полносочными – всего 17 % и столько же с худосочными. Соотношение высокого, среднего и низкого разрядов 1 : 4 : 1. В хороших орляковых угодьях, имеющих очень густое стояние полносочных рахисов, рахисовая продуктивность (урожайность) доходит до 1000 кг/га и даже до 1500 кг/га, но такое – редкость, обычная норма – 500 кг/га, а самые распространенные угодья дают расчетный сбор 100–200 кг/га (Измоденов, 1989, 1997).

По данным Г.И. Сухомирова (2007), общая площадь угодий с участием орляка на Дальнем Востоке определяется минимум в 2 млн га. На долю же продуктивных участков приходится всего лишь 40 %, т.е. 800 тыс га. Остальные участки подлежат исключению из сырьевого фонда, ибо концентрация орляка там настолько низка, что заготовки быстро приводят к истощению и гибели растения. Годовой биологический урожай на продуктивных участках равен 60 тыс. т. На 800 тыс. га производственного фонда эксплуатационный урожай составляет 16 тыс. т, а размер ежегодного расчетного сбора – 12 тыс. т.

С целью изучения ресурсных характеристик и рахисовой продуктивности орляка японского в стадии второго (основного) слоя пищевого продукта (во второй половине мая) нами проведены полевые исследования в окрестностях г. Хабаровска в отрогах хребта Большой Хехцир на территории Лесопаркового участкового лесничества Хехцирского лесничества. В типичных местообитаниях орляка проведены таксационные и геоботанические описания, закладка 10–15 (20) шт. учетных площадок (по 1 м^2 каждая), на которых проводили учет количества рахисов орляка. В пределах этих учетных площадок проводили также сбор опытных модельных образцов рахисов по 10–15 шт. в каждом с определением средней высоты и средней массы рахисов в сыром и воздушно-сухом состояниях.

По данным полевых исследований, в продуктивных угодьях в стадии второго (основного) слоя количество рахисов орляка японского на 1 м^2 составило от 8 до 12 шт. (в среднем 10 шт.) при их высоте от 13 до 29 см (в среднем 22 см). Средние значения массы одного рахиса – от 4 до 6 г (в среднем 5 г) в сыром состоянии или 0,5 г в воздушно-сухом. Выход сухого сырья из сырого – 10 %. Рахисовая продуктивность орляка в типичных усредненных местообитаниях составила от 400 до 600 кг/га (в среднем 500 кг/га) в сырой массе.

По нашим экспертным данным, общая площадь с участием орляка японского на Дальнем Востоке России составляет, ориентировочно, 2 млн га, а площадь продуктивных угодий с его преобладанием оценена в 600 тыс. га (15 % от общей орляковой площади). Среднемноголетняя рахисовая продуктивность второго (основного) слоя – 500 кг/га. Среднегодовой биологический запас рахисов оценивается, как минимум, в 300 тыс. т сырой массы или 30 тыс. т воздушно-сухой (10 % от сырой). В угодьях производственного фонда (на 1/5 относительно доступной для освоения ее части) биологический запас составляет 60 тыс. т сырой массы, а среднегодовой возможный сбор – 24 тыс. т (40 % урожая). Из общего биологического запаса рахисов 100 тыс. т сосредоточено на территории Приморского края, 80 тыс. т – Хабаровского края, 50 тыс. т – Сахалинской области, 40 тыс. т – Камчатского края, 20 тыс. т – Амурской области и 10 тыс. т – Еврейской автономной области.

Начало промыслового сезона по заготовке рахисов орляка японского для пищевых целей проводится в южных районах Дальнего Востока с 8 по 13 мая, в центральных – с 17 по 23 мая, в северных – с 26 мая по 10 июня. Длительность промыслового сезона 16 дней.

Урожай орляка ежегодный. На одном орляковом массиве в течение года допускается разовый сбор молодых, не огрубевших рахисов от 20 до 60 см. Для сохранения продуктивности массива необходимо оставлять 2–3 нормальных рахиса на 1 м^2, а также все огрубевшие побеги. Интенсивность изъятия рахисов не должна превышать 50 % от биологической продуктивности массива. Собирать рахисы на одном участке позволительно единственный раз в сезон, и тогда за счет неодновременности выхода всходов из почвы остаются целыми по меньшей мере треть будущих растений. К этому можно прибавить еще примерно 20 % вай, которые неизбежно пропускаются при сборе. Для нормального воспроизводства следует также предоставить отдых растению – оборот пользования. После трех лет непрерывного сбора на четвертый год необходимо запретить сбор на участке, чтобы орляк смог накопить свойственный ему регенеративный потенциал.

ЛИТЕРАТУРА

Далин И.В. Учет и использование орляка обыкновенного в лесах Дальнего Востока : автореф. дис. … канд. с.-х. наук. Красноярск, 1981. 24 с.

Измоденов А.Г. Лесная самобранка: мед, овощи и соки уссурийских лесов. Хабаровск : Кн. изд-во, 1989. 256 с.

Измоденов А.Г. Продовольственные растения лесов Дальнего Востока и проблемы их рационального использования : автореф. дис. … д-ра с.-х. наук. Хабаровск, 1997. 58 с.

Измоденов А.Г., Бабурин А.А., Далин И.В. Ресурсная и производственная оценка природных пищевых растений // Экономическая оценка эффективности освоения недревесных биологических ресурсов суши Дальнего Востока. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 65–85.

Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения / Л И. Малышев [и др.] ; под ред. К.С. Байкова. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. 640 с.

Растительные ресурсы России и сопредельных государств. Ч. I.: Семейства Lycopodiaceae – Ephedraceae, часть II дополнения к 1–7 т. СПб. : Мир и семья-95, 1996. 571 с.

Сабирова Н.Д., Сабиров Р.Н. Пищевые папоротники Сахалина. Владивосток : Дальнаука, 2015. 155 с.

Сухомиров Г.И. Таежное природопользование на Дальнем Востоке России. Хабаровск : РИОТИП, 2007. 384 с.

Флора российского Дальнего Востока: дополнения и изменения к изданию «Сосудистые растения советского Дальнего Востока». Т. 1–8 (1985–1996) / отв. ред. А.Е. Кожевников, Н.С. Пробатова. Владивосток : Дальнаука, 2006. 456 с.

Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. Л. : Наука, 1978. 248 с.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-39

Генеративный период онтогенеза лиственницы сибирской в высокогорье и среднегорье Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай)

С.А. Николаева, Д.А. Савчук, Е.О. Филимонова

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Российская Федерация; sanikol1@rambler.ru

Аннотация. У одно- и двуствольных прямостоячих деревьев лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) из высокогорья и среднегорья Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай) описаны 3 основных (молодое (g_1), зрелое (g_2) и старое (g_3) генеративные) и 2 пограничных (очень молодое (g_0), и очень старое (g_4) генеративные) онтогенетических состояния генеративного периода. Размеры дерева закономерно сначала увеличиваются, затем уменьшаются, а его первичные элементы постепенно замещаются вторичными. Генеративный период начинается в возрасте 30–60 лет (у единичных особей – 10–12) у деревьев на открытых участках, 100 лет и более под пологом сомкнутого древостоя и заканчивается в среднем в 370–460 лет (у единичных особей – 480–650). Его продолжительность составляет не менее 350–600 лет до естественной гибели особей.

Ключевые слова: лиственница сибирская, онтогенез, генеративный период, крона, первичные и вторичные ветви, шишки, Горный Алтай.

Generative period of Siberian larch ontogeny in the high and middle elevations of the Severo-Chuisky Range, the Altai Mountains

S.A. Nikolaeva, D.A. Savchuk, E.O. Filimonova

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russian Federation; sanikol1@rambler.ru

Abstract. In single- and double-stemmed straight Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) trees from the high and middle elevations of the Severo-Chuisky Range, the Altai Mountains, 3 main (young g_1, mature g_2, and old g_3 generative) and 2 boundary (very young g_0 and very old g_4 generative) ontogenetic states of the generative period are described. The size of the tree regularly first increases, then decreases, and its original branches are gradually replaced by epicormic branches. The generative period begins at 30–60 years old (10–12 years old in single individuals) for trees in open areas, 100 years old or more under the canopy of a closed stands and ends on average at 370–460 years old (480–650 years old in single individuals). Duration of the generative period is at least 350–600 years until the natural death of individuals.

Key words: Siberian larch, ontogeny, generative period, crown, cone, original and epicormic branches, Altai Mountains.

Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) занимает в России обширный ареал с равнинными и горными территориями в Западной, Средней и Южной Сибири. Она – один из основных лесообразователей Сибири, в Горном Алтае является одним из доминантов в высокогорных и среднегорных лесах. Описание онтогенеза лиственницы в литературе не обнаружено. Цель – описать особенности генеративного периода онтогенеза лиственницы сибирской в высокогорье и низкогорье Северо-Чуйского хребта Горного Алтая.

Район исследования – верхнее (в пределах горно-ледникового бассейна Актру, 2100–2500 м над ур. м.) и среднее (в месте выхода реки в Курайскую степь, 1650–1750 м) течение р. Актру (северный макросклон Северо-Чуйского хребта, Горный Алтай). Лиственница формирует здесь чистые или смешанные с кедром сибирским (*Pinus sibirica* Du Tour) и елью сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) древостои, образуя лесные сообщества в виде сплошных массивов или их фрагментов, а также растет группами и одиночными особями.

Климат высокогорий, по данным метеостанции Актру (50°04' с.ш., 87°45' в.д., 2150 м), характеризуется низкими среднегодовыми (–4,7 °С) и летними среднемесячными (7,6–9,5 °С в июне–августе) температурами и умеренным (539 мм в год, 65,8–88,7 мм в июне–августе) количеством осадков. Климат Курайской степи (Горный Алтай, 1971, Харламова, Козлова, 2014) теплее (температура июля 12 °С) и существенно суше (осадки 200 мм в год).

Объекты исследования – деревья лиственницы, произрастающие в горно-лесном поясе и в зонах контакта лесов с тундрой (лесотундровый экотон), ледниками (морены) и степью (лесостепной экотон). Они исследованы в 8 категориях древесной растительности: 1) фрагментах старовозрастных лиственнично-кедровых лесов на склонах долины (2150–2300 м над ур.м.), 2) сплошных массивах пройденных пожарами кедрово-лиственничных лесов на склонах (2020–2200 м), 3) лиственничных

лесах на водно-ледниковых отложениях днища долины (2100–2150 м), 4) формирующихся лиственничных лесах на моренах ледника Малый Актру (2200–2250 м), 5) группах особей на верхней границе леса (2235–2390 м), 6) одиночных особей в лесотундровом экотоне (2240–2475 м), 7) елово-кедрово-лиственничных лесах на нижней границе (1700–1740 м), 8) островных лиственничных массивах и кулисах лиственниц в лесостепном экотоне (1660 м).

В каждой категории в 2002–2021 гг. заложили от 3 до 12 пробных площадей размером 0,04–0,25 га, на которых проводили сплошной перечет деревьев, измеряли их высоту и диаметр ствола на уровне груди, описывали внешний вид кроны, отмечали наличие шишек и их положение в кроне, брали древесные образцы (керн или спил) в основании ствола для определения возраста деревьев. Онтогенетические состояния лиственницы описывали только у прямостоячих деревьев с 1–2 стволами, более или менее симметричной кроной, минимальным числом повреждений для соответствующего этапа развития. Онтогенетические состояния выделяли, опираясь на морфологические и репродуктивные признаки, характерные для того или иного состояния у древесных видов, в первую очередь хвойных (Смирнова, Бобровский, 2001, Тимошок и др., 2009; Evstigneev, Korotkov, 2016 и др.). Урожай шишек в кроне у высоких свободно стоящих деревьев оценивали по 5-бальной шкале, у невысоких – подсчитывали их количество.

В генеративном периоде онтогенеза лиственницы сибирской выделено 3 основных (g_1 – молодое, g_2 – зрелое, g_3 – старое генеративные) и 2 пограничных (g_0 – очень молодое, g_4 – очень старое генеративные) состояния (рис. 1).

Очень молодое генеративное состояние (g_0). Это вступающие в генеративный период деревья, т.е. находящиеся в конце вегетативного ($v_к$) и начале молодого генеративного (g_{1H}) состояний, границей между которыми является наличие/отсутствие первых генеративных органов. Они имеют близкие параметры вегетативной сферы (высота и диаметр); а, возможно, и в репродуктивной сфере.

Привершинная часть кроны сильно заостренная, нижняя ее часть, как правило, опущена до земли на открытых участках или расположена выше по стволу (от 0,5 м до 1/3 ствола) в сомкнутых древостоях (рис. 1, g_0). В лесных сообществах горно-лесного пояса (старовозрастные, пройденные пожарами леса и на водно-ледниковых отложениях) и на его нижней границе (рис. 1, g_0 *a,b,c,g*) такие деревья входят в состав второго–третьего ярусов древостоя. Высота деревьев – 9–11,5 м, диаметр – 10–17 см, возраст – 50–117 лет, самые крупные деревья достигают 12–17 м, 12–18 см, 110–185 лет соответственно. Показатели деревьев в формирующихся лесных сообществах на морене, на верхней границе, лесотундровом и лесостепном экотонах (рис. 1, g_0 – *d, e, f, h, h**) в 2–6 раз ниже, чем в лесах горно-лесного пояса. Первые шишки в формирующихся лесных сообществах и на границах леса зафиксированы у молодых деревцев при их незначительных размерах (1,4–2,5 м, 1–3 см) и возрасте (20–45 лет), у одиночно растущих около островных массивов и кулис в лесостепном экотоне даже при 0,8–0,9 м, 10–12 лет соответственно.

Молодое генеративное состояние (g_1). Форма кроны удлиненно-яйцевидная, удлиненно-пирамидальная. Привершинная часть кроны заостренная, нижняя ее часть опущена до земли на открытых участках или расположена выше по стволу (от 1 м до 1/3 ствола) в сомкнутых древостоях. Крона состоит из первичных ветвей (рис. 1, g_1). У некоторых деревьев могут формироваться элементы вторичной кроны в виде брахибластов с хвоей (до 1 см длины) и тонких, коротких неветвящихся веточек в нижней части ствола. В лесных сообществах горно-лесного пояса и на его границах (рис. 1, g_1 – *a, b, c, g*) такие деревья входят в состав второго, реже первого ярусов древостоя. Высота деревьев – 8–16,5 м, диаметр – 15–25 см, возраст – 67–171 лет, не превышая 11–21 м, 22–37 см, 80–235 лет соответственно. Их показатели в формирующихся на морене и экотонах лесных сообществах (рис. 1, g_1 –*d, e, f, h*) в 1,5–2.5 раза ниже, чем в старовозрастных и послепожарных лесах.

Зрелое генеративное состояние (g_2). Форма кроны широко-яйцевидная. Привершинная часть кроны широко-треугольная или слегка закругленная. Нижняя ее часть приподнята над землей на 1–1,5 м на открытых участках или расположена выше по стволу (до 1/2 ствола) в сомкнутых древостоях, а на моренах и экотоне может быть представлена «юбкой». Крона образована в основном первичными ветвями. В нижней части имеются отдельные элементы вторичной кроны: направленные вниз тонкие ветви, реже – один или несколько «пучков» (рис. 1, g_2). Последние представляют собой систему ветвей, расходящихся веером из одной «точки» ствола. Во всех лесных сообществах и на их границах деревья (рис. 1, g_2 – *a, b, c, g, h*) образуют первый ярус древостоя, редко встречаются во втором. Их высота – 10–16 м, диаметр – 23–35 см, возраст – 108–280 лет, не превышая 15–25,5 м, 45–67 см, 200–430 лет соответственно. В некоторых формирующихся сообществах (рис. 1, g_2–*d, e, f*) их параметры в 1,5–2 раза ниже, а возраст не превышает 70–95 лет.

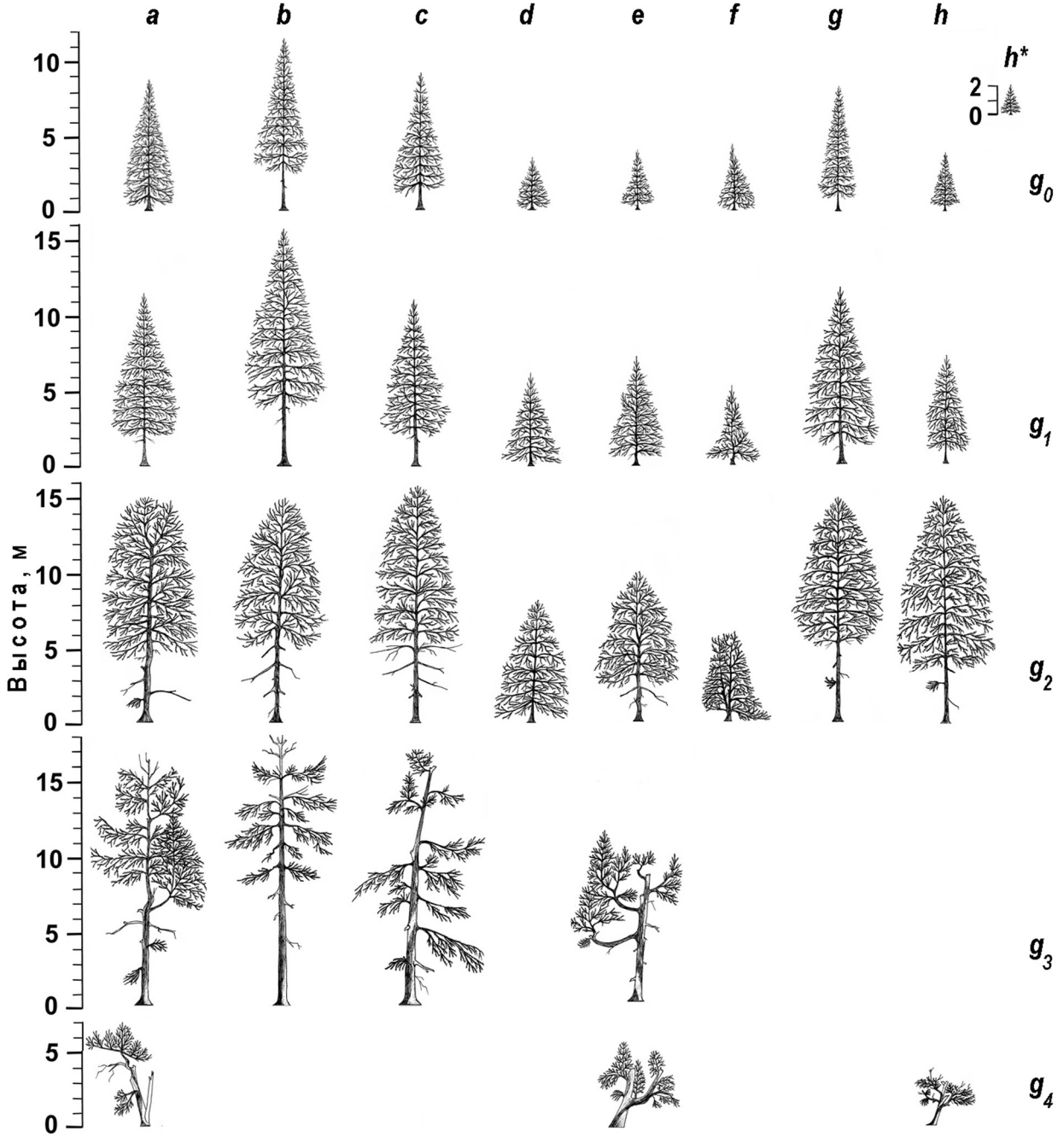


Рис. 1. Внешний вид деревьев лиственницы сибирской генеративного периода. Онтогенетические состояния: g_0 – очень молодое, g_1 – молодое, g_2 – зрелое, g_3 – старое, g_4 – очень старое генеративные. Категории древесной растительности: *a* – старовозрастный лес, *b* – послепожарный лес, *c* – лес на водно-ледниковых отложениях, *d* – формирующийся лес на моренах ледника Малый Актру, *e* – группы деревьев на верхней границе леса, *f* – одиночные деревья в лесотундровом экотоне, *g* – лес на нижней границе, *h* – островные массивы и *h** – кулисы в лесостепном экотоне.

Старое генеративное состояние (g_3). Форма кроны разнообразна, ее верхняя часть чаще всего более или менее плоская. Вершина ствола или ее верхняя часть до 1/2–3/4 высоты ствола (1) сухая с остатками первичных ветвей (сучки), (2) отсутствует, (3) замещена растущими вертикально привершинными ветвями, (4) замещена крупными разросшимися в стороны ветвями, практически сохранившими исходное направление роста. Нижняя часть кроны – выше основания ствола на 1–1,5 м. Вторичные ветви из нижней части кроны представлены отдельными относительно тонкими ветвями и крупными «пучками» (рис. 1, g_3). Эти деревья сохранились в основном в старовозрастных лесах. Они возвышаются над пологом древостоя, входят в состав его первого яруса (рис. 1, g_3 –*a, b*) или представлены одиночно растущими деревьями (рис. 1, g_3 – *c,e*). Высота – 12–19 м, диаметр – 56–60 см, возраст – 382–460 лет, самые крупные экземпляры (13–28 м, 69–95 см) достигают 480–650 лет. Со-

хранившиеся на верхней границе леса деревья (рис. 1, g_3 – *e*) ограничены по высоте (8–13 м) по сравнению с лесными сообществами (23–28 м).

Очень старое генеративное состояние (g_4). Единично встречаются особи неопределенно большого возраста, у которых отсутствует бóльшая часть ствола, кроны и корней. Внешне они выглядят как (1) дерево с сильно редуцированной первичной кроной (рис. 1, g_4 – *a, e, h*), (2) прямостоячий или наклоненный ствол без его верхней части (1/3–3/4) с несколькими мощными ветвями или «пучками» (рис. 1, g_4 – *a*), (3) «живой пень» – пень с целыми корнями и отходящими от него одной-двумя живыми вторичными ветвями, (4) «живой валежник» – это часть лежащего ствола с одним–двумя целыми корнями и несколькими живыми ветвями.

Крона деревьев g_4-состояния состоит в основном из вторичных ветвей. Привершинные ветви сохраняют направление роста близкое к исходному, отличному от вертикального. Крупные «пучки» имеются не только на стволе, но и на крупных ветвях. Бóльшая часть древесины ствола таких особей сухая или отсутствует из-за гнили, а его проводящая система представлена отдельными тяжами живой ксилемы и флоэмы. Высота таких особей не превышает 4–7 м, высота ствола на 1,5–2 м ниже. Такие индивиды изредка встречаются на открытых участках, лесных полянах в старовозрастных лесах, на верхней границе леса и лесостепном экотоне; и не обнаружены на участках с сомкнутым древостоем и пройденных пожарами и в формирующихся лесных сообществах.

Появление первых шишек и микростробилов прослежено у одиночно и кулисами растущих деревцев небольшого размера в возрасте 10–12 и 20 лет соответственно в лесостепном экотоне. В кулисах микростробилы найдены у 33,3 % деревьев, а одновременно микростробилы и 1–3 шишки – у 9,5 %. Формированию шишек предшествовало несколько лет с высокими линейными приростами стволика (ок. 30 см против 10–15). Часть одиночно растущих рядом с островными массивами и кулисами деревцев имели от 1 до 6 шишек и микростробилы текущего года.

Шишки у деревьев g_0-состояния располагаются единично в верхней части кроны или они визуально отсутствуют. У деревьев g_1-состояния в благоприятные годы шишки в большом количестве образуются в верхней и средней частях кроны на открытых участках и в верхней части в сомкнутых древостоях, g_2-, g_3-состояний – по всей кроне на открытых участках и в верхней и средней частях в сомкнутых древостоях. В неблагоприятные годы на моренах ледника и в лесотундровом экотоне шишки сосредоточены в нижней части кроны – «юбке». У всех обследованных деревьев g_4-состояния отмечены шишки, микростробилы или недавние следы от них на сохранившихся ветвях. Наибольшие их урожаи приходятся на деревья g_2-состояния. В целом за последние 15 лет урожаи выше среднего были в 2013, 2016, 2017, 2020 гг., низкие или отсутствовали – 2008, 2014, 2015, 2018, 2019 гг. Другими словами, шишки обнаружены у всех обследованных деревьев лиственницы сибирской нормальной жизненности, которые использованы при описании ее онтогенеза. В благоприятные годы они формировались как на первичных, так и вторичных ветвях практически по всей кроне, но их количество сильно колебалось по годам.

В исследовании онтогенеза лиственницы границами генеративного периода послужили выделенные нами пограничные g_0- и g_4-состояния. Если основные онтогенетические состояния генеративного периода (g_1, g_2, g_3) изучены достаточно хорошо у многих лиственных и хвойных видов (например, обзор Evstigneev, Korotkov, 2016), то выделенные нами пограничные онтогенетические состояния (g_0, g_4) в литературе не упоминаются.

Очень молодые генеративные (g_0) включают деревья, находящиеся (1) в конце виргинильного состояния, потенциально способные в благоприятный момент к образованию генеративных органов, и (2) в самом начале молодого генеративного состояния, когда заложение генеративных органов нерегулярно, нестабильно и в неблагоприятный момент может прекратиться на длительное время. Это приводит к трудностям в разграничении деревьев $v_к$- и g_{1H}-состояний в полевых условиях. Считается (Omelko et al., 2018), что онтогенетическое состояние этих деревьев зависит уже не от их физиологического развития, а от условий окружающей среды. Первые шишки у деревьев лиственницы, т.е. переход в g_0-состояние, появляются в возрасте 30–60 лет на открытых участках (опушки, поляны), и даже в 10–12 лет у единичных одиночно растущих деревцев (лесостепной экотон), и 100 лет и позже под пологом сомкнутого леса.

Окончание генеративного периода и жизненного цикла у лиственницы, т.е. переход из g_3- в g_4-состояние, происходит после существенного разрушения надземной и/или подземной частей дерева и постепенной трансформации индивида в другую жизненную форму – «живой пень» или «живой валежник». Крона такой особи представлена в основном вторичными ветвями. Привершинные ветви сохраняют направление роста близкое к исходному, т.е. они не берут на себя функцию замещения

ствола, как обычно происходит у деревьев в более молодом возрасте после гибели верхушки. У особей до последнего сохраняется репродуктивная функция. Скорее всего, особи могут здесь существовать длительное время. По крайней мере, по ретроспективным данным, одна из таких лиственниц на верхней границе существует в этом состоянии уже около 200 лет. Предельный возраст образования шишек у лиственницы (g_3- и g_4-состояния) составил в среднем 370–460 лет, у единичных сохранившихся особей – 480–650 лет, т.е. лиственница образует шишки до своего естественного конца, а постгенеративный период, по-видимому, отсутствует. В целом, продолжительность генеративного периода – не менее 350–600 лет.

Формирование первичных и вторичных элементов кроны деревьев лиственницы включает следующие этапы. (1) Крона представлена только первичными ветвями (v, g_0–состояния). В нижней части кроны: (2) ствол очищается от первичных ветвей (v, g_0, g_1), (3) а в районе сучков появляются брахибласты с хвоей, а затем и одиночные очень тонкие и короткие ветви вторичной кроны (g_0, g_1), (4) во вторичной кроне образуются отдельные относительно тонкие и более длинные направленные вниз под углом ветви; начинают формироваться небольшие «пучки», представляющие систему ветвей, расходящихся в стороны из одной «точки» (g_2), (5) «пучки» на стволе становятся более крупными (g_3, g_4) и могут появляться на скелетных ветвях (g_4). В верхней части кроны: (2) верхушка может засохнуть (g_1, g_2), (3) ее замещают боковые ветви, появляется многовершинность (g_2), (4) после гибели крупных первичных ветвей начинают появляться вторичные ветви, растущие вертикально вверх, формируя ветви-деревца, или развиваются «пучки» (g_2, g_3) (5) при отсутствии значительной части кроны «пучки» получают дальнейшее развитие (g_4). На конечном этапе возрастной деградации ствола и кроны (6) происходит смена жизненной формы «дерева» на «живой пень» или «живой валежник». Иными словами, с увеличением абсолютного и относительного возраста у лиственницы идет накопление поврежденных элементов ствола и кроны и их частичное замещение вновь образующимися. В целом, возрастные изменения структуры кроны, ее первичных и вторичных элементов у деревьев лиственницы сибирской в бассейне р. Актру сходны с таковыми у лиственницы западной (*Larix occidentalis* Nutt) (Owens, 2008; Van Pelt, 2008), кедра сибирского (Николаева и др., 2011), дугласии (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) (Van Pelt, Sillett, 2008).

Большая вариабельность параметров ствола и кроны выявлена у деревьев лиственницы даже в пределах одного и того же онтогенетического состояния, несмотря на отбор индивидов с минимально возможными повреждениями. Кроме того, многократные гибель и перевершинивания ствола и скелетных ветвей деревьев лиственницы на любом этапе развития, в том числе и генеративного периода, могут привести к появлению индивидов других размеров и форм. Такое разнообразие жизненных форм и их параметров, по-видимому, связано не только с различными условиями произрастания, но и с разным набором внешних факторов в каждой категории древесной растительности.

ЛИТЕРАТУРА

Горный Алтай. Томск, 1971. 252 с.

Николаева С.А., Велисевич С.Н., Савчук Д.А. Онтогенез *Pinus sibirica* на юго-востоке Западно-Сибирской равнины // Журн. Сиб. фед. ун-та. Биология. 2011. Т. 4, № 1. С. 3–22.

Смирнова О.В., Бобровский М.В. Онтогенез дерева и его отражение в структуре и динамике растительного и почвенного покрова. // Экология. 2001. № 3. С. 177–181.

Тимошок Е.Е., Николаева С.А., Скороходов С.Н., Савчук Д.А., Бочаров А.Ю. Особенности онтогенетических состояний генеративного периода *Pinus sibirica* (Pinaceae) в лесах Центрального Алтая. // Раст. ресурсы. 2009. Т. 45, № 1. С. 3–12.

Харламова Н.Ф., Козлова Д.С. Статистические характеристики режима атмосферных осадков в Алтайском регионе // Изв. Алтай. гос. ун-та. 2014. № 3–1(83). С. 145–150.

Evstigneev O.I., Korotkov V.N. Ontogenetic stages of trees: An overview // Rus. J. Ecosys. Ecol. 2016. Vol. 1(2). P. 1–31. doi: 10.21685/2500-0578-2016-2-1

Omelko A., Ukhvatkina O., Zhmerenetsky A., Sibirina L., Petrenko T., Bobrovsky M. From young to adult trees: How spatial patterns of plants with different life strategies change during age development in an old-growth Korean-broadleaved forest // For. Ecol. Manag. 2018. № 411. P. 46–66. do: 10.15016/j.foreco.2018.01.023

Owens J.N. The reproductive biology of western larch. FGC Extension Note 08. 2008. 80 p.

Van Pelt R. Identifying old trees and forests in Eastern Washington. Washington State Dep. Nat. Res., Olympia. 2008. 178 p.

Van Pelt R., Sillett S.C. Crown development of coastal Pseudotsuga menziesii, including a conceptual model for tall conifers // Ecol. Monogr. 2008. Vol. 78. № 2. P. 283–311. http://www.jstor.org/stable/27646133

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-40

Жизненные формы лиственницы сибирской в высокогорье и среднегорье Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай)

С.А. Николаева, Е.О. Филимонова, Д.А. Савчук

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Российская Федерация; sanikol1@rambler.ru

Аннотация. У лиственницы сибирской в высокогорье и среднегорье Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай) выделены и описаны следующие жизненные формы: прямостоячее дерево (одно-, мало- и многоствольное); кустовидная, живой пень, живой валежник, стланец, а также промежуточные варианты между ними (остолоп, кустовидное образование в основании ствола дерева). Шишки образуются не только у нормально проходящих онтогенез деревьев, но и у особей с асимметричной и флаговой формой кроны, а также других жизненных форм – кустовидной, стланца, на ветвях «юбки». Образование шишек продолжается до 380–460-летнего возраста и даже у единичных сохранившихся деревьев в возрасте 480–650 лет, т.е. фактически до естественной гибели деревьев. После частичного разрушения дерева время его жизни в виде новой жизненной формы может составлять не менее 200 лет.

Ключевые слова: лиственница сибирская, жизненная форма, Горный Алтай

Growth forms of Siberian larch in the high and middle elevations of the Severo-Chuisky Range (the Altai Mountains)

S.A. Nikolaeva, E.O. Filimonova, D.A. Savchuk

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russian Federation; sanikol1@rambler.ru

Abstract. The following growth forms have been identified and described in Siberian larch in the middle and high elevations of the Severo-Chuisky Range (the Altai Mountains): straight-stemmed tree (single-, few- and multi-stemmed); shrub-like, living stump, living log, elfin wood tree, and intermediate variants between them (tree with broken trunk, shrub-like formation at the tree trunk base). Cones are produced not only in trees of normal ontogeny, but also in individuals with an asymmetrical and flag-shaped crown, as well as other growth forms – shrub-like, elfin wood tree, and on the branches of the "skirt". Cone production continues until the age of 380-460 years and even in some surviving trees aged 480-650 years, i.e. until the natural death of the trees. After partial destruction of a tree, its life time as a new growth form can be at least 200 years.

Keywords: Siberian larch, growth form, Altai Mountains

Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) в России имеет огромный ареал, охватывающий равнинные и горные территории Западной, Средней и Южной Сибири (Дылис, 1981), и является од ним из основных лесообразующих видов. В средне- и высокогорье Горного Алтая она – один из доминантов сообществ горно-лесного пояса. Леса с участием лиственницы имеют особую природоохранную ценность и относятся к особо защитному комплексу. В условиях современного потепления климата за последние 175 лет лиственница осваивает нелесные территории – морены ледников, а также участки за границами лесного пояса (лесотундровый и лесостепной экотоны).

Внешний облик древесного организма формируется на основе ростовых процессов. Однонаправленные изменения в скорости роста его разных частей происходят как при возрастном развитии, так и при наличии регулярно действующих, лимитирующих рост факторов. Это, в конечном счете, приводит к изменению габитуса особи. Основной жизненной формой лиственницы в большинстве равнинных и горных регионов Сибири является одноствольное прямостоячее дерево (Дылис, 1981; Тимошок и др., 2009; Бочаров, Савчук, 2015; Николаева и др., 2025). При приближении к климатическим границам усиливается экстремальность факторов среды, что приводит к образованию вначале переходных форм, а за границами леса – уже иных жизненных форм у разных видов лиственниц (Мазепа, Дэви, 2007; Николаева, Филимонова, 2016; Габышева, 2017; Николин, Якшина, 2019 и др.).

Цель исследования – выявить и описать особенности жизненных форм лиственницы в средне- и высокогорье Северо-Чуйского хребта Горного Алтая.

Район исследования – верхнее (в пределах горно-ледникового бассейна Актру, 2100–2500 м над ур. м.) и среднее (в месте выхода реки в Курайскую степь, 1650–1750 м) течение р. Актру (северный макросклон Северо-Чуйского хребта, Горный Алтай).

Климат высокогорий, по данным метеостанции Актру (50°04′ с.ш., 87°45′ в.д., 2150 м), характеризуется низкими среднегодовыми (–4,7 °С) и летними среднемесячными (7,6–9,5 °С в июне–августе) температурами и умеренным (539 мм в год, 65,8–88,7 мм в июне–августе) количеством осадков. Климат Курайской степи (Горный Алтай, 1971, Харламова, Козлова, 2014) теплее (температура июля 12 °С) и существенно суше (осадки 200 мм в год).

Объекты исследования – особи лиственницы, произрастающие в горно-лесном поясе и в зонах контакта лесов с тундрой (лесотундровый экотон), ледниками (морены) и степью (лесостепной экотон). Лиственница формирует здесь чистые или смешанные с кедром сибирским (*Pinus sibirica* Du Tour) и елью сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) древостои, образует лесные сообщества в виде сплошных массивов или их фрагментов, а также растет группами и в виде одиночных особей. Они исследованы в 8 категориях древесной растительности: 1) фрагментах старовозрастных лиственнично-кедровых лесов на склонах долины (2150–2300 м над ур. м.), 2) сплошных массивах пройденных пожарами кедрово-лиственничных лесов на склонах (2020–2200 м), 3) лиственничных лесах на водно-ледниковых отложениях днища долины (2100–2150 м), 4) формирующихся лиственничных лесах на моренах ледника Малый Актру (2200–2250 м), 5) группах особей на верхней границе леса (2235–2390 м), 6) одиночных особей в лесотундровом экотоне (2240–2475 м), 7) елово-кедрово-лиственничных лесах на нижней границе (1700–1740 м), 8) островных лиственничных массивах и кулисах лиственниц в лесостепном экотоне (1660 м).

У деревьев измеряли высоту и диаметр ствола на уровне груди, описывали внешний вид кроны, отмечали наличие шишек и их положение в кроне, брали древесные образцы (керн или спил) в основании ствола для определения возраста деревьев. Жизненные формы растений выделяли с учетом признаков, установленных ранее для древесных видов (Серебряков, 1962; Николаева, Савчук; 2015).

Основной жизненной формой лиственницы в бассейне р. Актру во всех категориях древесной растительности является прямостоячее дерево: одно-, мало- или многоствольное (рис. 1).

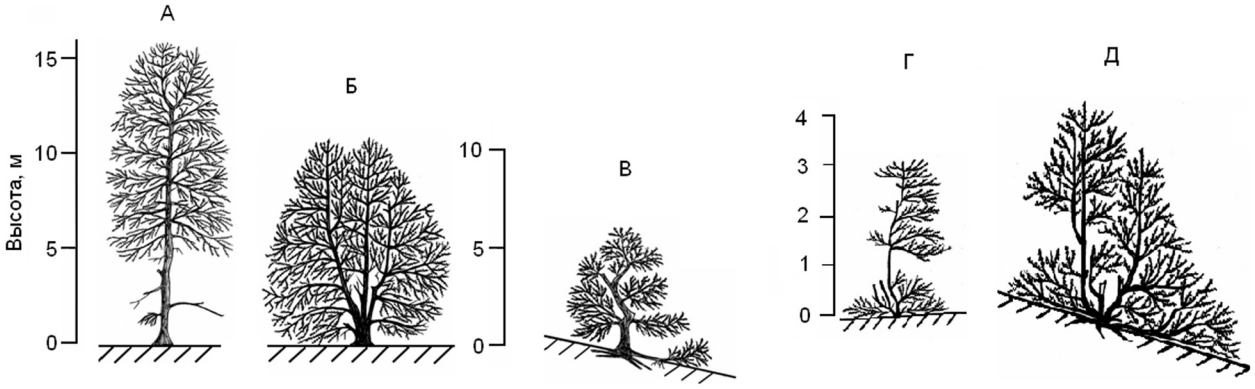


Рис. 1. Дерево одноствольное (А), многоствольное (Б); со стланниковидным образованием в основании ствола (В), с «юбкой» в основании одноствольного (Г) и многоствольного (Д) дерева. Категории древесной растительности: А – старовозрастные леса, Б – верхняя граница леса, В–Д – лесотундровый экотон

Воздействие комплекса внешних факторов на деревья лиственницы, произрастающих в средне- и высокогорных сообществах бассейна р. Актру, приводит к частичной гибели их надземной и/или подземной частей. А восстановление последних у поврежденных особей способствует появлению разнообразных морфологических структур, развитие которых, в конечном счете, может привести к образованию новых жизненных форм.

В зависимости от степени разрушения особи и того, какая часть (надземная и/или подземная) дерева и каким образом (засыхание и облом ветвей и ствола; гибель корней после засыпания обломочным материалом; обрыв корней и облом ветвей в результате вывала) утрачена, можно выделить три основных варианта формирования жизненных форм. Дерево развивается при отсутствии значительных повреждений особи (вариант 1). После гибели значительной части (70–90 %) дерева сохраняются только 10–30 % кроны и ствола (вариант 2) или кроны, ствола и корней (вариант 3).

(1) При отсутствии значительных повреждений надземной и подземной частей индивидов лиственница проходит свой онтогенез как жизненная форма «дерево». У растущих ее индивидов на моренах ледников и в лесотундровом экотоне иногда образуются стланиковидные образования (рис. 1, В). Это ветви, которые отходят от нижней части материнского ствола и первоначально растут плагиотропно, в дальнейшем их дистальные концы могут переходить к ортотропному росту, а стволики – укореняться. Внешне они напоминают стланец.

(2) Сохранение только 10–30 % кроны и ствола дерева и отсутствие значительных повреждений корневой системы. После гибели 70–90 % кроны и ствола дерева восстановление утраченных надземных частей в зависимости от его биологического возраста идет по-разному. У деревьев небольшого размера после засыхания верхней части ствола возможно разрастание ветвей в его нижней

части. В результате такие особи через несколько лет приобретают кустовидную форму (рис. 2, Г, Д), а дальнейшем из них формируются мало- и многоствольные деревья (рис. 1, Б, Д). У более взрослых и соответственно крупных деревьев при постепенном отмирании верхней части ствола и кроны снижается высота (дерева с 15–17 м до 4–7 м, ствола на 1,5–2 м ниже) и уменьшается объем кроны (рис. 2, А–В). В результате образуется живой пень, у которого сохраняются целыми корни, а от ствола отходят 1–2 живых ветви. Древесина ствола представлена отдельными живыми тяжами ксилемы и флоэмы, остальная часть погибла, т.е. представлена сухой и гнилой древесиной или отсутствует.

При систематическом (практически ежегодном) воздействии внешних факторов, действующих в зимний период (ветра, снеговая абразия, наличие снежного покрова на моренах и в лесотундровом экотоне) на наземную часть дерева, у таких особей формируется не только ассиметричная или флаговая форма кроны, но и «юбка» из более крупных и длинных ветвей в нижней части ствола (рис. 1, Г, Д).

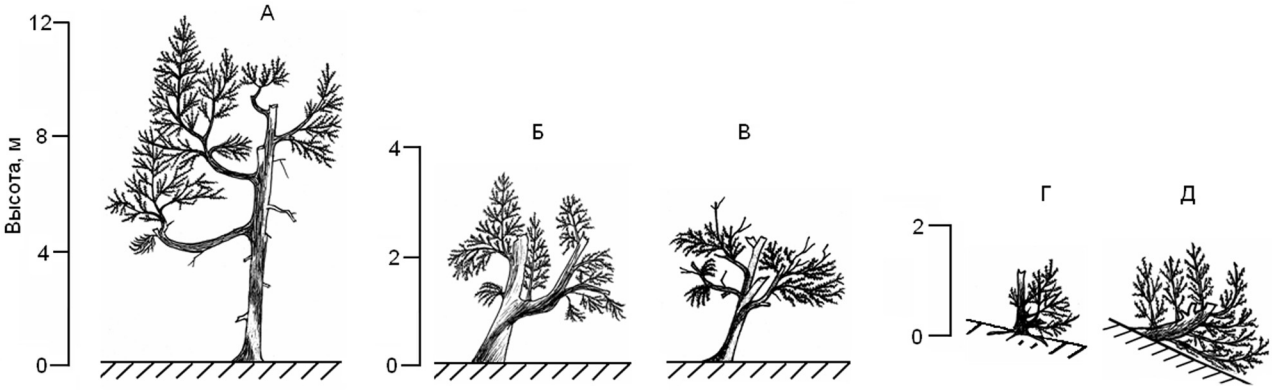


Рис. 2. Переходный вариант (остолоп) от дерева к живому пню (А, Б, В) и кустовидное образование (Г, Д). Категории древесной растительности: А, Б, Д – верхняя граница леса, В – лесостепной экотон, Г – лесотундровый экотон

(3) Сохранение только 10–30 % и надземной, и подземной частей дерева. Этот вариант наблюдается после вывала деревьев. В результате в почве сохраняется один-два скелетных корня, а в надземной части – бóльшая часть ствола и только те ветви, которые расположены на новой морфологически верхней поверхности ствола. Начинает развиваться новая жизненная форма – живой валежник (рис. 3, А–В). Она представляет собой полегший или зависший над субстратом ствол дерева, у которого сохранившиеся 1–3 скелетных корня и ветви соединены друг с другом посредством живых тяжей ксилемы. Дальнейшие направление и скорость роста таких ветвей зависят от биологического возраста упавшего материнского дерева и собственного возраста ветвей. Ветви молодых деревьев имеют небольшие размеры и возраст. После падения материнского ствола они быстро меняют направление роста на новое ортотропное и в дальнейшем растут довольно быстро, формируя узкояйцевидную островершинную крону, напоминающую молодые деревца (рис. 3, Б). Скелетные ветви более взрослых особей обычно имеют относительно большие размеры и собственный возраст. После вывала материнского ствола они сохраняют близкое к исходному направление и незначительную скорость роста. В результате у этих ветвей формы кроны широкояйцевидная или округлая (рис. 3, А).

Такие особи в лесотундровом экотоне могут быть похожи на стланцы. Их отличие – в способе образования. Живой валежник образуется в результате падения дерева и выворачивания и гибели части корневой системы, стланец – практически полной гибели надземной части материнского дерева при сохранении подземной (рис. 3, Г).

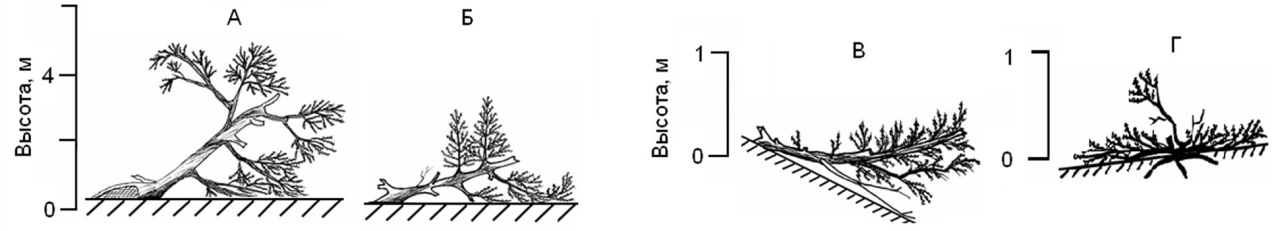


Рис. 3. Наклонное дерево (начало формирования живого валежника) (А), живой валежник (Б, В), начало формирования многоствольного стланца (Г). Категории древесной растительности: А, Б – старовозрастные леса, В, Г – лесотундровый экотон

Образование шишек у деревьев лиственницы наблюдается до 380–460 лет, а у единичных сохранившихся деревьев в возрасте 480–650 лет, т.е. фактически до естественной гибели деревьев (Николаева и др., 2025). После частичного разрушения дерева время его жизни в виде новой жизненной формы, по нашим данным, может доходить до 200 лет. Шишки фиксировались не только у нормально проходящих онтогенез деревьев, но и у особей с асимметричной и флаговой формой кроны, и других жизненных форм – кустовидная, стланец, на ветвях «юбки». Этим лиственница отличается от кедра. У последнего такие особи шишки не образуют (Николаева, Филимонова, 2016).

Разнообразные жизненные формы лиственницы, отличные от «дерева», встречаются в небольших количествах в старовозрастных лесах, на верхней границе леса, лесотундровом и лесостепном экотонах. В формирующихся на моренах ледников лесах обнаружены только деревья со стланниковидными образованиями и «юбкой», на водно-ледниковых отложениях – молодые мелкие особи с многократно поврежденной кроной. В пройденных пожарами лесах и на нижней границе леса особи других жизненных форм не найдены. Скорее всего, это вызвано одной или сразу несколькими причинами: (1) молодостью формирующихся на моренах и водно-ледниковых отложениях лесов (возраст большинства древостоев не превышает 100 лет); (2) регулярно проходящими пожарами, уничтожающими часть деревьев и препятствующими формированию особей других жизненных форм; (3) более высокой плотностью древостоев, препятствующей появлению и дальнейшему развитию новых жизненных форм; (4) более благоприятными микроклиматическими условиями по сравнению с экотонами; (5) рубками и выпасом скота.

ЛИТЕРАТУРА

Бочаров А.Ю., Савчук Д.А. Структура лесов и климатический отклик деревьев в зоне контакта «лес–степь» (Горный Алтай) // Журн. Сиб. фед. ун-та. Биология. 2015. Т. 8, № 4. С. 424–438.

Габышева Л.П. Жизненные формы лиственницы Каяндера у северной границы ее распространения в Якутии // Наука и образование. 2017. № 1. С. 104–109.

Горный Алтай. Томск: ТГУ, 1971. 252 с.

Дылис Н.В. Лиственница. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 96 с.

Мазепа В.С., Дэви Н.М. Образование многоствольных жизненных форм деревьев лиственницы сибирской в экотоне верхней границы леса на Полярном Урале как индикатор изменения климата // Экология. 2007. № 6. С. 471–475.

Николаева С.А., Савчук Д.А. Морфологические формы кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) в высокогорных лесах Северо-Чуйского хребта. Дендрохронологический аспект // Журн. Сиб. фед. ун-та. Биология. 2015. № 8. С. 456–474.

Николаева С.А., Савчук Д.А., Филимонова Е.О. Критерии выделения и структура древостоев старовозрастных лесов Горного Алтая // Лесоведение. 2025. № 3. С. 321–336.

Николаева С.А., Филимонова Е.О. Жизненные формы *Pinus sibirica* Du Tour (Pinaceae) в лесотундровом экотоне Северо-Чуйского хребта (Центральный Алтай) // Растит. мир Азиат. России. 2016. № 1 (21). С. 16–23.

Николин И.Г., Якшина И.А. Распространение некоторых древесных видов на северном пределе в Усть-Ленском заповеднике (Якутия). Сообщение 1. Лиственница Каяндера *Larix cajanderi* Mayr // Сиб. лесн. журн. 2019. № 2. С. 16–31.

Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. М.: Высшая школа, 1962. 377 с.

Тимошок Е.Е., Филимонова Е.О., Пропастилова О.Ю. Структура и формирование древостоев хвойных в экотоне верхней границы древесной растительности Северо-Чуйского хребта (Центральный Алтай) // Экология. 2009. № 3. С. 187–197.

Харламова Н.Ф., Козлова Д.С. Статистические характеристики режима атмосферных осадков в Алтайском регионе // Изв. Алтай. гос. ун-та. 2014. № 3–1(83). С. 145–150.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-41

Режим удобрения подсолнечника на засоленных почвах Северного Туркменистана

Я.З. Палязова[1], М. Какылова[2]

[1] *Туркменский сельскохозяйственный институт, гор. Дашогуз, Туркменистан; yangilnonnazikjemal@gmail.com*
[2] *Туркменский сельскохозяйственный университет имени С.А.Ниязова, гор. Ашгабат, Туркменистан; yangilnonnazikjemal@gmail.com*

Аннотация. Почвенные условия Северного Туркменистана несколько засолены. В связи с этим важно на научной основе изучить и усовершенствовать агротехнику возделывания сортов и гетерозисных гибридов сельскохозяйственных культур на засоленных почвах. В проведенных исследованиях изучена интродукция гетерозисного гибрида подсолнечника Санлука и особенности его выращивания, а также оптимальный режим удобрений для получения высокой урожайности. В опытном участке выращивался гетерозисный гибрид подсолнечника Санлука, и определено оптимальное количество минеральных и органических удобрений для получения высокой урожайностии выхода масла.

Ключевые слова: сорта и гибриды подсолнечника, подкормка подсолнечника минеральными и органическими удобрениями, засоленные почвы

Sunflower fertilization regime on saline soils in North Turkmenistan

Ya.Z. Palyazova[1], M.Kakylova[2]

[1] *Turkmen Agricultural Institute, Dashoguz, Turkmenistan; yangilnonnazikjemal@gmail.com*
[2] *Turkmen Agricultural University named after S.A. Niyazov, Ashgabat, Turkmenistan; yangilnonnazikjemal@gmail.com*

Abstract. The soil conditions of Northern Turkmenistan are somewhat saline. In this regard, it is important to scientifically study and improve agricultural technology for cultivating varieties and heterotic hybrids of crops on saline soils. The conducted studies examined the introduction of the heterotic sunflower hybrid Sanluca and the features of its cultivation, as well as the optimal fertilizer regime for obtaining high yields. A heterotic hybrid of sunflower Sanluca was grown in the experimental plot, and the optimal amount of mineral and organic fertilizers was determined to obtain high yields and oil yield.

Keywords: varieties and hybrids of sunflower, fertilizing sunflower with mineral and organic fertilizers, saline soils

Растительное масло издавна используется во многих отраслях экономики. В последние годы особое внимание уделяется получению масла из культур, различающихся по качеству масла. Успешным решением этой важной задачи является выращивание подсолнечника. Семена подсолнечника, льна и хлопка служат ценным кормом для скота. Они богаты белком, жиром и другими веществами. Подсолнечное масло содержит 60 % физиологически активной линолевой кислоты и большое количество витамина Е. Это масло широко используется в кулинарии, кондитерском, консервном, маргариновом производстве, а также в медицинской промышленности.

В последние годы возрос спрос на экологически чистую, качественную сельскохозяйственную продукцию. С целью создания продовольственного изобилия Туркменском сельскохозяйственном институте проводятся обширные научные исследования в этой области. Влияние разных норм удобрений на урожайность подсолнечника в почвах Дашогузского велаята с разным уровнем засоления до сих пор не изучено.

Объектами исследований явились гетерозисные гибриды подсолнечника, семена, растения, минеральные и органические удобрения являлись объектами исследований. В проведенных исследованиях вегетационным методом изучены особенности выращивания подсолнечника при внесении различных норм удобрений.

В ходе работы семена подсолнечника высевали среднезасоленные почвы. Опыты проводились на полях с хлорированными засоленными почвами в 4 вариантах 4 повторности. Работа проводилась на почвах со средним засолением. В связи с этим было разработано и подготовлено методическое пособие по выращиванию сортов подсолнечника, устойчивых к местным почвенно-климатическим условиям, а также даны эффективные рекомендации ведущим хозяйствам в этой области. Опыты проводились на следующих вариантах:

1. Контрольный вариант – без удобрений.
2. $N_{90}P_{90}K_{50}$ + фон (30 т/га органические удобрения).
3. $N_{100}P_{100}K_{70}$.
4. $N_{150}P_{150}K_{90}$.

При разработке правил внесения минеральных удобрений в опыты определяли природную урожайность подсолнечника на среднезасоленных почвах (18 ц/га) (Бочковой, 2002; Бочковой, Пивненко, 2008; Кулыгин и др., 2017). В исследованиях сравнивалось и изучалось влияние удобрений на скорость всех периодов роста подсолнечника, на биометрические показатели растения (Бочковой, 1993; Руководство..., 2021). На опытном поле урожай подсолнечника созревал рано. По созреванию урожая проводились биометрические измерения: диаметр корзинки, число семян в корзинке, масса 1000 семян.

В результате проведенных исследований выявлено, что в контрольном опыте без внесения удобрений урожайность подсолнечника составила 14,3 ц/га, в варианте $N_{90}P_{90}K_{50}$ + фон (30 т/га органические удобрения) – 15,5 ц/га, в варианте $N_{100}P_{100}K_{70}$ – 17,2 ц/га и в варианте $N_{150}P_{150}K_{90}$ – 18,8 ц/га. Из собранного урожая определяли выход масла. Максимальный выход подсолнечного масла был получен в варианте с применением 150 кг/га азота, 150 кг/га фосфора, 90 кг/га калия. В этом варианте из 1 тонны семян подсолнечника извлекли 350–380 кг подсолнечного масла, то есть выход масла составил 35–38 %. В контрольном варианте выход масла находился в пределах 25–28 %, в варианте $N_{90}P_{90}K_{50}$ – 28–30 % и в варианте $N_{100}P_{100}K_{70}$ выход масла составил – 28–34 %.

Установлено, что выращивание подсолнечника на засолённых почвах улучшает мелиоративное состояние среднезасоленных почв Дашогузского велаята. Массовое выращивание подсолнечника создаст широкие возможности для увеличения производительности подсолнечного масла, а также приведёт к улучшению мелиоративного состояния засолённых почв.

ЛИТЕРАТУРА

Бочковой А.Д. Гибридный подсолнечник // История научных исследований во ВНИИМКе за 90 лет. Краснодар, 2002. С. 15–32.

Бочковой А.Д. Новые гибриды подсолнечника // Российские семена. 1993. Вып. 1. С. 15–32.

Бочковой А.Д. Пивненко О.В. О перспективах крупноплодных форм среди сорто-образцов масличного подсолнечника // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. 2008. Вып. I (138) С. 15–19.

Кулыгин В.А., Зинченко В.Е., Гринько А.В. Влияние удобрений на урожайность подсолнечника при разных способах обработки почвы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (66).

Руководство по выращиванию подсолнечника. А.: Наука, 2021.

Шафоростов В.Д., Макаров С.С. Потери урожая подсолнечника при уборке и пути их снижения // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. 2007. Вып. 1 (136). С. 95–96.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-43

Результаты изучения покоя у жимолости синей (*Lonicera caerulea* L.) в условиях Беларуси

М.Л. Пигуль, М.С. Шалкевич

РУП «Институт плодоводства», аг. Самохваловичи, Минский район, Беларусь, e-mail:belhort@it.org.by

Аннотация. В статье приведены результаты изучения органического и вынужденного покоя у 8 сортообразцов жимолости синей различного генетического происхождения в 2021–2023 гг. Выявлены особенности органического и вынужденного покоя у сортов жимолости синей. Определены сроки вступления в состояние органического покоя – I–III декады августа. У сорта Селена органический покой не наступал во все исследуемые годы, что, возможно связано с его генетическим происхождением. Срок перехода растений из состояния органического покоя в вынужденный отмечен в II–III декадах ноября. Продолжительность органического покоя у сортов *Lonicera caerulea* subsp. *kamtschatica* составила: Голубое веретено – 51 день, Югана – 56, Синичка – 76, L-130 – 95, № 3 и Зинри – 100 дней; у сорта Ивушка *L. caerulea* subsp. *venulosa* – 92.

Ключевые слова: жимолость синяя, органический покой, вынужденный покой

Results of studying blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) dormancy in the conditions of Belarus

M.L. Pigul, M.S. Shalkevich

RUE 'Institute for Fruit Growing', Samokhvalovichi, Minsk district, Belarus, e-mail: belhort@it.org.by

Abstract. The article presents the results of studying natural and forced dormancy in 8 varieties of blue honeysuckle of different genetic origin in 2021–2023. The features of natural and forced dormancy in blue honeysuckle varieties have been identified. The terms of entering natural dormancy have been determined, which occurs in the first to third decades of August. In the Selena variety natural dormancy did not occur in all the years studied, which may be due to its genetic origin. The transition of plants from natural to forced dormancy was observed in the second and third decades of November. The duration of natural dormancy in *L. caerulea* subsp. *kamtschatica* varieties was as follows: Goluboe Vereteno – 51 days, Yugana – 56, Sinichka – 76, L-130 – 95, No. 3 and Zinri – 100 days; in the Ivushka variety *L. caerulea* subsp. *venulosa* – 92.

Keywords: blue honeysuckle, natural dormancy, forced dormancy

Введение

Состояние покоя является для большинства растений обязательной фазой, обеспечивающей нормальное протекание ростовых процессов. Изучением периода покоя у различных культур занимались многие исследователи, но до сих пор не пришли к единому мнению по поводу выделения отдельных фаз прохождения периода покоя, связанных с неоднородностью данного физиологического состояния растений [1].

Большинство исследователей считают, что покой у древесных растений складывается из двух периодов: глубокого (органического, физиологического, биологического, автономного, произвольного) и вынужденного покоя, и связывают переход растений в состояние покоя с окончанием роста побегов. П.А. Генкель и Е.З. Окнина отмечают, у плодовых растений 3 фазы покоя: органический, глубокий и вынужденный покой. Между отдельными фазами покоя нет резких границ, так как переход от одной фазы к другой происходит постепенно [1].

Вынужденный покой – покой растений, полностью обусловленный отсутствием благоприятных условий для роста, не является необходимым этапом в развитии растений. Он характеризуется высокой степенью готовности растений к возобновлению ростовых процессов, которые сдерживаются отрицательными температурами [2].

Жимолость характеризуется коротким периодом покоя – от 63 до 150 дней [3]. Выделяют органический покой, в который культура вступает после прекращения роста побегов в конце июня (у ранних сортов) – начале июля (у поздних) и вынужденный – переход к которому отмечается у ранних сортов во II–III декаде октября, а у поздних – в I–II декаде января. Переходный период в зависимости от сорта длится 30–40 дней [4–6].

Продолжительность и скорость выхода почек из состояния органического покоя в значительной степени зависят от погодных условий осенне-зимнего периода и сортовых особенностей [3]. По данным М.Н. Плехановой (1999), более длительным периодом покоя генеративных почек обладают тетраплоидные подвиды – *L. caerulea* subsp. *pallasii*, *L. caerulea* subsp. *emphyllocalyx* [7]. Самым ко-

ротким – 63–68 дней характеризуются производные подвида *L. caerulea* subsp. *altaica*, у которых наиболее вероятно позднеосеннее распускание почек [8].

Исследователи отмечают различия в продолжительности периода покоя между сортами разного срока созревания. Так, по данным Р.Р. Ашимова, длительность периода органического покоя у раннеспелых сортов в условиях средней полосы России составляет 120–130 дней, у поздних – 140–150. Вхождение генеративных почек в состояние органического (летнего) покоя наблюдается в 1–2 декаде июля, что совпадает с завершением дифференциации зачатков основных элементов цветка внутри почки [3, 9, 10].

Исследования, направленные на изучение периодов покоя у жимолости синей, выращиваемой в нашей стране, ранее не проводились.

Цель исследований – определить сроки и длительность покоя у жимолости синей в условиях Беларуси.

Материалы и методика исследований

Исследования проводили в отделе ягодных культур РУП «Институт плодоводства» в 2021–2023 гг.

Объектами исследований являлись 8 сортообразцов жимолости синей различного генетического происхождения: *L. caerulea* subsp. *kamtschatica* – Голубое веретено, Зинри, Синичка, № 3, L-130; *L. caerulea* subsp. *altaica* – Селена; *L. caerulea* subsp. *venulosa* – Ивушка, *L. caerulea* subsp. *kamtschatica* x *L. caerulea* subsp. *venulosa* – Югана.

Изучение покоя проводили в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [7].

Определение сроков вступления в период органического покоя в полевых условиях было проведено после созревания плодов путем удаления всех листьев на 3 кустах (куст – повторность) и последующих учетов распускания почек. Срок вступления растений в период органического покоя определяли по распусканию почек после удаления листьев с учетных побегов вегетирующих растений в июле – августе, учет проводили с периодичностью 1 раз в 10 дней. Отсутствие распускания почек свидетельствует о переходе растения в органический (летний) покой [7].

Определение выхода растений из состояния покоя в лабораторных условиях проводили методом отращивания срезанных двухлетних ветвей в течение не более 10 суток в сосудах с водой при температуре 15–20 °С. Срезку ветвей проводили через 10 суток после окончания массового листопада. О выходе растений из состояния глубокого покоя судили по распусканию верхушечных почек. При отсутствии распустившихся верхушечных почек через каждые 10 суток проводили срезку новых ветвей. Повторность – 3-кратная (куст – повторность, по одной ветви с куста каждого сорта). Длительность периода органического покоя (в днях) определяли путем подсчета количества дней от даты вступления растений в покой до даты распускания верхушечных почек на срезанных ветвях [7].

Погодные условия летних периодов (июль – август) 2021–2023 гг. отличались разнообразием. В 2021 г. в июле отмечено превышение среднесуточной температуры на 3,4 °С и наблюдался дефицит осадков (41,3 мм) при норме 89,0 мм. В 2022 г. уже в августе отмечено превышение среднесуточной температуры на 3,0 °С и дефицит осадков (11,8 мм) при норме 68,0 мм. В последний исследуемый год также наблюдалось превышение среднесуточной температуры в августе на 3,3 °С.

Особенностью погодных условий осени 2021 г. являлся наиболее поздний, более чем на неделю по сравнению с многолетними сроками – переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °С в сторону понижения (26 ноября), период характеризовался пониженным температурным режимом в сентябре +10,9 °С, в октябре +7,1 °С, что на 0,7 °С и 1,3 °С ниже среднемноголетнего значения соответственно. В отдельные дни дневная температура повышалась до +14,6 °С. В ноябре среднесуточная температура воздуха составила +2,9 °С, что выше среднемноголетнего значения на 2,6 °С. В отдельные дни дневная температура воздуха повышалась до +10…+11,1 °С.

В сентябре 2022 г. преобладал пониженный температурный режим, среднесуточная температура воздуха была на 2,5 °С ниже нормы и составила +10,2 °С. Октябрь – ноябрь характеризовался погодой с преобладанием повышенного температурного режима, среднесуточная температура воздуха составила в октябре +8,9 °С, в ноябре +1,8 °С, что выше климатической нормы на 3,1 °С и 1,5 °С соответственно. 1 декабря среднесуточная температура воздуха перешла через 0 °С в сторону понижения.

В сентябре 2023 г. среднесуточная температура воздуха составила 16,3 °С, что выше нормы на 4,0 °С. 1 октября отмечен переход среднесуточной температуры воздуха через +15 °С в сторону по-

нижения, что на месяц позже средних многолетних значений. Первая декада ноября характеризовалась повышенным температурным режимом, среднесуточная температура воздуха составила +7,5 °С, что на 4,3 °С выше нормы, во второй декаде +1,4 °С, что в пределах нормы, в третьей декаде наблюдался пониженный температурный режим, среднесуточная температура воздуха составила –4,2 °С, что на 2–5 °С ниже нормы. 14 ноября состоялся переход среднесуточной температуры воздуха через 5 °С в сторону понижения, что на 2 декады позже среднемноголетних значений. Переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °С в сторону понижения осуществился 17 ноября, что на 2 недели раньше обычных сроков.

Статистическую обработку результатов исследований проводили с помощью пакета прикладных программ Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

За годы исследований, жимолость синяя вступала в органический покой на 32–60-й день после созревания в зависимости от сортобразцов (таблица).

Срок вступления сортов жимолости синей в органический покой, 2021–2023 гг.

Год	Распускание почек	Срок вступления в органический покой
2021	На 10–12-й день после фсп (01.07*); на 56-й день после фсп у сортов Зинри, Ивушка, №3, L-130 (02.08*)	На 32-й день после фсп (Голубое веретено, Синичка, Югана); на 40-й сорта Зинри, Ивушка, № 3, L-130
2022	На 27-й день после фсп (13.07*); на 31-й день после фсп (23.07*); на 30-й день после фсп (02.08*); на 35-й день после фсп (12.08*)	На 40-45-й день после фазы созревания плодов
2023	На 20-й день после фсп (10.07*); на 20-й день после фсп (20.07*); на 36-й день после фсп (30.07*); на 40-й день после фсп (09.08*); на 52-й день после фсп (19.08*)	На 60-й день после фазы созревания плодов

* Дата удаления листьев; фсп – фаза созревания плодов.

Так, в 2021 г. установлено самое раннее вступление в органический покой у сортов различного генетического происхождения и срока созревания: *L. caerulea* subsp. *kamtschatica*: Голубое веретено (ранний срок созревания), Синичка (среднего срока созревания) и *L. caerulea* subsp. *venulosa*: Югана (среднего срока созревания), поэтому, завершение фазы созревания плодов в более ранние сроки способствовало раннему наступлению состояния органического покоя генеративных почек. Сорта Зинри, Ивушка и перспективные гибриды № 3, L-130 вступили в органический покой на 40-й день после фазы созревания плодов. В последующие годы в органический покой растения жимолости вступали в разные сроки. Так, в 2023 г. отмечено самое позднее вступление в органический покой, на 15–20 дней позже, чем в 2022 г. и на 20–28 дней позже, чем в 2021 г., вне зависимости от даты удаления листьев, которые были удалены на три дня позже, чем в 2022 г., что связано с повышенным температурным режимом в августе.

Отмечено, что во все исследуемые годы после удаления листьев в ранние сроки из распустившихся почек в оставшийся вегетационный период образовывались приросты длиной от 2 до 10 см, что свидетельствует о том, что рост растений еще не закончен, и ростовые процессы в их тканях в этот период протекают интенсивно. При удалении листьев в более поздние сроки, наблюдалось распускание лишь верхушечных почек, в то время как боковые почки не распускались и побегообразования не происходило. Однако, в дальнейшем, зафиксировано появление бутонов, цветение, единичное созревание плодов у сортообразцов Голубое веретено, Ивушка, Синичка, L-130, № 3.

Сорт Селена производный *Lonicera caerulea* subsp. *altaica*, в органический покой так и не вошел во все исследуемые годы, что возможно связано с его генетическим происхождением. После механической дефолиации, наблюдалось распускание верхушечных почек и листьев, вторичное цветение и даже созревание плодов различной интенсивности (рис. 1).

Вступление жимолости в период органического покоя в условиях Минского района происходит в I–III декадах августа, спустя 30–60 дней после созревания, что согласуется с исследованиями В.Г. Игошиной (Нижегородская область, Россия) и С.В. Руре (степная зона правобережной Украины) [12, 13].

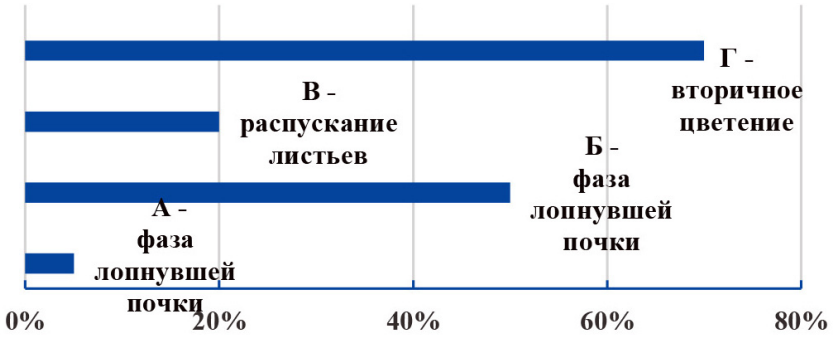


Рис. 1. Сорт Селена (2 августа удаления листьев, 2021 г.): А – 9 августа, Б – 18 августа, В – 2 сентября, Г – 30 сентября

Таким образом, необходимы дальнейшие исследования, направленные на изучения органического покоя с включением сортов на основе тетраплоидного подвида L. *caerulea* subsp. *emphyllocalyx*, который характеризуется более длительным периодом покоя генеративных почек и преимущественно поздним сроком созревания плодов.

Продолжительность и скорость выхода почек из состояния покоя зависели от сортовых особенностей и погодных условий года.

В связи с тем, что в 2021 г. к моменту проведения необходимых наблюдений (16 октября) все сортообразцы жимолости вышли из периода глубокого покоя в полевых условиях, то результаты исследований не представлены.

В 2022 г. наблюдения показали, что у всех сортообразцов через 10 дней отмечена фаза «лопнувшей почки». Исключение составил сорт Югана, который характеризовался самым коротким периодом органического покоя (рис. 2).

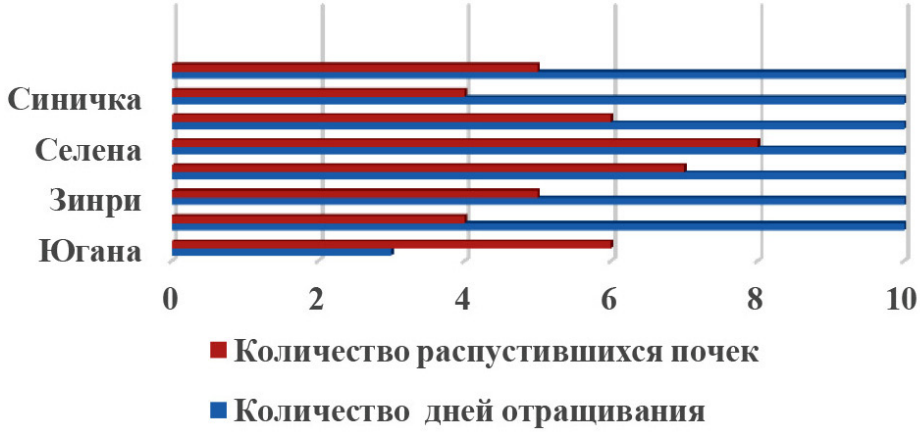
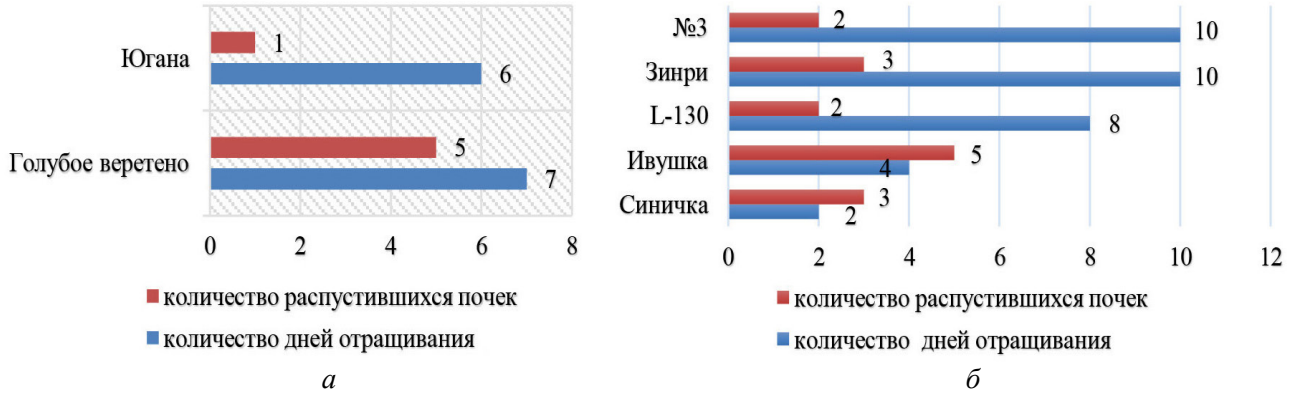


Рис. 2. Выход почек из периода органического покоя (срезка ветвей 20.10.2022 г.)

У сорта L. *caerulea subsp. venulosa* – Югана спустя 3 дня с даты срезки двухлетнего побега на однолетнем приросте отмечена фаза «лопнувшей почки», через 5 дней – фаза «выдвижение бутонов», через 3 дня – фаза «цветения», а 8 ноября – образование завязи (рис. 3).

Рис. 3. Выход из периода органического покоя, сорт Югана (дата срезки – 19 октября 2023 г.): А – фаза «лопнувшей почки», Б – фаза «выдвижения бутонов», В – фаза «цветения), Г – образование завязи

В 2023 г. двухлетние ветви были срезаны 19 октября. Спустя 7 дней от момента срезки двухлетнего побега на однолетнем приросте у сорта Голубое веретено и Югана отмечена фаза «лопнувшей почки», а через неделю отмечено – «выдвижение бутонов», спустя 7 дней – цветение у сорта Голубое веретено. Оставшиеся учетные сортообразцы – Зинри, Ивушка, Синичка, № 3, L-130, не вышедшие из периода покоя, согласно методике, были повторно срезаны и поставлены в воду (11 ноября). 13–15 ноября у сортов Синичка, Ивушка и перспективного гибрида L-130 отмечен переход из органического покоя (рис. 4).



а *б*

Рис. 4. Выход почек из периода органического покоя, 2023 г.: *а* – срезка ветвей 19 октября; *б* – срезка ветвей 11 ноября

Таким образом, длительность органического покоя жимолости синей в условиях Минского района составила 51–100 дней в зависимости от сортообразца (рис. 5).

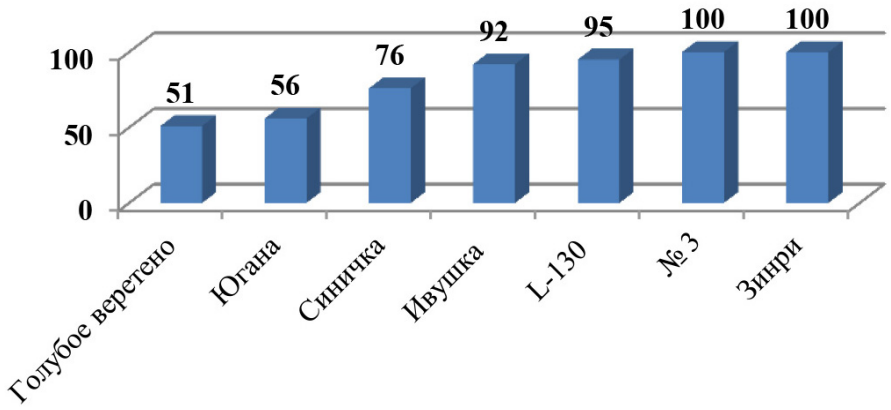


Рис. 5. Длительность органического покоя у сортов жимолости синей (дней), 2021–2023 гг.

Выводы

Впервые в условиях Беларуси выявлены особенности покоя у сортов жимолости синей различного генетического и географического происхождения. Срок вступления в состояние органического покоя в условиях Минского района отмечен в I–III декадах августа в зависимости от сорта и погодных условий. У сорта Селена органический покой не наступал во все исследуемые годы, что, возможно связано с его генетическим происхождением. Срок перехода растений из состояния органического покоя в вынужденный в условиях Минского района отмечен во II–III декадах ноября. Длительность периода органического покоя составила 51–100 дней. По продолжительности органического покоя лучшие сортообразцы для условий Минского района – перспективный гибрид № 3 и сорт Зинри.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Генкель П.А.* Состояние покоя и морозоустойчивость плодовых. М.: Изд-во «Наука», 1964. 34 с.
2. *Хатунцева Ю.В.* Особенности периода покоя яблони на слаборослых клоновых подвоях : дис. … канд. с.-х. наук. Мичуринск, 1999. 146 с.
3. *Ашимов Р.Р.* Селекционный потенциал зимостойкости сортов и гибридов жимолости синеплодной : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Брянск, 2011. 18 с.
4. *Жидехина Т.В.* Интродукция и селекция жимолости в ЦЧР // Научные основы садоводства : сб. науч. тр. 2005. С. 415–437.
5. *Плеханова М.Н.* Жимолость // Нетрадиционные садовые культуры / под ред. Л.П. Куминова. Мичуринск, 1994. С. 99–149.

6. *Игошина В.Г., Фефелов В.А.* Зимостойкость различных сортов жимолости в связи с особенностями периода органического покоя // Системы земледелия Нечерноземной зоны РФ и пути их совершенствования : тр. науч. конф., посвящ. 90-летию В.Н. Нарциссова / НГСХА. Н. Новгород, 1997. С. 139–142.
7. *Плеханова М.Н.* Жимолость // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур; редкол. Е.Н. Джигадло и др. ; под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел, 1999. С. 444–457.
8. *Сорокопудов В.Н., Куклина А.Г.* Жимолость синяя: биология, сортимент и основы культивирования / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства. М. : ФГБНУ ВСТИСП, 2016. 162 с.
9. *Попова И.Б.* Биологические особенности формирования урожая жимолости : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Мичуринск, 2000. 21 с.
10. *Фирсова С.В.* Ритм сезонного развития сортов и гибридных форм жимолости синей в Кировской области // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. 2019. № 2. С. 25–30.
11. *Ретина Т.А.* Изучение биологии голубых жимолостей (вопросы сезонного развития, биологии цветения, кариологии, гибридизации) : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1982. 21 с.
12. *Игошина В.Г., Фефелов В.А.* Зимостойкость различных сортов жимолости в связи с особенностями периода органического покоя // Системы земледелия Нечерноземной зоны РФ и пути их совершенствования : тр. науч. конф., посвящ. 90-летию В.Н. Нарциссова / НГСХА. Н. Новгород, 1997. С. 139–142.
13. *Рура С.В., Опанасенко В.Ф.* Состояние покоя у жимолостей, интродуцированных в степную зону правобережной Украины // Інтродуція рослин. 2000. № 2. С. 133–136.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-42

Морфологическая изменчивость клонов и семенного потомства мутационных «ведьминых мётел» *Pinus sibirica* и их перспективы для ландшафтного дизайна

О.И. Полякова[1, 2], Е.А. Жук[2]

[1]*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация; polyakova_olga93@mail.ru*

[2]*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Российская Федерация; eazhuk@yandex.ru*

Аннотация. В работе представлен анализ факторов влияющих на морфологические признаки кроны мутационных «ведьминых метел» и мутантного семенного потомства, а также пример использования «ведьминых метел» и семенного потомства в озеленении.

Ключевые слова: ведьмина метла, семенное потомство, *Pinus sibirica*, озеленение, наследование признаков.

Morphological variability of clones and seed progeny of mutational “witches' brooms” *Pinus sibirica* and their prospects for landscape design

O.I. Polyakova[1,2], E.A. Zhuk[2]

[1]*Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; polyakova_olga93@mail.ru*

[2]*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russian Federation; eazhuk@yandex.ru*

Annotation. This study analyzes the factors influencing the crown morphology of mutational “witches' brooms” and mutant part of their seed progeny, and provides an example of their application in landscaping.

Key words: witches’ broom, seed progeny, *Pinus sibirica*, landscaping, inheritance of traits.

«Ведьмина метла» (ВМ) мутационного происхождения представляет собой фрагмент кроны дерева с аномально интенсивным ветвлением и медленным ростом побегов, качественно отличающийся от нормальной части кроны. Мутационные ВМ имеют здоровый внешний вид, нормальную репродукцию, большую продолжительность жизни и редко встречаются в природе. Причиной образования таких ВМ считается соматическая мутация, предположительно происходящая в апикальной меристеме одной единственной почки, доказательством чего служит расщепление семенного потомства ВМ в первом поколении от свободного опыления на два дискретных фенотипических класса: карликовые и нормальные сеянцы, сегрегирующие примерно 1:1 (Duffield, Wheat, 1963; Grasso, 1969; Vasilyeva et al., 2020). Такая сегрегация ожидается в случае доминантной мутации в одном гене при открытом перекрёстном опылении, при котором пыльца несёт нормальные аллели от окружающих деревьев.

ВМ разных видов издавна использовались как основа для создания медленно растущих компактных сортов деревьев с густой красивой кроной, которые используются для нужд ландшафтного дизайна. Производные от ВМ культивары *Picea abies* «Maxwellii», *Picea abies* «Tabulaeformis» и *Pinus sylvestris* «Beauvronensis» садоводы размножают с 1874, 1890 и 1891 гг., соответственно (Fordham, 1967). Многообразие форм мутационных ВМ дает селекционерам большие возможности для выведения различных декоративных сортов хвойных. Выявление факторов, определяющих изменчивость ВМ и их семенного и вегетативного потомства позволило бы обеспечить научную основу для выведения новых карликовых сортов хвойных видов, потребность в которых всегда была очень острой.

Целью данной работы был анализ разнообразия мутантного семенного потомства и его клонов, полученных от мутационных ВМ, определение роли морфологических характеристик и возраста материнских деревьев в формировании фенотипа сеянцев и клонов семенного потомства ВМ, а также оценка их перспективности для различных целей ландшафтного дизайна.

Объектом наблюдения были клоны мутационных ВМ, мутантное семенное потомство и клоны мутантного семенного потомства сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour), выращенные на научном стационаре «Кедр» ИМКЭС СО РАН (56°14′ с.ш., 84°30′ в.д., 80 м над ур. м.). Привитые растения выращивали с размещением 1×0,5 м, а корнесобственное семенное потомство 0,5×0,5 м. На момент исследования возраст всех деревьев составлял 12 лет.

Двухфакторный дисперсионный анализ клонов ВМ и семенного потомства (СП) показал, что тип исходного материала (клоны материнских ВМ или их семенное потомство) для прививок в целом оказывал наиболее сильное влияние на все морфологические признаки деревьев, особенно на ростовые характеристики (табл. 1). Фактор происхождения из определенной семьи оказывал значимое влияние на такие признаки, как длина терминального годичного побега, длина хвои, число почек и стерильных катафиллов на побеге.

Таблица 1

Анализ дисперсии признаков, характеризующих крону у клонов «ведьминых мётел» и семенного потомства

Признаки и факторы	df	MS	F	p	Доля влияния фактора, %
Высота дерева					
Семья	6	488,1	1,195	0,318	2,0
Тип исходного материала	1	105250,0	257,699	<0,001	72,6
Семья×Тип исходного материала	6	887,0	2,172	0,055	3,7
Неучтенные факторы	77	408,4			21,7
Ширина кроны					
Семья	6	128,4	0,53	0,784	2,0
Тип исходного материала	1	15632,4	64,555	<0,001	39,9
Семья×Тип исходного материала	6	693,6	2,864	<0,05	10,6
Неучтенные факторы	77	242,2			47,5
Отношение высоты кроны к ширине кроны					
Семья	6	0,095	0,893	0,504	3,3
Тип исходного материала	1	8,068	76,118	<0,001	47,1
Семья×Тип исходного материала	6	0,058	0,543	0,774	2,0
Неучтенные факторы	77	0,106			47,6
Длина годичного терминального побега					
Семья	6	14,188	4,312	<0,001	5,4
Тип исходного материала	1	1207,366	366,93	<0,001	75,9
Семья×Тип исходного материала	6	9,583	2,912	<0,05	3,6
Неучтенные факторы	73	3,29			15,1
Апикальное доминирование					
Семья	6	0,1424	1,141	0,348	7,0
Тип исходного материала	1	1,7552	14,06	<0,001	14,3
Семья×Тип исходного материала	6	0,0892	0,715	0,639	4,4
Неучтенные факторы	73	0,1248			74,3
Длина хвои					
Семья	6	2,868	4,437	<0,001	7,0
Тип исходного материала	1	161,522	249,899	<0,001	65,6
Семья×Тип исходного материала	6	3,409	5,274	<0,001	8,3
Неучтенные факторы	73	0,646			19,1
Число почек на побеге					
Семья	6	18,156	9,267	<0,001	19,0
Тип исходного материала	1	252,72	128,991	<0,001	44,0
Семья×Тип исходного материала	6	11,553	5,8968	<0,001	12,1
Неучтенные факторы	73	1,959			24,9
Число брахибластов на побеге					
Семья	6	322,4	0,9357	0,475	4,4
Тип исходного материала	1	13172,1	38,2286	<0,001	29,6
Семья×Тип исходного материала	6	703,3	2,0411	0,071	9,5
Неучтенные факторы	73	344,6			56,5

Примечание. df – ошибка степени свободы; MS – среднеквадратичная ошибка; F – критерий Фишера; p – статистическая значимость. Неучтенные факторы – случайная вариативность, не объясненная исследуемыми факторами.

Сравнительный анализ клонов ВМ, источником материала для которых выступили взрослые растения, и клонов семенного потомства, для прививок которых послужили молодые растения, выявил значимые различия между этими группами. Клоны семенного потомства были ниже, шире и

имели более густое ветвление по сравнению с клонами ВМ (рис. 1). Происхождение из определенной семьи было значимым фактором различий по всем признакам, кроме апикального доминирования. Число почек на весеннем побеге в большей степени зависело от возраста маточника, чем от семьи.

Рис. 1. Клон ВМ 08 (слева), клон семенного потомства 08 (середина) и корнесобственное семенное потомство ВМ 08 (справа)

Таким образом, на внешний облик клонов ВМ, корнесобственного и вегетативного семенного потомства ВМ влияет множество факторов и их сочетание: наличие мутации, степень ее выраженности, происхождение из конкретной семьи, возраст маточника, а также факторы, которые не анализировались в рамках данного исследования. Манипуляция известными факторами при создании новых сортов может обеспечить их практически неограниченное разнообразие. В связи с этим сорта, полученные на основе ВМ и мутантного семенного потомства ВМ, с разными характеристиками роста могут быть использованы для разных целей в озеленении. Одним из перспективных использований корнесобственного семенного потомства ВМ является создание миниатюрных деревьев в стиле бонсай. Мутантное корнесобственное семенное потомство, особенно от ВМ с кроной высокой густоты, имеет идеальный фенотип бонсай уже в 5–10-летнем возрасте. Помимо бонсай, мутантное семенное потомство плотных ВМ перспективно для использования при создании миниатюрных садов в различных емкостях (рис. 2). В табл. 2 представлен пример использования клонов ВМ и семенного потомства различных семей.

Рис. 2. Миниатюрный сад с использованием мутантных сеянцев из семенного потомства ВМ *Pinus sibirica*

Фактор происхождения из определенной семьи оказал влияние на наиболее значимые признаки, из сочетания которых складывается характерная морфология кроны ВМ. При этом под действием унаследованной мутации в сеянцах ростовые корреляции и структурные признаки побегов трансформируются не хаотично по сравнению с нормой, а по направлению, в большой мере заданному материнской ВМ. Сходство в росте и ветвлении кроны мутантных растений и их материнских ВМ описывалось и другими авторами (Waxman, 1987; Ямбуров, 2010).

Таблица 2

Применение семенного и вегетативного потомства «ведьминых метел» с разным сочетанием признаков

Способ применения	Клоны ВМ	Мутантное семенное потомство ВМ
Орехоплодная плантация	02, 038	
Аллея, группа и др. посадки из довольно крупных растений	02, 012, 020, 032, 034, 038, 040, 042, 044, 054	
Солитер, миксбордер и др. посадки, где нужна миниатюрность растений	03, 06, 08, 010, 016,	02, 012, 020, 032, 034, 038, 040, 042, 044, 054
«Сибирский бонсай», миниатюрные сады в емкостях		03, 06, 08, 010, 016

Влияние возраста материнских деревьев на рост и развитие привоев известно давно. Большинство работ по исследованию этого явления проводились на нормальных деревьях разных видов хвойных и показали, что интенсивность роста прививок соответствует возрастному состоянию дерева, с которого были заготовлены черенки (Sweet, 1973; Greenwood et al., 1989; Ritchie, Keeley, 1994; Parker et al., 1998; Greenwood et al., 2010; Hinesley et al., 2018; Velisevich et al., 2020). Клоны семенного потомства ВМ, полученные от молодых саженцев, существенно отличались от клонов ВМ, произошедших от взрослых ВМ, особенно существенными были различия по росту. Таким образом, у клонов семенного потомства ВМ молодой возраст материнского дерева прежде всего способствовал снижению роста побегов по сравнению со привоями от взрослых материнских деревьев.

Сильное влияние на морфологию клонов ВМ и клонов семенного потомства оказывает выраженность мутации и характеристики конкретной семьи. Ранее было показано, что даже в пределах одного и того же вида хвойных ВМ имеют разную плотность (Vrgoc, 2002; Ямбуров, Горошкевич, 2007; Понкратьева, Ямбуров, 2015; Zhuk et al., 2020). Однако клоны с одинаковой плотностью кроны обладают существенной изменчивостью (Zhuk et al., 2015). Внешний облик клона с мутацией ВМ зависит от особенностей ветвления, регулярности образования летних побегов, числа закладываемых субтерминальных почек на весеннем и летнем побегах, а также от охвоенности побегов, длины и толщины хвои (Ямбуров и др., 2011). Семенное потомство ВМ имеет еще большее разнообразие вследствие рекомбинации после опыления пыльцой нормального дерева. Это ожидаемо, т. к. для перекрестноопыляющихся видов генетическое разнообразие семенного потомства всегда выше, чем у родителей (Adams et al., 1992).

Таким образом, использование семенного потомства ВМ существенно ускоряет процесс декоративной селекции, поскольку заменяет длительные поиски интересных мутантных форм в дикой природе, что открывает перед селекционерами широкие возможности для выведения новых сортов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Понкратьева С.В., Ямбуров М.С. «Ведьмины метла» мутационного типа на примере ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb) как потенциал для развития декоративных древесных в Сибири // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2015. № 9. С. 142–146.

Ямбуров М.С., Горошкевич С.Н. «Ведьмины метлы» кедра сибирского как спонтанные соматические мутации: встречаемость, свойства и возможности использования в селекционных программах // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. XXIV. № 2–3. С. 317–324.

Ямбуров М. С. «Ведьмины метлы» мутационного типа у некоторых видов семейства *Pinaceae* : дис. … канд. биол. наук. Томск, 2010. 133 с.

Ямбуров М.С., Горошкевич С.Н., Третьякова И.Н., Хихлова О.В., Лукина А.В. «Ведьмины мётлы» мутационного типа как перспективный источник для получения новых декоративных форм хвойных растений // Научнопрактический журнал «Вестник ИрГСХА». 2011. Вып. 44. Ч. 4. С. 153–160.

Adams W.T., Campbell R.K., Kitzmiller J.H. Genetic considerations in reforestation // Reforestation Practices in Southwestern Oregon and Northern California / eds S.D. Hobbs, S.D. Tesch, P.W Owston. Corvallis: Oregon State University, 1992. P. 284–308.

Duffield J., Wheat J. Dwarf Seedlings From Broomed Douglas-fir // Silvae Genetica. 1963. Vol. 12. P. 129–133.

Fordham A.J. Dwarf Conifers From Witches'-brooms // Arnoldia. 1967. Vol. 27. P. 29–50.

Grasso V. Dwarf Seedlings From Witches' Brooms of Pinus halepensis // L'Italia Forestale e Montana. 1969. Vol. 24. P. 241–245.

Greenwood M.S. Hopper C.A., Hutchison K.W. Maturation in larch. I. Effect of age on shoot growth, foliar characteristics, and DNA methylation // Plant Physiology. 1989. Vol. 90. P. 406–412. DOI: 10.1104/pp.90.2.406

Greenwood M.S. Day M.E., Schatz J. Separating the effects of tree size and meristem maturation on shoot development of grafted scions of red spruce (*Picea rubens* Sarg.) // Tree Physiology. 2010. Vol 30 (4). P. 459–468.

Hinesley E., Frampton J., Deal B., Deal E. Ortet Age and Clonal Effects on Growth and Market Value of Fraser Fir (*Abies fraseri*) Grafts as Christmas Trees // Forests. 2018. № 9. P. 182–193. DOI: 10.3390/f9040182

Parker S.R., White T.L., Hodge J.R., Powell J.L. The effects of scion maturation on growth and reproduction of grafted slash pine // New Forests. 1998. Vol. 15. P. 243–259.
Ritchie G.A., Keeley J.W. Maturation in Douglas-fir. I. Changes in stem, branch and foliage characteristics associated with ontogenetic aging // Tree Physiology. 1994. Vol. 14 (11). P. 1245–1259.
Sweet G.B. The effect of maturation on the growth and form of vegetative propagules of radiata pine // New Zealand Journal of Forestry Science. 1973. Vol. 3. P. 191–210.
Vasilyeva G.V., Zhuk E.A., Goroshkevich S.N. Effect of witches' broom mutation on growth of *Pinus sibirica* seedlings // Silvae Genetica. 2020. Vol. 69. P. 123–129. DOI: 10.2478/sg-2020-0017
Velisevich S.N., Bender O.G., Goroshkevich S.N. The infuence of scion donor tree age on the growth and morphogenesis of Siberian stone pine grafts // New Forests. 2020. Vol. 52. P. 473–491. DOI: 10.1007/s11056-020-09805-2
Vrgoc P. Witches' broom of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) and its use for new ornamentals // Acta Horticulturae. 2002. № 572. P. 199–205. DOI: 10.17660/ActaHortic. 2002.572.23
Waxman S. Dwarf conifers from witches' brooms // Proceedings of the International Plant Propagators' Society. 1987. Vol. 36. P. 131–136.
Zhuk E., Vasilyeva G., Goroshkevich S. Mutational witches' broom impact on the growth of the parent branch in several *Pinaceae* species // Dendrobiology. 2020. Vol. 83. P. 52–59. DOI: 10.12657/denbio.083.005
Zhuk E., Vasilyeva G., Goroshkevich S. Witches' broom and normal crown clones from the same trees of *Pinus sibirica*: a comparative morphological study // Trees: structure and function. 2015. Vol. 29. P. 1079–1090.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-44

Морозостойкость *Pinus koraiensis* при интродукции в Томскую область

А.Г. Попов, С.Н. Горошкевич, Е.А. Жук

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Российская Федерация; popovaleksa@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты многолетних наблюдений за фенологическим развитием и реакцией кедра корейского на зимние морозы и заморозки переходных периодов на юге Томской области.

Ключевые слова: кедр корейский, адаптация, поздние весенние заморозки, морозные повреждения

Frost resistance of *Pinus koraiensis* introduced in the Tomsk Region

A.G. Popov, S.N. Goroshkevich, E.A. Zhuk

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russian Federation; popovaleksa@yandex.ru

Annotation. The article presents the results of long-term observations on the phenological development of Korean pine and its response to winter frosts as well as frosts during transitional seasons in the southern part of Tomsk region.

Keywords: Korean pine, adaptation, late spring frost, frost damages

Кедр корейский (*Pinus koraiensis* Sieb. & Zucc.) является ценным лесным видом, обладающим высокой продуктивностью и хозяйственной значимостью в пределах естественного ареала на Дальнем Востоке и в Северо-Восточной Азии (Великов, Потенко, 2006). Его селекцией и интродукцией активно занимаются в Китае и Корее (Zhang et al., 2019; Wang et al., 2019; Li et al., 2020). В России также имеются немногочисленные работы по интродукции этого вида (Братилова и др., 2019; Гришлова, 2022; Левин, 2023; Попов, 2023, 2025 и др.). Основными факторами, которые определяют возможность успешного культивирования этого вида за пределами естественного распространения, являются низкая влагообеспеченность вегетационного периода, а также низкие зимние температуры, наличие поздних весенних и ранних осенних заморозков. Климат Томской области, часто характеризующийся резко континентальными условиями с продолжительными морозными зимами и коротким вегетационным периодом, создает существенные ограничения для видов, фенологически адаптированных к муссонному климату.

В данной работе представлены результаты многолетних фенологических наблюдений за ростом и репродукцией, а также морозоустойчивостью кедра корейского, выращенного в Томской области, которая определяется как соответствием фенологического ритма развития новым условиям вегетационного, так и физиологической устойчивостью к низким температурам.

Наблюдения проводились с 2003 по 2024 гг. на научном стационаре «Кедр» ИМКЭС СО РАН, расположенном в 30 км от г. Томска (56°14′ с.ш. 84°30′ в.д., 80 м над ур. м.) в южной части южной подзоны тайги. Климат этого района континентально-циклонический со среднегодовой температурой воздуха –0,6 ºС, среднегодовым количеством осадков 517 мм и безморозным периодом длительностью около 114 дней. Российская часть ареала кедра корейского характеризуется сочетанием континентального и муссонного климата со среднегодовой температурой воздуха 0,4–2,7 °С, среднегодовым количеством осадков 550–800 мм и безморозным периодом длительностью 115–130 дней. Период наблюдений на научном стационаре характеризовался большими колебаниями сроков заморозков и минимальных зимних температур (рис. 1).

Объектами наблюдения были две группы деревьев. Первая была представлена вегетативным потомством кедра корейского, для создания которого черенки из природных популяций в 1997 г. были привиты на 4-летние саженцы кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) и выращены в рядах с размещением 3 × 6 м. Вторая группа была представлена семенным потомством кедра корейского, которое в 2008 г. было выращено из семян, собранных в естественных лесах, и после достижения 10-летнего возраста было высажено с размещением 3×3 м. В первой группе объектов проводились фенологические наблюдения и наблюдения за реакцией деревьев на зимние морозы и заморозки переходных сезонов. Во второй группе объектов проводились только наблюдения за морозными повреждениями.

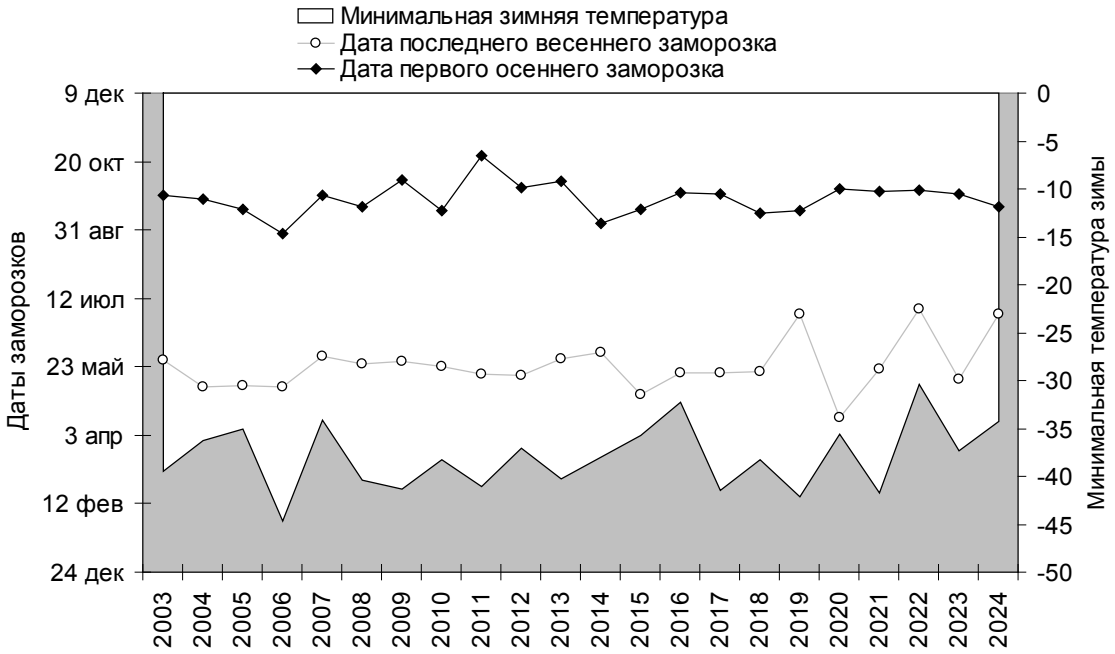


Рис. 1. Даты последних весенних и первых осенних заморозков, а также минимальные зимние температуры в годы наблюдений

Сроки начала и завершения сезонного роста у кедра корейского были более поздними, чем у местного вида кедра сибирского, так как для начала роста этому виду требуется накопление большего количества тепла (рис. 2).

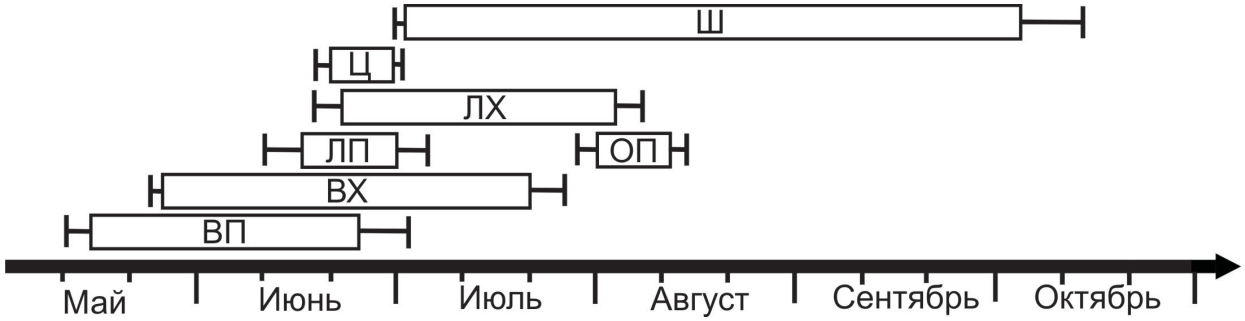


Рис. 2. Фенологическое развитие вегетативных и репродуктивных структур у кедра корейского на юге Томской области: ВП – весенний побег; ВХ – весенняя хвоя; ЛП – летний побег; ЛХ – летняя хвоя; ОП – осенний побег; Ц – «цветение» (период от начала выхода женских шишек из кроющих чешуй почки до полного закрытия семенных чешуй после опыления); Ш – шишки (период развития опыленных шишек от закрытия семенных чешуй после опыления до созревания шишки на следующий год)

На протяжении всего периода наблюдений вследствие фенологической адаптации к более мягкому климату кедр корейский демонстрировал более низкую морозостойкость по сравнению с местными сибирскими хвойными видами. Позднее начало роста весной и, как следствие, позднее завершение роста осенью негативно сказывалось на его устойчивости к морозам в новых условиях. На протяжении большей части наблюдений как семенное, так и вегетативное потомство повреждалось как зимними морозами, так и заморозками переходных сезонов.

Наиболее уязвимыми к осенним заморозкам и зимним морозам оказались характерные для кедра корейского так называемые осенние побеги, которые развивались в конце вегетационного периода и не успевали одревеснеть до первых заморозков. Такие побеги часто вымерзали полностью, включая почки, хотя в некоторых случаях повреждалась только хвоя. На остальной части кроны зимние повреждения обычно ограничивались кончиками хвои. В отдельные годы сочетание теплой осени и резкого наступления морозов приводило к гибели хвои на протяжении большей части кроны, а также гибели части побегов и реже ветвей первого и второго порядков ветвления, как правило, расположенных в верхней части кроны (рис. 3, 4). Несмотря на серьезные повреждения, большая часть деревьев возобновляла рост из сохранившихся почек возобновления.

Рис. 3. Зимние морозные повреждения кедра корейского

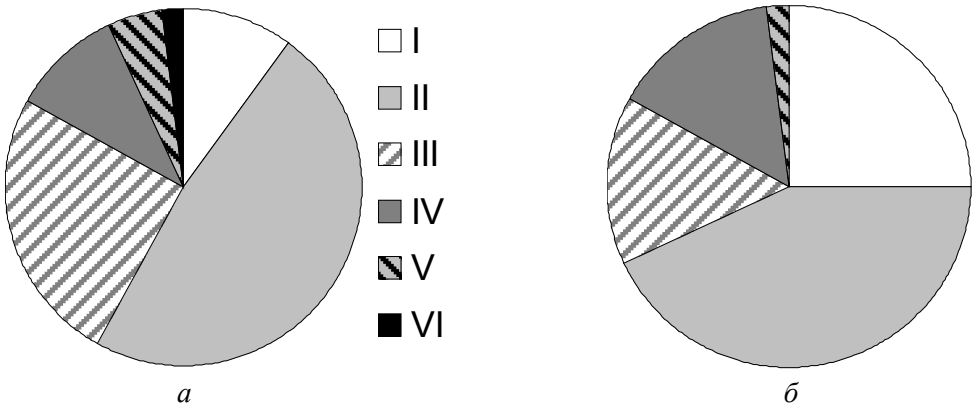


Рис. 4. Доли деревьев, получивших морозные повреждения разной степени в 2016–2017 гг.: *а* – семенное потомство; *б* – привои. I–VI – баллы по шкале зимостойкости Главного ботанического сада РАН (Лапин и др., 1979)

Вегетативное потомство по сравнению с семенным оказалось более устойчивым к морозным повреждениям. Так у привоев осталось в 2,5 раз больше неповрежденных деревьев, чем среди семенного потомства. Несмотря на серьезные повреждения, среди привоев никогда не происходило гибели всей надземной части дерева, а среди семенного потомства погибали единичные деревья в возрасте до 8 лет. Все остальные деревья быстро восстановили крону после повреждений.

Весенние заморозки в отдельные годы вызывали повреждения разной степени, как у семенного, так и у вегетативного потомства. Часто повреждались только небольшие участки хвои, что не приводило к ее гибели (рис. 5). Наиболее поздние и сильные весенние заморозки в конце мая – начале июня приводили к обмерзанию хвои более чем у половины побегов у обеих групп деревьев, а иногда и к гибели целых побегов.

Рис. 5. Небольшие повреждения (слева) и гибель (справа) хвои у кедра корейского вследствие поздних весенних заморозков

Кроме того, как выяснилось, поздние весенние заморозки негативно влияли и на развивающиеся в начале лета репродуктивные органы, часть из которых вскоре усыхала и опадала. Наилучшей устойчивостью характеризовались экотипы из более суровой северной части ареала (Попов, 2025).

Таким образом, сниженная морозостойкость кедра корейского в Томской области обусловлена его более длительным вегетационным периодом и повышенными требованиями к теплу, что не соответствует местному климату. Однако, несмотря на периодические повреждения, большинство деревьев успешно восстанавливаются, сохраняя жизненную форму прямостоячего дерева, и дорастают до начала репродуктивной фазы. Поэтому необходимо продолжать интродукционные исследования до полной акклиматизации данного вида в условиях юга Западной Сибири и уже на данном этапе порекомендовать кедр корейский для более широкого внедрения в лесное хозяйство и озеленение.

Работа выполнена в рамках госзадания ИМКЭС СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Братилова Н.П., Матвеева Р.Н., Пастухова А.М., Шимова Ю.С., Гришлова М.В., Борчакова М.С., Коновалова Д.А. Интродукция сосны кедровой корейской на юге Средней Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2019. Т. 37, № 3–4. С. 209–213.

Великов А.В., Потенко В.В. Генетические ресурсы сосны корейской на Дальнем Востоке России: теоретические основы и прикладные аспекты. М.: Наука, 2006. 174 с.

Гришлова М.В. Изменчивость, отбор кедровых сосен разного географического происхождения в групповых посадках и на плантации (пригородная зона Красноярска) : автореф. дис. … канд. с.-х. наук. Красноярск : СибГУ им. Решетнева, 2022. 19 с.

Лапин П.И., Калуцкий К.К., Калуцкая О.Н. Интродукция лесных пород. М. : Лесная промышленность, 1979. 224 с.

Левин С.В. Семеношение кедра корейского (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.) при его интродукции в условиях лесостепи Воронежской области // Лесной вестник. 2023. Т. 27, № 3. С. 36–47. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-3-36-47

Попов А.Г. Влияние поздних весенних заморозков на репродукцию четырех видов 5-хвойных сосен при их выращивании в условиях юга лесной зоны Западной Сибири // Вестник Поволжского гос. технологич. ун-та. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2025. № 1. (65). С. 46–60. DOI: 10.25686/2306-2827.2025.1.46

Попов А.Г. Интродуценты ценных 5-хвойных видов сосен в дендроархивах питомника «Кедр» ИМКЭС СО РАН // Мониторинг и оценка состояния растительного мира: материалы VI Междунар. науч. конференции. Минск – Лясковичи, 2023. С. 83–84.

Li X., Liu X-T., Wei J-T., Li Y., Tigabu M., Zhao X-Y. Genetic Improvement of *Pinus koraiensis* in China: Current Situation and Future Prospects // Forests. 2020. Vol. 11, № 2. Article 148. DOI: 10.3390/f11020148

Zhang Q., Wang, H., Jiang G., Shen G., Wang L., Li Y., Wang L., Wang L., Li Y., Li R. et al. Variation analysis and selection of *Pinus koraiensis* half-sib families // Bull. Bot. Res. 2019. Vol. 39. P. 557–567.

Wang F., Wang Y., Wang C., Zhang W., Liu W., Lu Z., Yang Y. Variation of the growth, fruiting and resistance to disease and insect of the half-sib families of *Pinus koraiensis* superior trees // Chin. J. Appl. Ecol. 2019. Vol. 30, № 5. P. 1679–1686. DOI: 10.13287/j.1001-9332.201905.016

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-45

Эколого-биологические особенности *Rhaponticum carthamoides* в природных ценопопуляциях Горного Алтай

А.С. Прокопьев[1], Т.Н. Катаева[2]

[1, 2] *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация;*
[1] *rareplants@list.ru*
[2] *gentianka@mail.ru*

Аннотация. На территории Горного Алтая *Rhaponticum carthamoides* широко распространен по всему высокогорью, за исключением крайних юго-восточных районов. В изученных сообществах (ЦП 1–5) *R. carthamoides* выступает в роли доминанта или содоминанта с обилием sp–cop$_2$. Исключением является только ЦП 6, размещенная в старовозрастном кедраче и характеризующаяся низким обилием этого вида. *R. carthamoides* обладает достаточно высокой потенциальной семенной продуктивностью на уровне побега. Выявлено, что максимальный уровень реализации репродуктивного потенциала в природе (60,8 %) несколько ниже, чем в культуре (75,8 %). Кроме того, из-за массового повреждения плодов маральего корня вредителями, мы наблюдаем значительное снижение реальной семенной продуктивности вида на отдельных участках ареала (ЦП 2, 3). Лабораторная всхожесть свежесобранных семянок высокая и составила от 70,0 % до 100 %. После нескольких месяцев сухого хранения всходило только до 70 % семянок. *R. carthamoides* – длительно вегетирующий весенне-летне-осеннезеленый вид. В культуре вегетационный период длится до 150 дней.

Ключевые слова: редкое лекарственное растение, *Rhaponticum carthamoides*, фитоценоз, репродуктивная биология, Республика Алтай

Ecological and biological features of *Rhaponticum carthamoides* in natural cenopopulations of the Altai Mountains

A.S. Prokopyev[1], T.N. Kataeva[2]

[1, 2] *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation;*
[1] *rareplants@list.ru,*
[2] *gentianka@mail.ru*

Abstract. In the Altai Mountains, *Rhaponticum carthamoides* is widespread throughout the highlands, with the exception of the extreme southeastern regions. In the studied communities (CP 1–5), *R. carthamoides* acts as a dominant or codominant with an abundance of sp–cop$_2$. The only exception is CP 6, located in an old-growth cedar forest and characterized by a low abundance of this species. *R. carthamoides* has a fairly high potential seed productivity at the shoot level. It was found that the maximum level of reproductive potential in nature (60.8%) is somewhat lower than in culture (75.8%). In addition, due to massive damage to *R. carthamoides* fruits by pests, we observe a significant decrease in the actual seed productivity of the species in certain areas of the range (CP 2, 3). Laboratory germination of freshly collected seeds is high and ranged from 70.0% to 100%. After several months of dry storage, only up to 70% of the seeds sprouted. *R. carthamoides* is a long-vegetating spring-summer-autumn green species. In culture, the vegetation period lasts up to 150 days.

Keywords: rare medicinal plant, *Rhaponticum carthamoides*, phytocenosis, reproductive biology, Altai Republic

Рапонтикум сафлоровидный, маралий корень (*Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin, сем. Asteraceae – Сложноцветные) – ценный ресурсный вид комплексного использования (лекарственный, кормовой, пищевой, медоносный, декоративный) (рисунок). Широко применяется в официнальной и народной медицине в качестве адаптогенного, общеукрепляющего, тонизирующего и детоксикационного средства [1]. Вид используется в пищевой промышленности для производства тонизирующих напитков [2] и в парфюмерно-косметической промышленности (кремы, лосьоны и др.). Кроме того, маралий корень является ценным кормовым растением для всех видов сельскохозяйственных животных и хорошо силосуется [3]. Медоносное (перганосное) и декоративное растение.

R. carthamoides – среднеазиатско-южносибирский высокогорный вид. Отнесен к числу редких видов на всей территории России, за исключением популяций на территории Алтайского края, Республики Алтай и Республики Тыва [4]. На местном уровне охраняется в некоторых регионах Сибири: Республики Алтай и Бурятия, Кемеровская и Иркутская области, Красноярский край.

Цель работы – изучить фетоценотическую приуроченность и особенности репродуктивной биологии *R. carthamoides* на территории Республики Алтай.

На Алтае *R. carthamoides* широко распространен по всему высокогорью, за исключением крайних юго-восточных районов. Растет в субальпийском поясе, в нижней части альпийского и в верхней части лесного пояса. Встречается преимущественно на абсолютных высотах от 1600 до 2300 м. Основные популяции маральего корня сосредоточены на субальпийских лугах, где он образует наиболее плотные и продуктивные заросли (с проективным покрытием до 80 %). Реже и с меньшим обилием встречается на

альпийских лугах. Очень редко заходит в высокогорную тундру. В лесном поясе растет в лиственнично-кедровых и кедровых редколесьях, на лесных высокотравных лугах, вблизи горных ручьев [5, 6].

Общий вид *Rhaponticum carthamoides* (Республика Алтай, Онгудайский район)

Исследования проводились на территории Онгудайского и Кош-Агачского районов. Изучено шесть локальных ценопопуляций.

ЦП 1. Разреженный рапонтиково-разнотравный кедровник с подлеском из ерника и жимолости алтайской. Онгудайский район, Семинский перевал, возле скалы «Воронье гнездо». Высота над уровнем моря 1770 м. Древесный ярус редкий, сложен старыми, кряжистыми кедрами, высотой от 12 до 15 м. В подлеске фрагментарно доминируют *Betula rotundifolia* и *Lonicera altaica*. Реже встречаются *Salix glauca*, *Cotoneaster uniflorus*, *Juniperus sibirica*. На открытых лесных прогалинах формируется высокий (от 1,2 до 1,5 м), густой травостой из таежного крупнотравья с субальпийским разнотравьем. На исследуемом участке произрастания *R. carthamoides* общее проективное покрытие (ОПП) травостоя составляет 95 %. На почве местами развит сплошной моховой покров. В верхнем ярусе доминируют *Rhaponticum carthamoides*, *Veratrum lobelianum*, *Sanguisorba officinalis*. Основная масса травостоя нижних ярусов составлена вегетативными частями злаков *Poa sibirica*, *Trisetum sibiricum*, *Anthoxanthum alpinum*, осоки *Carex aterrima*, *Alchemilla vulgaris*, *Solidago virgaurea*. Постоянными компонентами выступают *Chamaenerion angustifolium*, *Dasystephana septemfida*, *Bistorta major*, *Saussurea latifolia*, *Ranunculus grandifolius* и др. Характерно присутствие разнообразной группы альпийских видов – *Swertia obtusa*, *Aegopodium alpestre*, *Dracocephalum grandiflorum*, *Aquilegia glandulosa* и др.

ЦП 2. Разреженный рапонтиково-разнотравный лиственнично-кедровый лес. Онгудайский район, Семинский перевал, по дороге на Семинский ретранслятор. Высота над уровнем моря 1772 м. Древесный ярус сложен *Pinus sibirica* и *Larix sibirica*, древостой изреженный, чередуется с большими открытыми прогалинами, занятыми крупнотравной растительностью. Кустарниковый ярус не выражен, единично встречаются *Lonicera altaica* и *Cotoneaster uniflorus*. На исследуемом участке травостой высокий (до 1,3 м), густой (ОПП – 90–95 %). Доминантом верхнего яруса выступает *Rhaponticum carthamoides*, из видов таежного высокотравья выделяются *Bupleurum longifolium* ssp. *aureum*, *Cirsium heterophyllum*, *Crepis sibirica*, *Saussurea latifolia*. Достаточно обилен *Calamagrostis langsdorffii*. В общей массе растительности нижних ярусов преобладают вегетативные части злаков *Anthoxanthum alpinum*, *Alopecurus pratensis*, *Milium effusum*, *Poa sibirica* и др., из разнотравья – *Alchemilla vulgaris*, *Achillea asiatica*, *Euphorbia pilosa*, *Geranium albiflorum* и др. Постоянно, но с меньшим обилием, присутствуют *Dasystephana septemfida*, *Trollius altaicus*, *Swertia obtusa*, *Aegopodium alpestre*, *Dianthus superbus*, *Erythronium sibiricum* и др.

ЦП 3. Разреженный рапонтиково-крупнотравный кедровник. Онгудайский район, Семинский перевал, по дороге на Семинский ретранслятор. Высота над уровнем моря 1722 м. Древесный ярус изрежен, сложен старыми экземплярами *Pinus sibirica*. Кустарниковый ярус развит фрагментарно, по периметру исследуемой площадки, состоит из *Lonicera altaica* и *Ribes atropurpureum*. В небольшом количестве присутствует подрост кедра высотой до 1,2 м. Травостой высокий (в среднем 1 м), густой (ОПП – 90–95 %). Ведущее положение в травостое занимают *Rhaponticum carthamoides*, таежное высокотравье – *Veratrum lobelianum*, *Cirsium heterophyllum*, *Saussurea latifolia*, *Aconitum leucostomum* и злаки – *Calamagrostis langsdorffii*, *Alopecurus pratensis*, *Milium effusum*, *Poa sibirica*, *Trisetum sibiricum*. В нижних ярусах доминируют *Alchemilla vulgaris*, *Carex aterrima*, *Geranium albiflorum*, *Cruciata krylovii*, *Viola altaica*. Менее обильны, но постоянны *Crepis sibirica*, *Dasystephana septemfida*, *Trollius altaicus*, *Aegopodium alpestre* и др.

Характерной чертой для высокотравных лесных ценозов Семинского перевала является наличие выраженной эфемероидной синузии из *Erythronium sibiricum*, *Anemone altaica*, *Corydalis bracteata* и др., а также высокое постоянство видового состава.

ЦП 4. Субальпийский рапонтиково-крупнотравный луг. Кош-Агачский район, северный макросклон Северо-Чуйского хребта, левый борт долины р. Актру. На среднекрутом (с уклоном 20 градусов) склоне юго-восточной экспозиции. Высота над уровнем моря 2297 м. Травостой мощный, высокий (от 1,5 до 1,7 м), густой. ОПП достигает 100 %. Составлен высокотравными видами, среди которых доминируют *R. carthamoides*, *Delphinium elatum*, *Aconitum leucostomum*, *Veratrum lobelianum*, *Bupleurum longifolium* ssp. *aureum*, *Thalictrum minus*, *Aconogonon alpinum*, *Paeonia anomala*. С высоким обилием встречаются *Carex aterrima*, *Geranium pratense*, *Chamaenerion angustifolium*. Постоянны, но малообильны – *Lilium martagon*, *Crepis sibirica*, *Bistorta major*, *Hedysarum neglectum*, *Saussurea frolowii* и др.

ЦП 5. Фрагмент субальпийского разнотравья в ложбине водостока. Кош-Агачский район, северный макросклон Северо-Чуйского хребта, левый борт долины р. Актру. На среднекрутом (с уклоном 20 градусов) склоне юго-восточной экспозиции. Высота над уровнем моря 2243 м. Микрорельеф ложбины неровный, щебнистые участки чередуются с россыпями крупнообломочного материала и большими валунами, между которыми фрагментарно развивается субальпинотипная растительность. По верхнему краю ложбины тянутся заросли *Betula rotundifolia*. В ложбине кустарниковый ярус представлен одиночными экземплярами *Cotoneaster uniflorus* и *Juniperus sibirica*. Травостой исследуемого фрагмента растительности высокий (в среднем от 80 до 85 см, максимально до 1,5 м), с ОПП – от 85 до 90 %. Из высокотравных видов доминируют *Rhaponticum carthamoides*, *Bupleurum longifolium* ssp. *aureum*, *Heracleum dissectum*, *Thalictrum minus*, *Aconitum leucostomum*. С высоким постоянством встречаются *Bistorta major*, *Galium boreale*, *Polemonium boreale*, *Geranium pseudosibiricum*, *Solidago virgaurea*, *Dracocephalum grandiflorum*. Незначительное участие принимают *Dianthus superbus*, *Hedysarum neglectum*, *Lilium martagon*, *Saussurea frolowii*, *Swertia obtusa*, *Aquilegia glandulosa* и др.

ЦП 6. Высокотравный закустаренный кедровник. Кош-Агачский район, северный макросклон Северо-Чуйского хребта, левый борт долины р. Актру (альплагерь ТГУ). Высота над уровнем моря 2143 м. Древесный ярус неравномерный, сложен старыми одновозрастными экземплярами *Pinus sibirica* (от 15 до 20 м высотой), есть небольшая примесь *Larix sibirica*. Сомкнутость крон – 0,4. В кустарниковом ярусе преимущественно распространена *Lonicera altaica*, реже встречаются *Spiraea media*, *Pentaphylloides fruticosa*, есть подрост кедра и *Atragene sibirica*. На почве развит моховой покров. Травостой высокий (в среднем 1 м, до 1,7 м), густой (ОПП – 90 %), многоярусный. В верхнем ярусе доминируют высокотравные лесные виды – *Delphinium elatum*, *Aconitum leucostomum*, *Veratrum lobelianum*, *Bupleurum longifolium* ssp. *aureum*, *Thalictrum minus*, *Heracleum dissectum*, пятнами обилен *Chamaenerion angustifolium*. В нижних ярусах высокое покрытие образуют *Carex macroura*, *Geranium pseudosibiricum*, *Trifolium lupinaster*. Постоянны, но менее обильны *Lilium martagon*, *Rhaponticum carthamoides*, *Crepis sibirica*, *Saussurea controversa*, *Polemonium caeruleum*, *Potentilla asiatica* и др.

В изученных сообществах (ЦП 1–5) *Rhaponticum carthamoides* выступает в роли доминанта или содоминанта с обилием $sp–cop_2$. Исключением является только ЦП 6, размещенная в старовозрастном кедраче (возле альплагеря ТГУ) и характеризующаяся низким обилием этого вида.

Способ размещения растений марального корня на исследуемых участках преимущественно групповой или клоновый, при котором полностью или частично отделившиеся партикулы концентрируются вокруг материнских растений. Значительно реже отмечаются одиночно расположенные особи. Плотность особей на 1 $м^2$ низкая, составляет от 1,27 (ЦП 6) до 2,27 (ЦП 3, 4), что вполне логично для такого крупного растения. Максимальное число особей на единицу площади отмечено на рапонтиковых круп-

нотравных субальпийских лугах, расположенных выше границы леса (ЦП 4, 5) и в отдельных фрагментах крупнотравья, занимающих открытые поляны среди изреженного кедрача (ЦП 3).

В естественных условиях обитания *Rhaponticum carthamoides* размножается вегетативным способом и с помощью семян. Как показали многолетние исследования репродуктивной биологии вида на Кузнецком Алатау, семенное размножение не играет существенной роли в возобновлении популяций марального корня, несмотря на достаточно продуктивный процесс образования семян (до 500 семянок на побег) и наличие проростков. В ненарушенных фитоценозах с плотным травостоем значительно чаще имеет место вегетативное размножение, которое происходит путем партикуляции, не сопровождающейся глубоким омоложением потомства. Значительный вес семенной способ размножения приобретает только в тех случаях, когда конкуренция со стороны взрослых особей марального корня или других корневищных растений в фитоценозе в силу каких-либо причин ослаблена. Например, в результате периодически проводимой копки растений на лекарственное сырье. Тогда восстановление популяций марального корня на таком участке происходит, главным образом, за счет семян, а также вегетативно [5, 7]. Таким образом, преобладание того или иного способа размножения определяется эколого-ценотическими условиями среды обитания.

Семенное размножение и семенная продуктивность особей *R. carthamoides* очень подробно изучены на Кузнецком Алатау. По мнению Н.А. Некратовой [5], в природных условиях маралий корень характеризуется весьма эффективным семенным размножением. Он не только обладает высоким потенциалом к продуцированию семянок в широком высотном диапазоне – от альпийских лугов до верхней границы лесного пояса, но и реализует ее с высоким показателем продуктивности (Кпр от 67 до 97 %) в постоянно переменчивых погодных условиях высокогорий [5, 8]. Основными элементами семенной продуктивности марального корня являются два показателя: количество семяпочек и семянок в корзинке, соответственно потенциальная (ПСП) и реальная (РСП) семенная продуктивность побега. Кроме того, определялись фертильность пыльцы, коэффициент продуктивности (Кпр) и число неповрежденных семянок (таблица).

Репродуктивные показатели *R. carthamoides* в природных ценопопуляциях на территории Республики Алтай

Признак	ЦП 1	ЦП 2	ЦП 3	ЦП 4	ЦП 5	ЦП 6
Фертильность пыльцы, %	96,3 ± 0,4 1,0	96,9 ± 0,3 0,7	94,9 ± 1,1 2,6	95,9 ± 0,7 1,7	95,7 ± 1,1 2,2	96,6 ± 0,5 0,9
Число цветков, шт.	219,6 ± 14,1 25,7	215,9 ± 12,6 27,9	202,8 ± 10,0 24,7	351,0 ± 21,4 29,9	350,8 ± 13,5 19,3	318,6 ± 22,7 18,8
Число семянок, шт.	122,7 ± 10,0 30,3	90,1 ± 10,7 56,7	111,6 ± 10,6 47,6	241,7 ± 20,1 40,7	268,8 ± 12,3 22,8	120,3 ± 10,6 23,3
Число неповрежденных семянок, шт.	115,2 ± 10,9 35,5	60,2 ± 9,2 72,0	62,8 ± 8,6 68,5	187,2 ± 16,7 43,6	231,5 ± 10,8 22,3	96,1 ± 12,4 34,1
Процент поврежденных семянок, %	6,0	33,2	43,7	22,5	13,9	20,1
Кпр, %	50,1 ± 3,0 22,6	27,7 ± 3,9 66,7	29,0 ± 3,0 51,2	53,2 ± 4,1 38,2	60,8 ± 3,6 28,7	30,9 ± 4,7 40,3

Примечание. ЦП – ценопопуляция; Кпр – коэффициент продуктивности. Данные представлены: в числителе $M \pm m$, в знаменателе CV.

В результате проведенных исследований установлено, что фертильность пыльцы во всех ценопопуляциях *Rhaponticum carthamoides* имеет очень близкие значения с высоким показателем – от 94,9 до 96,9 %. В среднем на соцветие (одну корзинку) развивается от 203 до 351 цветков (семяпочек) и от 90 до 269 плодов (семянок). Корзинки с наибольшим числом цветков и семянок образуются у растений в условиях субальпийского пояса Северо-Чуйского хребта (ЦП 4, 5). Наименьшими показателями характеризовались особи, встречающиеся в составе лугово-лесных фитоценозов Семинского перевала (ЦП 2, 3).

Кроме того, значительное влияние на качество плодоношения также оказывало повреждение семянок на стадии вызревания насекомыми-фитофагами. Поэтому в ценопопуляциях с высокой степенью повреждения плодов (33,2–43,7 % от общего числа) Кпр был заметно снижен и составлял всего 27,7 % (ЦП 2) и 29,0 % (ЦП 3). В ценопопуляциях, в которых доля поврежденных семянок была относительно невелика (от 6,0 % до 22,5 %), Кпр имеет средние значения – от 50,1 % (ЦП 1) до 53,2 % (ЦП 4) или выше среднего – 60,8 % (ЦП 5) (см. таблицу).

Таким образом, *Rhaponticum carthamoides* обладает достаточно высокой потенциальной семенной продуктивностью (ПСП) на уровне побега. Выявленный максимальный уровень реализации репродуктивного потенциала в природе (60,8 %) несколько ниже, чем в культуре (75,8 %). Кроме того, из-за массового повреждения плодов марального корня вредителями, наблюдается значительное снижение РСП вида на отдельных участках ареала (ЦП 2, 3).

Семянки *Rhaponticum carthamoides* способны прорастать сразу после созревания. Лабораторная всхожесть свежесобранных семянок высокая, в среднем составила от 70,0 до 100 %. После нескольких месяцев сухого хранения всходило только до 70 % семянок.

Наблюдения за сезонным ритмом развития *Rhaponticum carthamoides* проводили в условиях интродукционного эксперимента (СибБС ТГУ, г. Томск). *R. carthamoides* – длительно вегетирующий весенне-летне-осеннезеленый вид. В культуре начало отрастания приходится на вторую половину апреля – начало мая. В среднем через 3 недели от начала отрастания начинает развиваться генеративный побег и растения переходят к стадии бутонизации. Цветение обычно не продолжительное (до 2 недель) с первой половины июня. Период плодоношения продолжается около месяца. Семена созревают дружно, обычно к середине июля растения полностью обсеменяются. После окончания плодоношения генеративный побег усыхает. Первые признаки изменения окраски вегетативных побегов наблюдаются уже в августе, но часть розеточных побегов сохраняет зеленую окраску до окончания вегетации – начало октября. Вегетационный период длится до 150 дней.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дикорастущие* полезные растения России / отв. ред. А.Л. Буданцев, Е.Е. Лесиовская. СПб.: Издательство СПХФА, 2001. 663 с.
2. *Соколов В.С., Базылев Э.Я.* Маралий корень и возможности комплексного использования его в народном хозяйстве // Новые культуры в народном хозяйстве и медицине : материалы науч. конф. Ч. 2. Киев : Наукова Думка, 1976. С. 70–71.
3. *Постников Б.А.* Маралий корень и основы введения его в культуру. Новосибирск : РАН СО Центральный сибирский Бот. сад: РСХА СО Сиб НИИ кормов, 1995. 276 с.
4. *Приказ* 23.05.2023 № 320 «Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации». Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. 2023.
5. *Некратова Н.А., Некратов Н.Ф.* Лекарственные растения Алтае-Саянской горной области: ресурсы, экология, ценокомплексы, популяционная биология, рациональное использование. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2005. 228 с.
6. *Положий А.В., Постников Б.А., Суров Ю.П.* Маралий корень // Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. М., 1983. С. 263.
7. *Некратова Н.А., Некратов Н.Ф., Михайлова С.И., Серых Г.И.* Лекарственные растения Кузнецкого Алатау. Ресурсы и биология. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1991. 268 с.
8. *Положий А.В., Некратова Н.А.* Рапонтикум сафлоровидный – *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin. Номенклатура, систематическое положение, внутривидовая систематика, категория угрожаемого состояния // Биологические особенности растений Сибири, нуждающихся в охране. Новосибирск : Наука, 1986. С. 198–226.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-46

Состояние ценопопуляций *Polygala sibirica* на юге Западной Сибири

А.С. Прокопьев, Т.Н. Катаева, Е.Ю. Мачкинис, Е.С. Прокопьева

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация; rareplants@list.ru

Аннотация. В статье приведены данные по распространению, фитоценотической приуроченности и онтогенетической структуре ценопопуляций редкого и ценного лекарственного растения *P. sibirica* на юге Западной Сибири. В горных районах этот вид является постоянным компонентом каменистых горных степей. В равнинной части Западной Сибири его местонахождения носят фрагментарный характер. Ценопопуляции *P. sibirica* характеризуются низкой плотностью – от 1,83 до 4,57 особей на 1 м^2. Для онтогенетической структуры свойственно преобладание особей генеративного периода (53,6–76,9 %). В ценопопуляциях *P. sibirica* формируется неполночленный, одновершинный (ЦП 1–3, 5, 7–9) или бимодальный (ЦП 4, 6) тип онтогенетического спектра с максимумом на генеративных особях и низкой долей старых возрастных групп.

Ключевые слова: редкий вид, *Polygala sibirica*, фитоценоз, структура ценопопуляций, Западная Сибирь, граница ареала

State of *Polygala sibirica* cenopopulations in the south of Western Siberia

A.S. Prokopyev, T.N. Kataeva, E.Yu. Machkinis, E.S. Prokopieva

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; rareplants@list.ru

Abstract. The article presents data on the distribution, phytocoenotic confinement and ontogenetic structure of coenopopulations of the rare and valuable medicinal plant P. sibirica in the south of Western Siberia. In mountainous areas, this species is a permanent component of rocky mountain steppes. In the flat part of Western Siberia, its locations are fragmentary. *P. sibirica* coenopopulations are characterized by low density – from 1.83 to 4.57 individuals per one m^2. The ontogenetic structure is characterized by the predominance of individuals of the generative period (53.6–76.9 %). In the coenopopulations of *P. sibirica*, an incomplete, single-peaked (CP 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9) or bimodal (CP 4, 6) type of ontogenetic spectrum is formed with a maximum in generative individuals and a low proportion of old age groups.

Keywords: rare species, *Polygala sibirica*, phytocenosis, structure of coenopopulations, Western Siberia, range boundary

Polygala sibirica L. (истод сибирский) относится к числу обычных видов горно-степных ландшафтов юга Западной Сибири, является постоянным компонентом каменистых степей, развивающихся на хорошо освещенных слабо задернованных склонах (рисунок). Северная граница его распространения проходит через Кемеровскую, Томскую, Омскую, Тюменскую, Новосибирскую и Свердловскую области. В равнинной части (Западно-Сибирская низменность) она совпадает с подзоной лесостепи, узкой полосой окаймляющей с юга таежную зону и к настоящему времени практически полностью трансформированной в сельскохозяйственные угодья. В этих условиях все местонахождения истода сибирского носят разрозненный характер. Встречается очень редко, на остепненных лугах и в луговых разнотравно-злаковых степях, сохранившихся небольшими фрагментами в долинах рек по склонам надпойменных террас [1, 2]. При переходе к горным районам (Алтае-Саянской горной области) становится более обычным, часто отмечается в петрофитных степях, на скалистых обнажениях, лугово-степных слабозадернованных склонах, в сухих сосновых и березовых лесах [3, 4]. На территории Сибири охраняется в Омской, Тюменской, Томской областях и Республике Саха (Якутия).

Наравне с другими известными представителями сибирской флоры из рода *Polygala*, истод сибирский представляет значительный научный интерес как лекарственное растение [5].

Сведения по изучению этого редкого и хозяйственно ценного растения на территории Западной Сибири до сих пор остаются достаточно скудными. Имеются только единичные публикации о состоянии вида на территории Томской области [6].

Полевые исследования *P. sibirica* проводились неоднократно, в период с 2018 по 2025 гг., в горностепном поясе Алтайских гор (Республика Алтай), а также на северной границе ареала вида – в подтаежных и лесостепных районах юга Томской и северной части Кемеровской областей.

Ценопопуляции *P. sibirica* исследованы нами в следующих растительных сообществах:

ЦП 1. Разнотравно-злаковая луговая степь с фрагментами петрофитной растительности (484 м над ур. м.). Республика Алтай, Шебалинский район, окр. с. Черга (Зубровый питомник). Северный Алтай, предгорные шлейфы Чергинского хребта в долине р. Нижний Актел. Южный склон

(крутизной 45°) с каменистыми обнажениями и щебнистыми осыпями в нижней части. Высота травостоя в среднем 70–80 см, общее проективное покрытие (ОПП) – 60 %. Доминанты и содоминанты: *Stipa capillata* L., *Poa angustifolia* L., *Carex pediformis* C.A.Mey., *Allium nutans* L., *Artemisia gmelinii* Weber ex Stechm., *A. laciniata* Willd., *A. macrantha* Ledeb., *Bupleurum multinerve* DC., *Fragaria viridis* Weston, *Iris ruthenica* Ker Gawl., *Nepeta multifida* L., *Psephellus sibiricus* (L.) Wagenitz, *Spiraea trilobata* L., *Thesium refractum* C.A.Mey., *Thymus jenisseensis* Iljin, *Ziziphora clinopodioides* Lam. Всего в сообществе отмечено 63 вида.

Общий вид *Polygala sibirica* (Кемеровская область)

ЦП 2. Разнотравно-осоково-злаковая каменистая степь (1098 м над ур. м.). Республика Алтай, Онгудайский район, окр. с. Кулада (природный парк «Уч-Энмек»). Центральный Алтай, долина р. Каракол. Каменисто-щебнистый склон (крутизной 25°) западной экспозиции. Высота травостоя в среднем 15–20 см, ОПП – 30–40 %. Используется под выпас. Доминанты и содоминанты: *Pseudoroegneria geniculata* (Trin.) Á.Löve, *Koeleria pyramidata* (Lam.) P.Beauv., *Stipa glareosa* P.A.Smirn., *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng, *Carex pediformis*, *Artemisia frigida* Willd., *Goniolimon speciosum* (L.) Boiss., *Kitagawia baicalensis* (Redowsky ex Willd.) Pimenov, *Nepeta multifida*, *Polygala sibirica*, *Potentilla acaulis* L., *Psephellus sibiricus*, *Thymus petraeus* Serg. В сообществе отмечено 27 видов.

ЦП 3. Разнотравно-караганниковая каменисто-щебнистая степь (1115 м над ур. м.). Республика Алтай, Улаганский район, окр. с. Чибит. Центральный Алтай, долина р. Чуи. Каменисто-щебнистая террасированная осыпь на крутом (55°) южным склоне надпойменной террасы. Используется под выпас. Высота травостоя в среднем 20 см, ОПП – 20 %. Доминанты и содоминанты: *Caragana pygmaea* (L.) DC., *Artemisia frigida, A. stechmanniana* Besser, *Chamaerhodos erecta* (L.) Bunge, *Hedysarum gmelinii* Ledeb., *Polygala sibirica, Potentilla acaulis, Sibbaldianthe bifurca* (L.) Kurtto & T.Erikss., *Ziziphora clinopodioides*. В сообществе отмечено 19 видов.

ЦП 4. Разнотравное петрофитное сообщество (114 м над ур. м.). Кемеровская область, Яшкинский район, окр. д. Писаная (Кузбасский музей-заповедник «Томская писаница»). Крутой (60°) береговой склон р. Томи южной экспозиции с осыпающимся мелкоземно-щебнистым субстратом и выходами скальных пород. Средняя высота травостоя 30 см, ОПП – 40 %. Доминанты и содоминанты: *Artemisia pubescens* Ledeb., *Carex duriuscula* C.A.Mey., *Galatella angustissima* (Tausch) Novopokr., *Galium verum* L., *Gypsophila altissima* L., *Kitagawia baicalensis*, *Oxytropis campanulata* Vassilcz., *Phedimus hybridus* (L.) 't Hart, *Polygala sibirica*, *Stipa capillata*, *Thymus jenisseensis*, *Veronica incana* L. В сообществе отмечено 26 видов.

ЦП 5. Закустаренный остепненный луг (107 м над ур. м.). Кемеровская область, Яшкинский район, окр. д. Писаная («Казачий острог» музея-заповедника «Томская писаница»). Нижняя часть крутого (40°), хорошо задернованного берегового склона р. Томь юго-западной экспозиции. Высота травостоя в среднем 50 см, ОПП – 60 %. Доминанты и содоминанты: *Caragana frutex* (L.) K.Koch, *Astragalus danicus* Retz., *Centaurea scabiosa* L., *Fragaria viridis*, *Medicago falcata* L., *Phedimus hybridus*, *Scutellaria altaica* Ledeb. ex Sweet, *Ziziphora clinopodioides*. В сообществе отмечено 32 вида.

ЦП 6. Разнотравно-злаковая каменистая степь (120 м над ур. м.). Кемеровская область, Яшкинский район, окр. п. Сланцевый Рудник («Тутальские скалы»). Крутые скалистые обнажения на правом берегу р. Томь. Полого наклоненная к реке каменистая площадка южной экспозиции на вершине обнажения. Высота травостоя в среднем 25 см, ОПП – 30–40 %. Доминанты и содоминанты: *Artemisia pubescens*, *Koeleria pyramidata*, *Allium nutans*, *Androsace maxima* L., *Festuca pulchra* Schur, *Goniolimon speciosum*, *Polygala sibirica*, *Veronica incana*. В сообществе отмечено 27 видов.

ЦП 7. Разнотравно-злаковый остепненный луг (109 м над ур. м.). Томская область, Кожевниковский район, окр. с. Сафроновка. Небольшой лог с крутыми бортами (40°). На склоне южной экспозиции. Высота травостоя в среднем 70 см, ОПП – 60 %. Доминанты и содоминанты: *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth, *Poa angustifolia*, *Artemisia gmelinii*, *A. pubescens*, *Centaurea scabiosa*, *Dracocephalum nutans* L., *Fragaria viridis*, *Galium verum*, *Medicago falcata*, *Polygala comosa* Schkuhr, *Potentilla argentea* L., *Trifolium pratense* L. В сообществе отмечено 47 видов.

ЦП 8. Караганово-очитково-полынный остепненный луг (134 м над ур. м.). Томская область, Томский район, окр. п. Аникино. Правый борт долины р. Томь, в верхней части крутого (40°) склона юго-западной экспозиции. Присутствует незначительный выпас. Высота травостоя в среднем 70 см, ОПП – 40 %. Доминанты и содоминанты: *Phedimus hybridus*, *Artemisia glauca* Pall. ex Willd., *A. pubescens*, *A. gmelinii*, *Caragana arborescens* Lam., *Carex duriuscula*, *Dracocephalum nutans*, *Festuca pulchra* Schur, *Galatella angustissima*, *Galium verum*, *Orostachys spinosa*, *Polygala sibirica*, *Stipa capillata*. В сообществе отмечено 23 вида.

ЦП 9. Закустаренный разнотравный остепненный луг в окружении березово-соснового леса (124 м над ур. м.). Томская область, Томский район, окр. г. Томска. Крутой (40°) правый борт долины р. Малая Киргизка южной экспозиции. Высота травостоя в среднем 40 см, ОПП – 60 %. Доминанты и содоминанты: *Caragana arborescens*, *Cotoneaster laxiflorus* J.Jacq. ex Lindl., *Poa angustifolia*, *Fragaria viridis*, *Trifolium lupinaster* L., *Artemisia gmelinii*, *Iris ruthenica*, *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Phedimus aizoon* (L.) 't Hart, *Centaurea scabiosa*, *Polygala sibirica*. В сообществе отмечен 41 вид.

Анализ эколого-фитоценотической приуроченности *P. sibirica* показал, что на границе ареала вид произрастает в составе остепненных, нередко закустаренных сообществ, занимающих крутые склоны водоразделов южной и юго-западной ориентации (ЦП 5, 7–9). Также отмечается на скальных обнажениях береговых обрывов р. Томи (ЦП 4, 6). В степном поясе Горного Алтая встречается в петрофитных вариантах луговых степей (ЦП 1) и в каменистых степях, часто имеющих различную степень нарушенности выпасом (ЦП 2, 3). Общее проективное покрытие почвы травостоем в целом не превышает 60 %, на каменистых участках и слабо задернованных крутых склонах с осыпающимся грунтом снижается до 30–40 %.

Видовой состав описанных сообществ может достигать значительного разнообразия и насчитывает от 19 до 63 видов. В сложении растительного покрова остепненных лугов (ЦП 5, 7, 8, 9) и луговых степей (ЦП 1) на открытых крутых и хорошо задернованных склонах значительное участие принимают луговые и лугово-степные виды (*Allium nutans*, *Artemisia gmelinii*, *A. macrantha*, *Bupleurum multinerve*, *Carex pediformis*, *Fragaria viridis*, *Iris ruthenica*, *Medicago falcata*, *Poa angustifolia*, *Pulsatilla patens*, *Stipa capillata*, *Trifolium lupinaster* и др.) с эпизодическим участием типичных ксеропетрофитов: *Orostachys spinosa*, *Phedimus hybridus*, *Spiraea trilobata*, *Thymus jenisseensis*, *Ziziphora clinopodioides*. В настоящих каменистых степях (ЦП 2, 3, 6) ведущая роль переходит к растениям степного и петрофитного комплексов, устойчивых к засушливому климату, интенсивному освещению и нередко имеющих хорошо развитую корневую систему, глубоко уходящую в каменистый субстрат. В этих сообществах доминируют степные корневищные и мелкодерновинные злаки – *Cleistogenes squarrosa*, *Festuca pulchra*, *Koeleria pyramidata*, *Pseudoroegneria geniculata*, *Stipa glareosa*; из разнотравья – *Artemisia frigida*, *Goniolimon speciosum*, *Hedysarum gmelinii*, *Kitagawia baicalensis*, *Potentilla acaulis*, *Sibbaldianthe bifurca*, *Thymus petraeus* и другие виды.

P. sibirica – моноцентрический стержнекорневой поликарпик с многоглавым ветвистым каудексом и побегами удлиненного типа [7].

В природных условиях юга Западной Сибири вид формирует ценопопуляции с низкой плотностью. В зависимости от типа местообитания плотность особей на 1 м^2 варьирует от 1,83 до 4,57 шт. (таблица). Минимальные значения экологической плотности свойственны ценопопуляциям, развивающимся на крутых склонах с нестабильным субстратом. Постоянно осыпающийся грунт также не способствует накоплению влаги, что ведет к интенсивной элиминации проростков и молодых растений, а соответственно, и снижению общей численности особей на участке (ЦП 3, 7). Максимальное число особей отмечено в сообществах с более или менее равномерным увлажнением в течение сезона при общей низкой степени задернованности субстрата (ЦП 6) или общем невысоком травостое (ЦП 9).

Для онтогенетической структуры ценопопуляций *P. sibirica* свойственно преобладание особей генеративного периода (g_1–g_3), общая доля которых составляет от 53,6 % (в ЦП 4) до 76,9 % (в ЦП 2). В большинстве ценопопуляций максимальный пик в возрастном спектре формируется на особях g_2-состояния (ЦП 2–7). Накоплению зрелых генеративных растений способствует продолжительное нахождение особей в этом онтогенетическом состоянии. В ЦП 1, 8 и 9 максимальный пик приходится на особи g_1-состояния. Прегенеративный период (j–v) представлен ювенильными, имматурными и виргинильными растениями, доля которых в ценопопуляциях на границе ареала достигает 46,4 % (ЦП 4). В аридных условиях Центрального Алтая их участие заметно снижается – до 12,8 %, и происходит выпадение начальных стадий онтогенеза (ЦП 2, 3). Проростки и ювенильные растения не обнаружены в одной из томских ценопопуляций (ЦП 7) и в ценопопуляции на «Тутальских скалах» (ЦП 6), что связано с местными эдафическими условиями (высокая каменистость субстрата и осыпающийся грунт на крутом склоне). Стареющие особи представлены только субсенильной группой (0,9–10,3 %), которая для этого вида является конечной стадией онтогенеза и, как правило, особи этого состояния быстро выпадают из состава ценопопуляции. К тому же в ЦП 3–5, 8 субсенильные особи не обнаружены совсем. Поэтому индекс старения значительной части исследованных ценопопуляций стремится к нулю ($I_c \leq 0{,}03$) (таблица).

Демографические характеристики ценопопуляций *P. sibirica* на юге Западной Сибири

Признак	ЦП 1	ЦП 2	ЦП 3	ЦП 4	ЦП 5	ЦП 6	ЦП 7	ЦП 8	ЦП 9
Онтогенетические состояния, %									
j	5,7	0	0	12,2	17,7	0	0	9,9	11,9
im	8,6	0	9,1	24,4	11,3	25,0	9,4	11,3	10,1
v	14,3	12,8	18,2	9,8	3,2	11,8	21,9	19,7	19,3
g_1	40,0	25,6	27,3	19,5	25,8	22,1	25,0	29,6	40,4
g_2	17,1	28,2	31,8	26,8	35,5	36,8	34,4	22,5	14,7
g_3	11,4	23,1	13,6	7,3	6,5	2,9	6,3	7,0	2,8
ss	2,9	10,3	0	0	0	1,5	3,1	0	0,9
s	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Демографические характеристики									
M, ос./м^2	3,50	3,90	1,83	2,56	3,88	4,57	2,29	3,94	4,36
Me, ос./м^2	2,34	2,97	1,34	1,47	2,54	3,01	1,63	2,46	2,60
Iв	0,42	0,17	0,38	0,86	0,48	0,60	0,48	0,69	0,71
Ic	0,03	0,10	0	0	0	0,01	0,03	0	0,01
Δ	0,32	0,48	0,36	0,27	0,31	0,30	0,34	0,27	0,24
ω	0,67	0,76	0,73	0,57	0,66	0,67	0,71	0,62	0,60
Тип ЦП	зреющая	зрелая	зрелая	молодая	зреющая	зреющая	зреющая	зреющая	молодая

Примечание. ЦП – ценопопуляция; онтогенетическое состояние: j – ювенильное, im – имматурное, v – виргинильное, g_1 – молодое генеративное, g_2 – зрелое генеративное, g_3 – старое генеративное, ss – субсенильное, s – сенильное; M – экологическая плотность, M_e – эффективная плотность, Iв – индекс восстановления Ic – индекс старения; Δ – индекс возрастности, ω – индекс эффективности, ос./м^2 – число особей на 1 м^2.

Таким образом, в большинстве ценопопуляций *P. sibirica* формируется неполночленный, одновершинный онтогенетический спектр с низкой долей старых возрастных групп (таблица). В ЦП 1, 8 и 9 он левосторонний с максимумом на молодых генеративных особях. В ЦП 2, 3, 5 и 7 – центрированный с пиком на группе средневозрастных генеративных растений. В ценопопуляциях, где процессы возобновления происходят наиболее интенсивно (Iв = 0,60–0,86), формируется второй пик в молодой

части спектра. В таких условиях отногенетический спектр переходит к бимодальному типу (ЦП 4) или стремиться к нему (ЦП 6). По классификации «дельта-омега» (Δ–ω) ЦП 4, 9 относятся к молодым, ЦП 1, 5–8 – зреющим, ЦП 2, 3 – зрелым.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-24-20054, https://rscf.ru/project/25-24-20054/

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бекишева И.В., Свириденко Б.Ф., Зарипов Р.Г., Буданова М.Г., Зябликова Ю.А.* Флористические находки в Омской области // Бот. журн. 2003. Т. 88, № 4. С. 146–150.
2. *Глазунов В.А.* Степные виды растений на северном пределе распространения в Западной Сибири // Степи Северной Евразии: материалы IX международного симпозиума. Оренбург : ОГУ, 2021. С. 211–215.
3. *Хмелева И.Р.* Сем. Истодовые – Polygalaceae // Определитель растений Республики Алтай. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. С. 304.
4. *Эбель А.Л.* Конспект флоры северо-западной части Алтае-Саянской провинции. Кемерово : КРЭОО «Ирбис», 2012. 568 с.
5. *Минаева В.Г.* Лекарственные растения Сибири. Новосибирск : Наука, 1991. 431 с.
6. *Прокопьев А.С., Катаева Т.Н.* Состояние ценопопуляций некоторых редких видов растений Томской области // Растительные ресурсы. 2017. Т. 53, № 2. С. 220–237.
7. *Егорова П.С.* Опыт интродукции *Polygala sibirica* L. (сем. Polygalaceae) в Якутском ботаническом саду // Вестник КрасГАУ. 2022. № 3. С. 71–78. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-71-78

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-47

Сибирский ботанический сад как пространство для реализации эколого-образовательных проектов

Е.С. Прокопьева[1], А.С. Прокопьев[2]

[1, 2] *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Сибирский ботанический сад, Томск, Российская Федерация;*
[1] *grishaeva-92@mail.ru*
[2] *rareplants@list.ru*

Аннотация. В публикации затрагивается роль Сибирского ботанического сада в формировании экологической культуры человека. Описывается сценарий дополнительной образовательной программы «Зеленая тропа», разработанной для учащихся 2В класса прогимназии «Кристина» и реализованной при поддержке образовательного проекта «В ТГУ с пеленок». Программа состоит из занятий различного формата: экоквест, мастер-класс, интерактивные экскурсии, эколото, что позволяет более понятно донести до школьников научную и познавательную информацию. Дети в процессе игры или мастер-класса учатся взаимодействовать со сверстниками, работать в команде – это способствует раскрытию творческих и интеллектуальных способностей, что особенно важно при работе с младшими школьниками.

Ключевые слова: непрерывное экологическое образование, эколого-образовательные проекты, экологическая тропа, ботанический сад

Siberian botanical garden as a space for the implementation of environmental education projects

E.S. Prokopyeva[1], A.S. Prokopyev[2]

[1, 2] *National Research Tomsk State University, Siberian Botanical Garden, Tomsk, Russian Federation;*
[1] *grishaeva-92@mail.ru,*
[2] *rareplants@list.ru*

Annotation. The publication touches upon the role of the Siberian Botanical Garden in the formation of human ecological culture. It describes the scenario of the additional educational program “Green Path”, developed for students of the 2B class of the progymnasium “Kristina” and implemented with the support of the educational project “At TSU from the cradle”. The program consists of classes in various formats: eco-quest, master class, interactive excursions, eco-lotto, which allows for a more understandable delivery of scientific and educational information to schoolchildren. During a game or master class, children learn to interact with their peers and work in a team – this helps to develop creative and intellectual abilities, which is especially important when working with younger students.

Keywords: continuous environmental education, environmental education projects, ecological trail, botanical garden

Сибирский ботанический сад Томского государственного университета (СибБС ТГУ), располагаясь на площади 120 га, имеет статус особо охраняемой природной территории регионального значения [1]. СибБС ТГУ обладает достаточно богатой коллекцией тропических и субтропических растений, а также ценными фондами хозяйственно ценных и редких растений открытого грунта, являясь местом притяжения школьников, студентов, жителей и гостей города. Гости приходят полюбоваться цветущим садом, а студенты проходят учебную и производственную практику, собирают научный материал, обучаются работать с приборами и получают навыки работы в таких направлениях как ландшафтный дизайн, агрономия, защита растений, биотехнология и др. Школьники посещают экоквесты, интерактивные занятия, мастер-классы. Ботанический сад способствует реализации трех главных миссий ТГУ: образование, наука и взаимодействие с обществом. Большое значение ботанический сад уделяет третьей миссии университета, выступая площадкой для проведения фестивалей, мастер-классов, интерактивных занятий, экоуроков [2–4]. На базе сада проводятся такие мероприятия, как день науки «Ботанический сад: научно, флористично, экзотично», день «Замурчательной весны», экофестиваль «Свиристель», «День эколога», «Нескучные тропики», «Новогодние истории. Растения и традиции» и др. В холодное время года мероприятия проводятся в оранжерейном комплексе, летом на открытой территории в Заповедном парке и в беседках на партерном цветнике.

Заповедный парк ботанического сада занимает площадь около 10 га и выступает зеленым островком с неповторимым ландшафтом в центре города. Он уникален в своем историческом, научном и экологическом аспектах. Здесь обитают ценные представители флоры и фауны, а особое значение занимают виды Красной книги. Неповторимый колорит парку придают пересекающие его глубокие лога и крутой склон с родниками и прудом. На территории парка располагаются исторические объек-

ты: астрономический дом, сейсмическая станция, плодовый сад, а также экологическая тропа и партерный цветник [5, 6].

Экологическая тропа в «Заповедном парке» располагается в восточной части парка, имеет протяженность около 300 метров, оборудована деревянным настилом, малыми архитектурными формами и информационными стендами, такими как: «Сокровища природы», «Травы жизни», «Насекомые и их знакомые», «Опасные растения» и др. Для самостоятельных экскурсий большинство растений этикетировано. На тропе заложены тематические экспозиции редких, лекарственных, опасных, медоносных растений и др. Работы по закладке экспозиций ведутся сотрудниками лаборатории редких растений. Коллекционные фонды, выращиваемые на специальных участках, либо привезенные из природы, перемещаются в парк и служат базой для организации экспозиций экологической тропы [5, 6].

Лаборатория редких растений СибБС ТГУ занимается изучением эколого-биологических особенностей редких видов флоры Сибири в природе и условиях интродукции. На базе лаборатории реализуются научные и эколого-образовательные проекты, сотрудники лаборатории принимают активное участие в подготовке очерков для Красной книги Томской области, ведут работы по экологическому образованию и просвещению населения. На экологической тропе в Заповедном парке проводятся экоквесты, тематические экскурсии, интерактивные занятия для учащихся школ и воспитанников центров дополнительного образования [2, 7, 8].

Сотрудники ботанического сада почти ежегодно посещают международные конференции и семинары, посвященные экообразованию, которые проводятся в ботанических садах Сибири и Дальнего Востока (Владивосток, Южно-Сахалинск, Иркутск, Якутия, Благовещенск и др.). Целью поездок является обмен опытом и предоставление результатов своей деятельности. Коллективом сада разработано учебно-методическое пособие «Экологическая тропа: обустройство и назначение» [3], методика организации «Игра, практическое занятие и проектная работа как эффективная форма экообразования» [4] и монография «Роль ботанического сада в формировании экологической культуры человека» [2]. В 2024 г. авторы монографии стали лауреатами премии Томского государственного университета «За высокие достижения в социально-просветительской деятельности».

Сотрудницей лаборатории редких растений Е.С. Прокопьевой разработана и реализована дополнительная образовательная программа «Зелёная тропа» при поддержке Профсоюзной организации сотрудников ТГУ и Томского государственного университета в рамках научно-образовательного партнёрства ТГУ, учреждений дошкольного и начального образования «В ТГУ с пелёнок».

При реализации программы поставлена цель организовать пространство, позволяющее сформировать познавательный интерес младших школьников к исследованию окружающей среды. Программа направлена на формирование экологического мышления, развитие познавательно-исследовательской деятельности детей, создание условий для развития творческого потенциала и самовыражения детей, знакомство с растениями и животными родного края, знакомство с экзотическими растениями и животными, формирование культуры здорового образа жизни, развитие мелкой и крупной моторики. Программа создана для детей начальной школы. Обучение по программе прошли ребята 2В класса прогимназии «Кристина» г. Томск.

Очень важно с раннего возраста закладывать в подсознание ребенка трепетное отношение к природе, чтобы в дальнейшем дети чувствовали себя частью окружающей природной среды, чувствовали слияние с ней и осознавали свою ответственность за ее будущее [9]. Чтобы ребенок замечал красоту природы, учился вдохновляться ею, гуляя по парку или лесу, вдыхая чистый воздух или наполняясь энергией бурлящего ручья. Только ответственное и гармоничное взаимодействие с природой позволит сохранить и преумножить природные ресурсы. На формирование такого мировоззрения и направлена данная программа.

Ботанический сад, располагая уникальными коллекциями экзотических растений, природной территорией, на которой гармонично размещены тематические экспозиции, информационные и интерактивные обучающие стенды, выступает уникальной площадкой для реализации данной дополнительной общеобразовательной программы.

Развивающая направленность программы обеспечивается способами работы с детьми, включающими основные виды детской деятельности: познавательно-исследовательская, изобразительно-конструкторская, коммуникативно-игровая и двигательная. Программа предусматривает следующие формы занятий: интерактивные экскурсии, интерактивные игры (нацелены на организацию познавательной деятельности социальной направленности), мастер-классы, эколото, экоквест.

На первом занятии ребятам выдается красочный «Дневник впечатлений и запоминашек», в котором после каждого занятия они записывают, что узнали нового, а что из пройденного материала знали раньше, что оказалось наиболее интересным и увлекательным, какие впечатления у них остались от занятия. Также в дневнике представлены основные термины, небольшие тесты и контрольные вопросы. Всего в дневнике 32 красочные страницы и обложка, на каждое занятие выделено 4 страницы. В конце дневника имеется конвертик-вкладыш, в котором можно хранить гербарий листьев и цветов. Школьники получают силиконовые браслеты с названием программы «Зеленая тропа», которые они надевают на каждое занятие (рис. 1).

Рис. 1. Страницы дневника «Впечатлений и запоминашек»

По итогам каждого занятия, после рефлексии, заполняется оценочный лист активности и успешности освоения материала группой школьников, что в будущем позволит скорректировать программу занятий.

Программа реализовывалась на протяжении девяти месяцев, включая подготовительный этап (разработку занятий, а также дизайна страниц и наполнения «Дневника впечатлений и запоминашек»), создание и закупку инвентаря, проведение занятий и защиту проектов.

В программу входят следующие занятия:

1. Экоквест «По следам Заповедной белки». Мероприятие проходит на экологической тропе «В Заповедном парке». В ходе игры школьники посещают следующие локации: «Сокровища природы», «Травы жизни», «Хвойный лес», на которых они знакомятся с представителями Красной книги, узнают интересные факты о лекарственных растениях и учатся определять деревья по листьям, плодам и коре.

2. Интерактивная игра «Насекомые и их знакомые». На занятии ребята заглядывают в мир под микроскопом, узнают интересные факты и особенности строения тела насекомых, паукообразных и ракообразных. Со школьниками обсуждается, почему так важны насекомые и какую пользу они приносят человеку и окружающей среде. Например, насекомые являются опылителями, санитарами леса, рыхлят почву и т.д.

3. Интерактивная игра «Наши помощники – органы чувств». На занятии ребята выполняют задания, задействовав различные органы чувств. Делают дыхательную гимнастику, а также гимнастику для глаз и языка, играют в сломанный факс, изображают различные природные явления, звуки животных и др.

4. Эколото «Древесные растения Заповедного леса», изготовление эко-закладки. Ребята учатся сопоставлять листья и плоды с представленными на карточках деревьями и кустарниками. Пытаются различать деревья по внешним признакам: ель от пихты, сосну обыкновенную от сосны кедровой сибирской и др. На примере плодов деревьев узнают, какого типа они бывают: орешек, яблоко, коробочка, крылатка и др., смотрят, как устроен ствол дерева на спиле.

5. Интерактивная экскурсия «ДжунглиДом». Школьники в игровой форме знакомятся с тропическими и субтропическими растениями. Акцент делается на растения, используемые в пищу и в бы-

ту нами и жителями экзотических стран. Ребята узнают, из каких тропических растений можно изготовить предметы обихода: корзины, удочки, плоты; рассуждают, какие употребляются в пищу, а какие лучше обойти стороной. В качестве домашней работы школьники заполняют дневник и выполняют творческое задание – делают аппликацию «Лес», поселив там представителей животного и растительного мира (рис. 2).

Рис. 2. Школьники с преподавателем после окончания интерактивной экскурсии «ДжунглиДом»

6. Мастер-класс «Чайные истории». На занятии ребята узнают, откуда начался Великий чайный путь, какие напитки пили в старину, какими полезными свойствами обладают травы и ягоды. Для составления травяных купажей школьникам предлагается: курильский чай, лист смородины, мята, плоды шиповника и сушеные плоды груши или яблока [10]. Дети с удовольствием собирают индивидуальные пакетики с полезным и ароматным купажом, которые станут приятным поводом собраться всей семьей за чашечкой чая (рис. 3).

Рис. 3. Ребята во время мастер-класса «Чайные истории» составляют купажи чая

7. Мастер-класс экооткрытка «Вдохновение праздника». На мастер-классе ребята создают авторские открытки с использованием природного материала. Основой для открытки выступает экобумага, изготовленная из измельченных и спрессованных офисных черновиков. Открытки украшаются веточками туи, мандариновыми звездочками, шишками и плодами деревьев, а также различными сухоцветами. На каждой открытке имеется персонаж, раскрашенный ребятами на занятии, и новогоднее пожелание.

8. Презентация проектов «Дневник впечатлений и запоминашек». По итогам всех занятий ребята защищают свои дневники, в которых они выполняют как творческие, так и интеллектуальные задания по пройденным тематикам. Школьники делятся на мини-группы, каждая группа выбирает по одной из пройденных тем и осуществляет ее защиту. В дневнике представлены: коллаж из тропических растений и животных, рассказ про насекомых, записаны новые знания и раскрыты эмоции, испытываемые на занятиях. Все участники программы награждаются дипломами за «Активное участие в программе дополнительного образования «Зеленая тропа», демонстрацию творческих способностей и знаний по окружающему миру».

В результате реализации дополнительной образовательной программы «Зелена тропа» 28 школьников прогимназии «Кристина» г. Томск успешно освоили программу и защитили свои дневники «Впечатлений и запоминашек». Экооткрытки, созданные на мастер-классе «Вдохновение праздника», были представлены в фойе СибБС на выставке, приуроченной к Новому году. Цикл разноплановых занятий позволил в полном объеме познакомить детей с ботаническим садом и его обитателями, а участники программы порадовали своей любознательностью и внимательностью к природным объектам, желанием постигать что-то новое и воплощать свои творческие задумки!

ЛИТЕРАТУРА

1. *Постановление* Администрации Томской области от 15 марта 2004 г. № 21а «Об особо охраняемой природной территории регионального (областного) значения «Сибирский ботанический сад» (с изменениями и дополнениями).
2. *Роль* ботанического сада в формировании экологической культуры человека / Е.С. Прокопьева, А.С. Прокопьев, М.С. Ямбуров, Е.Ю. Мачкинис [и др.]. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2022. 234 с.
3. *Прокопьев А.С., Чернова О.Д., Гришаева Е.С., Мачкинис Е.Ю., Титова К.Г., Ямбуров М.С., Лукьянова М.Г., Лысакова Е.Н., Коновалова А.М., Агафонова Г.И.* Экологическая тропа: обустройство и назначение. Томск : Изд. дом ТГУ, 2018. 133 с.
4. *Гришаева Е.С., Прокопьев А.С., Мачкинис Е.Ю., Войцеховская А.А.* Игра, практическое занятие и проектная работа как эффективная форма экообразования : методика организации. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2021. 152 с.
5. *Заповедный* парк. Сибирский ботанический сад Томского государственного университета / сост. А.С. Прокопьев, К.Г. Титова, Г.И. Агафонова [и др.]. Томск : ТГУ, 2014. 48 с.
6. *Прокопьев А.С., Титова К.Г., Мачкинис Е.Ю., Агафонова Г.И., Гришаева Е.С.* Заповедный парк Сибирского ботанического сада Томского государственного университета и его роль в экологическом просвещении // Ландшафтная архитектура в ботанических садах и дендропарках: материалы VIII Международной конференции (28 сентября – 2 октября 2016 г.). Южно-Сахалинск, 2016. С. 125–130.
7. *Прокопьева Е.С., Прокопьев А.С., Мачкинис Е.Ю.* Популяризация знаний о редких и полезных растениях Сибири, представленных в Заповедном парке СибБС ТГУ, как способ формирования экологической культуры человека // Этносы и флора: региональные традиции и знания как основа гармоничного природопользования : материалы Первой Всероссийской научно-практической конференции, 23–28 июня 2023 г., Якутск. Якутск : Изд. дом СВФУ, 2023. С. 159–168.
8. *Гришаева Е.С.* Экологическая тропа в Заповедном парке Сибирского ботанического сада ТГУ как проектно-исследовательская площадка для школьников в условиях реализации Федерального государственного образовательного стандарта // Непрерывное экологическое образование: проблемы, опыт, перспективы : материалы Всерос. науч.-практ. конф., 30–31 марта 2017 г. Томск : Дельтаплан, 2017. С. 248–249.
9. *Гришаева Е.С., Прокопьев А.С.* Интеграция Сибирского ботанического сада и детских дошкольных учреждений города Томска // Ботанические сады как центры изучения и сохранения фиторазнообразия : труды Междунар. науч. конфе., посвященной 140-летию Сибирского ботанического сада Томского государственного университета, Томск, 28–30 сентября 2020 г. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2020. С. 57–59.
10. *Травяные* чаи как способ познания растительного мира / Е.С. Прокопьева, А.С. Прокопьев, Е.Ю. Мачкинис, М.С. Ямбуров [и др.] // Ботанические сады в современном мире : сборник научных статей. Вып. 4. СПб., 2023. С. 105–109.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-48

Использование методов многомерной статистики в анализе морфометрических данных на примере растений рода *Trollius* L.

И.Р. Путилин[1, 2], И.Е. Ямских[1]

[1] *Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, Российская Федерация; irputilin@mail.ru*
[2] *Институт Леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, Красноярск, Российская Федерация; iyamskikh@mail.ru*

Аннотация. В данной работе рассматриваются некоторые статистические подходы (в том числе, многомерные), которые могут быть использованы для анализа данных по морфологическим исследованиям различных групп живых организмов, в частности видов и популяций растений. Применяемость обозреваемых методов продемонстрирована на примере растений рода *Trollius*.

Ключевые слова: многомерный анализ, морфометрия, статистический критерий, *Trollius*

The use of multidimensional statistics methods in the analysis of morphometric data on the example of plant of the genus *Trollius* L.

I.R. Putilin[1, 2], I.E. Yamskikh[1]

[1] *Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; irputilin@mail.ru,*
[2] *V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russian Federation; iyamskikh@mail.ru*

Annotation. This paper discusses some statistical approaches (including multidimensional ones) that can be used to analyze data on morphological studies of various groups of living organisms, in particular plant species and populations. The applicability of the reviewed methods is demonstrated by the example of plants of the genus *Trollius*.

Keywords: morphometrics, multidimensional analysis, statistical criterion, *Trollius*

Статистический анализ данных, полученных в результате изучения природных объектов, в частности, растений, является неотъемлемой частью научной работы. В действительности, нельзя доказать или опровергнуть утверждение о сходстве или отличиях видов, популяций и других групп организмов без использования статистического аппарата. Однако, далеко не всегда, особенно, в отечественной литературе, использование статистических методов является полным и осмысленным. Зачастую, исследователи ограничиваются вычислением среднеарифметических значений тех или иных морфологических признаков, стандартных отклонений, некоторых моментов описательной статистики, а далее просто умозрительно сравнивают полученные цифры, делая серьёзные, в том числе, таксономические выводы. Или же используется какой-то один зарекомендовавший себя статистический приём, без проверки полученного результата на устойчивость.

В данной работе сделан обзор ряда статистических подходов, который может быть использован для анализа межвидовой изменчивости морфологических характеристик растений. Для примера будут использованы некоторые морфологические характеристики растений рода *Trollius* L.: *T. asiaticus* L. (AS), *T. kolonok* Stepanov (KO), *T. kytmanovii* Reverd. (KY) и *T. vitalii* Stepanov (VI).

Критерий Краскела–Уоллиса (*H*-критерий) – непараметрический статистический тест, используемый для сравнения трёх и более независимых групп. Данный критерий хорош тем, что является непараметрическим аналогом ANOVA, соответственно, ему не важны такие ограничения, как соответствие распределений исследуемых данных нормальному, а также равенство дисперсий. Конечно, имеет смысл проверять данные на нормальность (в идеале, несколькими критериями из широкого ряда имеющихся), однако может сложиться ситуация, что по одним критериям нормальность будет подтверждаться, по другим – опровергаться. Например, посмотрим на распределения длины лепестков (рис. 1) у видов рода *Trollius.* Стандартный тест Шапиро–Уилка говорит о том, что каждое из этих распределений является нормальным (p-value > 0,05), однако, видно, что распределения не являются нормальными (что, например, подтверждается критерием Харке–Бэра). Из чего следует, что использование классического дисперсионного анализа в данном случае не имеет никакого смысла. В данном случае, использование *H*-критерия позволяет определить, имеются ли межгрупповые различия в исследуемых группах – и они имеются: p-value $\ll 0{,}05$.

Однако H-критерий не позволяет определить попарные различия, что можно компенсировать использованием любого попарного критерия.

Критерий Тьюки является логичным следствием дисперсионного анализа и является попарным. Если для проверки на нормальность использовать какой-то один классический критерий (например,

Шапиро–Уилка), то, ничего не мешает воспользоваться данным критерием. Но в случае распределения, отличного от нормального, можно использовать критерием Манна–Уитни. В рамках дисперсионного анализа группируем все морфологические признаки и понимаем, имеются ли попарные различия между исследуемыми группами организмов. В частности, для растений рода *Trollius* видно, что по совокупности 30 морфологических критериев (как листа, так и цветка), виды *T. asiaticus* и *T. kytmanovii* друг от друга не отличаются (рис. 2).

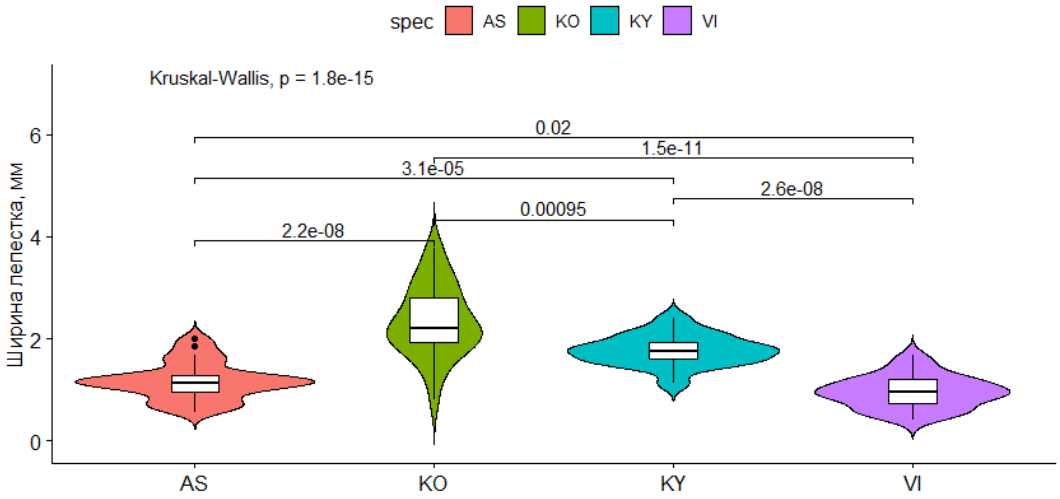


Рис. 1. Распределения ширины лепестка у разных видов р. *Trollius*

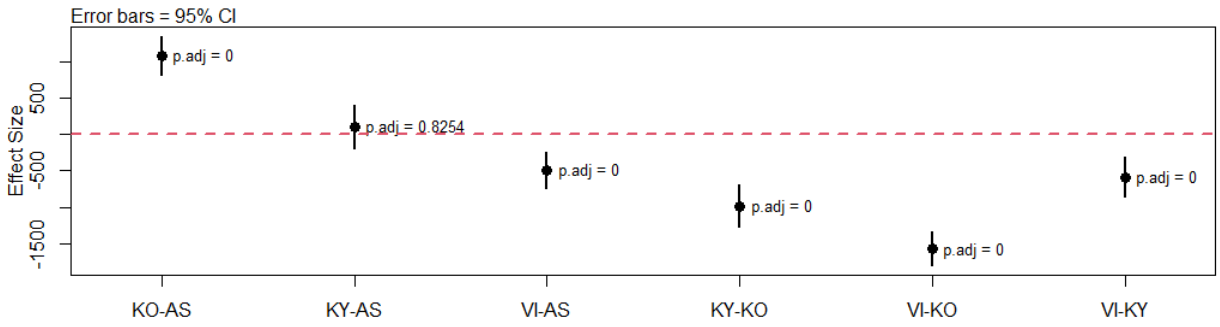


Рис. 2. Результаты попарного сравнения с помощью критерия Тьюки по совокупности всех признаков

Одним из самых широко распространённых методов многомерного статистического анализа является метод главных компонент. К сожалению, его использование обычно ограничивается визуализацией распределений в пространствах первых двух компонент. Но редко даётся интерпретация тому, какие признаки вкладываются в компоненты, сколько компонент достаточно для проведения анализа и на каком основании отбирается то или иное число компонент. Для видов рода *Trollius* наблюдается интересная картина. По совокупности 30 морфологических признаков, по критерию Кайзера–Гатмана для дальнейшего анализа достаточно использовать 3 первых компоненты (к тому же, кумулятивная дисперсия по этим компонентам составила 85 %). С использованием модели Broken Stick количество компонент сократилось до двух (кумулятивная дисперсия равна 81,5 %). По данному результату можно визуализировать распределение исследуемых видов в пространстве именно первых двух компонент – главных компонент (рис. 3). Зачастую, первую компоненету в анализе предлагают не использовать, так как в неё сильнее всего вкладываются морфологические признаки, подверженные влиянию экологических факторов. Однако, стоит проверять, насколько системно или не системно морфологические характеристики вкладываются в компоненты.

Далее мы можем оценивать вклад каждой переменной в компоненту и уже на основании этих результатов делать осмысленные выводы. В частности, у растений рода *Trollius* в первую компоненту сильнее всего вкладываются признаки листовой пластинки прикорневого листа, во вторую компоненту – признаки цветка.

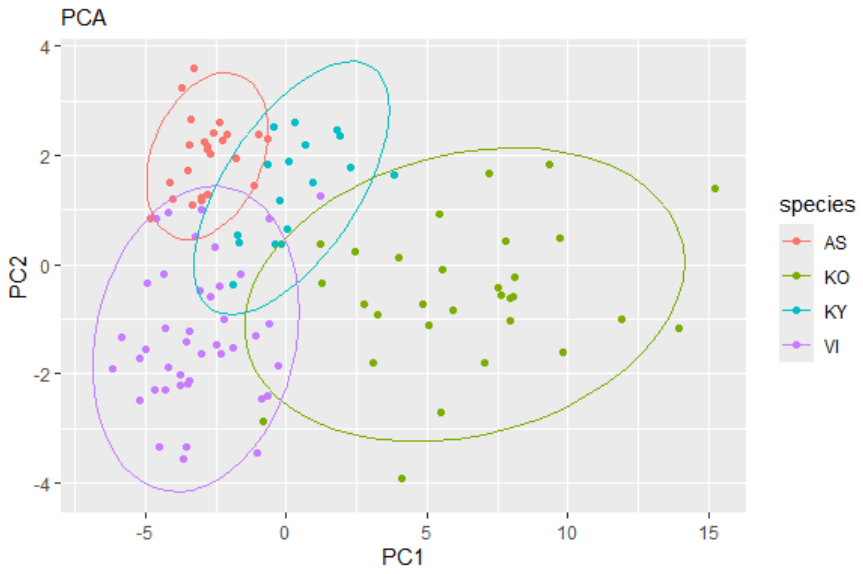


Рис. 3. Распределение данных в пространстве главных компонент

Помимо метода главных компонент имеются и другие методы многомерного статистического анализа, такие как: SVD – сингулярное разложение, ICA – метод независимых компонент, NMF – неотрицательное матричное разложение, tSNE – стохастическое вложение соседей с *t*-распределением и UMAP – единый метод аппроксимации и проекции многообразия (рис. 4). Однако анализ полученных результатов этими методами является менее тривиальным и требует более глубокого погружения в предмет.

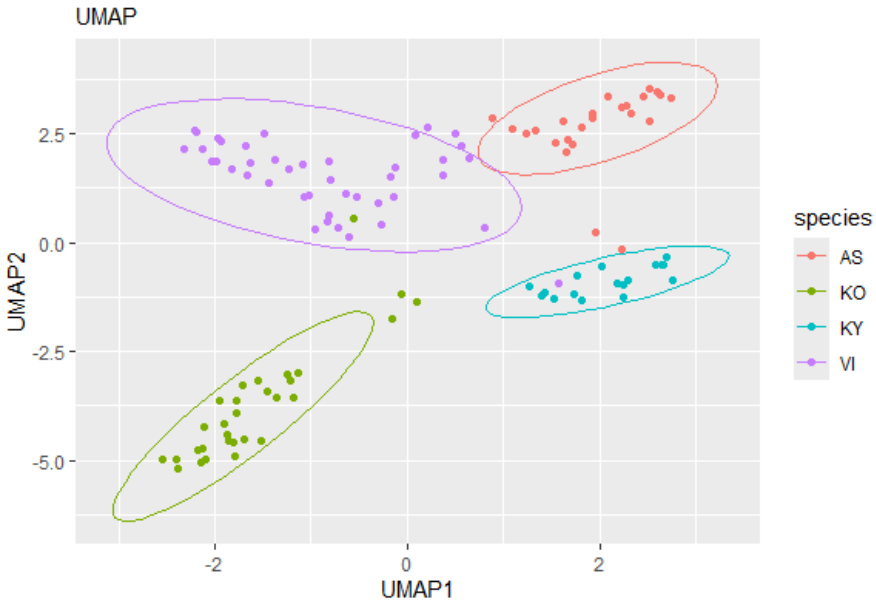


Рис. 4. Распределение данных в пространстве UMAP

Подводя итог хочется отметить, что ряд методов, обсуждаемых в данной статье не является готовой инструкцией для проведения морфологического анализа, однако демонстрирует, что используя комбинации методов, можно получать интересный и статистически значимый результат.

ЛИТЕРАТУРА

Wang M., Kornblau S.M., Coombes K.R. Finding the Number of Principal Components. 2017.

Jeune B., Sattler R. Multivariate analysis in process morphology of plants // Journal of Theoretical Biology. 1992. Vol. 156. № 2. P. 147–167.

Путилин И.Р., Рябова К.К., Ямских И.Е. Сравнение методов классической и геометрической морфометрии на примере анализа листовых пластинок видов рода *Trollius* L. // Ботаника и ботаники в меняющемся мире. 2023. С. 137–141.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-49

Экологические режимы растительности прибрежно-морских водно-болотных угодий на о. Сахалин

И.О. Рожкова-Тимина

Сахалинский государственный университет, Южно-Сахалинск, Российская Федерация; inna.timina@mail.ru

Аннотация. На основе 108 геоботанических описаний маршевых фитоценозов была рассчитана таксономическая структура и проведен фитоиндикационный анализ по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова (почвенный солевой режим и режим увлажнения почв) с последующей классификацией растительности. Всего на прибрежных маршах о. Сахалин было выявлено 89 видов растений, относящихся к 70 родам из 29 семейств. Наиболее широко представлены семейства Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Caryophylloiceae, Rosaceae, Fabaceae, Apiaceae. Маршевые фитоценозы были классифицированы следующим образом: растительность влажнолугового режима небогатых почв; растительность сыролугового режима небогатых почв; растительность влажнолугового режима довольно богатых почв; растительность сыролугового режима довольно богатых почв; растительность болотнолугового режима довольно богатых почв; растительность сухолугового режима богатых почв; растительность влажнолугового режима богатых почв; растительность сыролугового режима богатых почв; растительность влажнолугового режима слабозасоленных почв; растительность сыролугового режима слабозасоленных почв. У фитоценозов, относящихся к разным уровням маршей, различаются видовой состав и высота травостоя.

Ключевые слова: растительность, маршевые фитоценозы, классификация, фитоиндикационный анализ, экологические шкалы, Сахалин

Ecological regimes of the coastal marine wetlands' vegetation on the Sakhalin Island

I.O. Rozhkova-Timina

Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation; inna.timina@mail.ru

Abstract. The vegetation of coastal marshes of Sakhalin Island is considered in the paper. 114 relevés of marsh phytocoenoses were made, then the taxonomic structure was calculated and the phytoindication analysis was carried out according to the ecological scales of D.N. Tsyganov (soil salt regime and soil moisture regime) with subsequent classification of vegetation. 89 plant species belonging to 70 genera from 29 families were identified on the coastal marsh of Sakhalin Island. The most widely represented families are Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Caryophylloiceae, Rosaceae, Fabaceae, Apiaceae. Marsh phytocoenoses were classified as follows: vegetation of glycomesotrophic moist-meadow soil regime; vegetation of glycomesotrophic damp-meadow regime; meadows of glycosemieutrophic wet-meadow regime; vegetation of glycosemieutrophic damp-meadow regime; vegetation of glycosemieutrophic bog-meadow regime; vegetation of glycoeutrophic dry-meadow regime; vegetation of glycoeutrophic wet-meadow regime; vegetation of glycoeutrophic damp-meadow regime; vegetation of haloeutrophic wet meadow regime; meadows of haloeutrophic wet meadow regime. The species composition and height of the grass stand differ in phytocoenoses belonging to different marsh levels.

Keywords: vegetation, marsh phytocoenoses, classification, phytoindication, ecological scales, Sakhalin

На прибрежно-морских водно-болотных угодьях, подверженных влиянию приливов и нагонов, формируются особые категории – прибрежные марши. Эта территория занята влаголюбивой галофитной растительностью. С точки зрения экологии прибрежные марши – промежуточная среда между сушей и морем; галофитная растительность маршей произрастает на уникальных местообитаниях, где сочетаются водная (морская) и наземно-воздушная среды обитания. Особенность маршевых фитоценозов – подверженность регулярному воздействию соленых или солоноватых вод с одновременным сдерживанием их волновой деятельности. Низким маршем называют территорию, обращённую к морю границей распространения надводных сосудистых растений, высокие марши ограничены зоной затопления сизигийными приливами и штормовыми нагонами (Леонтьев и др., 1975).

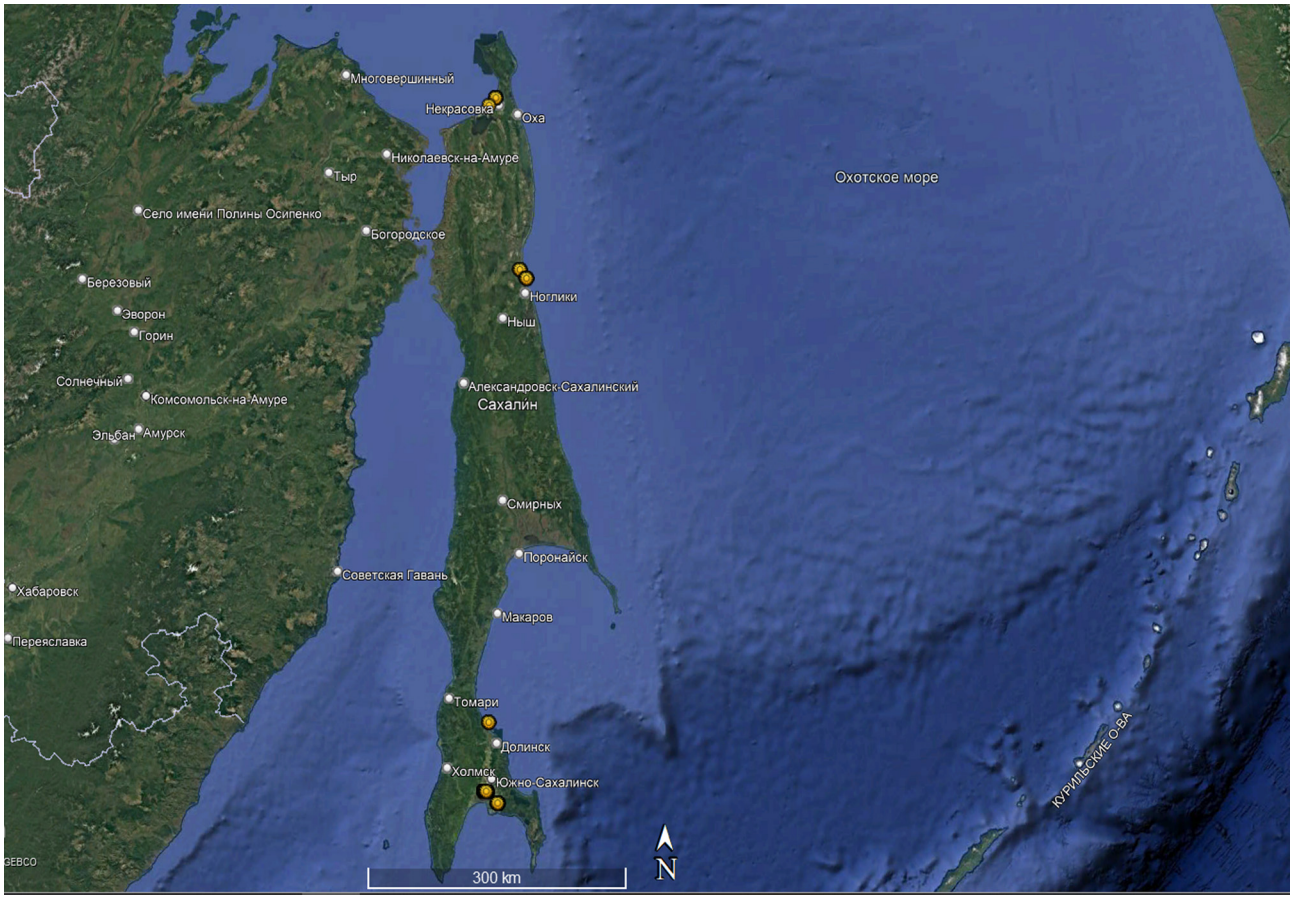
В Российской Федерации растительность прибрежных маршей достаточно подробно изучена на побережьях арктических морей: Белое море (Сергиенко и др., 2020; Мосеев и др., 2021а, 2023), Баренцево море (Лавриненко, Лавриненко, 2018; 2020; Мосеев и др., 2021б; Лапина, Иванова, 2021), Берингово море (Нешатаева, 2014); есть данные о видовом составе маршевых сообществ Карского, Восточно-Сибирского, Чукотского морей и моря Лаптевых (Сергиенко, Мосеев, 2015). На побережье Охотского моря изучение растительности прибрежных маршей было начато нами в 2023 г. в бухте Лососей залива Анива в южной части о. Сахалин (Рожкова-Тимина, 2023, 2024). В 2024 г. данные были дополнены результатами исследования других островных территорий.

Материалы и методы

В основу статьи легли 108 авторских геоботанических описаний. Полевые работы проводились на юге и севере Сахалина: в верховьях залива Анива (бухта Лососей, устья рек Сусуя и Сред-

няя), в устье р. Мерея, в заливе Байкал (бухта Грязная), в заливе Поморь и Ныйском заливе (устье р. Тымь).

Геоботанические исследования проводились летом 2023 и 2024 гг. На рисунке представлена карта–схема территорий, где были выполнены геоботанические описания. Сбор полевых материалов основывался на общих методических руководствах (Полевая геоботаника, 1959–1972). Исследования флористического состава, общего проективного покрытия, высоты травостоя проводились на пробных площадях размером 100 м^2, при выборе которых требовалось охватить типичные луговые сообщества, соблюдая однородность состава внутри участков. Система латинских названий видов сосудистых растений и синонимики основывается на сводке С.К. Черепанова (Черепанов, 1995).



Карта-схема точек исследования

Применение экологических фитоиндикационных шкал позволяет объединить фитоценозы с различными доминантами в группы, сходные по режимам основных экологических факторов местообитаний, и приблизиться к классификации лугов, адекватно отражающей их особенности. С помощью шкал Д.Н. Цыганова (Цыганов, 1983) можно отследить различия климатических и почвенных условий фитоценозов, отражающихся в диапазоне балловых оценок для каждой географической точки. Для зоны прибрежных маршей мы выбрали два эдафических фактора: солевой режим почв и режим увлажнения почв. Расчет средних экологических статусов был проведен с помощью двойного взвешенного усреднения. По результатам фитоиндикационного анализа была проведена классификация растительности.

Таксономический и фитоиндикационный анализы выполнены в базе данных геоботанических описаний, созданной в программе IBIS v7.2 (Zverev, 2020).

Результаты и обсуждение

Всего на прибрежных маршах о. Сахалин было определено 89 видов травянистых растений (70 родов и 29 семейств). Наиболее широко представлены Poaceae (17 видов), Asteraceae (12 видов), Cyperaceae (7 видов), Caryophyllaceae (6 видов), Rosaceae, Fabaceae, Apiaceae (по 5 видов).

По результатам обработки по шкалам Д.Н. Цыганова (солевой режим почв и режим увлажнения), мы выделили 10 групп маршевой луговой растительности (таблица).

Группы и характеристика фитоценозов прибрежных маршей

Режим увлажнения почв	Сухолуговой			Влажнолуговой			Сыролуговой			Болотнолуговой		
Солевой режим почв	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Небогатых почв	–	–	–	140	74	11	142	83	10	–	–	–
Довольно богатых почв	–	–	–	125	65	8	130	85	7	65	90	5
Богатых почв	115	70	5	105	71	5	40	81	3	–	–	–
Слабозасоленных почв	–	–	–	39	80	5	41	70	4	–	–	–

Примечание. 1 – средняя высота травостоя, см; 2 – среднее проективное покрытие, %; 3 – среднее число видов в фитоценозе.

Наибольшее количество маршевых лугов развивается на почвах с влажнолуговым и сыролуговым режимами увлажнения. Эти режимы обусловлены плоским рельефом и высоким уровнем залегания грунтовых вод и характерны для территорий прибрежных маршей. Из таблицы видно, как сокращается высота травостоя и уменьшается число видов в фитоценозе лугов влажнолугового и, в меньшей степени, сыролугового почвенного режима по мере увеличения солености.

Луга влажнолугового режима небогатых почв включают злаково-разнотравные фитоценозы. К доминантным видам относятся *Phragmites australis*, *Calamagrostis epigeios*, *Sanguisorba tenuifolia*, *Lathyrus pilosus*, *Rubus arcticus*, *Maianthemum bifolium*. Луга этого же режима солености с бóльшим увлажнением (сыролуговой режим) почв включают разнотравно-злаковые фитоценозы, а к доминантным видам относятся *Phragmites australis*, *Leymus mollis*, *Arctopoa eminens*. Это сочетание режимов характерно для верхнего пояса маршей.

Луга довольно богатых почв представляют собой разнотравно-злаковые фитоценозы независимо от представленных режимов увлажнения. При влажнолуговом и сыролуговом режимах к доминантным видам относятся *Phragmites australis*, *Leymus mollis*, *Lathyrus pilosus*, *Arctopoa eminens*, *Rubia jesoensis*, *Ligusticum scoticum*. Кроме того, как видно из таблицы, эти два режима мало различаются по высоте травостоя и числу видов. При болотнолуговом режиме видовой состав меняется (*Triglochin maritimum*, *Leymus mollis*, *Stellaria longifolia*), а средняя высота травостоя и число представленных видов сокращается. Сочетание этих режимов соответствует территориям среднего и верхнего пояса маршевых лугов.

Луга сухолугового режима богатых почв включают в себя разнотравно-злаковые и злаковые фитоценозы с доминантными видами *Calamagrostis epigeios*, *Leymus mollis*, *Festuca rubra*. При влажнолуговом режиме в злаковых фитоценозах появляется *Stellaria humifusa* Rottb., образуя звездчатково-злаковые луга. При сыролуговом режиме в травостое появляется *Triglochin maritimum* и небольшое количество *Iris laevigata*, *Glaux maritima*, *Juncus bufonius*, *Potentilla anserina*, при этом злаки исчезают. Уменьшается высота травостоя. В этом режиме засоления можно четко увидеть изменение уровней маршей: при сухолуговом режиме травяные сообщества соответствуют верхнему поясу маршей, при влажнолуговом – среднему поясу (с включением видов, характерных как для высокого, так и для низкого уровня), сообщества с показателями сыролугового режима относятся к нижнему поясу маршевых лугов.

Луга влажнолугового режима слабозасоленных почв включают в себя разнотравные фитоценозы с доминантными видами *Triglochin maritimum*, *Glaux maritima*, *Potentilla anserina*. При увеличении увлажненности добавляется осока *Carex subspathacea*. Эти сообщества расположены в нижнем поясе прибрежных маршей Охотского моря.

Заключение

Травяные сообщества приморских маршей формируются в специфических условиях на регулярно затапливаемых морскими водами территориях. Всего на маршевых лугах о. Сахалин в 2023 и 2024 гг. было выявлено 89 видов растений, относящихся к 70 родам и 29 семействам, с ведущими семействами Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Caryophyllaceae, Rosaceae, Fabaceae, Apiaceae. Наиболее распространенные режимы увлажнения согласно фитоиндикационным шкалам Д.Н. Цыганова – влажнолуговой и сыролуговой. Почвы, согласно этим же шкалам, представлены от небогатых и до слабозасоленных. К доминантным видам травянистой растительности относятся *Phragmites australis*, *Calamagrostis epigeios*, *Sanguisorba tenuifolia*, *Lathyrus pilosus*, *Rubus arcticus*, *Maianthemum bifolium*, *Leymus mollis*, *Arctopoa eminens*, *Rubia jesoensis*, *Ligusticum scoticum* (верхний пояс маршевой растительности), *Festuca rubra*, *Stellaria humifusa*, *Triglochin maritimum*, *Iris laevigata*, *Glaux maritima*, *Jun-*

cus bufonius, *Potentilla anserina*, *Carex subspathacea* (средний и нижний пояс). Таким образом, почвенные режимы и произрастающие виды непосредственно связаны с уровнем маршей.

ЛИТЕРАТУРА

Лавриненко И.А. Типология и синтаксономический состав территориальных единиц растительности: новый подход на примере изучения арктических маршей // Растительность России. 2020. № 39. С. 100–148. DOI: 10.31111/vegrus/2020.39.100

Лавриненко О.В., Лавриненко И.А. Классификация растительности соленых и солоноватых маршей Большеземельской тундры (побережье Баренцева моря) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2018. Т. 12, № 3. С. 82–143. DOI: 10.24411/2072-8816-2018-10028

Лапина А.М., Иванова К.В. Синтаксономический состав и пространственная структура территориальных единиц растительности приморских маршей Малоземельской тундры // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2021. Т. 15, № 3. С. 52–66. DOI: 10.24412/2072-8816-2021-15-3-52-66

Леонтьев О.К., Никифоров Л.Г., Сафьянов Г.А. Геоморфология морских берегов. М., 1975. 336 с.

Мосеев Д.С., Лещев А.В., Мискевич И.В., Сергиенко Л.А., Березина М.О. Фитоценозы солоноватых маршей устья реки Онеги // Океанологические исследования. 2023. Т. 51, № 3. С. 129–144. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(3).6

Мосеев Д.С., Сергиенко Л.А., Лещев А.В., Брагин А.В., Романов Р.Е., Чуракова Е.Ю. Редкие растительные сообщества озер и эстуариев рек Архангельской области // Turczaninowia. 2021. Т. 24, № 3. С. 138–162. DOI: 10.14258/turczaninowia.24.3.11

Мосеев Д.С., Сергиенко Л.А., Паринова Т.А., Волков А.Г. Галофитная растительность южного побережья Печорской губы // Бот. журн. 2021. Т. 106, № 11. С. 1050–1065. DOI: 10.31857/S0006813621110053

Нешатаева В.Ю., Нешатаев В.Ю., Кораблев А.П., Кузьмина Е.Ю. Растительность приморских маршей побережья залива Корфа (Олюторский район Камчатского края) // Бот. журн. 2014. Т. 99, № 8. С. 868–894.

Полевая геоботаника. М. ; Л., 1959–1972. Т. 1–4.

Рожкова-Тимина И.О. Растительность маршей прибрежно-морских водно-болотных угодий (карбоновый полигон в бухте Лососей, Южный Сахалин) // Процессы в геосредах. 2023. Т. 38, № 4. С. 2215–2220.

Рожкова-Тимина И.О., Кораблев О.А., Павлов М.В. Структура и продуктивность растительности прибрежных маршей южной части О. Сахалин (карбоновый полигон в бухте Лососей) // Процессы в геосредах. 2024. Т. 40, № 2. С. 2462–2466.

Сергиенко Л.А., Дьячкова Т.Ю., Андросова В.И. Флористическое богатство и насыщенность приморских растительных сообществ с доминированием Triglochin maritima L. (Juncaginaceae) на побережье северных морей // Национальная Ассоциация Ученых. 2020. Т. 53–1, № 53. С. 17–20.

Сергиенко Л.А., Мосеев Д.С. Таксономическая структура и эколого-географическая характеристика флороценотического комплекса побережий Российской Арктики // Ученые записки Петрозаводск. гос. ун-та. 2015. Т. 151, № 6. С. 28–33.

Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно–широколиственных лесов. М. : Наука, 1983. 195 с.

Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб. : Мир и семья, 1995. 992 с.

Zverev A.A. Methodological aspects of using indicator values in biodiversity analysis // Contemporary problems of ecology. 2020. Vol. 13, № 4. P. 321–332. DOI: 10.1134/S1995425520040125

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-50

Исследование генетического полиморфизма популяций сибирских клубневых желтоцветковых хохлаток

К.К. Рябова[1, 2], И.Е. Ямских[2], Н.В. Степанов[2]

[1] *Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск, Российская Федерация; ryabova.kseniya.k@mail.ru*

[2] *Сибирский федеральный университет, Красноярск, Российская Федерация; iyamskikh@mail.ru, stepanov-nik@mail.ru*

Аннотация. В работе приведены результаты изучения генетического разнообразия 4 популяций *Corydalis bracteata* (Stephan ex Willd.) Pers. и 6 популяций *Corydalis talpina* Stepanov, произрастающих в растительных сообществах Красноярской лесостепи, Западного Саяна, Кузнецкого Алатау, Алтая. В результате амплификации геномной ДНК с 8 ISSR-праймерами получен 81 ампликон ДНК, уровень полиморфизма которых составил 95 %. В результате амплификации геномной ДНК с 4 iPBS-праймерами выявлено 78 ампликонов, уровень полиморфизма которых составил 92 %. Высокие значения коэффициента подразделенности популяций на основе ISSR- и iPBS-маркеров (G_{st} = 0,413 и G_{st} = 0,456 соответственно) свидетельствуют о наличии в общей выборке разных видов. Разделение на две группы также продемонстрировано при построении дендрограмм сходства на основе двух методов с высокой бутстреп-поддержкой ветвей 84 и 90 % соответственно. Согласованные результаты ISSR- и iPBS-анализов свидетельствуют о дифференциации популяций желтоцветковых хохлаток из Южной Сибири, изначально относимых к виду *C. bracteata*, и указывают на обособленность *C. talpina*.

Ключевые слова: *Corydalis bracteata, Corydalis talpina,* iPBS-анализ, ISSR-анализ, генетический полиморфизм, популяционный анализ

Study of genetic polymorphism of the population of siberian tuberous yellow-flowered plants of the genus Corydalis

K.K. Ryabova[1, 2], I.E. Yamskikh[2], N.V. Stepanov[2]

[1] *Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center", Krasnoyarsk, Russian Federation; ryabova.kseniya.k@mail.ru*

[2] *Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; iyamskikh@mail.ru, stepanov-nik@mail.ru*

Abstract. The paper presents a study of the genetic diversity of 4 populations of *Corydalis bracteata* (Stephan ex Willd.) Pers. and 6 populations of *Corydalis talpina* Stepanov growing in plant communities of the Krasnoyarsk forest-steppe, Western Sayan, Kuznetsk Alatau, and Altai. As a result of the amplification of genomic DNA with 8 ISSR-primers, 81 DNA amplicons were obtained with a polymorphism level of 95 %. As a result of the amplification of genomic DNA with 4 iPBS-primers, 78 amplicons were identified with a polymorphism level of 92 %. High values of the population subdivision coefficient based on ISSR- and iPBS-markers (G_{st} = 0,413 and G_{st} = 0,456 respectively) indicate the presence of different species in the total sample. The division into two groups is also demonstrated by the construction of similarity dendrograms based on two methods with high bootstrap branch support of 84 and 90 %, respectively. The consistent results of the ISSR- and iPBS-analyses indicate the differentiation of the populations of yellow-flowered corydalis from southern Siberia, originally attributed to the species *C. bracteata*, and indicate the isolation of *C. talpina*.

Keywords: *Corydalis bracteata, Corydalis talpina,* genetic polymorphism, iPBS-analysis, ISSR-analysis, population analysis

По современным данным род *Corydalis* DC, насчитывает 528 видов, которые делят на 34 секции [1]. На территории Южной Сибири разными авторами выделяется до 22 видов из 6 секций. Малоизученным является ранневесенний эфемероид *Corydalis bracteata* (Stephan ex Willd.) Pers. – хохлатка крупноприцветниковая, принадлежащий к секции *Corydalis*. Данный вид широко распространен на территории Южной Сибири, обладает коротким вегетационным периодом и является перспективным источником биологически активных веществ как алкалоидной, так и флавоноидной природы. На территории Красноярского края произрастает также *Corydalis talpina* Stepanov, отличающийся наличием дополнительного веретеновидного клубня в пазухе чешуевидного листа, способностью к вегетативному размножению. Данный вид имеет, как правило, более крупные цельные или слабо надрезанные прицветники и характеризуется крупными размерами [2]. *C. bracteata* включен в Красную книгу Республики Бурятия (2013), Иркутской области (2020), а близкородственный вид *C. talpina* – внесен в Красную книгу Красноярского края (2022).

В связи с высоковариабельными морфологическими признаками определить границы видов и их популяционную структуру, изучить внутри- и межпопуляционное разнообразие помогают молекулярно-генетические методы. В последнее время часто для этих целей используют метод межмикросателлитных маркеров – ISSR (Inter Simple Sequence Repeats), где в качестве праймеров используют

короткие ди- и тринуклеотидные микросателлитные повторы, а также метод амплификации участков между длинными концевыми повторами ретротранспозонов iPBS (inter-primer binding site), основанный на практически универсальном присутствии комплемента тРНК в качестве сайта связывания праймера обратной транскриптазы в ретротранспозонах [3]. Данные методы находят широкое применение в изучении генетического полиморфизма как культурных сортов, так и популяций природных растений ввиду отсутствия необходимости предварительного знания последовательности ДНК образца.

Объектами нашего исследования являются 4 популяции *C. bracteata*: СВ1 – окр. г. Белокурихи (Алтайский край), СВ2 – окр. г. Кемерово, СВ3 – окр. п. Коммунар (Хакасия), СВ4 – Национальный парк «Шушенский бор» (Красноярский край, Ермаковский р-он) и 5 популяций *C. talpina*: СТ1 – окр. д. Крутая, СТ2 – окр. с. Арейское (Красноярский край, Емельяновский р-он), СТ3 – окр. г. Красноярск, СТ4 – окр. п. Танзыбей, СТ5 – окр. Циркового озера, СТ6 – природный парк «Ергаки» (Красноярский край, Ермаковский р-он) (рис. 1).

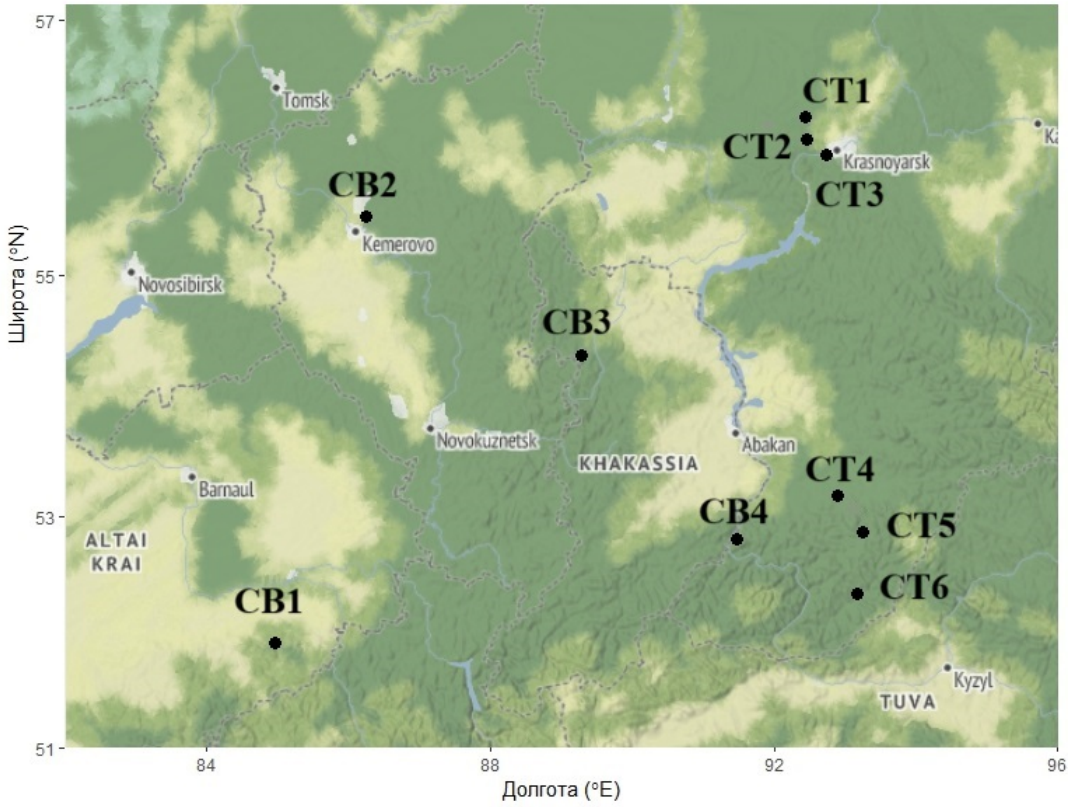


Рис. 1. Расположение точек сбора популяций *Corydalis bracteata* (СВ) и *C. talpina* (СТ)

Образцами для генетического анализа служили выделенные ДНК 10 экземпляров из каждой популяций *C. bracteata* и *C. talpina*. В качестве внешней группы использовался близкородственный вид *Corydalis subjenisseensis* E.M. Antipova. Экстракцию тотальной ДНК производили с помощью коммерческого набора DiamondDNA (ООО «Научно-производственная фирма „Алтайбиотех“», Барнаул). Для изучения генетической изменчивости использовались ISSR-праймеры: HB10 $(GA)_6CC$), HB12 $(CAC)_3GC$), HB14 $(CTC)_3GC$), ISSR-09 $(ATG)_6$), ISSR-17 $(GACA)_4$), ISSR-23 $(AC)_8TA$), 17899A $(CA)_6AG$), 17899B $(CA)_6GG$) и iPBS-праймеры: 2074 (GCTCTGATACCA), 2386 (CTGATCAACCCA), 2382 (TGTTGGCTTCCA), 2385 (CCATTGGGTCCA). Амплификацию проводили в 20 мкл реакционной смеси с помощью набора для проведения ПЦР с HS-Taq (+$MgCl_2$) (ООО «Биолабмикс», Новосибирск) в следующем составе на один образец: 7 мкл $_{dd}H_2O$; 4 мкл 5х ПЦР буфер (+$MgCl_2$); 4 мкл 10 мМ праймера; 0,2 мкл HS-Taq DNA-полимеразы (5 ед.акт./мкл); 0,4 мкл 50х смеси dNTP; 2,4 мкл 50 мМ $MgCl_2$; 2 мкл ДНК.

Программа амплификации: 95 ºС (5 мин); 13 циклов: 95 ºС (20 с), 55ºС (45 с, понижение температуры на 0,7 ºС в каждом последующем цикле), 72 ºС (90 с); 25 циклов: 95 ºС (20 с), 44 ºС (30 с), 72 ºС (90 с); 72 ºС (7 мин). Разделение продуктов амплификации производилось в 1,3 % агарозном геле, в горизонтальной электрофорезной камере в ТАЕ-буфере при 220V с применением бромистого

этидия. Визуализацию продуктов амплификации проводили в проходящем УФ-излучении с помощью системы гель-документирования Gel Doc XR (Bio-Rad, USA). Для определения длины амплифицированных фрагментов использовали ДНК-маркеры (ООО «Биолабмикс», Новосибирск). Электрофореграммы анализировались с помощью программы Quantity One 1-D Analysis Software. При этом учитывали только воспроизводимые в повторных экспериментах фрагменты.

Обработку результатов анализа проводили с помощью программы Popgene version 1.32 [4] (процент полиморфных локусов (P), генетическое разнообразие Нея (H_e), информационный индекс Шеннона (I_o), генетические дистанции Нея (D), показатель подразделенности популяций (G_{st}). Дендрограмма сходства видов построена в программе TFPGA [5] методом невзвешенного попарно группового среднего (UPGMA) со значением параметра бутстрепа 5000.

В ходе ISSR-анализа выявлен 81 фрагмент ДНК, процент полиморфизма которых суммарно составляет 95 %. Число амплифицированных фрагментов ДНК, в зависимости от праймера, варьировало от 8 (ISSR-17) до 20 (HB14). Максимальный уровень полиморфизма ДНК зафиксирован при использовании праймеров 17899A, 17899B, ISSR-17, ISSR-23 и составляет 100 %. Коэффициент подразделенности популяций (G_{st}) равен 0,4357. Следовательно, на долю межпопуляционного разнообразия приходится 44 %, а изученные популяции демонстрируют очень высокую степень дифференциации по классификации С. Райта [6], характерную для отдельных видов.

В ходе iPBS-анализа выявлено 78 фрагментов ДНК, процент полиморфизма которых суммарно составляет 92 %. Число амплифицированных фрагментов ДНК, в зависимости от праймера, варьировало от 18 (2382) до 21 (2386). Максимальный уровень полиморфизма ДНК зафиксирован при использовании праймеров 2074 (95 %) и 2386 (95 %). Коэффициент подразделенности популяций (G_{st}) составляет 0,4133.

Анализ генетической изменчивости с использованием ISSR-маркеров показал, что уровень выявляемого внутрипопуляционного генетического разнообразия в популяциях хохлаток средний (48–64 %) и имеет максимальные показатели в западносаянской популяции СВ4 (Национальный парк «Шушенский бор», P = 64 %; H_e = 0,21; I_o = 0,32). Минимальные значения отмечены для западносаянской популяции СТ5 (окр. Циркового озера, P = 48 %; H_e = 0,17; I_o = 0,25).

Подобные результаты получены при использовании iPBS-маркеров: уровень полиморфизма в популяциях хохлаток средний и варьирует от 42 до 64 %. Максимальные значения выявлены для СВ4 (Национальный парк «Шушенский бор», P = 64 %; H_e = 0,21; I_o = 0,32), а минимальные – для западносаянской популяции СТ6 (природный парк «Ергаки», P = 42 %; H_e = 0,12; I_o = 0,19).

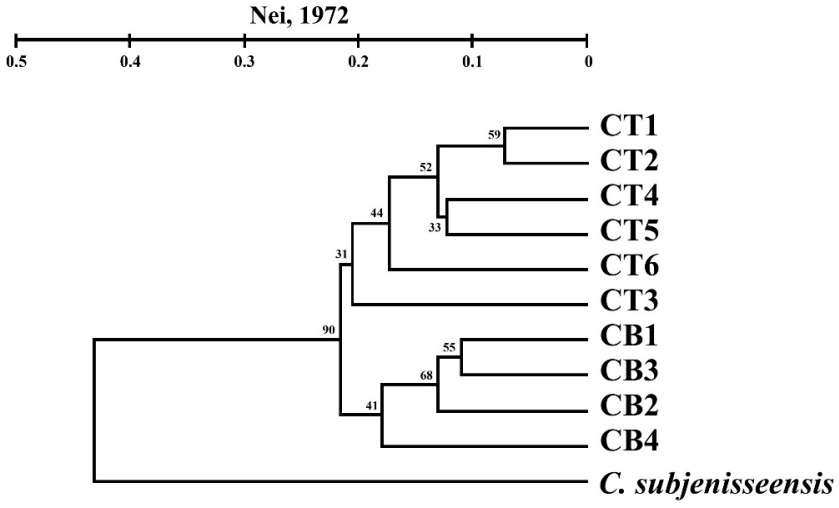


Рис. 2. Дендрограмма сходства исследуемых популяций на основе iPBS-метода

При изучении генетического полиморфизма хохлаток обнаружено достоверное разделение на отдельные виды, о чем свидетельствует высокое значение индекса подразделенности популяций (G_{st} = 0,413–0,456). При построении дендрограммы сходства на основе ISSR- и iPBS-маркеров получены согласующиеся данные с высокой бутстреп-поддержкой ветвей 84 и 90 % соответственно. В качестве примера приведена дендрограмма сходства исследуемых популяций на основе на основе iPBS-метода (см. рис. 2).

Таким образом, двумя молекулярно-генетическими методами достоверно показано, что на территории Южной Сибири встречается два вида хохлаток: имеющий клубенек в пазухе прикорневой чешуи *Corydalis talpina* и безклубневой *C. bracteata.* Границей ареалов выступает р. Енисей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Chen J.T.* et al. An updated classification for the hyper-diverse genus *Corydalis* (Papaveraceae: Fumarioideae) based on phylogenomic and morphological evidence // Journal of Integrative Plant Biology. 2023.
2. *Степанов Н.В.* Новые данные о желтоцветковых хохлатках (*Corydalis* DC.-Fumariaceae) секции *Corydalis* Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2015. С. 175–181.
3. *Kalendar R.* et al. iPBS: a universal method for DNA fingerprinting and retrotransposon isolation // Theoretical and Applied Genetics. 2010. Vol. 121, № 8. P. 1419–1430.
6. *Yeh F.C.* POPGENE (version 1.3.1) // Microsoft window-bases freeware for population genetic analysis. 1999.
7. *Miller M.P.* Tools for Population Genetic Analysis (TFPGA) 1.3: a Windows Program for the Analysis of Elysium and Molecular Population Genetic Data // Computer software distributed by the author. 1997.
8. *Wright S.* The genetical structure of populations // Annals of Eugenics. 1951. Vol. 166, № 15. P. 323–354.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-51

Preliminary results of botanical studies on the Paramushir island (Kuril islands, Sakhalin district) in the summer of 2025

I.A. Savinov[1], E.Yu. Yembaturova[2]

[1] *Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation; savinovia@mail.ru*
[2] *All-Russian Plant Quarantine Center, Moscow district, Bykovo, Russian Federation; drleena@inbox.ru*

Abstract. The paper presents preliminary results of botanical research conducted on the south-west coast of Paramushir island (washed by the Okhotskoe sea), near Krasheninnikov Bay. Plant resources of the area were preliminarily assessed, the list of vascular plants (about 150 species) was compiled, herbarium material was collected and main types of plant communities were described. Some floristic findings were of particular interest: a new population of *Hedysarum nonnae* Roskov, an endemic species of the Kuril islands as well as *Taraxacum shikotanense* Kitam., supposedly, a new species for Paramushir island.

Keywords: Botanical studies, Kuril islands, Paramushir, herbarium collections, new and endemics species, *Hedysarum nonnae* Roskov, *Taraxacum shikotanense* Kitam

Предварительные результаты ботанических исследований на острове Парамушир (Курильские острова, Сахалинская область) летом 2025 г.

И.А. Савинов[1], Е.Ю. Ембатурова[2]

[1] *Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация; savinovia@mail.ru*
[2] *Всероссийский центр карантина растений, Московская область, Быково, Российская Федерация; drleena@inbox.ru*

Аннотация. Отражены предварительные результаты ботанических изысканий авторов на юго-западном охотском побережье острова Парамушир, в районе бухты Крашенинникова. В результате была проведена предварительная оценка местных растительных ресурсов, составлен список флоры сосудистых растений (около 150 видов), собраны гербарные материалы, описаны основные типы растительных сообществ. Интерес представляет обнаружение новой популяции эндемика Курильских островов, – *Hedysarum nonnae* Roskov, а также сборы предположительно нового вида для острова Парамушир, – *Taraxacum shikotanense* Kitam.

Ключевые слова: Ботанические исследования, Курильские острова, Парамушир, гербарные коллекции, новые и эндемичные виды, *Hedysarum nonnae* Roskov, *Taraxacum shikotanense* Kitam

The Kuril islands are an area of particular interest for botanists, due to the location of the archipelago – in the basin of the Pacific Ocean, at the junction of some important botanical and geographical regions, in particular, Circumboreal and East Asian floristic regions (by A.L. Takhtajan, 1978). Here, botanical research had been conducted during XIX–XX centuries by many Russian, Japanese, American and Swedish scholars, having resulted in creation of fundamental bulletins including those by K. Miyabe (1890), D.P. Vorobiev (1956), M. Tatewaki (1957), "Key to identification of the plants of Sakhalin and the Kuril islands" (Opredelitel…, 1974), "Vascular plants of the Soviet (Russian) Far East" (Sosudistyye…, 1985–1996), V.Yu. Barkalov (2009), H. Takahashi (2015). However, there are still gaps in the studies of the archipelago's certain islands that are hard to reach.

In the course of field works during the 6th season of the joint complex expedition of the Russian Geographical Society and the Expedition Centre of Russian Ministry of Defense (25.07 – 15.08.2025), the authors, as the members of the Geographic Team, investigated plants near the Krasheninnikov Bay in the southwestern part of Paramushir island washed by the Okhotskoe sea. All in all, due to the weather conditions, out of 22 calendar days, only 15 days were suitable for the fieldwork, the rest were spent on the laboratory investigation of the collected material. A series of radial field trips were undertaken to the northeastern slope of the Fuss Volcano, several routes along the shoreline of the bay in both directions (northward and southward), routes on the suggested natural trail (eco-trail) towards a waterfall on the slope of Lomonosov Mount with the Karpinsky ridge, along the valley of the Krasheninnikov river towards its sources, along small nameless streams and springs, as well as the Alyonushkina river and the Kiri river near Cape Opasny. The total area investigated was approximately 32 km^2.

The studies resulted in the assessment of plant resources of the investigated territory (in case of its practical development, in particular, the presence of edible and medicinal plant species), description and preliminary mapping of key vegetation types, a preliminary list of vascular plants – about 150 species (excluding grass and sedge species that have not been identified yet) and herbarium collections (about 150

sheets). Also, many plants were photographed to be placed on the iNaturalist platform. During the fieldworks, locations of new and rare species were revealed, including those from the Red Book of Sakhalin region (Krasnaya…, 2019) and endemics of the Kuril Islands, in particular, *Taraxacum shikotanense* Kitam., a new one for Paramushir (dark green anthodium's involucre, its outer leaflets are lanceolate to ovate, two times shorter than the inner ones and tightly adhering to them; the scapes under the inflorescence are woolly and tomentose; the plant was collected among the rocks near the seashore by Cape Opasny; earlier this species was recorded only at Ekarma island of the North Kurils), *Hedysarum nonnae* Roskov (a population by the mouth of the Kiri river).

The authors revealed that the preliminary types of vegetation are alder groves (with some *Sorbus sambucifolia* Cham. ex Schlecht. present), alternating with herb meadows and heather moors/thickets. Also, along the seashores, maritime meadows and wet weeping (oozing) rocks and stony rockfalls with relatively scarce vegetation. The river valleys were covered by the tall herbage, found also on the volcanos' slopes, with *Filipendula camtschatica* (Pall.) Maxim. and *Cirsium kamtschaticum* Ledeb. ex DC. as prevailing species. In the mountains, montane tundra communities are widespread. In the investigated part of the region, Siberian dwarf pine is completely absent (however reported for Paramushir island in general). Small herb meadows, slopes and river valleys were particularly picturesque during the mass flowering period, especially after snowpatch melting, which fell exactly on the time of our observations. As far as the recreation potential of the area is concerned, additional research of the territory was conducted to assess the possible degree of human impact on highly vulnerable plant communities.

REFERENCES

Barkalov V.Yu. *Flora Kuril'skikh ostrovov* [Flora of the Kuril Islands]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2009. 468 p. (In Russian).

Miyabe K. The flora of the Kurile Islands. *Mem. Boston. Soc. Nat. Hist.* 1890, vol. 4, no. 7, pp. 203–275.

Eremin V.M., Taran A.A. (eds.) *Krasnaya kniga Sakhalinskoy oblasti. Rasteniya i griby* [Red Book of Sakhalin Region. Plants and Fungi]. Kemerovo, 2019. 351 p. (In Russian).

Tolmachev A.I. (ed.) *Opredelitel vysshikh rasteniy Sakhalina i Kuril'skikh ostrovov* [Key to higher plants of Sakhalin and the Kuril Islands. Leningrad, Nauka Publ., 1974. 372 p. (In Russian).

Kharkivich S.S. (ed.) *Sosudistyye rasteniya sovetskogo (rossiyskogo) Dalnego Vostoka* [Vascular plants of the Soviet (Russian) Far East]. Leningrad; Saint-Petersburg, Nauka Publ., 1985–1996, vol. 1–8. (In Russian).

Takahashi H. *Plants of the Kuril Islands*. Hokkaido, 2015. 509 p.

Takhtajan A.L. *Floristicheskiye oblasti Zemli* [Floristic regions of the Earth]. Leningrad: Nauka Publ., 1978. 247 p. (In Russian).

Tatewaki M. Geobotanical studies on the Kurile Islands. *Acta Horti Gotoburgensis*. 1957, vol. 21, no. 2, pp. 43–123 + 14 plates.

Vorobiev D.P. Materials on the flora of the Kuril Islands. In: *Trudy Dal'nevost. filiala AN SSSR. Ser. botan*. [Proceedings of the Far Eastern branch of the USSR Academy of Sciences. Botanical Series]. Moscow; Leningrad: Publishing House of USSR Acad. Sci., 1956, vol. 3, no. 5, pp. 3–79. (In Russian).

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-52

Межвидовые гибриды в роде *Trollius* L. (Ranunculaceae). География и таксономическое значение

М.М. Серебряный[1], А.В. Федорова[2]

[1, 2] *Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, Москва, Российская Федерация;*
[1] *misha@florin.ru;*
[2] *alina_77777@mail.ru*

Аннотация. В докладе рассматриваются промежуточные результаты таксономической ревизии рода *Trollius* Азиатской территории России в части межвидовых гибридов, в частности тех, чьи ареалы охватывают обширные территории. Приводятся точечные карты ареалов трех межвидовых гибридов рода: *Trollius asiaticus* L. × *T. altaicus* C.A. Mey., *T. asiaticus* × *T. chinensis* Bunge*, T. asiaticus* × *T. sibiricus* Schipcz., обсуждается современное состояние и методики исследований гомоплоидной гибридизации. Сделан вывод о необходимости выделения гибрида *Trollius asiaticus* × *T. altaicus* в самостоятельный, новый для науки таксон.

Ключевые слова. *Trollius*, таксономическая ревизия, гомоплоидная гибридизация, межвидовые гибриды

Interspecific hybrids in the genus *Trollius* (Ranunculaceae). Geography and taxonomic importance

M.M. Serebryanyi[1], A.V. Fedorova[2]

[1, 2] *N.V. Tsitsyn Main Botanical Garden Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation;*
[1] *misha@florin.ru;*
[2] *alina_77777@mail.ru*

Abstract. Current results of the ongoing taxonomic revision of the genus *Trollius* are presented in the report in terms of interspecific hybrids, in particular those whose distribution ranges cover vast territories. Dot distribution maps of three interspecific hybrids – *Trollius asiaticus* L. × *T. altaicus* C.A. Mey., *T. asiaticus* × *T. chinensis* Bunge*, T. asiaticus* × *T. sibiricus* Schipcz. – are provided. The current state and research methodology of homoploid hybridization are discussed. Conclusion on necessity of the description of *Trollius asiaticus* × *T. altaicus* as a separate taxon new to science is supported.

Keywords. *Trollius*, taxonomic revision, homoploid hybridization, interspecific hybrids

Среди главных задач таксономической ревизии азиатских представителей рода *Trollius* L., проводимой первым автором с 2017 г., в качестве приоритетной и краеугольной значится инвентаризация и изучение межвидовых гибридов, а также выявление зон контакта популяций видов рода в Азиатской части России и сопредельных странах (Монголии и Китае). Собранные и обработанные в ходе работ материалы легли в основу изложенных ниже результатов и выводов. Помимо изучения гербарного материала (более 2500 образцов из LE, MHA, MW, MWG, NSK-NS, TK, P, L, K, E и др.) проделана объемная работа по выявлению и изучению межвидовых гибридов в природе (Алтай, Восточный Саян, Хамар-Дабан). Параллельно вторым автором ведутся молекулярно-генетические исследования видов и гибридов *Trollius*. Некоторые результаты работ, достигнутые в ходе продолжающейся ревизии, опубликованы (Serebryanyi, 2019; Serebryanyi, Fedorova, 2023; Серебряный, Федорова, 2023) и подготовлены к печати.

Межвидовая гибридизация и ее роль в формо-/ видообразовании и прогрессивной эволюции у растений – один из фундаментальных вопросов современной ботаники и генетики – обсуждается и исследуется уже более 250 лет. Наиболее интенсивно и широко ведутся работы по скрещиванию, т.е. получению искусственных межвидовых гибридов для повышения эффективности растениеводства и максимального извлечения полезных свойств из растений при их культивировании. В то же время спонтанные межвидовые гибриды в природе, механизмы гибридизации, географическое распространение гибридов, структурно-функциональная организация гибридных популяций изучались с разной степенью полноты и интенсивности. В частности, более пристальное внимание исследователей привлекали и привлекают аллополиплоиды, то есть виды, чья гибридизация сопровождается полиплоидизацией генома. Именно таким гибридам приписывается решающая роль в процессе видообразования, и вокруг них строятся умозрительные гипотезы о прогрессивной эволюции растений и освоении гибридами-полиплоидами новых экологических ниш.

Между тем, гомоплоидные гибриды – те, что сохранили уровень плоидности, характерный для родительских видов – до настоящего времени изучены недостаточно, хотя их место в современных

флорах весьма заметно и требует как учета / регистрации, так и внимательного исследования. Показано, что такие гибриды могут дать начало длительно существующему, отличному от родителей по морфологии и имеющему свой отдельный ареал, вегетативно или апомиктически размножающемуся клону. Исследованный и описанный в литературе рекомбинационный способ видообразования – тот, при котором возникают более или менее плодовитые интрогрессивные гибриды с восстановленной фертильностью, – присущ именно гомоплоидным гибридам (Abbott et al., 2010; Yakimowski, Rieseberg, 2014; Родионов и др., 2019), а зоны интрогрессивной гибридизации охватывают огромные пространства, например, на территории Евразии. Классический пример подобного рода интрогрессии – перекрывающиеся ареалы ели европейской и ели сибирской (*Picea abies* (L.) H. Karst. и *P. obovata* Ledeb.) с образованием нескольких гибридных рас (например, *P.* × *fennica* (Regel) Kom.) – можно корректно и сопоставимо (по территориальным масштабам) дополнить объектами наших исследований: например, перекрывающимися на значительной территории ареалами *Trollius europaeus* L. и *T. asiaticus* L. (с образованием в зоне интрогрессии многочисленных гибридных морф, в частности – морфы / расы, описанной как *T. apertus* Perf. ex Igoschina), *Trollius asiaticus* и *T. altaicus* С.А. Меу. – с образованием одной морфологически устойчивой гибридной морфы, имеющей воистину огромный ареал, далеко превышающей зону контакта / интрогрессии: от юго-запада Таймыра до Западного Саяна (рис. 1). Не менее впечатляющие ареалы имеют и два других межвидовых гибрида купальниц: *T. asiaticus* L. × *T. sibiricus* Schipcz. (рис. 2) и *T. asiaticus* × *T. chinensis* Bunge (рис. 3).

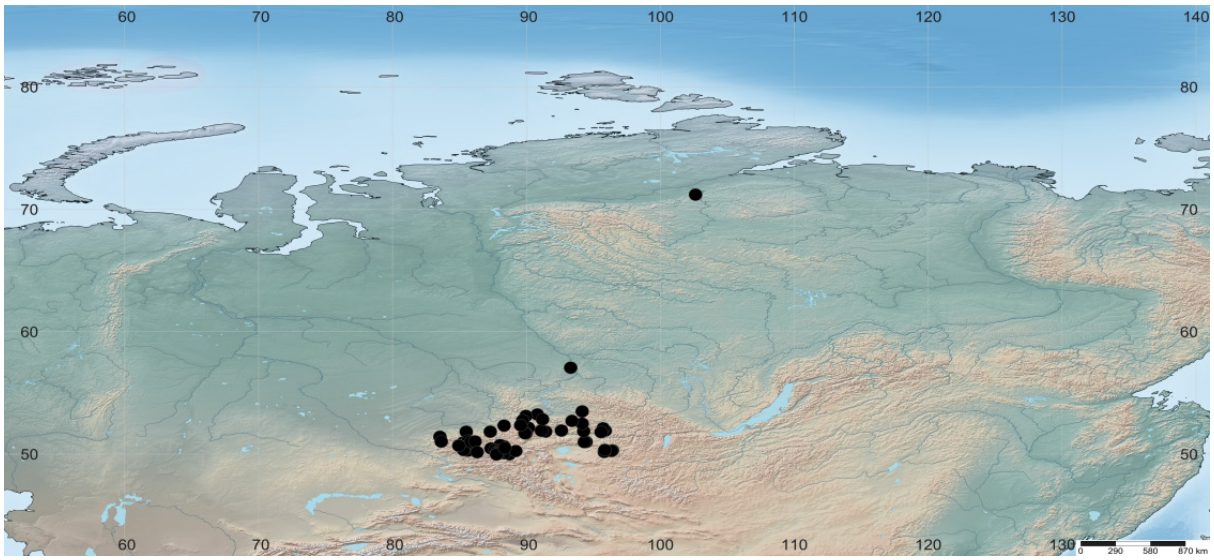


Рис. 1. Ареал *Trollius asiaticus* × *T. altaicus*. Картосхема выполнена в Simplemappr (Shorthouse, 2010)

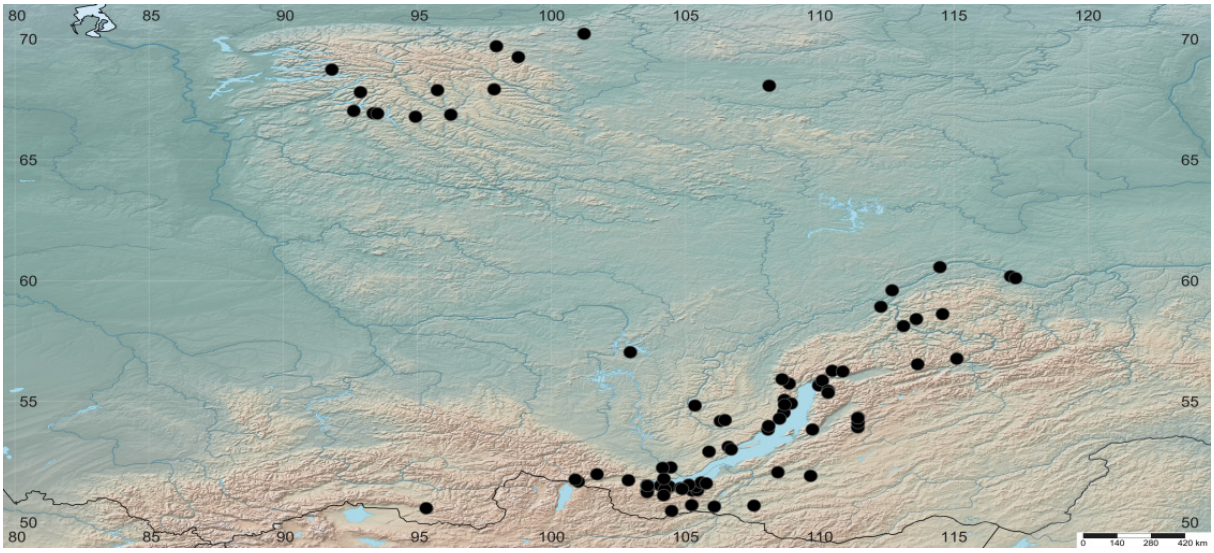


Рис. 2. Ареал *Trollius asiaticus* × *T. sibiricus*. Картосхема выполнена в Simplemappr (Shorthouse, 2010)

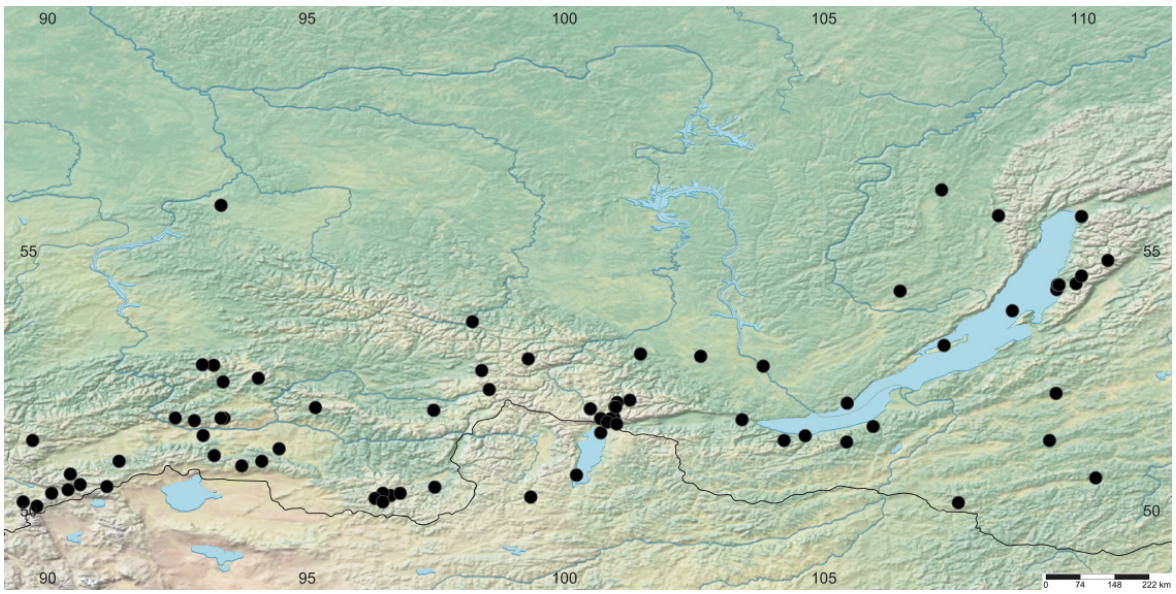


Рис. 3. Ареал *Trollius asiaticus* × *T. chinensis*. Картосхема выполнена в Simplemappr (Shorthouse, 2010)

За последнее десятилетие резко вырос интерес (и число соответствующих публикаций) как к методологическим аспектам определения возраста межвидовых гибридов (в том числе – результатов «древней» гибридизации), так и к изучению так называемой сетчатой эволюции (deep reticulation), предполагающей соединение (слияние или переплетение) генетических / эволюционных линий посредством межвидовой гибридизации (Hörandl, 2022; Stull et al., 2023 и др.). Важно отметить, что гомоплоидные межвидовые гибриды, ранее исключавшиеся из этих контекстов, теперь рассматриваются как неотъемлемый их элемент и активно изучаются. Следует прислушиваться к предостережению ряда ведущих генетиков о крайней сложности интерпретации данных (в том числе – молекулярно-генетических) о возрасте / «древности» гибридизации. Так, по мнению ряда исследователей (Sun et al., 2015; Stull et al., 2015, 2020; Gitzendanner et al., 2018; Leebens-Mack et al., 2019) цитоядерные несоответствия, часто использующиеся при рассмотрении геномов в гибридных популяциях, далеко не всегда являются надежным индикатором / доказательством древности изучаемых гибридов и, более того, многие случаи древней гибридизации не будут маркироваться цитоядерным несоответствием, поскольку изменения в хлоропластной ДНК отнюдь не всегда сопровождают интрогрессию.

В наших исследованиях *Trollius* молекулярно-генетическими методами мы отказались от использования «традиционных» маркеров хпДНК, ввиду их низкой вариабельности. В результате предварительного скрининга хлоропластного генома нескольких видов *Trollius*, доступных в международной базе GenBank, были выявлены и протестированы 7 участков хлоропластной ДНК (*mat*K, *trn*L-*trn*F, *pet*A- *psb*J, *psb*B-*psb*H, *psb*A-*trn*H, *ndh*C-*trn*V, *rpo*B- *trn*C), а также 2 участка ядерного генома (ITS и ETS) для 11 видов и трех межвидовых гибридов рода *Trollius* (*T. lilacinus* Bunge, *T. komarovii* Pachom., *T. chartosepalus* Schipcz., *T. ranunculoides* Hemsl., *T. farreri* Stapf, *T. altaicus*, *T. chinensis*, *T. riederianus* Fisch. & C.A. Mey., *T. sachalinensis* (Kadota) Serebryanyi, *T. europaeus*, *T. sibiricus*). Наиболее информативными и вариабельными оказались четыре межгенных спейсера хпДНК, причем два из них можно успешно использовать при сравнении между собой неродственных групп видов рода *Trollius*, в то время как еще два маркера показали хорошие результаты в работе с близкими видами в пределах рода. Также нами был опробован метод ISSR-маркирования (межмикросателлиты яДНК) при изучении процессов гибридизации в популяциях *Trollius*. В настоящее время мы тестируем различные компьютерные программы анализа молекулярно- генетических данных, которые позволят наиболее достоверно выявлять и интерпретировать гибридизационные процессы в природных популяциях *Trollius*.

Наши исследования показывают, что арсенал классических методов систематики: от морфологического анализа до исследования ареалов может быть эффективно дополнен детальными, в том числе – молекулярно-генетическими исследованиями в природных популяциях межвидовых гибридов.

Сравнительно небольшой по объему род *Trollius* L. (около 30 видов; на территории России – около 15 видов и 10 межвидовых гибридов) представляет собой почти идеальный, хоть и весьма сложный объект исследования гомоплоидных межвидовых гибридов по следующим причинам:

– почти все виды рода способны гибридизировать без изменения уровня плоидности;

– многие современные виды азиатских купальниц представляют собой результат рекомбинационного видообразования и сформировались, очевидно, в разные периоды времени;

– некоторые межвидовые гибриды купальниц имеют обширные ареалы, и их присутствие в региональных флорах чрезвычайно заметно и должно отражаться в любых обработках / конспектах / чек-листах. В то же время в составе рода известны таксоны, имеющие гибридное происхождение, с чрезвычайно небольшими ареалами, – таков, например, локальный южноуральский эндем *Trollius ilmensis* Sipliv. (*T. altaicus* × *T. europaeus*);

– некоторые гибридные популяции купальниц длительное время растут в отсутствие одного из родительских видов не просто в зоне возможного опыления, но и на расстоянии в сотни километров и более от популяций одного из родителей;

– некоторым межвидовым гибридам *Trollius* присуща морфологическая «стабильность» (отсутствие морфологической изменчивости или ее чрезвычайно узкий диапазон) в пределах гибридной популяции и между гибридными популяциями, в том числе удаленными друг от друга на значительное расстояние;

– нами показана молекулярно-генетическая гомогенность в пределах огромного ареала межвидового гибрида *Trollius asiaticus* × *T. altaicus*;

– некоторые межвидовые гибриды купальниц образуют большие и очень большие (до нескольких тысяч растений) популяции, изучение которых может существенно улучшить представления об особенностях опыления и структурно-функциональной организации гибридных популяций;

– высказанная O. Pellmyr (1992) гипотеза об узкой специализированности опылителей *Trollius* и коэволюции видов рода с мухами-цветочницами (*Chiastocheta* Pokorny), очевидно, не вполне состоятельна и должна быть пересмотрена.

Промежуточные результаты и выводы

1. Морфологически и молекулярно-генетически гомогенная и, очевидно, – древняя морфа гибрида *Trollius asiaticus* × *T. altaicus,* имеющая огромный ареал, должна рассматриваться в качестве самостоятельного, нового для науки таксона. Соответствующая публикация подготовлена к печати. Этот таксон представляет собой эталонный пример полной и длительной географической изоляции гибридных популяций от одного из родительских видов, подтверждая принципиальную применимость и эффективность биогеографического метода анализа ареала при интерпретации данных о древности межвидовых гибридов.

2. Мы полагаем, что морфологическая «стабильность» гомоплоидных гибридов (отсутствие морфологической изменчивости (или ее чрезвычайно узкий диапазон) в пределах [гибридной] популяции и между [гибридными] популяциями, а также молекулярно-генетическая гомогенность свидетельствуют о давности происхождения межвидового гибрида. Напротив – широкий диапазон морфологической изменчивости в пределах гибридной популяции и между гибридными популяциями (в том числе – географически близкими) свидетельствует об активно идущих процессах гибридизации и, как правило, сопровождается образованием нескольких, более или менее устойчивых морф данного межвидового гибрида. Таким образом, рассматривать гибриды *T. asiaticus* L. × *T. sibiricus* и *T. asiaticus* × *T. chinensis* в качестве самостоятельных таксонов необосновано.

3. Следующие межвидовые гибриды *Trollius* доказательно отмечены (находки и наблюдения подтверждены гербарным материалом и информативными фотографиями) на территории Российской Федерации и сопредельных стран:

1. ***T. europaeus*** × ***T. asiaticus***.
2. ***T. asiaticus*** × ***T. altaicus***.
3. ***T. asiaticus*** × ***T. sibiricus*** (incl. *T. ircuticus* Sipliv.).
4. ***T. asiaticus*** × ***T. chinensis*** (*T. bargusinensis* Sipliv., *T. vitalii* Stepanov f. *asiaticifolius* Stepanov, Florogenet. Analiz 1: 102 (1994), *T. vitalii* Stepanov var. *forficuloides* Stepanov, Florogenet. Analiz 1: 102 (1994), *T. vitalii* Stepanov var. *nadezhdae* Stepanov, Florogenet. Analiz 1: 102 (1994), *T. austrosibiricus* Erst & Luferov).
5. ***T. sibiricus*** × ***T. chinensis*** – Джида, северный макросклон Хамар-Дабана.
6. ***T. asiaticus*** × ***T. ledebourii*** Rchb. – Кижингинский район, Бурятия.
7. ***T. ledebourii*** × ***T. chinensis*** – Хоринский район, Бурятия – Дальний Восток.
8. ***T. ledebourii*** × ***T. sibiricus*** – Баунтовский район, Бурятия.
9. ***T. dschungaricus*** Regel × ***T. altaicus*** – Джунгарское Гоби, Монголия.

Работа выполнена в рамках государственного задания ГБС РАН № 122042700002-6. Авторы благодарны Министерству науки и высшего образования РФ за поддержку ЦКП «Гербарий ГБС РАН», грант № 075-15-2021-678.

ЛИТЕРАТУРА

Родионов А.В., *Амосова А.В.*, *Беляков Е.А.*, *Журбенко П.М.* и др. Генетические последствия межвидовой гибридизации, ее роль в видообразовании и фенотипическом разнообразии растений // Генетика. 2019. Т. 55, № 3. С. 255–272. DOI: 10.1134/S001667581903015

Серебряный М.М., Федорова А.В. О видах Trollius L., нередко выделяемых в род *Hegemone* Bunge ex Ledeb. (Ranunculaceae) // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2023. Т. 128, вып. 5. С. 63–71.

Abbott R.J., Hegarty J.M., Hiscock S.J., Brennan A.C. Homoploid hybrid speciation in action // Taxon. 2010. Vol. 59, № 5. P. 1375–1386. DOI: 10.1002/tax.595005

Gitzendanner M.A., Soltis P.S., Wong G.K.S., Ruhfel B.R., Soltis, D.E. Plastid phylogenomic analysis of green plants: a billion years of evolutionary history // Amer. J. Bot. 2018. Vol. 105. P. 291–301. DOI: 10.1002/ajb2.1048

Hörandl E. Approaches for species concepts and delimitation in polyploids and hybrids // Plants. 2022. 11, 204. P. 1–25. DOI: 10.3390/plants11020204

Leebens-Mack J.H., Barker M.S., Carpenter E.J., Deyholos M.K., Gitzendanner M.A. et al. One thousand plant transcriptomes and the phylogenomics of green plants // Nature. 2019. Vol. 574. P. 697–685. DOI: 10.1038/s41586-019-1693-2

Pellmyr O. The phylogeny of a mutualism: evolution and coadaptation between Trollius and its seed-parasitic pollinators // Biological Journal ofthe Linnean Society. 1992. Vol. 47. P. 337–365. DOI: 10.1111/j.1095-8312.1992.tb00674.x

Serebryanyi M.M. Towards a taxonomic revision of the genus Trollius (Ranunculaceae) in the Asian part of Russia. I. *Trollius chinensis*: taxonomic and geographical reconsiderations // Novosti sistematiki vysshih rastenii (Novitates Systematicae Plantarum Vascularium). 2019. Vol. 50. P. 101–114. DOI: 10.31111/novitates/2019.50.101

Serebryanyi M.M., Fedorova A.V. Endemic *Trollius* from southeast Sakhalin: revealing another taxonomic confusion in Trollius L. taxonomy – the "*T. miyabei* case" // Botanica Pacifica. 2023. Vol. 12, № 2. P. 32–41. DOI: 10.17581/bp.2023.12s09

Shorthouse D.P. 2010. SimpleMappr, an online tool to produce publication-quality point maps. Retrieved from https://www.simplemappr.net (accessed: 30.04.2025).

Stull G.W., Soltis P.S., Soltis D.E., Gitzendanner M.A., Smith S.A. Nuclear phylogenomic analyses of asterids conflict with plastome trees and support novel relationships among major lineages // Amer. J. Bot. 2020. Vol. 107. P. 790–805. DOI: 10.1002/ajb2.1468

Stull G.W., Pham K.K., Soltis P.S., Soltis D.E. Deep reticulation: the long legacy of hybridization in vascular plant evolution // The Plant Journal. 2023. Vol. 114. P. 743–766. DOI: 10.1111/tpj.16142

Sun M., Soltis D.E., Soltis P.S., Zhu X., Burleigh J.G., Chen, Z. Deep phylogenetic incongruence in the angiosperm clade Rosidae // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2015. Vol. 83. P. 156–166. DOI: 10.1016/j.ympev.2014.11.003

Yakimowski S.B., Rieseberg L.H. The role of homoploid hybridization in evolution: a century of studies synthesizing genetics and ecology // Amer. J. Bot. 2014. Vol. 101, № 8. P. 1–12. DOI:10.3732/ajb.1400201

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-53

Сравнительный анализ состава и содержания углеводов в плодах *Malus baccata* (L.) Borkh. и её гибридных сортов с *Malus domestica* (Suckow) Borkh.

З.О. Ставицкая, Е.Г. Рудиковская, Л.В. Дударева, Н.В. Семёнова, Н.Б. Катышева, А.В. Рудиковский

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Российская Федерация; stavitskaya.zlata@gmail.com

Аннотация. Углеводный состав плодов яблони является ключевым фактором, определяющим их вкус и текстуру. Гибридные сорта *Malus baccata* (L.) Borkh. и яблони домашней (*Malus domestica* (Suckow) Borkh.). широко распространены в регионах с холодным климатом, однако углеводный состав их плодов слабо изучен. В то же время информация о составе и содержании углеводов в плодах *M. baccata* и её сортовых гибридов с *M. domestica* может быть полезной как с фундаментальной точки зрения, для оценки наследования этих признаков в поколениях гибридов, так и с практической – в качестве маркера для отбора гибридов с улучшенными вкусовыми качествами. В представляемой работе проведен комплексный сравнительный анализ углеводного состава (растворимых сахаров и пектинов) тканей плодов *M. baccata* и её сортовых гибридов с *M. domestica*. Показано, что в тканях плодов гибридных генотипов содержание фруктозы варьировало от 36 до 70 % от суммы сахаров. В тканях плодов *M. baccata* доминирующими растворимыми углеводами были транспортные формы: сорбитол и сахароза. Обнаружено, что в процессе гибридизации содержание сорбитола в тканях плодов существенно снижалось и было минимальным в плодах яблони домашней. У большинства исследованных генотипов содержание протопектина выше, чем водорастворимой пектиновой фракции. Наиболее высокое общее содержание пектинов обнаружено в плодах *M. baccata*. Этерификация обеих фракций пектина в тканях всех исследованных генотипов была высокой – выше 50 %. Размер клеток плодов был небольшим по сравнению *M. domestica* и в среднем составлял 17–25 мкм. Размер клеток не коррелировал с размером плодов. Возможно, совокупность высокого содержания пектинов, степени их этерификации и размера клеток является одной из причин формирования устойчивости исследованных генотипов к патогенам.

Ключевые слова: *Malus baccata*, гибридные сорта, углеводы, пектины

Comparative analysis of the composition and carbohydrate content in the fruits of *Malus baccata* (L.) Borkh. and its hybrid varieties with *Malus domestica* (Suckow) Borkh.

Z.O. Stavitskaya, E.G. Rudikovskaya, L.V. Dudareva, N.V. Semenova, N.B. Katysheva, A.V. Rudikovskii

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russian Federation; stavitskaya.zlata@gmail.com

Abstract. The carbohydrate composition of apple fruits is a key factor determining their taste and texture. Hybrid varieties of Siberian crab apple (*Malus baccata* (L.) Borkh.), and the domestic apple (*Malus domestica* (Suckow) Borkh.), are widespread in cold climate regions; however, the carbohydrate composition of their fruits has been poorly studied to date. At the same time, information about the composition and content of carbohydrates in the fruits of *M. baccata* and its hybrid varieties with *M. domestica* can be useful both from a fundamental standpoint – for assessing the inheritance of these traits in hybrid generations – and from a practical standpoint – as a marker for selecting hybrids with improved taste qualities. The present study focuses on a comprehensive comparative analysis of the carbohydrate composition (soluble sugars and pectins) in the fruit tissues of *M. baccata* and its hybrid varieties with *M. domestica*. Our experiments showed that in the fruit tissues of hybrid genotypes, fructose content ranged from 36 to 70% of the total sugar content. In the fruit tissues of *M. baccata*, the dominant soluble carbohydrates were transport forms: sorbitol and sucrose. It was found that during hybridization, the sorbitol content in fruit tissues significantly decreased for all the types and was minimal in the fruits of *M. domestica*. In most of the studied genotypes, the content of protopectin was higher than that of the water-soluble pectin fraction. The highest total pectin content was found in the fruits of *M. baccata*. The esterification of both pectin fractions in the tissues of all studied genotypes was high – above 50%. The cell size of the fruits of *M. baccata* was small compared to *M. domestica* and averaged 17–25 μm. For all the types, cell size did not correlate with fruit size. It is possible that the combination of high pectin content, the degree of the pectin esterification, and cell size is one of the reasons for the resistance of the studied genotypes to pathogens.

Keywords: *Malus baccata*, hhybrid varieties, carbohydrates, pectins

Введение

Яблоня домашняя (*Malus domestica* (Suckow) Borkh.) является одной из самых распространенных садовых культур. Высокий адаптивный потенциал и экологическая пластичность позволяют выращивать её практически по всему миру. В связи с изменением климата земледельческих регионов, увеличением населения Земли, появлением новых биотипов фитопатогенов, приходится осваивать

новые сельскохозяйственные территории, поэтому селекция плодовых культур продолжает стремительно развиваться.

В селекционных работах дикие виды яблони продолжают оставаться ценным биологическим ресурсом для использования в качестве источника генов устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам. Одним из перспективных в этом отношении видов является яблоня сибирская (*Malus baccata* (L.) Borkh.). Природные ареалы её обитания находятся в Восточной Сибири, Монголии и Северном Китае. Под давлением факторов внешней среды (зимние температуры до –50 °С, короткий вегетационный период, суточные перепады температур) произошел естественный отбор растений, обладающих высокой зимостойкостью, скороплодностью, устойчивостью к некоторым грибковым заболеваниям (парша) и т.д. (Макаренко, Артюх, 2015; Савельев, Лыжин, 2016). В процессе селекции, генный материал *M. baccata* был введен в *M. domestica*, что позволило адаптировать полученные гибриды к условиям резко континентального климата. В настоящее время, существует большое число гибридных сортов (F1, F2, F3 и т.д.) яблони сибирской с яблоней домашней. Несмотря на то, что такие растения широко распространены в Сибири, за пределами России они известны мало.

Как известно, вкус плодов, и яблок в том числе, определяется количеством и сочетанием различных типов углеводов. Необходимо отметить, что разные виды и сорта яблок, а также одни и те же сорта, выросшие в разных экологических условиях, могут отличаться по качественному и количественному составу углеводов, а значит и по вкусу. Помимо растворимых углеводов плоды яблони в большом количестве содержат пектиновые вещества, влияющие на текстуру плодов. Структура, количественный и химический состав пектиновых веществ различается как у разных видов растений, так и у разных органов одного растения. Информация о составе и содержании углеводов в плодах *M. baccata* (L.) Borkh. и её гибридных сортов с яблоней домашней может быть полезной как с фундаментальной точки зрения – для оценки наследования этих признаков, так и с практической – в качестве маркера для отбора гибридов с улучшенными вкусовыми качествами.

Представленные в литературе сведения об углеводном составе тканей плодов рода *Malus* Mill. касаются, в основном, представителей вида *яблоня домашняя.* Есть ряд исследований, посвященных углеводному составу диких представителей рода, произрастающих на территории Китая, Индии, стран Центральной Азии. Однако информации об изучении биохимического состава сортов, принадлежащих к гибридам яблони сибирской и крупноплодных представителей яблони домашней крайне мало. В связи с этим, целью данной работы был сравнительный анализ углеводного состава (растворимых сахаров и пектинов) в тканях плодов *M. baccata* (L.) Borkh. и её гибридных сортов с *M. domestica* (Suckow) Borkh.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования были использованы плоды *M. baccata,* гибридных сортов яблони сибирской – Алтайское румяное (F2), Добрыня (F1), Живинка (F2), Красноярское зимнее (F2), Красноярской сладкое (F2), Неженка (F3), Пепинчик красноярский (F2), Пальметта (F1), Подарок БАМу (F2), Ранетка пурпуровая (F1), Сибирский сувенир (F1), представители *M. domestica* – Раннее Болоняева, Чудное, выращенных на территории Сибирского института физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской Академии наук (55°42′27″ N 37°31′38″ E). Плоды для анализа отбирались на стадии биологической зрелости, в течение 4 лет – в 2018, 2020, 2021 и 2022 гг. Исследование количественного и качественного состава пектинов проводили методами УФ- и ИК спектроскопии; простых углеводов – методом ВЭЖХ.

Результаты и обсуждение

Как известно, углеводы являются продуктом фотосинтеза и одним из основных компонентов тканей растений. Фотоассимилянты в виде транспортных форм (сорбитол и сахароза) перемещаются из листьев в аттрагирующие ткани плодов и участвуют в процессе их роста и развития. Растворимые сахара обеспечивают плоды энергией для поддержания клеточного деления и последующего роста клеток. Стадия пролиферации в плодах яблонь завершается примерно через 4 недели после опыления (Tijero, Girardi., Botton, 2021). После чего накопленный сорбит и сахароза, поступившие в незрелые плоды, могут конвертироваться в запасающие углеводы, такие как фруктоза и глюкоза; полимеризоваться в компоненты клеточной стенки (пектин, лигнин); в зависимости от потребностей растения, метаболизироваться в другие соединения, такие как, например, аскорбиновая кислота (АК). Установлено, что плоды яблони сибирской в отличие от яблони домашней, имеют очень высокое содержание АК, сравнимое с таковым в плодах красной смородины и облепихи (Fang et al. 2021; Kapur et al. 2012).

Следует отметить, что ткани плодов исследованных гибридных генотипов содержали меньше АК, чем плоды яблони сибирской, но гораздо больше, чем ткани яблони домашней (Stavitskaya et al., 2023; Rudikovskaya et al., 2016).

Как известно, комплекс растворимых углеводов и органических кислот отвечает за формирование сладости и вкуса яблок. В плодах различных сортов *M. domestica* доминирующим растворимым углеводом является фруктоза (Li, Feng, Cheng, 2012; Wu et al., 2007; Ma et al., 2015). Как показали проведенные нами исследования, в тканях гибридных генотипов, содержание фруктозы варьировало от 36 % до 70 % от суммы сахаров. В тканях плодов яблони сибирской доминирующими растворимыми углеводами были именно транспортные формы – сорбитол и сахароза. В процессе гибридизации, содержание сорбитола в тканях плодов существенно снижалось и было минимальным в плодах яблони домашней. Можно предположить, что особенности углеводного метаболизма родительского генотипа (яблони сибирской) и / или короткий вегетационный период резко-континентального климата Восточной Сибири приводят к затруднениям в конвертации транспортных сахаров (сахарозы и сорбита) в запасающие (фруктозу) (Stavitskaya et al., 2023; Mignard et al., 2022). Логично предположить, что такой углеводный состав отрицательно влияет на размер и придает характерный «сибирский вкус» плодам яблони сибирской и её гибридов. Кроме того, возможно, с таким составом углеводов отчасти связан и размер клеток, который важен для формирования текстуры созревших плодов.

Пектины представляют собой большое семейство полисахаридов клеточной стенки растений, выполняющих различные функции. Известно, что соотношение фракций водорастворимого пектина и протопектина в плодах некоторых культурных растений напрямую связано со стадией их созревания, по мере приближения к стадии биологической зрелости количество протопектина в них уменьшается (Wang et al., 2018; Ornelas-Paz et al., 2018). У большинства исследованных нами генотипов содержание протопектина было выше, чем водорастворимой пектиновой фракции. Общее содержание пектина в плодах уменьшалось от яблони сибирской к генотипам яблони домашней. Этерификация обеих фракций пектина всех исследованных была высокой, выше 50 % (Liang et al., 2022).

Компоненты клеточной стенки, такие как целлюлоза, гемицеллюлоза, пектины и лигнин, имеют решающее значение для формирования иммунитета растений, поскольку мутации генов, связанных с биосинтезом или модификацией клеточной стенки, приводят к изменениям в устойчивости к болезням у многих видов (Tijeroet al., 2021; Engelsdorf et al., 2017). В исследовании Лионетти и др. (Lionetti et al., 2012) продемонстрировано что изменение степени этерификации пектина играет важную роль во взаимодействии растений с патогенами. Деэтерификация пектина влияет на восприимчивость клеточной стенки к грибковым и бактериальным ферментам, а также на структуру и функциональность механизмов проникновения и распространения вирусов. Олигомеры галактуроновой кислоты, высвобождающиеся из клеточной стенки при заражении патогенами, играют роль сигнальных молекул, запускающих каскадные реакции иммунного ответа, что приводит, в итоге, к повышению устойчивости растений к болезням. Как известно, яблоня сибирская и исследованные в этой работе сорта, обладающие значительным содержанием пектинов и их высокой этерификацией, имеют высокую устойчивость к ряду заболеваний, в том числе широко распространённой парше, вызываемой грибом *Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter (Макаренко, Артюх, 2015; Савельев, Лыжин, 2016).

Ранее было показано, что размер клеток плодов яблони домашней в среднем составляет от 50 до 150 мкм (Khan, Vincent., 1990). Размер клеток плодов исследованных нами генотипов, включая поколения F3 и сорта яблони домашней, в среднем составляли 17–25 мкм и самым большим был у ранетки пурпуровой – около 50 мкм. Безусловно, размер клеток растений определяется множеством факторов, включая генетические особенности, условия окружающей среды и биохимические процессы (Malladi, Hirst, 2010; Harada et al., 2005). Однако, размер клеток мякоти может быть важным фактором при формировании восприимчивости плодов к поражению грибками и другими патогенами у различных сортов яблони (Naets. et al., 2020). Так, самый большой из исследованных генотипов размер клеток у плодов Ранетки пурпуровой сопровождается наименьшей её устойчивостью к поражению паршой (Макаренко., Артюх, 2015). Можно предположить, что совокупность высокого содержания пектинов, степени их этерификации и размера клеток является одним из аспектов, формирующих устойчивость исследованных генотипов к патогенам.

Заключение

Таким образом, плоды яблони сибирской и её гибридов существенно отличаются от сортов яблони домашней высоким содержанием и этерификацией пектинов, количеством и качеством растворимых углеводов. Эти генотипы, по-видимому, в силу особенностей биохимического состава, имеют

более высокую резистентность к патогенам. Выявление и выведение новых гибридов яблони сибирской с наиболее оптимальным комплексом агротехнических и потребительских качеств, а также систематизация и анализ биохимических параметров, в том числе анализ углеводного состава – важнейшая задача адаптивной селекции, способствующая выведению новых сортов в условиях рискованного земледелия.

Исследование выполнено в рамках реализации государственных заданий СИФИБР СО РАН № 0277-2025-0006 «Изучение механизмов формирования, поддержания и регуляции устойчивого состояния растений: генетические, физиолого-биохимические, эволюционные и экологические аспекты» и ФНЦ ИЦИГ СО РАН по проекту № FWNR-2022-0017 «Генетический контроль развития и формирования хозяйственно-ценных признаков у сельскохозяйственных растений». В работе использовано оборудование ЦКП «Биоаналитика» СИФИБР СО РАН и ЦКП репродукции растений ИЦиГ СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Макаренко С.А., Артюх С.Н. Оценка селекционного фонда яблони с выделением источников полигенной устойчивости к парше // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2015. № 35. С. 13–27.

Савельев Н.И., Лыжин А.С., Савельева Н.Н. Отбор перспективных генотипов яблони на колонновидность и устойчивость к парше с помощью диагностических ДНК-маркеров // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20, № 3. С. 329–332. DOI: 10.18699/VJ16.122

Engelsdorf T. et al. Cell wall composition and penetration resistance against the fungal pathogen Colletotrichum higginsianum are affected by impaired starch turnover in Arabidopsis mutants // Journal of Experimental Botany. 2017. Vol. 68, № 3. P. 701–713. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131806

Fang T. et al. Variation of ascorbic acid concentration in fruits of cultivated and wild apples // Food chemistry. 2017. Vol. 225. P. 132–137. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.01.014

Harada T. et al. Involvement of cell proliferation and cell enlargement in increasing the fruit size of Malus species // Scientia horticulturae. 2005. Vol. 105, № 4. P. 447–456. DOI: 0.1016/j.scienta.2005.02.006

Kapur A. et al. Spectrophotometric analysis of total ascorbic acid content in various fruits and vegetables // Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina. 2012. Vol. 38. №. 4. P. 39–42.

Khan A.A., Vincent J.F.V. Anisotropy of apple parenchyma // Journal of the Science of Food and Agriculture. 1990. Vol. 52, № 4. P 455–466. DOI: 10.1002/jsfa.2740520404

Li M., Feng F., Cheng L. Expression patterns of genes involved in sugar metabolism and accumulation during apple fruit development // PloS One. 2012. Vol. 7, № 3. P. e33055. DOI: 10.1371/journal.pone.0033055

Lionetti V., Cervone F., Bellincampi D. Methyl esterification of pectin plays a role during plant-pathogen interactions and affects plant resistance to diseases // Journal of Plant Physiology. 2012. Vol. 169, № 16. P. 1623–1630. DOI: 10.1016/j.jplph.2012.05.006

Liang W. et al. Physicochemical characteristics and functional properties of high methoxyl pectin with different degree of esterification // Food Chemistry. 2022. Vol. 375. P. 131806. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131806

Ma B. et al. Comparative assessment of sugar and malic acid composition in cultivated and wild apples // Food chemistry. 2015. Vol. 172. P. 86–91. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.09.032

Malladi A., Hirst P. M. Increase in fruit size of a spontaneous mutant of “Gala” apple (Malus × domestica Borkh.) is facilitated by altered cell production and enhanced cell size // Journal of Experimental Botany. 2010. Vol. 61, № 11. P. 3003–3013. DOI: 10.1093/jxb/erq134

Mignard P. et al. Effect of genetics and climate on apple sugars and organic acids profiles // Agronomy. 2022. Vol. 12, № 4. P. 827. DOI: 10.3390/agronomy12040827

Naets M. et al. Size does matter–susceptibility of apple for grey mould is affected by cell size // Plant Pathology. 2020. Vol. 69. DOI: № 1. P. 60–67. 10.1111/ppa.13097

Ornelas-Paz J.J. et al. Relationship between the firmness of Golden Delicious apples and the physicochemical characteristics of the fruits and their pectin during development and ripening // Journal of food science and technology. 2018. Vol. 55. P. 33–41. DOI: 10.1007/s13197-017-2758-6

Rudikovskaya E.G. et al. Peculiarities of polyphenolic profile of fruits of Siberian crab apple and its hybrids with *Malus*× *Domestica* Borkh // Acta physiologiae plantarum. 2015. Vol. 37. P. 1–8. DOI: 10.1007/s11738-015-1993-6

Tijero V., Girardi F., Botton A. Fruit development and primary metabolism in apple // Agronomy. 2021. Vol. 11, № 6. P. 1160. DOI: 10.3390/agronomy11061160

Stavitskaya Z. et al. Evaluation of the carbohydrate composition of crabapple fruit tissues native to Northern Asia // Plants. 2023. Vol. 12. № 19. P. 3472. DOI: 10.3390/plants12193472

Wu J. et al. Chemical compositional characterization of some apple cultivars // Food Chemistry. 2007. Vol. 103, № 1. P. 88–93. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.07.030

Wang D. et al. Fruit softening: revisiting the role of pectin // Trends in plant science. 2018. Vol. 23, № 4. P. 302–310. DOI: 10.1016/j.tplants.2018.01.006

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-54

Физический покой семян и эволюция признаков их строения в порядке Caryophyllales в связи с фитосоциологическим распределением в степях и пустынях

А.П. Сухоруков[1, 2], М.А. Кушунина[1]

[1] *Биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация; suchor@mail.ru, mkushunina@gmail.com*
[2] *Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация*

Аннотация. В статье рассматривается роль физического покоя семян у представителей порядка Caryophyllales, связанного с анатомическими особенностями семенной кожуры, и его роли в адаптации растений к экстремальным условиям степей и пустынь. Анализируются морфоанатомические особенности представителей порядка, их распространение в различных экосистемах и особенности прорастания семян, включая случаи диморфных семян и адаптацию к условиям засухи. Рассматриваются также различия в механизмах покоя у видов из разных регионов и семейств, что подчеркивает их экологическую и эволюционную направленность.

Ключевые слова: покой семян, Центросеменные, фитосоциология, экологическая карпология

Physical seed dormancy and the evolution of seed characters in Caryophyllales in relation to their phytosociological distribution in steppes and deserts

A.P. Sukhorukov[1, 2], M.A. Kushunina[1]

[1] *Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation; suchor@mail.ru, mkushunina@gmail.com*
[2] *Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation*

Abstract. The article examines the role of physical seed dormancy in representatives of the order Caryophyllales, associated with the anatomical features of the seed coat, and its role in plant adaptation to the extreme conditions of steppes and deserts. The morpho-anatomical characteristics of the order's representatives are analyzed, along with their distribution across various ecosystems and seed germination features, including cases of dimorphic seeds and adaptation to drought conditions. The differences in dormancy mechanisms among species from different regions and families are also discussed, highlighting their ecological and evolutionary significance.

Keywords: seed dormancy, Caryophyllales, phytosociology, ecological carpology

У цветковых растений различают три типа покоя семян (например, Fenner, Thompson, 2005): морфологический, физический и физиологический, которые могут способствовать замедленному или ускоренному прорастанию семян, действуя как отдельно, так и в сочетании. Морфологический покой семян – наиболее редко встречающийся тип, который характерен для растений, у которых зародыш семени не сформирован ко времени плодоношения и продолжает развиваться после диссеминации (что характерно, например, для семейства Orchidaceae). Наиболее важными и наиболее распространёнными являются два остальных типа – физический и физиологический типы (Engl.: physical and physiological types of dormancy). Физический покой связан с водонепроницаемостью или плохой водопроницаемостью покровов плода или семени, что чаще всего обусловлено мощностью семенной кожуры или иных покровов репродуктивной диаспоры (пропагулы), окружающих семя и непосредственно участвующих в диссеминации. Физиологический (эндогенный) покой связан с функционированием фитогормонов, которые могут ускорять процесс прорастания или, напротив, резко замедлять его (Николаева и др., 1999).

Насколько нам известно, вопрос о связи физического типа покоя семян с ролью растений в сообществах никогда не обсуждался, поскольку речь идёт о довольно сложном «симбиозе» разных научных дисциплин, в основном анатомии, хорологии, систематики, фитосоциологии и молекулярной филогенетики. Однако стоит отметить, что главенствующим направлением в изучении физического типа покоя является анатомия диаспор, поскольку дальнейшие выводы и импликации будут строиться на состояниях анатомических признаков.

Кратко рассмотрим ряд морфоанатомических особенностей растений из порядка Гвоздикоцветные, или Центросеменные (Caryophyllales ≡ Centrospermae). Травянистые, полудревесные и древесные представители порядка играют важную роль в сложении сообществ открытого типа (степей, прерий, пустынь и т.п.) в умеренной и субтропической зонах. В степях и пустынях Северного полу-

шария доминантами являются виды из родов Chenopodiaceae s.str., или Amaranthaceae s.l. (*Atriplex*, *Krascheninnikovia*, *Suaeda*, *Caroxylon*), а также представители Cactaceae в пустынях Северной Америки, тогда как в Южном полушарии, например, в пустынях Капского флористического царства преобладают многочисленные Aizoaceae. Следует также отметить существенную роль Центросеменных в сложении лесных и кустарниковых сообществ тропических регионов, например в Центральной и Южной Америке, в частности *Gallesia*, *Seguieria*, *Trichostigma* (Petiveriaceae), *Phytolacca* (Phytolaccaceae), многие Cactaceae.

Практически все доминантные виды из порядка Caryophyllales в степях и пустынях Северного полушария характеризуются односемянными невскрывающимися плодами с одно- или двухслойным паренхимным перикарпием и довольно тонкой (до 15 мкм) семенной кожурой. Важным показателем такого типа диаспоры является её морфоанатомический мономорфизм. Репродуктивная диаспора может включать фолиарную структуру, например околоцветник, однако такой покров выполняет скорее функцию диссеминации, чем защиты, поскольку состоит из паренхимных слоёв клеток. Такое строение в целом характерно для таких полудревесных ценозообразователей евразийских степей и северных пустынь, как *Atriplex cana*, *Halimione verrucifera*, *Krascheninnikovia ceratoides* (Chenopodioideae), *Suaeda physophora* (Suaedoideae), *Caroxylon* sp. div. и иные представители Salsoloideae (все – Amaranthaceae s.l.). Примечательно, что полукустарниковые представители рода *Suaeda*, в том числе такие распространённые виды в пустынях южного типа Евразии и Северной Африки (*S. fruticosa*, *S. vera*, *S. mollis* и др.) имеют чёрные семена, однако *S. physophora* – один из доминантов северных пустынь Азии – характеризуется наличием тонкой семенной кожуры. В северной Сахаре и Средиземноморье аналогичное строение имеют другие таксоны семейства, а именно виды родов *Anabasis*, *Halimione*, *Hammada*, *Caroxylon*, *Soda*, а также *Atriplex mollis*. Для всех этих таксонов – доминантов или эдификаторов растительных сообществ открытого типа – свойственно отсутствие физического покоя семян, которые легко проницаемы для воды и имеют очень высокую степень их прорастания в течение следующего после диссеминации сезона, с резким уменьшением числа жизнеспособных семян в последующие годы (Stevens et al., 1977, sub *Ceratoides lanata*; Cai et al., 2015; Tlili et al. 2019). Одним из наиболее быстро прорастающих растений является характерный вид северо-западной Сахары *Anabasis aretioides*, семена которого способны прорастать в течение 10 минут после намокания от первых капель дождя (Grenot, 1974). Примечателен тот факт, что с филогенетической точки зрения семена с тонкой кожурой у доминантов из родов *Atriplex* и *Suaeda* возникали независимо в разных кладах.

Напротив, виды-ингредиенты (Пачоский, 1910) из Amaranthaceae s.l. имеют разные степени физического покоя, что связано с формированием на одном и том же растении диморфных семян с разной степенью прорастания. Такое хронологически разное прорастание семян характерно для однолетних представителей *Atriplex* (Carter, Ungar 2003) и *Suaeda* (Zhang et al., 2021). Различная степень покоя также характерна для многих однолетних таксонов *Chenopodium* и *Oxybasis*, семена которых ранее считались одинаковыми, чёрными (*Chenopodium*) или красными (многие *Oxybasis*). Однако в последнее время доказана их анатомическая разнокачественность, связанная с положением плодов в циме (Sukhorukov, Zhang, 2013).

Совершенно иную картину мы видим в пустынях Южной Африки, где преобладающими видами в пустынях Карру играют виды из семейства Aizoaceae, для которых по большей части характерны многосемянные коробочки, чаще всего вскрывающиеся под действием дождя (явление гидрохазии). С экологической точки зрения плоды и семена аизовых достаточно хорошо изучены (Sukhorukov et al., 2023). В целом для доминантов из Aizoaceae свойственны семена с очень тонкой (до 10 мкм) семенной кожурой, которые способны прорастать в течение нескольких дней после первых дождей. В этом отношении доказана связь гидрохазии коробочек, анатомическим строением семян и отсутствием физического покоя семян (Sukhorukov et al., 2023). Тем не менее, для нескольких видов (например, широко распространённого таксона *Mesembryanthemum nodiflorum*), имеющих семена с тонкой кожурой, показан физиологический тип покоя, который замедляет прорастание семян, расположенных в нижней части коробочки (Gutterman, 1980). Иногда доминанты финбоша (одного из типов кустарниковой растительности в Капском флористическом царстве) из семейства Aizoaceae имеют толстую семенную кожуру, что, видимо, связано с частыми пожарами в таких сообществах (Sukhorukov et al., 2023). Среди односемянных Caryophyllales заметную роль в сообществах пустыни Карру играют субдоминанты *Limeum aethiopicum* (Limeaceae), *Aizoon africanum* (Aizoaceae), виды рода *Caroxylon* (Amaranthaceae s.l.). Тонкая семенная кожура имеется у всех видов *Limeum* и *Caroxylon* (Сухоруков, неопубл.). Весьма неоднородны по анатомическим признакам семян представители се-

мейства Molluginaceae, имеющие как одно-, так и многосемянные плоды (Sukhorukov et al., 2018). Для таксонов этого семейства, широко распространённого пустынях южной части Африки, показана тонкая семенная кожура у однолетних видов и более толстая – у полукустарничков.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Доминанты степей и пустынь в Евразии из порядка Caryophyllales характеризуются тонкими покровами перикарпия и семенной кожуры, что свидетельствует об отсутствии физического покоя семян. Виды-ингредиенты из некоторых подсемейств Amaranthaceae s.l. имеют иные карпологические приспособления к условиям местообитания;

2. Доминанты степей и пустынь Евразии – это виды с односемянными плодами. Вероятнее всего, односемянные плоды имеют преимущество в диссеминации по сравнению с плодами-коробочками. У ряда доминантов (*Kraschenninnikovia*, *Caroxylon*) преобладающим типом диссеминации является телехорный тип, хотя у *Suaeda physophora* явная телехория не выражена.

3. В пустынях Южной Африки большая часть Caryophyllales характеризуется наличием многосемянных типов плодов (Aizoaceae), хотя и в этом семействе имеется тенденция к появлению односемянных типов диаспор.

4. Проблемы экологической карпологии открытых растительных сообществ до сих пор практически не привлекали внимания исследователей и требуют изучения не только в порядке Caryophyllales, но и в других группах растений.

ЛИТЕРАТУРА

Николаева М.Г., Лянгузова Н.В., Поздова Л.М. Биология семян. СПб. : НИИ химии СПбГУ, 1999. 233 с.

Пачоский И.К. Основные черты развития флоры юго-западной России. Херсон : Паровая типо-литография наследников О.Д. Ходушиной, 1910. 430 с.

Cai D.-H., Yan C., Wei Y. Seed germination characteristics of the desert subshrub *Atriplex cana* and its ecological significance. Acta prataculturae sinica. 2015. Vol. 24, № 10. P. 131–138.

Carter C.T., Ungar I.A. Germination response of dimorphic seeds of two halophyte species to environmentally controlled and natural conditions // Canadian journal of botany. 2003. Vol. 81, № 9. P. 918–926. DOI: 10.1139/b03-086

Fenner M., Thompson K. The ecology of seeds. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 400 p.

Grenot C. J. Physical and vegetational aspects of the Sahara Desert // Desert biology / ed. G.W. Brown. New York : Academic Press, 1974. P. 103–164.

Gutterman Y. Annual rhythm and position effect in the germinability of *Mesembryanthemum nodiflorum* // Israel Journal of Botany. 1980. Vol. 29. P. 93–97. DOI: 10.1080/0021213X.1980.10676879

Stevens R., Giunta B.C., Jorgensen K.R., Plummer A.P. Winterfat (*Ceratoides lanata*). Utah : Utah State Division of Wildlife Resources, 1977. [without pages].

Sukhorukov A.P., Zhang M.L. Fruit and seed anatomy of *Chenopodium* and related genera (Chenopodioideae, Chenopodiaceae/Amaranthaceae): Implications for evolution and taxonomy // PLoS ONE. 2013. Vol. 8: e61906. DOI: 10.1371/journal.pone.0061906

Sukhorukov A.P., Zhang M.L., Kushunina M., Nilova M.V., Krinitsina A., Zaika M.A., Mazei Yu. Seed characters in Molluginaceae (Caryophyllales): implications for taxonomy and evolution // Botanical journal of the Linnean society. 2018. Vol. 187, № 2. P. 167–208ю DOI: 10.1093/botlinnean/boy021

Sukhorukov A.P., Nilova M.V., Kushunina M.A., Mazei Yu A., Klak C. Evolution of seed characters and of dispersal modes in Aizoaceae // Frontiers in plant science. 2023. Vol. 14. P. 1–23. DOI: 10.3389/fpls.2023.1140069

Tlili A., Zammouri J., Gorai M., Neffati M. Ecological role of bracteoles in seed dispersal and germination of the North African halophyte *Atriplex mollis* under contrasting environments // Botany letters. 2019. Vol. 166, № 4. P. 478–486. DOI: 10.1080/23818107.2019.1652850

Zhang H., Hu M., Ma H., Jiang L., Zhao Z., Ma J., Wang L Differential Responses of dimorphic seeds and seedlings to abiotic stresses in the halophyte *Suaeda salsa* // Frontiers in plant science. 2021. Vol. 12: e630338. DOI: 10.3389/fpls.2021.630338

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-55

Коллекционный фонд сельскохозяйственных культур в Сибирском ботаническом саду

С.А. Сучкова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Сибирский ботанический сад, Томск, Российская Федерация; suchkova.s.a@mail.ru

Аннотация. В статье показана история развития и основные направления научных исследований по плодовым, ягодным, овощным и полевым культурам в Сибирском ботаническом саду Томского государственного университета. Представлен коллекционный фонд и его использование в научно-исследовательской работе и учебной деятельности.

Ключевые слова: плодовые, ягодные, овощные, полевые культуры, коллекционный фонд

Collection fund of agricultural crops in the Siberian Botanical Garden

S.A. Suchkova

National Research Tomsk State University, Siberian Botanical Garden, Tomsk, Russian Federation; suchkova.s.a@mail.ru

Annotation. The article shows the history of development and the main directions of scientific research on fruit, berry, vegetable and field crops in the Siberian Botanical Garden of Tomsk State University. The collection fund and its use in research and educational activities are presented.

Keywords: fruit, berry, vegetable, field crops, collection fund

Первые интродукционные исследования с садовыми культурами в Сибирском ботаническом саду были начаты П.Н. Крыловым в 1885 г. На площади 0,25 га был заложен плодово-ягодный сад, на базе которого началось изучение сортов плодовых и ягодных культур с привлечением местных дикорастущих форм (Садоводство…, 1972).

С 1930 г. велась научно-исследовательская работа в области огородничества. По инициативе дирекции Ботанического сада и договоренности с отделом сортоиспытания ВИРа, а также с западносибирскими опытными учреждениями начаты совместные научные исследования по сортоиспытанию и селекции огородных культур. В Ботаническом саду активно занимались селекцией томата и капусты. И.К. Замараевой под руководством В.П. Чехова был получен гибрид томата 172, который до сих пор возделывается с успехом в любительском овощеводстве. Парниковое хозяйство в те годы достигало 1000 рам (более 90 парников) и участок, отведенный под огород, размещался на площади 5 га. Продукция овощей поступала для удовлетворения нужд студенчества, клиник, коллектива служащих ТГУ и снабжения населения.

Создание экспозиций культурных растений и введению в культуру дикорастущих бобовых положил профессор В.П. Чехов в 1931 г. Расширение экспозиции стало возможно только благодаря предоставлению в 1935 г. территории в 67,4 га в районе пос. Степановка для развития экспериментального хозяйства ботанического сада. Были заложены коллекционные участки плодово-ягодных, зерновых, кормовых и овощных растений. В.П. Чехов занимался изучением и испытанием различных видов злаков, овощных и плодово-ягодных культур сибирской и европейской селекции, чтобы культивировать их в условиях Сибири. Особое внимание он уделял ячменю, овсу, бобовым (горох, чечевица, конские бобы), гречихе, томатам.

С 1937 по 1949 гг. А.Д. Бейкиной проводилась селекционная работа по косточковым культурам (вишня, слива, черемуха и др.) (Сибирский…, 1968).

Накануне Великой Отечественной войны научные сотрудники А.Г. Гончаров и В.А. Савич занимались изучением вопросов садоводства. И.К. Замараева была ответственна за исследования в области сортоизучения и селекции овощных культур. О.Р. Кондюрина изучала вопросы гибридизации отдаленных родителей плодовых культур с помощью Мичуринской методики с целью получения сортов высокого качества, выращенных в открытой форме (Морякина, Малышева, 1980).

В годы войны 1941–1945 гг. на опытном участке под руководством научных сотрудников И.К. Замараевой, С.Н. Рыбаковой и З.А. Борзовой ускоренными темпами закладывались плантации и выращивались лекарственные растения, а сырье сдавали в аптекоуправление и фармзавод.

С 1949 по 1958 гг. руководил отделом культурных растений А.Д. Тяжельников. На изучении находилось 250 сортов плодовых и ягодных культур, а также более 1000 сортообразцов кормовых и овощных культур. А.Д. Тяжельников создал для Сибири ценные сорта яблони, вишни и сливы, разра-

ботал новые методы селекционных работ, оригинальные агротехнические приемы и все эти методы применял в Сибирском ботаническом саду (Сибирский…, 1968, Садоводство…, 1972).

Большой вклад в интродукционное изучение кормовых растений внесла канд. биол. наук С.Н. Рыбакова, которая возглавляла отдел культурных растений с 1967 по 1978 гг. Кроме научных исследований проводилась большая внедренческая работа в сельскохозяйственное производство новых кормовых (кукурузы, кормовых бобов, мальвы, люцерны), плодово-ягодных и овощных культур.

С 1978 по 1983 гг. отделом культурных растений руководила канд. с.-х. наук Г.Д. Михайлова. В этот период проведена большая работа по улучшению и обогащению сортимента ягодных культур. Создана коллекция земляники из 14 видов и более 140 таксонов различного географического происхождения. На основе многолетних исследований, сотрудниками лаборатории выделены более 48 сортов плодовых и ягодных культур в перспективные для массового размножения и внедрения в садоводство Томской области.

В 1983 г. в связи с утверждением структуры ботанического сада отдел культурных растений преобразован в лабораторию интродукции сельскохозяйственных растений. В составе лаборатории несколько секторов: плодово-ягодные, овощные, полевые культуры. С 1983 по 2008 гг. лабораторией руководила Э.Г. Сенина. В этот период, основной упор в исследованиях был направлен на привлечение в коллекционный фонд лаборатории нетрадиционных культур (ежевика, калина, жимолость, рябина, амарант, горец Вейриха, окопник и др.). Разрабатываются зональные технологии возделывания новых и перспективных для внедрения в сельскохозяйственное производство культур. В середине 80-х годов лаборатория явилась инициатором создания товарных садов в Томской области. Сотрудники лаборатории активно занимались работой с населением по повышению культуры выращивания сельскохозяйственных растений. На опытном участке Ботанического сада обучали приемам размножения и выращивания растений. Проводились лектории для населения. Ежегодно организовывались выставки. Материалы, посвященные выращиванию сельскохозяйственных растений, публиковались в областных и районных газетах (Сучкова, 2010).

С 2008 г. лабораторию возглавляет канд. с.-х.наук С.А. Сучкова.

В настоящее время коллекционный фонд сельскохозяйственных культур представлен 1163 таксонами:

– 422 таксонами плодово-ягодных культур в том числе: 57 видов, 329 сортов и гибридов;

– 653 таксоном овощных культур, в том числе: 106 видов, 601 сортов и гибридов;

– 88 таксонами полевых культур, в том числе: 46 видов, 66 сортов.

Основу коллекции плодовых и ягодных культур составляют рр. *Malus* (Яблоня), *Sorbus* (Рябина), *Viburnum* (Калина), *Cerasus* (Вишня), *Fragaria* (Земляника), *Lonicera* (Жимолость), *Ribes* (Смородина), *Rubus* (Малина); овощных культур – рр. *Allium* (Лук), *Solanum* (Томат), *Phaseolus* (Фасоль), *Lamiaceae* (Яснотковые); кормовых культур – рр. *Amaranthus* (Амарант), *Brassica* (Капуста), *Poaceae* (Злаковые).

Основные направления научно-исследовательской работы:

– расширение генофонда культивируемых растений (плодовые, ягодные, овощные, полевые);

– создание и сохранение селекционного фонда плодовых и ягодных культур (жимолость, вишня, калина, ежевика и др.);

– изучение эколого-биологических особенностей и хозяйственно-полезных свойств новых и перспективных культур;

– разработка и совершенствование технологий возделывания и размножения новых культур в условиях открытого и закрытого грунта;

– мониторинг состояния производственных посевов полевых культур и промышленных насаждений плодово-ягодных культур в Томской области.

Сотрудники лаборатории, совместно с другими лабораториями ботанического сада и кафедрой сельскохозяйственной биологии Биологического института ТГУ участвовали в выполнении НИР по заданию Минобрнауки «Разработка научных основ выращивания полезных растений и получения лекарственных и профилактических комплексов на их основе» (2012–2013 гг.), ФЦП «Приоритетные направления» по теме «Разработка научных основ создания экологически безопасной технологии биоконверсии высокодисперсных металлургических отходов клетками растений» (2013 г.), задание Минобрнауки «Особенности продукционного процесса сельскохозяйственных культур в условиях техногенного загрязнения территорий высокодисперсными материалами» (2014–2016 гг.), задание Минобрнауки «Структурно-функциональные особенности редких и хозяйственно ценных растений мировой флоры при интродукции в Западной Сибири» (2017–2019 гг.), государственная поддержка

ведущих университетов Российской Федерации в целях повышения их конкурентной способности среди ведущих мировых научно-образовательных центров (5-100) «Исследование влияния биологически активных веществ на рост и развитие сельскохозяйственных культур» (2017 г.), НИР по договору «Исследования влияния препарата «Билатор» на различные культуры растений» (2019–2020 гг.), госзадание Минобрнауки «Изучение и сохранение биоты Северной Евразии в условиях глобальных климатических изменений» (2020–2024 гг.), НИР «Программа стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» по темам: «Оценка продукционного потенциала сельскохозяйственных культур для карбоновых ферм подтаежной зоны Западной Сибири» (2022–2023 гг.), «Повышение эффективности влияния света разного спектрального состава и магнитных полей на рост и развитие пищевых культур» (2023 г.). Сотрудники лаборатории проводили экспертное исследование выполненных научно-исследовательских работам по заказу Ассоциации инновационного развития АПК Томской области (2021–2024 гг.).

По результатам научных исследований сотрудниками опубликовано более 260 научных работ, из которых 4 монографии, 3 учебно-методических пособия, 3 патента.

Научно-инновационные проекты, внедренные в АПК Томской области:

1. Обследование производственных посевов нетрадиционной масличной культуры – рыжика посевного в Томской области. (Договор с ООО ПКП «Провансаль», 2003–2004 гг.).

2. Оптимизация возделывания зерновых сортов сои и овощных сортов фасоли для условий Томской области. (Государственный контракт на выполнение научно-исследовательских работ для нужд агропромышленного комплекса Томской области, 2009 г.).

3. Разработка технологии промышленного возделывания жимолости в условиях Томской области. (Договор с ООО СП «Северный сад» 2019–2020 гг.).

4. Повышение эффективности агротехнических мероприятий для увеличения урожайности жимолости. (Договор ООО СП «Северный сад», 2024 г.).

На базе лаборатории ведется учебная деятельность по подготовке высококвалифицированных научных специалистов и производственных кадров для нужд АПК всего сибирского региона. Для студентов кафедры сельскохозяйственной биологии Биологического института ТГУ сотрудниками кафедры (С.А. Сучкова, С.И. Михайлова, Т.З. Абзалтденов) разработаны и читаются лекционные курсы (системы земледелия, селекция и сортоиспытание, инновационные технологии в агрономии, кормопроизводство, частное растениеводство, плодоводство, механизация растениеводства), проводятся учебные и производственные практики. Созданы демонстрационные тематические коллекции разных групп сельскохозяйственных растений (плодово-ягодные, овощные и полевые культуры). Сотрудниками лаборатории (С.А. Сучкова, С.И. Михайлова) осуществляется руководство научной деятельностью студентов кафедры сельскохозяйственной биологии Биологического института. Защищено более 70 выпускных работ (бакалаврских, дипломных, магистерских), подготовлен один аспирант. Две дипломные работы по итогам открытого конкурса на лучшую работу студентов удостоены дипломов Министерства образования и науки РФ.

Сотрудники занимаются популяризацией научных знаний через СМИ, публикуя материалы в изданиях Сибирского Федерального Округа. С 2013 г. сотрудничали с Центром «Открытый университет» ТГУ, проводили открытые лекции по садоводству, овощеводству для широких слоев населения, с 2019 г. являлись лекторами социального проекта «Томская академия активного долголетия», «Школы современного садоводства». С 2022 г. в Томском институте переподготовки кадров и агробизнеса читают лекции по сельскохозяйственным культурам для специалистов АПК, фермеров, учителей, студентов, садоводов-любителей.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2024-0006).

ЛИТЕРАТУРА

Садоводство таежной зоны Западной Сибири. Томск : Изд-во ТГУ, 1972. 476 с.

Сибирский ботанический сад. Томск : Изд-во ТГУ, 1968. С. 138–158.

Морякина В.А., Малышева Р.М. Сибирский ботанический сад: к 100-летию Томского университета // Бюллетень Сибирского ботанического сада. 1980. Вып. 12. С. 3–14.

Сучкова С.А. Интродукция сельскохозяйственных культур в Сибирском ботаническом саду // Труды Томского государственного университета. Т. 274. Сер. биол.: Ботанические сады. Проблемы интродукции. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2010. С. 370–372.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-56

Видовое разнообразие напочвенных лишайников на молодых моренах ледника плоских вершин Водопадный (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай)

Е.Е. Тимошок[1], В.В. Конева[2], Е.Н. Тимошок[1]

[1] *Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск; timoshokee@mail.ru*
[2] *Национальный исследовательский Томский государственный университет; collema@mail.ru*

Аннотация. На основе многолетних исследований на молодых моренах ледника плоских вершин Водопадный, расположенных в верхней части горно-тундрового пояса Северо-Чуйского хребта (3010–3070 м над ур. м.), выявлено видовое разнообразие напочвенных лишайников. Установлено, что на молодых моренах встречается 31 вид из 17 родов и 11 семейств. Наиболее крупное семейство Parmeliaceae включает 5 родов и 9 видов; на втором месте семейство Peltigeraceae – 2 рода, 7 видов. Остальные семейства представлены 1–3 видами. Наиболее крупные роды Peltigera (6 видов) и Cetraria (4 вида). В экологических условиях верхней части горно-тундрового пояса Северо-Чуйского хребта видовое разнообразие и значение напочвенных лишайников в формировании первичного растительного покрова молодых морен, возрастает по мере удаления участков от современного языка ледника.

Ключевые слова: напочвенные лишайники, ледники, молодые морены, видовое разнообразие, Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай

Species diversity of terricolous lichens on young moraines of the flat summits Vodopadny Glacier (North Chuya Range, the Central Altai)

E.E. Timoshok[1], B.B. Koneva[2], E.N. Timoshok[1]

[1] *Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the SB RAS; Tomsk, Russian Federation; timoshokee@mail.ru*
[2] *National Research Tomsk State University, Томск, collema@mail.ru*

Abstract. Based on long-term research on young moraines of the flat summits Vodopadny (Waterfall) glacier, located in the upper part of the mountain-tundra belt of the North Chuya Range (3010-3070 m above sea level), the species diversity of ground-dwelling lichens has been identified. It has been established that 31 species from 17 genera and 11 families occur on the young moraines. The largest family, Parmeliaceae, includes five genera and nine species; the second largest is the family Peltigeraceae, with two genera and seven species. The remaining families are represented by one to three species each. The largest genera are Peltigera (6 species) and Cetraria (4 species). Under the ecological conditions of the upper mountain-tundra belt of the North Chuya Range, the species diversity and significance of ground-dwelling lichens in forming the primary plant cover on young moraines increase with the distance of the sites from the contemporary glacier terminus.

Keywords: ground-dwelling lichens, glaciers, young moraines, species diversity, North Chuya Ridge, Central Altai

В современный период глобального потепления климата ледники отступают во всех горных системах мира (Barry, 2006), в том числе, и в Алтайской горной стране (Тронов, 1949, 1966, Торопов и др., 2020), оставляя за собой моренные комплексы, сложенные переработанными ледниками горными породами.

Центральный Алтай – наиболее высокая часть Горного Алтая, где в трех главных узлах – Северо-Чуйском, Катунском, Южно-Чуйском – сосредоточено более 80 % всех ледников Русского Алтая (Тронов, 1966). В Северо-Чуйском центре оледенение достигает наибольшего развития в горном узле Биш-Иирду, в восточной части которого расположен горно-ледниковый бассейн Актру (N 50°05′, E 87°45′).

Ледник плоских вершин Водопадный, являющийся частью ледниковой системы Купол, расположен на основном водоразделе Северо-Чуйского хребта, имеет северную экспозицию и спускается до высоты 3070 м над ур. м. Обращенный в сторону долины р. Актру, он граничит с левой стороны с ледником Кар Малый Актру, с правой – с ледником Левый Тетё (Ревякин, 1964, Ледники Актру, 1987).

Молодые морены ледника Водопадный расположены на пологом склоне северной экспозиции основного водораздела Северо-Чуйского хребта на абсолютных высотах 3010–3070 м в верхней части горно-тундрового пояса в окружении полигональных, каменистых и мохово-лишайниковых тундр. Многолетние наблюдения гляциологов Томского государственного университета, показывают, что расстояние, на которое отступил ледник Водопадный с середины XIX в. составляет около 500 м (Ревякин, 1964, Нарожный, 2001; Нарожный, Никитин, 2003, Самойлова и др., 2015). Моренные отложения ледника Водопадный представлены продуктами физического выветривания и переотложениями коренных пород: серицито-хлоритовых сланцев, филлитов, кварцитов (Ледники Актру, 1987); они содержат щебень и небольшое количество мелкозема, который включает карбонаты; в грубообломочном материале они отсутствуют (Давыдов, Тимошок, 2010). Освободившаяся ото льда территория выположена, здесь преобладает грядовый и мелко-холмистый моренный рельеф. Небольшие гряды и валы моренных отложений ориентированы перпендикулярно направлению отступания ледника. Они

имеют более крутые склоны, обращенные к леднику. В непосредственной близости от ледника выражен мелко-холмистый рельеф. Большая часть молодых морен сложена щебнем, мелкоземом с отдельными выходами крупных камней. Вдоль главного, вытекающего из-под ледника ручья морены сложены крупнокаменистым обломочным материалом с большим количеством глыб.

Климатические наблюдения на высоте 3050 м над ур. м., в горно-тундровом поясе Северо-Чуйского хребта (близ ледника Учитель), свидетельствуют о суровых условиях высокогорий (Ледники Актру, 1987; Севастьянов, 1998). Значительная облачность, частые летние снегопады, длительное залегание снежного покрова, обусловливают более высокие суммы рассеянной солнечной радиации. Здесь отмечена максимальная для горно-ледникового бассейна Актру суммарная солнечная радиация (1261,5 Вт/м^2). Средняя годовая температура – 9,2 °С; температура воздуха летних месяцев очень низка и составляет +3,5 °С; средняя температура июня +3 °С, июля +4 °С, августа +4,9 °С. Безморозный период отсутствует, летние осадки, в большинстве своем, выпадают в виде снега.

Изучение видового разнообразия напочвенных лишайников проводились нами на молодых моренах ледника плоских вершин Водопадный в 2003, 2004 и 2022 гг. На территории, освободившейся ото льда с середины XIX в. до наших дней было собрано около 130 образцов.

На первом этапе наших исследований (Тимошок и др., 2008), на молодых моренах ледника Водопадный было отмечено 16 видов напочвенных лишайников из 10 родов: *Alectoria* (*A. nigricans, A. ochroleuca*), *Cetraria* (*C. ericetorum, C. odontella*), *Cladonia* (*C. pocillum*), *Flavocetraria* (*F. cuculata, F. nivalis*), *Peltigera* (*P. didactyla, P. polydactyla, P. scabrosa*), *Physconia* (*Ph. muscigena*), *Stereocaulon* (*S. alpinum, S. paschale*), *Thamnolia* (*T. vermicularis*), *Vulpicida* (*V. tilesii*), *Umbilicaria* (*U. virginis*).

Тщательный анализ гербарных образцов позволил уточнить и расширить наши знания о разнообразии напочвенных лишайников на молодых моренах этого ледника. В настоящее время в наш список включен 31 вид из 17 родов и 11 семейств (таблица).

Видовое разнообразие напочвенных лишайников на молодых моренах ледника плоских вершин Водопадный (Северо-Чуйский хребет)

Семейство	Род	Вид
Cladoniaceae	*Cladonia*	*C. gracilis* (L.) Willd.
		C. pocillum (Ach.) Grognot
		C. pyxidata (L.) Hoffm.
Icmadophilaceae	*Thamnolia*	*T. vermicularis* (Sw.) Schaer.
Parmeliaceae	*Alectoria*	*A. nigricans* (Ach.) Nyl.
		A. ochroleuca (Schrank) Nyl.
	Cetraria	*C. islandica* (L.) Ach.
		C. laevigata Rass.
		C. madreporiformis (Ach.) Müll. Arg.
		C. odontella (Ach.) Ach.
	Foveolaria	*F. nivalis* (L.) Chesnokov, Prokopiev, Konoreva & Davydov
	Nephromopsis	*N. cucullata* (Bellardi) Divakar, A. Crespo & Lumbsch
	Vulpicida	*V. tilesii* (Ach.) J.-E. Mattsson & M.J. Lai
Peltigeraceae	*Peltigera*	*P. didactyla* (With.) J.R. Laundon
		P. lepidophora (Vain.) Bitter
		P. polydactylon (Neck.) Hoffm.
		P. rufescens (Weiss) Humb.
		P. scabrosa Th. Fr.
		P. venosa (L.) Hoffm.
	Solorina	*S. bispora* Nyl.
Physciaceae	*Physconia*	*P. muscigena* (Ach.) Poelt
Ramalinaceae	*Toniniopsis*	*T. bagliettoana* (A. Massal. & De Not.) Kistenich & Timdal
Stereocaulaceae	*Stereocaulon*	*S. alpinum* Laurer
		S. paschale (L.) Hoffm.
Teloschistaceae	*Caloplaca*	*C. cerina* (Hedw.) Th. Fr.
Trapeliaceae	*Trapeliopsis*	*T. wallrothii* (Flörke ex Spreng.) Hertel & Gotth. Schneid.
	Parvoplaca	*P. tiroliensis* (Zahlbr.) Arup, Søchting & Frödén
Umbilicariaceae	*Umbilicaria*	*U. virginis* Schaer.
Vahliellaceae	*Vahliella*	*V. leucophaea* (Vahl) P.M. Jørg.

Примечание. Объем семейств и родов и номенклатура таксонов соответствуют Index Fungorum (по состоянию на 2025 г.).

Наиболее крупное семейство Parmeliaceae, включающее пять родов и девять видов (29 % от общего разнообразия лишайников). На втором месте семейство Peltigeraceae – 2 рода, 7 видов. Остальные семейства представлены 1–3 видами. Наиболее крупные роды *Peltigera* (6 видов) и *Cetraria* (4 вида).

Следует отметить, что на молодых моренах ледника плоских вершин Водопадный, расположенных в верхней части горно-тундрового пояса Северо-Чуйского хребта, видовое разнообразие и значение напочвенных лишайников в формировании первичного растительного покрова возрастает по мере удаления участков морен от современного языка ледника. Наиболее активными видами, которые даже замечены в вытеснении мохообразных, являются *Cladonia pocillum, C. pyxidata*, *Physconia muscigena* и виды рода *Peltigera*. Присутствие аркто-альпийских видов (Седельникова, 2017) – *Alectoria nigricans, A. ochroleuca, Foveolaria nivalis, Nephromopsis cucullata, Stereocaulon alpinum, S. paschale, Thamnolia vermicularis, Umbilicaria virginis, Vulpicida tilesii,* является типичным для высокогорий Северо-Чуйского хребта.

Как показывает анализ зарубежной литературы, данные по видовому разнообразию напочвенных лишайников на форлендах ледников Европы (Альпы) и Северной Америки (Скалистые горы) приводятся крайне редко. Так W. Ludi (1945) для форленда Большого Алечского ледника (Швейцарские Альпы) привел 7 видов напочвенных лишайников; A. Persson (1964), для форленда ледника Скафатафеллсйокуль (Исландия) – 7 видов; A. Stork (1963) для трех близко расположенных форлендов горы Кебнекайсе (Северная Швеция) – 17 видов и H.J.B. Birks, работавший на форленде ледника Клутлан (плато Юкон, Канада) – 9 видов. Таким образом, разнообразие напочвенных лишайников на молодой морене ледника Водопадный в 2–4 раза выше, чем в других регионах.

ЛИТЕРАТУРА

Давыдов В.В., Тимошок Е.Е. Формирование почв на молодых моренах в бассейне Актру (Центральный Алтай, Северо-Чуйский хребет) // Сиб. экол. журн. 2010. № 3. С. 505–514. DOI:10.1114/S1995425510030161

Ледники Актру (Алтай). Ленинград : Гидрометеоиздат, 1987. 120 с.

Нарожный Ю.К. Ресурсная оценка и тенденции изменения ледникового баланса Алтая за последние 150 лет // Материалы гляциологических исследований. 2001. Вып. 90. С. 117–125.

Нарожный Ю.К., Никитин С.А. Современное оледенение Алтая на рубеже XXI века // Материалы гляциологических исследований. 2003. Вып. 95. С. 93–102.

Ревякин В.С. О ледниках плоских вершин в Северо-Чуйских Альпах // Гляциология Алтая. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1964. Вып. 3. С. 78–84.

Самойлова С.Ю, Шевченко А.А., Дьяченко А.В., Коломейцев А.А. Колебания ледников Томич и Водопадный (Алтай) во второй половине XX – начале XXI в. // Лед и Снег. 2015. Т. 55, № 3. С. 47–54

Севастьянов В.В. Климат высокогорных районов Алтая и Саян. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1998. 201 с.

Седельникова Н.В. Видовое разнообразие лихенобиоты Западной Сибири и оценка участия видов лишайников в основных её горных и равнинных фитоценозах. Новосибирск : Академ. изд-во «Гео», 2017. 612 с.

Тимошок Е.Е., Нарожный Ю.К., Диркс М.Н., Скроходов С.Н. Березов А.А. Динамика ледников и формирование растительности на молодых моренах Центрального Алтая. Томск : Изд-во НТЛ, 2008. 208 с.

Торопов П.А., Алешина М.А., Носенко Г.А., Хромова Т.Е., Никитин С.А. Современная деградация Горного оледенения Алтая, ее последствия и возможные причины // Метеорология и гидрология. 2020. № 5. С. 118–130.

Тронов М.В. Очерки оледенения Алтая. М. : Географгиз, 1949. 276 с.

Тронов М.В. Ледники и климат. Л. : Гидрометиздат, 1966. 408 с.

Barry R.G. The status of research on glaciers and global glacier recession: a review // Progress in Physical geography. 2006. Vol. 30, № 3. P. 285–306

Birks H.J.B. The Present Flora and Vegetation of the Moraines of the Klutlan Glacier, Yukon Territory, Canada: A Study in Plant Succession' // Quaternary research. 1980. № 14. P. 60–86

Index Fungorum. URL: http://www.indexfungorum.org/ (дата обращения: 31.07.2025).

Ludi W. Besiedlung und Vegetationsentwicklung auf den jungen Seitenmoränen des Grossen Aletschgletschers // Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel. Zurich : Geobotanische Forschungsinstitut Rübel, 1945. P. 35–112.

Persson A. The vegetation at the margin of the receding glacier Skaftafellsjokull, Southern Iceland // Botaniska Notiser. 1964. Vol 117, № 4. P. 323–354.

Stork A. Plant Immigration in front of Retreating Glaciers, with Examples from the Kebnekajse Area, Northern Sweden // Geografiska Annaler. 1963. Vol. 45, № 1. P. 1–22

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-57

Изменение морфометрических показателей *Calendulae officinalis* L. в условиях загрязнения почвы ионами меди

О.В. Фрунзе

Донецкий государственный университет, Донецк, Российская Федерация; hromyh82@mail.ru

Аннотация. Изучали изменение длины корня и стебля, накопление сырой и сухой массы проростков *Calendula officinalis* L. в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами меди. Выяснили, что загрязнение почвы ионами меди оказывает негативное влияние на ростовые процессы корней и стебля проростков *Calendula officinalis* L. Внесение в почву ионов меди всех концентраций оказывает угнетающий эффект на накопление сырой и сухой массы проростков, с увеличением концентрации поллютанта токсический эффект усиливается.

Ключевые слова: *Calendula officinalis* L., медь, морфометрические показатели

Changes in morphometric parameters of *Calendula officinalis* L. under conditions of soil contamination with copper ions

O.V. Frunze

Donetsk State University, Donetsk, Russian Federation; hromyh82@mail.ru

Abstract. The changes in the length of the root and stem, the accumulation of wet and dry mass of seedlings of *Calendula officinalis* L. were studied in conditions of controlled contamination of the soil with copper ions. It was found that soil contamination with copper ions has a negative effect on the growth processes of the roots and stems of seedlings of *Calendula officinalis* L. The introduction of copper ions of all concentrations into the soil has a depressing effect on the accumulation of raw and dry mass of seedlings, with increasing concentration, the toxic effect of the pollutant increases.

Keywords: Calendula officinalis L., copper, morphometric indicators

Загрязнение биосферы тяжелыми металлами является серьёзной экологической проблемой, вызывающей озабоченность учёных-экологов всего мира. Снижение содержания тяжелых металлов в почвах до экологически приемлемых пределов экономически эффективным, легкодоступным и безвредным для окружающей среды методом фиторемедиации становится все более актуальным. Для фиторемедиации необходим подбор растений, устойчивых к загрязнению почвы тяжелыми металлами с высокой способностью накапливать биомассу в условиях металлопрессинга [1–3].

Медь в небольших концентрациях является важным микроэлементом для растений и входит в большое количество ферментов, связанных с дыханием и фотосинтезом. Однако, при высоких концентрациях ионы меди могу оказывать токсичное влияние на растения, угнетая ростовые и физиологические процессы [4]. Поэтому целью исследования было изучить изменение длины корня и стебля, накопление сырой и сухой массы проростками календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.) в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами меди.

Анализ влияния загрязнения почвы ионами меди на проростки проводился по схеме полного однофакторного пятиуровневого эксперимента. В качестве загрязнителя использовался сульфат меди в стехиометрическом соотношении. Уровни концентрации меди были следующими: 0, 0,5 ПДК, 1 ПДК, 1,5 ПДК, 2 ПДК. Семена растений проращивали в соответствии с их биологическими характеристиками. Процесс выращивания продолжался в течение 30 дней при длительности светового дня 14 часов, температуре 20–22 °С и влажности почвы около 70 % от полной влажности. В каждый сосуд добавлялось 350 г почвы, просеянной через почвенное сито с диаметром отверстий 3 мм, куда заранее вносился сульфат меди в соответствии со схемой эксперимента. При снятии результатов измеряли длину надземной части, длину корней проростков, сырую и сухую массу. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием специально разработанных программ по методу Даннета.

Проведенные исследования показали, что разные виды растений неоднозначно реагируют на загрязнение почвы медью в разных концентрациях. Ионы меди в незначительном количестве не представляют угрозы для живых организмов, однако, при избыточном содержании, они могут оказывать токсичный эффект на биоту почвы и растения (рис. 1).

Исследования показали, что превышение предельно допустимых концентраций ионов Cu^{2+} в почве для *Calendula officinalis*, оказывает негативное воздействие на ростовые процессы проростков. Это приводит к угнетению жизнедеятельности и последующей гибели растения, что подчеркивает

важность контроля за уровнем загрязнения почвы ионами меди для поддержания нормального роста и развития растений.

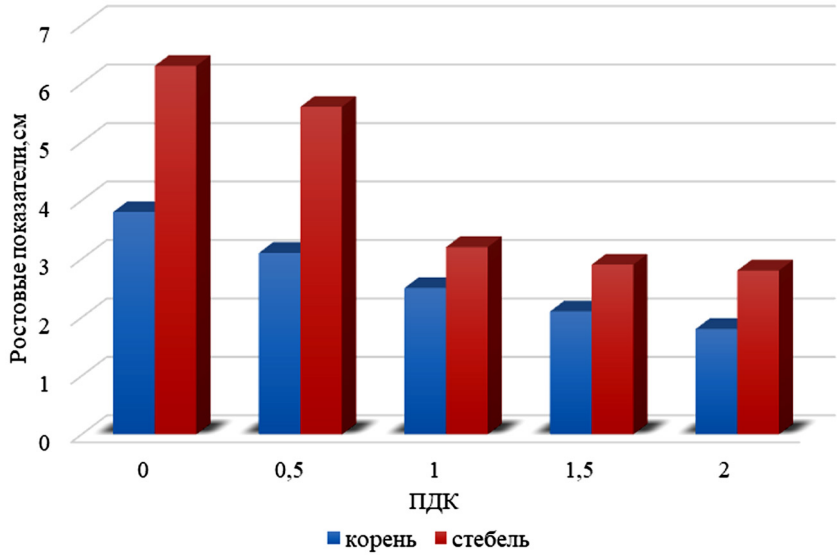


Рис. 1. Влияние загрязнения почвы ионами меди на ростовые показатели проростков *Calendula officinalis*

При внесении в почву меди в концентрации 0,5 ПДК, наблюдалось уменьшение длины корней проростков *C. officinalis* на 6 %, однако данные изменения были статистически недостоверными. С увеличением концентрации токсиканта до 1 ПДК, было зафиксировано статистически значимое уменьшение ростовых показателей корня на 12 %. Максимальный токсический эффект был обнаружен при добавлении в почву 1,5 и 2 ПДК меди, при котором длина корня проростков уменьшилась на 15–20 % по сравнению с контрольными значениями. При данных условиях мы также визуально наблюдали угнетение ростовых процессов проростков, которое выражалось в торможении роста корней и стебля, уменьшении площади листовой пластинки (рис. 2).

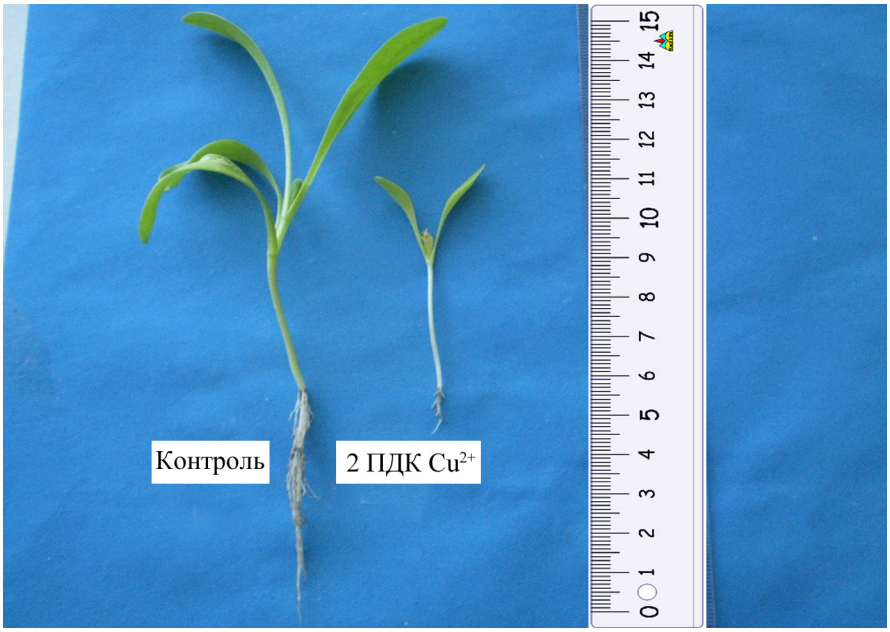


Рис. 2. Реакция проростков *Calendula officinalis* на избыток в почве ионов меди

В ходе эксперимента обнаружено, что при внесении в почву ионов меди в концентрации 0,5 предельно допустимой концентрации, наблюдалось уменьшение длины стебля исследуемых проростков на 7 %. При последующем увеличении концентрации токсического вещества до 1 ПДК замечено значительное снижение показателей роста на 29 %. Наиболее выраженный токсический эффект был

зафиксирован при внесении в почву 1,5 и 2 ПДК, при которых длина стебля проростков уменьшилась на 35–38 % по сравнению с контрольными значениями.

В результате исследования было выявлено, что визуальные признаки угнетения роста *Calendula officinalis* проявлялись в форме некроза листьев. Это приводило к сокращению площади листовой поверхности и замедлению развития надземной части растений.

Стоит подчеркнуть, что внесение в почву ионов меди всех концентраций угнетает накопление сырой и сухой биомассы проростками *C. officinalis* (таблица). При концентрации ионов меди в 0,5 ПДК проявлялась тенденция к снижению аккумуляции сырой массы проростками на 7 % в сравнении с контрольными значениями. При внесении в почву ионов меди в концентрации 1 ПДК сырая масса проростков уменьшалась на 15 %. При добавлении в почву металла в концентрации 1,5 ПДК, сырая масса проростков уменьшилась почти в 3 раза от контроля, а при дальнейшем увеличении концентрации токсиканта до 2 ПДК сырая биомасса уменьшалась в 5,7 раз по сравнению с контрольным значением.

Влияние на аккумуляцию сухой биомассы проростками *C. officinalis* даже при незначительных концентрациях меди в почве (0,5 ПДК) является отрицательным, что подтверждается снижением сухой массы проростками на 17 %.

При внесении в почву ионов меди в концентрации 1 ПДК сухая масса проростков уменьшалось на 24 %. Наибольшее отрицательное воздействие наблюдалось при увеличении концентрации токсиканта до 2 ПДК, при этом сухая биомасса снижалась почти в 2 раза, по сравнению с контрольным значением.

Накопление биомассы проростками *C. officinalis*

№ варианта	Масса 1 проростка, г					
	Сырая			Сухая		
	$M \pm m$	D	$D^{\%}$	$M \pm m$	D	D^{D}
1	0,702 ± 0,10	–	–	0,042 ± 0,07	–	–
2	0,655 ± 0,09	–0,05	93,30	0,035 ± 0,07	–0,007	83,33
3	0,552 ± 0,09	–0,15	78,63	0,032 ± 0,06	–0,01	76,19
4	0,232 ± 0,07	–0,47	33,05	0,021 ± 0,05	–0,021	50
5	0,122 ± 0,07	–0,58	17,38	0,022 ± 0,05	–0,02	52,38

Примечание. D – разница между средними; $D^{\%}$ – % от контроля.

Таким образом, загрязнение почвы соединениями меди оказывает негативное влияние на ростовые процессы корней и стебля проростков *Calendula officinalis*. Внесение в почву ионов меди всех концентраций оказывает угнетающий эффект на накопление сырой и сухой массы проростками *C. officinalis*, с увеличением концентрации токсический эффект поллютанта увеличивается. Поскольку проростки *C. officinalis* проявили высокую степень чувствительности к загрязнению почвы ионами меди, мы не можем рекомендовать данный вид для технологии фиторемедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами. Необходимы дальнейшие исследования данного вопроса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванищев В.В.* Биоаккумуляция, гомеостаз и токсичность меди в растениях // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2020. № 1. С. 33–41.
2. *Фрунзе О.В.* Сорбционная способность декоративных травянистых растений в условиях загрязнения почвы ионами хрома // Экосистемы. 2023. № 33. С. 152–159.
3. *Фрунзе О.В.* Изменение ростовых показателей некоторых видов газонных трав в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами свинца // Вестник ДонНУ. Сер. А: Естественные науки. 2023. № 4. С. 106–114.
4. *Miotto A.* Copper uptake, accumulation and physiological changes in adult grapevines in response to excess copper in soil // Plant Soil. 2014. Vol. 374. P. 593–610.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-58

Анализ видов рода *Ferula* L., хранящихся в гербарном фонде Самаркандского государственного университета

М.А. Хасанов, И.У. Мукумов, М.Х. Мамадаминов

Самаркандский государственный университет им. Шарофа Рашидова, Самарканд, Узбекистан; xasanovm77@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты инвентаризации гербарных образцов, относящихся к роду *Ferula* L., хранящихся в гербарном фонде СамГУ. В фонде сохраняется более 110 гербарных экземпляров, относящихся примерно к 20 видам этого рода. Сформирована база данных гербарных образцов, в которой указаны годы сбора, ботанико-географические районы распространения и основные коллекторы. Проводятся работы по пополнению коллекции новыми материалами по группе высших растений.

Ключевые слова: гербарный фонд СамГУ, хранение, инвентаризация, гербарный образец, род *Ferula*

Analysis of species of the genus *Ferula* L. stored in the herbarium fund of the Samarkand State University

M.A. Khasanov, I.U. Mukumov, M.Kh. Mamadaminov

Samarkand State University named after Sharof Rashidov, Samarkand, Repudlic of Uzbekistan; xasanovm77@mail.ru

Abstract. The article presents the results of an inventory of herbarium specimens belonging to the genus *Ferula* L., preserved in the herbarium collection of Samarkand State University (SamSU). The collection holds more than 110 herbarium specimens representing approximately 20 species of this genus. A database of the herbarium specimens has been created, indicating the years of collection, botanical and geographical regions of distribution, and the main collectors. The current herbarium fund is undergoing expansion with new materials related to the group of higher plants.

Keywords: SamSU herbarium collection, preservation, inventory, herbarium specimen, genus *Ferula*

Гербарий – это коллекция растений, собранных и высушенных по специальным методикам для определённых целей (проведение исследований в области флоры, систематики, геоботаники, географии). Согласно данным *Index Herbariorum*, в мире насчитывается 3 522 активных гербария, в которых хранится 397 598 253 образца (Antonelli, 2020; Турдибоев, 2022).

Бурное развитие компьютерных технологий, появление цифровых фотокамер, сканеров и электронных устройств хранения способствует решению ряда проблем. Электронные копии позволяют предотвратить безвозвратную утрату коллекций в случае различных чрезвычайных ситуаций. Электронная систематизация и обобщение гербарных материалов служит важным источником в решении широкого круга задач в области таксономии, флористики, филогении, ресурсного ботанического изучения и экологии (Баландин и др., 2001).

Известно, что Институт ботаники в г. Ташкент располагает Национальным гербарием Узбекистана (TASH), который на сегодняшний день содержит более 1,5 млн гербарных образцов и является крупнейшей гербарной коллекцией по видам растений Средней Азии. Данная коллекция имеет важное значение для изучения растительного разнообразия Узбекистана и прилегающих территорий, а также для создания цифровой базы данных (Tojibaev, 2014).

Следующим по значимости в Республике Узбекистан считается гербарная коллекция Самаркандского государственного университета имени Шарофа Рашидова (СамГУ). История данной коллекции начинается с 1927 г., когда кафедру ботаники основал первый ректор университета профессор Н.А. Меркулович. В формировании гербарного фонда основными коллекторами были Н.А. Меркулович, К.З. Закиров, М.Г. Попов, Е.И. Проскоряков, О.Ф. Газе, Г.А. Сергеева, Г.С. Чугаева, Х. Эшонкулов, М. Ахмедов, И. Тошпулатов, Г. Шодиев, Р.Ф. Файзиев, В. Романенко, Х.М. Халимов и другие учёные, собиравшие гербарные материалы по территории нашей республики и соседних государств. Данный гербарный фонд является национальным достоянием Узбекистана. Гербарный фонд пополнялся на основе материалов, собранных во время различных экспедиций с начала XX в. Особенно большое количество гербарных образцов было собрано из Зеравшанской долины. Материалы, собранные в этот период профессором Н.А. Меркуловичем, академиком К.З. Закировым и профессором М.Г. Поповым, составляют основу гербарного фонда (Хайдаров и др., 2014, 2015).

Гербарная коллекция СамГУ насчитывает 20 тыс. гербарных образцов, из которых 16 тыс. являются научными материалами, а 4 тыс. – учебно-методическими. В коллекции представлены растения из 145 семейств, 644 родов и 2150 видов. Коллекция систематизирована по системе Энглера. Как

уникальный научный объект, гербарный фонд служит основой для составления флористических, географических и хронологических каталогов по семействам и родам. Каталог включает флористическую и хронологическую информацию, что способствует повышению эффективности проводимых научных исследований на базе гербарного фонда. В будущем фонд будет служить уникальным научным объектом для проведения научных исследований по таким направлениям ботаники, как флористика, систематика, география и экология растений.

Гербарные образцы, относящиеся к государствам СНГ, были собраны посредством гербарного обмена. Например, обмены осуществлялись с фондом Гербария имени П.Н. Крылова Томского государственного университета, гербарием имени И.И. Спрыгина Пензенского государственного университета, Государственным педагогическим институтом в г. Вологда, Барабинской опытной станцией, а также через В.И. Запрягаева с гербарием Института ботаники Таджикистана и другими учреждениями.

Создание электронного каталога гербарных образцов, хранящихся в гербарном фонде СамГУ, составление на их основе карт в геоинформационной системе (ГИС), отражающих распространение видов, анализ распределения образцов по ботанико-географическим округам Узбекистана, определение основных коллекторов, редких и занесённых в Красную книгу видов – всё это служит важной научной основой для масштабного изучения природной флоры Узбекистана, в частности, для подготовки новых изданий «Флоры Узбекистана» и создания соответствующей базы данных.

В 2022 г. для гербарного фонда СамГУ было построено отдельное современное здание, и установлены специальные стандартные шкафы для хранения коллекции.

В настоящее время гербарный фонд пополняется материалами, собранными во время экспедиций по территории Узбекистана, а также материалами, собранными научными сотрудниками кафедры. Кроме того, коллекция пополняется образцами, относящимися к отделу мхов (Bryophyta), а также гербарными экземплярами, относящимися к отделу лишайников (Lichenes). Параллельно ведётся сбор микологических и палинологических коллекций.

Для научного гербария создаётся электронный каталог, в котором, наряду со стандартной информацией о каждом гербарном образце, сохраняются сведения о его текущем состоянии.

Объектом исследования для настоящей статьи являются род *Ferula* L. и его виды, хранящиеся в гербарном фонде СамГУ. Для определения гербарных образцов использовались следующие источники: шеститомная «Флора Узбекистана» (1941–1962), одиннадцатитомный «Определитель растений Средней Азии» (1963–2015), «Кадастр флоры Узбекистана: Самаркандская область» (2018) и другие определители и руководства. Ботанико-географический анализ гербарных образцов проводился в соответствии со схемой ботанико-географического районирования флоры Узбекистана, предложенной академиком К.Ш. Тожибаевым (2016). Названия видов и таксонов приведены в соответствии с базами данных POWO (Plants of the World Online, 2023) и IPNI (International Plant Names Index, 2023).

В мире насчитывается около 210 видов рода *Ferula* L., из них 106 видов встречаются в республиках Средней Азии, а 48 видов – на территории Узбекистана. В гербарном фонде СамГУ хранятся сотни образцов, относящихся к представителям рода *Ferula* L. Эти гербарные образцы собраны как с территории нашей республики, так и из соседних регионов.

По результатам анализа гербарных образцов установлено, что наибольшее их количество приходится на следующие виды: *Ferula samarkandica* Korovin – 22 образца, *F. ovina* Boiss. – 23, *F. kokanica* Regel et Schmalh. – 18, *F. kuhistanica* Korovin – 14, а также другие виды, которые занимают значительное место в коллекции (таблица).

Наибольшее число гербарных образцов по видам рода *Ferula* L. в коллекции Самаркандского государственного университета

Вид	Количество герб. образцов	Вид	Количество герб. образцов
Ferula foetida (Bunge) Regel	2	*F. tenuisecta* Korovin	3
F. kuhistanica Korovin	14	*F. ugamica* Korovin	1
F. diversivittata Regel & Schmalh.	5	*F. nuratavica* Pimenov (*F. fedtchenkoiana*)	3
F. ovczinnikovii Pimenov	3	*F. tschimganica* Lipsky ex Korovin	3
F. penninervis Regel & Schmalh.	4	*F. kokanica* Regel & Schmalh.	18
F. karatavica Regel & Schmalh.	4	*F. samarkandica* Korovin	22
F. jaeskeana C.B. Clarke	6	*F. ovina* Boiss.	23
F. litwinowiana Koso-Pol.	2	*F. fedtchenkoana* Koso-Pol.	2
F. karelinii Bunge	2	*F. sumbul* (Kaufm.) Hook	2
F. pallida Korovin	3		

В ходе анализа коллекции по роду *Ferula* установлено, что наиболее продуктивными годами по сбору видов рода являются 1927–1941 гг., когда было собрано более 100 образцов. Самые первые гербарные экземпляры этого рода относятся к видам *F. karelini* Bunge и *F. litwinowiana* Koso-Pol., собранным в 1924 г. в ходе экспедиции, организованной Н. Меркуловичем, Щербаковым и Андросовым в Мервском уезде Туркменской области (местность Уч-Аджар) (рисунок).

При ботанико-географическом анализе гербарных образцов данного рода особенно выделяются такие районы, как Ургут, Нурата, Джизак, Гиссар и верховья Зеравшанского хребта.

Ежегодно гербарный фонд пополняется новыми образцами, собранными научными сотрудниками кафедры во время научных поездок и летних полевых практик, а также в процессе научной деятельности магистрантов. Организуются экспедиции в малоизученные районы Самаркандской области, откуда также привозятся новые гербарные материалы.

Гербарные образцы, хранящиеся в коллекции Самаркандского государственного университета

Гербарные материалы используются в учебном процессе согласно расписанию занятий, а также как наглядные пособия в ходе педагогической практики студентов в общеобразовательных школах. Преподаватели кафедры ботаники используют гербарные материалы на лекциях, практических и лабораторных занятиях, спецкурсах и полевых практиках в рамках учебного плана. Кроме того, гербарный фонд служит научной базой для проведения научно-исследовательских работ преподавателями, научными сотрудниками, докторантами, магистрантами и студентами бакалавриата.

Рост количественных и качественных показателей гербарного фонда способствует активному развитию многосторонних научных исследований. Обогащение гербарного фонда СамГУ гербарными образцами видов рода *Ferula* L., относящихся к семейству Зонтичные (Apiaceae), а также организация целенаправленных полевых исследований по выявлению новых популяций видов являются актуальными задачами. Целесообразно вести регулярные наблюдения в ботанико-географических районах с высоким видовым разнообразием – Ургут, Нурата, Средний Зеравшан, Зирабулок – Зиёуддин, Карши – Карнабчуль.

В рамках целенаправленных полевых исследований сбор новых гербарных образцов редких видов позволит более полно описать современные ареалы и экологические ниши родов и семейств. В настоящее время ведутся работы по созданию информационно-электронной базы данных гербарных сведений.

ЛИТЕРАТУРА

Баландин С.А., Майоров С.Р., Симонов С.С., Соколов Д.Д. Роли цифровых гербариев в современной систематике и номенклатуре растений // Журн. общ. биологии. 2001. Т. 62, № 3. С. 263–269.

Определитель растений Средней Азии. Критический конспект флоры : в 11 т. Ташкент : Фан, 1968–2016.

Тожибаев К.Ш., Бешко Н.Ю., Попов В.А. Ботанико-географического районирование Узбекистана // Бот. журн. 2016. Т. 101, № 10. С. 1105–1130.

Турдибоев О.А., Хасанов Ф.Ў. Ўзбекистон миллий гербарийси (TASH): тарихи, ҳозирги ҳолати ва ривожланиш истиқболлари // Ёш олимлар ахборотномаси илмий журнали. 2022. № 2 (4), С. 148–153.

Флора Узбекистана : в 6 т. Ташкент : изд-во АН УзССР, 1941–1963.

Хайдаров Х.К., Умурзакова З.И., Норкулов М.М. История и перспективы развития гербарной коллекции Самаркандского государственного университета // Ботанические коллекции – национальное достояние России : Всерос. (с междунар. участием) науч. конф., посвящ. 120-летию Гербария имени И.И. Спрыгина и 100-летию Русского ботанического общества. Пенза : Изд-во ПГУ, 2015. 106 с.

Хайдаров Х.К., Тошпулатов Й., Жалов Х.Х. Создание электронной базы данных гербария Самаркандского госуниверситета // Ботаника соҳасидаги илмий-амалий ютуқлар ва долзарб муаммолар илмий амал. конф. материаллари. СамДУ, Самарқанд. 2014. С. 22–23 б.

Antonelli A., Smith R.J., Fry C., Simmonds M.S., Kersey P.J., Pritchard H.W., Qi Y.D. State of the World's Plants and Fungi. Doctoral dissertation, Royal Botanic Gardens (Kew), 2020. Sfumato Foundation.

Tojibaev K., Beshko N., Karimov F., Batoshov A., Turginov O., Azimova D. The data base of the flora of Uzbekistan // Journal for Arid Land Studies. 2014. Vol. 24, Iss. 1. P. 157–160.

Thiers B.M. The World's Herbaria (2021): a summary report based on data from Index Herbariorum. Issue 6.0. New York. 18 p. http://sweetgum.nybg.org/science/docs/The_Worlds_Herbaria_2022.pdf

IPNI (2025). International Plant Names Index. Published on the Internet http://www.ipni.org, The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Herbarium.

POWO (2025). Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-59

К методике закладки постоянных пробных площадей для мониторинга лесной растительности на ООПТ

О.Д. Чернова[1], И.В. Козырь[2], И.М. Дударев[1]

[1] *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация; chernovaolg@rambler.ru, duda_2000_rev@mail.ru*

[2] *Научно-технологический университет «Сириус», Сириус, Российская Федерация; kozyr.iv@talantiuspeh.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены некоторые аспекты методики закладки постоянных пробных площадей в лесных фитоценозах на ООПТ с целью изучения динамики растительного покрова и особенностей лесообразовательного процесса. Отражены основные трудности, с которыми столкнулись авторы при ревизии площадей, заложенных разными исследователями на территории Сохондинского биосферного заповедника (Забайкальский край, Российская Федерация) с 1973 г. по 2004 г. и предложены варианты модификации традиционных методических подходов.

Ключевые слова: лесной мониторинг, постоянные пробные площади, геоботаника, методология, особо охраняемые природные территории

On the methodology of establishing geobotanical sample plots for forest vegetation monitoring in protected areas

O.D. Chernova[1], I.V. Kozyr[2], I.M. Dudarev[1]

[1] *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; chernovaolg@rambler.ru, duda_2000_rev@mail.ru*

[2] *Sirius University of Science and Technology, Sirius, Russian Federation; kozyr.iv@talantiuspeh.ru*

Abstract. The article considers some aspects on the methodology of establishing geobotanical sample plots in forest ecosystems of protected areas in order to study the dynamics of vegetation cover and features of the forest formation process. It reflects the main difficulties that the authors encountered when revising the sample plots established by different researchers in the Sokhondinsky Biosphere Reserve (Southern Transbaikalia, Russia) from 1973 to 2004 and proposes options for modifying traditional methodological approaches.

Keywords: forest monitoring, geobotanical sample plots, methodology, protected areas

Долговременный мониторинг лесной растительности на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) является важнейшим инструментом для понимания динамики экосистем, выявления последствий протекающих изменений в растительном покрове (Овчинникова, 2016, Беликович и др., 2011). Постоянные пробные площади (ПП) позволяют получать сопоставимые данные на протяжении десятилетий, что особенно ценно для научных исследований (Дударев, Чернова, 2025). В данной работе представлены методические рекомендации по закладке и маркировке ПП, основанные на опыте работы авторов на территории Сохондинского биосферного заповедника (Забайкальский край).

В Сохондинском биосферном заповеднике в конце XX – начале XXI в. действовала специальная программа длительного геоботанического мониторинга, разработанная А.В. Галаниным и А.В. Беликович (1988; 2004). Ими была заложена система постоянных пробных площадей для мониторинга, которая позволяла проследить динамику растительного покрова в пределах пробных площадей и экстраполировать полученные данные с большой долей вероятности на территорию заповедника в целом (Kozyr, 2014). При закладке ПП использовались традиционные методики, принятые в лесном хозяйстве (ОСТ 56-44-80, 1980; ОСТ 56-69-83, 1983), с модификациями А.В. Галанина (Галанин, Беликович, 1988). Помимо этих исследователей ПП в лесных фитоценозах с разными целями закладывались Л.М. Долгалевой (Галанин, Долгалева, 2009).

Особое внимание при закладке ПП уделяется выбору и применению маркировочных материалов, в первую очередь краски для обозначения номеров на деревьях и столбах / колышках. Согласно традиционным методикам (ОСТ 56-44-80, 1982; ОСТ 56-69-83, 1984) столбы маркируются черной масляной или типографской краской. В Сохондинском заповеднике для обозначения номеров на деревьях, маркировки столбов и колышек / столбиков некоторых ПП, заложенных в 70–80-х гг. прошлого века, использовалась черная краска. По истечении нескольких лет номера на деревьях стали абсолютно нечитаемыми, в последующие годы использовалась краска голубого цвета. Этот цвет хорошо заметен даже при пасмурной погоде и позволяет обнаружить ПП в зарослях леса. Голубой цвет хорошо заметен на стволах основных древесных пород: *Pinus sylvestris* L., *Pinus sibirica* Du Tour, *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. и *Betula platyphylla* Sukaczev. Важно отметить, что яркая окраска сохраняется на протяжении многих лет, что снижает необходимость частого обновления маркировки. Авто-

рами статьи летом 2022 и 2025 гг. проводились ревизии нескольких ПП, описанных в последний раз в 2008–2009 гг. По нашим наблюдениям, голубая маркировка прекрасно сохранилась по истечении 17 лет.

Техника нанесения маркировки на деревья требует определенной подготовки поверхности ствола. Перед маркировкой дерева ствол немного зачищается от неровностей и растрескавшейся коры. Такая подготовка поверхности упрощает процесс маркировки, облегчает работу при написании номера, обеспечивает более ровное нанесение краски и способствует долговременной сохранности нумерации.

Для подроста, учтенного при проведении описания ПП, рекомендуется применять маркировку краской без присвоения индивидуальных номеров, так как это упрощает систему учета. Такой подход применялся не на всех ПП в заповеднике, но его стоит использовать при закладке и ревизии ПП. Это обеспечивает точный мониторинг подроста, особенно у быстрорастущих древесных пород и в случае большого временного интервала между ревизиями ПП. По мере роста и перехода подроста в основной ярус, ему можно присваивать номер по стандартной методике.

Все особи деревьев с диаметром более 4 см нумеруются и наносятся (в том числе и сухостой) на план ПП в масштабе 1 : 100 (в 1 см 1 м) в виде картосхемы.

Стандартная процедура маркировки взрослых деревьев включает не только нанесение номера, но и обозначение места измерения параметров ствола. У каждого дерева на ПП ниже его номера краской в виде сплошной черты отмечается место измерения обхвата ствола на высоте груди или на высоте 1,3 м от земной поверхности (ОСТ 56-69-83, 1984; Галанин, Беликович, 2004; Методология исследований…, 2013).

Наши наблюдения показали, что не все исследователи, работавшие на территории заповедника, придерживались данной рекомендации.

Наличие полосы на месте измерения позволяет замерять обхват ствола в одном и том же месте на протяжении многих лет и дает более достоверные результаты исследований. Но здесь есть свои минусы – деревья продолжают расти и со временем полоса располагается у разных деревьев на разном уровне. Дополнительные сложности возникают при работе на склонах, где расположение маркировки значительно зависит от позиции исследователя – находился ли он выше или ниже по склону относительно дерева. Также существенное влияние оказывают антропометрические характеристики самого специалиста, проводившего маркировку, что ставит под сомнение универсальность понятия «на высоте груди» как стандарта измерений и снижает его методологическую ценность.

В любом случае, наличие полосы под номером существенно облегчает идентификацию упавших деревьев и многолетнего валежа, особенно на склонах, где упавший ствол может скатиться на некоторое расстояние от своего пня.

Углы ПП обозначались столбами диаметром не менее 13 см, на каждом указывались порядковый номер ПП и дата проведения работ. Каждая ПП разбивалась на квадраты / площадки 10 × 10 м, границы которых отмечались столбиками / колышками, установленными в углах; верхняя часть столбиков / колышек окрашивалась для повышения заметности (Галанин, Беликович, 1988). Нумерацию квадратов начинают с северо-западного угла площади (Методология исследований…, 2013). Эта очень удобная практика, позволяющая легче ориентироваться в расположении площадок, на территории заповедника использовалась не всегда. На больших ПП 50 × 100 м, 100 × 100 м и при наличии густого кустарникового яруса поиск начала нумерации занимает много времени и отнимает у исследователей много сил, усложняет работу, особенно при неблагоприятных погодных явлениях (жара, моросящий дождь, гнус и т.п.).

Номера на деревьях рисуются в границах площадки, начиная с площадки 1. Исследователи перемещаются зигзагом по площадке, рисуя номера на стороне ствола, направленной к наблюдателю. Когда достигнута граница текущей ПП, они переходят на следующую соседнюю / смежную и продолжают нумерацию, двигаясь в противоположном направлении (Галанин, Беликович, 2004). При проведении работ на ПП такое расположение номеров показало эффективность полевых работ, обеспечивая удобство, как при первичной маркировке, так и при последующих наблюдениях. Стоит отметить, что не на всех изученных нами постоянных пробных площадях номера на деревьях были нанесены подобным образом. Унификация подхода позволит избежать путаницы при повторных ревизиях ПП.

Расположение ПП обозначается на топографической карте / картосхеме заповедника, а также на картосхеме ПП (план ПП) с привязкой к местности и сторонам света. Методом космической навигации определяются координаты центра ПП (или всех ее четырех углов) и заносятся в паспорт ПП.

План ПП облегчает обнаружение дерева при последующих ревизиях, на котором стерся номер или оно перешло в статус валежа.

По нашим наблюдениям хорошей практикой стала бы привязка ПП к различным объектам: имеющимся строениям, зимовьям, ярким геологическим объектам, постоянным тропам и дорогам. Дополнительные столбы и / или указатели стоит размещать на отдаленных местах с указанием номера ПП, направления, расстояния до ПП и т.п.

Вся полевая информация фиксировалась на планшете в стандартизированных формах (ведомость) паспорта ПП. По возвращению из полевых работ сведения из этих ведомостей / форм переносятся в таблицы Excel и подлежат обработке и анализу. Одна из форм представляет собой схему, на которой отмечаются: расположение деревьев на каждой площадке 10 × 10 м, наличие и характеристики сухостоя и валежа, привязка к сторонам света и, по возможности, привязка к местности (если рядом, например, ручей, то обозначается ориентация ПП относительно него). Данные индивидуального пересчета деревьев заносятся в другую форму в виде таблицы и включают: видовую принадлежность дерева, его состояние, длину окружности ствола на высоте 1,3 м (измеряется рулеткой), ярусную принадлежность (определяется визуально). В отдельную таблицу по растительности вносят: видовое название растения, его встречаемость на каждой площадке 10 × 10 м в границах ПП с обозначением обилия / проективного покрытия по 5-балльной шкале (Галанин, Беликович, 2004). Как показывает наш опыт, в полевых условиях гораздо проще обилие / проективное покрытие видов указывать в процентах, особенно, если для закладки ПП или её ревизии привлекаются студенты. Такой формат записей ускоряет ввод данных, уменьшает число ошибок и облегчает последующую обработку данных. Кроме того, увеличение числа участников полевых работ позволяет существенно повысить скорость без снижения качества при условии соблюдения единых протоколов измерений и маркировки.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2024-0006).

ЛИТЕРАТУРА

Беликович А.В., Василенко Н.А., Галанин А.В., Галанина И.А., Долгалева Л.М., Козырь И.В., Маврин И.Б., Роенко Е.Н., Яковченко Л.С. Динамика растительного покрова (результаты мониторинга на постоянных пробных площадях на юге Дальнего Востока и в Забайкалье) // Структура и динамика экосистем Сибири и Дальнего Восток : сб. науч. ст. Находка : Институт технологии и бизнеса, 2011. С. 9–85.

Галанин А.В., Беликович А.В. Эколого-флористическая структура растительного покрова Сохондинского заповедника (Хэнтей-Чикойское нагорье) // Структурная организация компонентов биогеосистем (сравнительный и количественный анализ). Владивосток : ДВО АН СССР, 1988. С. 11–23.

Галанин А.В., Беликович А.В. Постоянные геоботанические площади Сохондинского биосферного заповедника. Чита : Поиск, 2004. 228 с.

Галанин А.В., Долгалева Л.М. Динамика древостоя кедрово-лиственничного леса в верхнем лесном поясе Сохондинского биосферного заповедника // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2009. № 4. С. 50–53.

Дударев И.М., Чернова О.Д. Постоянные пробные площади Сохондинского биосферного заповедника (Забайкальский край) // Фундаментальные и прикладные исследования в ботанике, экологии, растениеводстве: сборник тезисов по итогам работы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием (Ялта, 26–30 мая 2025 г.). Ялта, 2025. С. 76–78.

Методология исследований лесных экосистем: Методическое пособие / сост. Е.Н. Пилипко. Вологда-Молочное : ИЦ ВГМХА, 2013. 103 с.

ОСТ 56-44-80 «Знаки натурные лесоустроительные и лесохозяйственные. Типы, размеры и общие технические требования». М. : ЦБНТИлесхоз, 1982. 21 с.

ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустроительные, метод закладки». М. : ЦБНТИлесхоз, 1984. 60 с.

Овчинникова Н.Ф. О долговременном мониторинге лесной растительности на постоянных пробных площадях // Аграрный вестник Приморья. 2016. № 1 (1). С. 20–22.

Kozyr I.V. Forest Vegetation Dynamics Along an Altitudinal Gradient in Relation to the Climate Change in Southern Transbaikalia, Russia // Achievements in the Life Science. 2014. Vol. 8. P. 23–28. doi: 10.1016/j.als.2014.11.006

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-60

Изменчивость морфологических признаков *Fritillaria maximowiczii* (Liliaceae) на западной границе ареала (Забайкальский край)

О.А. Чернышева, И.В. Горбенко, Д.А. Кривенко

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Российская Федерация; helga8408@mail.ru

Аннотация. Приводится анализ внутри- и межпопуляционной изменчивости морфологических показателей трех популяций *Fritillaria maximowiczii* Freyn в Могочинском районе Забайкальского края. Внутри популяций самые изменчивые признаки – ширина самого длинного листа в мутовке и глубина залегания луковицы, самые стабильные признаки – длина околоцветника и пестика. Выявлена высокая межпопуляционная изменчивость некоторых морфологических признаков – высота генеративного побега, ширина самого короткого и самого длинного листа в мутовке, глубина залегания луковицы, ширина луковицы и ширина околоцветника. Низкий уровень изменчивости имеет длина околоцветника. В популяции с широко изменчивым набором признаков отмечено минимальное антропогенное воздействие.

Ключевые слова: *Fritillaria*, внутри- и межпопуляционная изменчивость, редкий вид, антропогенное воздействие

Variability of morphological characteristics of *Fritillaria maximowiczii* (Liliaceae) on the western border of the range (Transbaikal Territory)

O.A. Chernysheva, I.V. Gorbenko, D.A. Krivenko

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russian Federation; helga8408@mail.ru

Abstract. The article presents the analysis of intra- and interpopulation variability of morphological parameters of three populations of *Fritillaria maximowiczii* Freyn in the Mogocha district of the Transbaikal Territory. Within the populations, the most variable characters are the width of the longest leaf in a whorl and the depth of the bulb, the most stable characters are the length of the perianth and pistil. High interpopulation variability of some morphological characters is revealed – the height of the generative shoot, the width of the short leaf in a whorl, the width of the long leaf in a whorl, the depth of the bulb, the width of the bulb and the width of the perianth. The length of the perianth has a low level of variability. In a population with a widely variable set of characters, minimal anthropogenic impact is noted.

Keywords: *Fritillaria*, intra- and interpopulation variability, rare species, anthropogenic impact

Род *Fritillaria* Tourn. ex L. является одним из крупнейших в семействе Liliaceae и насчитывает около 165 видов (Govaerts, 2021; Hassler, 2025). В Байкальской Сибири (Иркутская область, Республика Бурятия и Забайкальский край) произрастают два вида *Fritillaria*: *F. dagana* Turcz. и *F. maximowiczii* Freyn. Последний – маньчжуро-даурский светлохвойно-лесной вид (Малышев, Пешкова, 1984). Он распространен в Северо-Восточном и Центральном Китае, в Восточной Сибири и на российском Дальнем Востоке (Govaerts, 2021; Анисимов и др., 2022). *Fritillaria maximowiczii* занесен в Красную книгу Забайкальского края (Гилева, 2017).

Дикие виды *Fritillaria* – раннецветущие луковичные растения (эфемероиды), являются ценными лекарственными, декоративными растениями и служат источником пропитания для насекомых-опылителей (Qu at al., 2022). В связи с тем, что в процессе эволюции у эфемероидов выработались приспособления к перенесению меняющихся условий окружающей среды, *Fritillaria* spp. являются хорошими модельными объектами для изучения процессов адаптациогенеза, а также являются неисчерпаемым источником для выведения новых культурных сортов. Из-за биологических особенностей (сжатые сроки вегетации в весенний период, малозаметное присутствие в сообществах в более поздние сроки) и обитания в труднодоступных районах, эта группа растений является одной из слабо изученных в Байкальской Сибири.

Изучение изменчивости морфологических признаков видов рода *Fritillaria* имеет большое значение при оценке состояния природных популяций. Обследование как можно большего числа местонахождений *Fritillaria* spp., позволит выявить для каждого из них характерные ключевые индикаторные морфологические признаки и эколого-биологические оптимумы.

Цель работы – изучить внутри- и межпопуляционную изменчивость морфологических признаков у *Fritillaria maximowiczii*, в том числе под воздействием антропогенной нагрузки.

Исследования проведены в мае 2025 г. в таежной зоне в Могочинском районе Забайкальского края. Изучено три природных популяций вида (табл. 1). В каждой популяции у 15–20 случайных особей, находящихся в генеративном онтогенетическом периоде, измерено до 13 морфологических показателей (табл. 2).

Анализ статистической значимости различий между выборками выполнен с помощью пакета rstatix для R (Kassambara, 2023) методом Манна–Уитни–Вилкоксона. Пропущенные данные восстановлены с помощью пакета missMDA для R (Josse, Husson, 2016). Анализ главных компонент выполнен с помощью пакета FactoMineR (Le at al., 2008). В качестве показателя общей изменчивости использован коэффициент вариации (CV, %), получившиеся значения сравнивались по шкале уровней изменчивости морфометрических параметров (Зайцев, 1973): низкий CV < 10 %, средний CV = 11–20 %, высокий CV > 20 %.

Таблица 1

Исследованные местонахождения *Fritillaria maximowiczii*

Местонахождение / обозначение популяции	Местообитание	Антропогенное воздействие
1 км северо-восточнее пгт. Амазар, правый берег р. Чичатка, распадок / 1	Березово-лиственничный багульниковый лес	Следы пожаров, умеренное вытаптывание
500 м северо-восточнее с. Кудеча, у ручья / 2	Заболоченный лиственнично-березовый спирейно-багульниковый лес	Старая вырубка
5 км западнее с. Кудеча, правый берег р. Желтуга / 3	Лиственнично-березовый спирейный грушанково-разнотравный лес	Не выявлена

На исследуемой территории *F. maximowiczii* выявлен нами в смешанных березово-лиственничных и лиственнично-березовых лесах с выраженным кустарниковым ярусом, который представлен *Rhododendron dauricum* L. и *Spiraea media* Schmidt.; произрастает изолированными малочисленными популяциями. Местообитания *F. maximowiczii* приурочены к темно-серым лесным почвам (Полевой …, 2008).

По нашим данным, внутри популяций самые изменчивые морфологические показатели – ширина самого длинного листа в мутовке и глубина залегания луковицы, самые стабильные признаки – длина околоцветника и пестика. Популяция 1 самая стабильная, в ней высокая степень вариации выявлена только для трех показателей: высота генеративного побега (CV = 20,85 %), ширина самого длинного листа в мутовке (CV = 20,3 %) и глубина залегания луковицы (CV = 20,5 %). В популяции 2 высокий уровень изменчивости выявлен для пяти, а в популяции 3 для шести показателей (табл. 2). Таким образом, в популяции 3 морфологические показатели имели наибольшую изменчивость.

В результате проведенного анализа межпопуляционной изменчивости морфологических параметров трех природных популяций *Fritillaria maximowiczii*, статистически значимыми являются – ширина луковицы между 1 и 2, а также 2 и 3 популяциями; ширина околоцветника между 1 и 2 популяциями. Широко изменчивый набор морфологических показателей выявлен в популяциях 2 и 3, в популяции 1 особи имели стабильные морфологические показатели (рисунок).

Исследования показали, что высокий уровень межпопуляционной изменчивости морфологических признаков *F. maximowiczii*, проявляют такие признаки, как высота генеративного побега (CV = 20,6 %), ширина самого длинного (CV = 23,7 %) и самого короткого (CV = 24,4 %) листа в мутовке, глубина залегания луковицы (CV = 22,4 %), ширина околоцветника (CV = 20,0 %) и ширина луковицы (CV = 20,0 %), а низкий – длина околоцветника (CV = 10,8 %). Остальные показатели имеют средний уровень изменчивости.

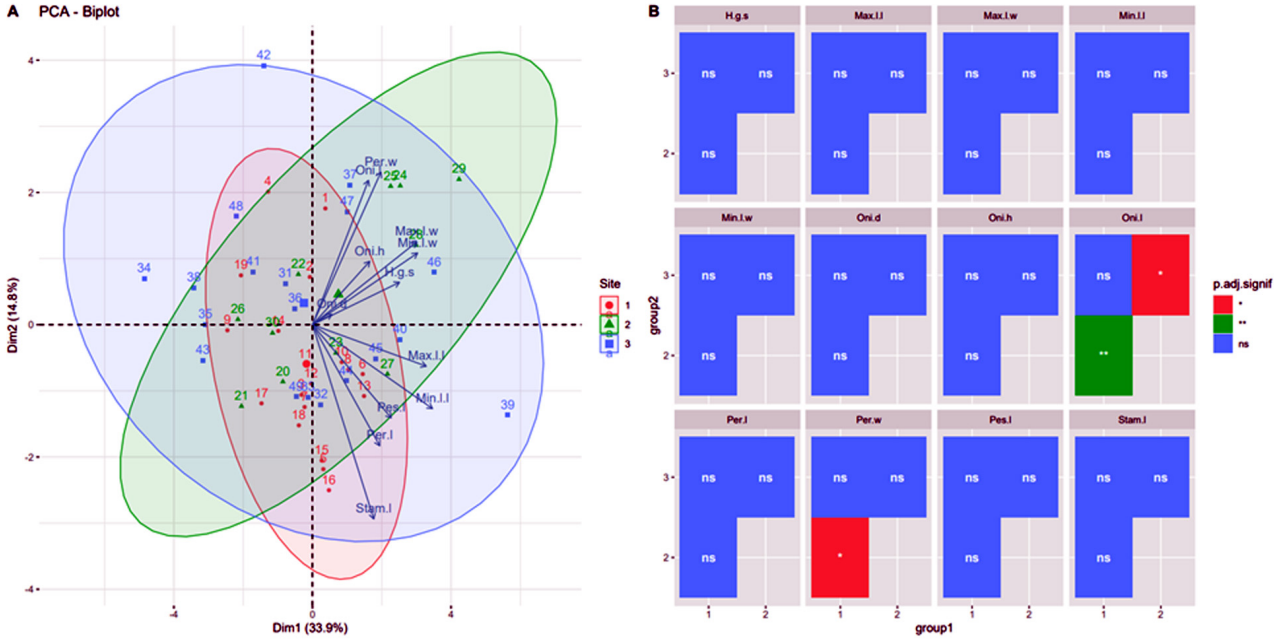
В популяции 2, отмечены особи с высотой генеративного побега на 8,4 см и шириной околоцветника на 0,5 см, и в популяции 3 с длиной листа на 1,9 см превышающие, в среднем, максимально указанные показатели для территории России (Лозина-Лозинская, 1935; Сергиевская, 1966). Ширина луковицы во всех изученных популяциях была более 1 см, что также противоречит литературным данным (табл. 2). У исследованных нами особей *F. maximowiczii* морфологические показатели имели более широкий диапазон значений, чем указано в отечественной литературе (Лозина-Лозинская, 1935; Сергиевская, 1966) и приближены к показателям, приводимым во «Флоре Китая» (Xinqi, Mordak, 2000). Полученные нами данные для морфологических показателей генеративной сферы *F. maximowiczii*, частично согласуются с опубликованными данными приводимыми для китайского Природного заповедника горы Улин (Tong et al., 2022). Согласно этим данным, низкую вариабельность имели такие признаки как длина околоцветника и длина пестика, значимые различия отмечены для длины тычинок.

Таблица 2

Сравнительная характеристика и пределы морфологических признаков растений *Fritillaria maximowiczii*

Морфологические показатели	Популяция 1			Популяция 2			Популяция 3			По: А.С. Лозина-Лозинской, 1935	По: C. Xinqi, N.V. Mordak, 2000
	M ± *m*	Min–max	CV	*M* ± *m*	Min–max	CV	*M* ± *m*	Min–max	CV	Min–max	Min–max
Высота генеративного побега, см	28,20 ± 1,35	15,4–36,9	20,8	31,55 ± 2,24	21,0–43,4	23,5	27,02 ± 0,98	20,0–33,5	15,9	20,0–35,0	27,0–55,0
Длина самого длинного листа в мутовке, см	6,87 ± 0,16	5,6–8,0	10,02	6,59 ± 0,22	5,6–7,6	11,2	6,58 ± 0,29	4,8–9,9	19,5	6,0–8,0	4,5–10,0
Длина самого короткого листа в мутовке, см	5,60 ± 0,15	4,5–6,6	11,4	5,44 ± 0,17	4,3–6,1	10,1	5,35 ± 0,24	3,9–8,1	20,0		
Ширина самого длинного листа в мутовке, см	0,59 ± 0,03	0,4–0,9	20,3	0,60 ± 0,05	0,3–0,9	28,3	0,59 ± 0,03	0,4–0,9	25,9	0,3–1,0	0,3–1,3
Ширина самого короткого листа в мутовке, см	0,42 ± 0,02	0,3–0,6	19,0	0,48 ± 0,06	0,3–0,7	31,25	0,47 ± 0,03	0,3–0,7	25,5		
Глубина залегания луковицы, см	5,67 ± 0,27	3,5–8,0	20,5	5,19 ± 0,33	3,5–7,0	20,8	5,98 ± 0,32	2,5–8,0	23,4	–	–
Выс. луковицы, см	1,37 ± 0,03	1,1–1,7	10,7	1,39 ± 0,05	1,2–1,6	11,5	1,47 ± 0,05	1,2–2,0	13,7	–	–
Шир. луковицы, см	1,21 ± 0,05	1,0–1,6	18,9	1,63 ± 0,10	1,2–2,0	19,6	1,30 ± 0,04	1,0–1,8	14,6	до 1	1,0–2,0
Дл. околоцветника, см	3,04 ± 0,09	2,2–3,6	12,8	31,14 ± 0,06	2,8–3,5	6,7	3,01 ± 0,08	2,5–3,5	11,3	до 5	3,5–4,0
Ширина околоцветника, см	1,10 ± 0,03	1,0–1,4	10,9	1,37 ± 0,09	1,1–1,9	21,1	1,20 ± 0,06	0,9–1,9	20,8	до 1,4	1,0–1,4
Дл. тычинки, см	2,05 ± 0,07	1,6–2,5	14,2	2,40 ± 0,05	1,8–2,3	7,8	1,80 ± 0,08	0,8–2,4	20,0	–	–
Дл. пестика, см	2,26 ± 0,07	1,7–2,6	13,3	2,44 ± 0,08	2,2–2,9	10,2	2,25 ± 0,05	1,6–2,6	10,2	до 2,5	2,0–2,5
Количество листьев на побеге, шт	–	4–8	–	–	4–8	–	–	4–7	–	4–8*	–

Примечание. «–» – отсутствие данных; *M* – среднее арифметическое среднее; *m* – стандартная ошибка среднего арифметического; min – минимальное и max – максимальное значение признака; * – по: Л.П. Сергиевской, 1966.



Результаты анализа главных компонент морфологических показателей растений *Fritillaria maximowiczii* из трех популяций (A) и уровни значимости скорректированные методом Бенджамини-Хохберга P-значений попарного сравнения выборок из разных популяций морфологических показателей методом Манна–Уитни–Вилкоксона (B): ns – P >/= 0,05, * – P < 0,05, ** – P < 0,01. H.g.s – высота генеративного побега, Max.l.l – длина самого длинного листа в мутовке, Min.l.l – длина самого короткого листа в мутовке, Max.l.w – ширина самого длинного листа в мутовке, Min.l.w – ширина самого короткого листа в мутовке, Oni.d – глубина залегания луковицы, Oni.h – высота луковицы, Oni.l – ширина луковицы, Per.l – длина околоцветника, Per.w – ширина околоцветника, Pes.l – длина тычинки, Stam.l – длина пестика, L.n. – число листьев на побеге

Исследования морфологических показателей девяти видов *Fritillaria* в Центральном и Восточном Китае показали, что ширина луковицы имеет низкую внутривидовую, но высокую межвидовую изменчивость (Li at al., 2013). По нашим данным, у *F. maximowiczii* отмечена высокая изменчивость этого показателя как внутри, так и между популяциями.

Наибольшую внутривидовую изменчивость морфологических показателей, выявленную в популяции 3, можно объяснить отсутствием на нее антропогенной нагрузки.

Проведенное исследование не только расширяет понимание механизмов экологической адаптации весенних эфемеров, но и показывает текущее состояние природных популяций *F. maximowiczii*, а также является основой для планирования мер по сохранению этого редкого вида.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 25-26-00091).

ЛИТЕРАТУРА

Анисимов А.В., Дорофеев В.И., Шмаков А.И. Конспект рода *Fritillaria* L. (Liliaceae) бывшего СССР // Флора и растительность Алтая. 2022. Т. 14. С. 5–20.

Гилева М.В. Fritillaria maximowiczii Freyn. – рябчик Максимовича // Красная книга Забайкальского края. Новосибирск : ООО «Дом мира», 2017. С. 48–49.

Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М. : Наука, 1973. 256 с.

Лозина-Лозинская А.С. Fritillaria L. // Флора СССР. Л. : Изд-во Академии наук СССР, 1935. Т. 4. С. 304–320.

Малышев Л.И., Пешкова Г.А. Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). Новосибирск, 1984. 256 с.

Полевой определитель почв. М. : Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.

Сергиевская Л.П. Fritillaria L. // Флора Забайкальского края. Томск: Изд-во Томского университета, 1966. Вып. 1. С. 404–405.

Govaerts R., Nic Lughadha E., Black N., Turner R., Paton A. The World Checklist of Vascular Plants, a continuously updated resource for exploring global plant diversity. Scientific Data. 2021. Vol. 8. 215. DOI: 10.1038/s41597-021-00997-6 https://powo.science.kew.org/ (accessed: 30.07.2025).

Hassler M. World Plants. Synonymic Checklist and Distribution of the World Flora (1994–2025). Version 25.06. www.worldplants.de. (accessed: 27.07.2025).

Josse J., Husson F. missMDA: A package for handling missing values in multivariate data analysis // Journal of Statistical Software. 2016. Vol. 70 (1). P. 1–31. DOI: 10.18637/jss.v070.i01

Kassambara A. rstatix: pipe-friendly framework for basic statistical tests. R package version 0.7.2. 2023. https://CRAN.R-project.org/package=rstatix (accessed: 15.07.2025).

Le S., Josse J., Husson F. FactoMineR: An R package for multivariate analysis // Journal of Statistical Software. 2008. Vol. 25 (1). P. 1–18. DOI: 10.18637/jss.v025.i01

Li S., Liu J., Gong X., Yang X., Zhu Yu., Cheng Z. Characterizing the major morphological traits and chemical compositions in the bulbs of widely cultivated *Fritillaria* species in China // Biochemical Systematics and Ecology. 2013. Vol. 46. P. 130–136. DOI: 10.1016/j.bse.2012.09.014

Tong L., Lei F.-W., Wu Y.-M., Shen X.-L., Xia X.-F., Zhang D.-H., Mu X.-Y., Zhang Z.-X. Multiple reproductive strategies of a spring ephemeral plant, *Fritillaria maximowiczii*, enable its adaptation to harsh environments // Plant Species Biology. 2022. Vol. 37 (1). P. 38–51. DOI: 10.1111/1442-1984.12350

Qu A., Wu Q., Su J., Li C., Yang L., Wang Z., Wang Z., Li Z., Ruan X., Zhao Y., Wang Q. A review on the composition and biosynthesis of alkaloids and on the taxonomy, domestication, and cultivation of medicinal *Fritillaria* species // Agronomy. 2022. Vol. 12. 1844. DOI: 10.3390/agronomy12081844

Xinqi C., Mordak H.V. Fritillaria L. // Flora of China, Flagellariaceae through Marantaceae. Beijing: Science Press & St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2000. Vol. 24. P. 127–133.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-61

Сведение в синонимы *Scrophularia sareptana* Kleop. ex. Ivanina

М.Б. Шелудякова

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Российская Федерация;
MSheludyakova@binran.ru

Аннотация. Обсуждается правомерность сведения *Scrophularia sareptana* Kleop. ex. Ivanina в синонимы к *S. cretacea* Fisch. ex Spreng. и ошибочное сведение *S. sareptana* зарубежными авторами в синонимы к *S. rupestris* M. Bieb. ex Willd.. Проведен анализ признаков, обозначенных при описании Л.И. Иваниной.

Ключевые слова: *Scrophularia sareptana* Kleop. ex. Ivanina, *S. cretacea* Fisch. ex Spreng., синоним

Synonymization of *Scrophularia sareptana* Kleop. ex. Ivanina

M.B. Sheludyakova

Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St.Petersburg, Russian Federation;
MSheludyakova@binran.ru

Abstract The validity of reducing *Scrophularia sareptana* Kleop. ex. Ivanina to synonyms of *S. cretacea* Fisch. ex Spreng. and the erroneous reduction of *S. sareptana* by foreign authors to synonyms of *S. rupestris* M.Bieb. ex Willd. are discussed. Analysis of the features identified in the description of L.I. Ivanina was carried out.

Keywords: *Scrophularia sareptana* Kleop. ex. Ivanina, *S. cretacea* Fisch. ex Spreng., synonym

Род Норичник насчитывает около 300 видов, распространённых преимущественно во внетропической части северного полушария. Наибольшее видовое разнообразие норичников наблюдается в горных регионах Евразии от Малой Азии до Гималаев и западного Тибета (Stiefelhagen, 1910).

Многие виды этого рода имеют важное хозяйственное значение, применяются как лекарственные растения. Некоторые виды из-за хозяйственной деятельности человека подлежат охране и занесены в Красные книги разного уровня.

По литературным данным на территории Европейской части России произрастают 11 видов, относящихся к двум секциям: *Scrophularia* (*Scrophularia vernalis* L., *S. divaricata* Ledeb., *S. scopolii* Hoppe ex Pers., *S. nodosa* L., *S. umbrosa* Dumort.); *Canina* G. Don (*S. donetzica* Kotov, *S. rupestris* M. Bieb. ex Willd., *S. exilis* Popl., *S. cretacea* Fisch. ex Spreng., *S. sareptana* Kleop. ex. Ivanina, *S. canina* L.).(Горшкова, 1955; Иванина, 1981)

Мы уделили особое внимание секции *Canina*, как более сложной в систематическом плане группе, вызывающей некоторые затруднения при определении из-за полиморфизма и недостатка данных. Секция *Canina* – мелколистные многолетние травянистые растения с одревесневающими стеблями или полукустарнички. Представители этой секции имеют адаптации к ксерофитным местообитаниям, их ареалы ограничены Старым светом, также среди представителей этой секции можно отметить большое количество эндемиков.

Известно, что в диагностике основное значение придается генеративным признакам, как более консервативными и генетически детерминированным. Многие исследователи при решении вопросов систематики и внутриродовом делении норичников одним из признаков рассматривают форму и размер стаминодия. Стаминодий у норичников мясистый, чешуевидный, имеет разнообразную форму и расположен при основании между лопастей верхней губы венчика. У норичников с крупными цветками стаминодий имеет значение при опылении и завязывании семян. У мелкоцветковых норичников на одном растении встречаются как цветки со стаминодием, так и без него (их доля иногда доходит до 20 %) и роли стаминодия в опылении на данный момент не выявлено. При этом некоторые признаки вегетативных органов, не являясь адаптивными, генетически обусловлены, и поэтому являются ценными для определения видовой принадлежности.

Мы исследовали два вида норичника, обитающих на мелах европейской части России. Необходимость данного исследования была вызвана работой над списком охраняемых растений для нового издания Красной Книги РФ.

Во «Флоре СССР» для рода *Scrophularia* С.Г. Горшкова (1955) указывает два эндемичных вида норичников обитающих на мелах – *S. cretacea* и *S. sareptana.* Оба вида внесены в Красные книги разного уровня.

Scrophularia cretacea Fisch. ex Spreng. (норичник меловой) – описан по растениям, выращенным в ботаническом саду в Горенках из присланных семян. При этом Ф.Е. Фишер (Fischer, 1812) в 1812 г. указывает только название, а К. Шпренгель (Sprengel, 1825) в 1825 г. дает описание этого вида и ошибочно указывает – Sibir. В последующих публикациях А. Декандоль (Candolle, 1846) и К. Ледебур (Ledebour, 1847–1849.) исправляют эту ошибку и пишут «Hab. in Rossia australi. [Ucrania pr. Charkow ad Tanain] ad Tanaim (Fischer!).»

Scrophularia sareptana Kleop. ex. Ivanina (норичник сарептский) – в 1936 г. Ю.Д. Клеопов при работе с гербарными фондами выделил образцы норичника, которые, по его мнению, отличались от остальных и были отнесены к новому виду – норичник сарептский. Территориально сборы происходили из колонии Шиллинг, ныне с. Сосновка (Саратовский район, Саратовская область.). Вид не был обнародован, но последующие авторы приняли его и полное описание вида на русском языке мы можем найти во «Флоре СССР» (Горшкова, 1955) При подготовке рукописи для «Флоры Европейской части СССР» Л.И. Иванина, изучая имеющиеся образцы, выделила дополнительные диагностические признаки и дала полное описание на латинском языке (Иванина, 1972)

Л.И. Иванина отмечает, что норичник сарептский отличается более широко-пленчатым долями чашечки, включенными тычинками, а также более крупными листьями и простыми или слабоветвистыми почти цилиндрическими без мучнистого опушения стеблями.

Оба вида приурочены к меловым местообитаниям, но по мнению С.Г. Горшковой и Л.И. Иваниной *S. cretacea* приурочен к известковым и меловым скалам и обнажениям вне рек, тогда как *S. sareptana* произрастает на меловых склонах и песчаниковых обрывах по берегам рек.

К сожалению, Ю.Д. Клеопов и его последователи работали с весьма ограниченным числом гербарного материала.

Для определения таксономического статуса *S. sareptana* выполнены морфологические, географические и молекулярно-генетические исследования гербарных коллекций, а также проведены многолетние исследования природных популяций. Изучены изображения гербарных образцов, доступные на сайтах «Цифровой гербарий МГУ» (Seregin, 2025) и фотографии живых растений на сайте iNaturalist.

Анализ гербарного материала, а также большого количества популяций норичников в разных точках ареала показал, что среди гербарных образцов *S. cretacea* встречаются экземпляры с более широкой пленчатой каймой до 5 мм, тогда как среди *S. sareptana* встречаются образцы с узкой каймой, не превышающей 2,5 мм. В природных популяциях выборка материала была больше, поэтому доля растений в популяции *S. cretacea* с широкой каймой достигала 50 %, тогда как в популяциях растений *S. sareptana* разные варианты ширины пленки на долях чашелистиков иногда встречались на разных стеблях одного растения.

Ещё один важный признак – включенность тычинок у *S. sareptana,* на типовых образцах и гербарном материале, определённом самим Ю.Д. Клеоповым, не прослеживается. В природе нам также не удалось наблюдать этот признак даже у растений, произрастающих в *locus classicus*.

По литературным данным *S. sareptana* отличается более крупными листьям: 2,5–3,5 см дл. и 0,7–1,5 см шир. против 1–3,5 см дл. и 0,2–0,7 см шир. у *S. cretacea*. При анализе изменчивости морфометрических признаков листа можно сказать, что размер листьев имеет непрерывный ряд. Вероятно, в более благоприятных местообитаниях линейный размер листа достигает бóльших значений.

В результате исследования был выявлен дополнительный диагностически значимый признак, которому раньше не уделялось должного внимания: отношение длины к ширине листовой пластинки. Зарубежные исследователи (Richardson, 1972) ошибочно сводят *S. sareptana* в синонимику *к S. rupestris*. В этом случае хорошо работающим признаком для различия этих видов является отношение длины к ширине листа, для *S. sareptana* это значение имеет 3,7–3,8 против 1,9–2 у *S. rupestris*.

Проверка диагностической ценности признаков показала, что наиболее значимыми для диагностики в этой секции могут считаться такие признаки как окраска венчика, наличие простого или железистого опушения разных частей растения, форма листа и отношение длины листа к ширине.

Полученные результаты дают нам возможность говорить о сведении в синонимы названия *Scrophularia sareptana* и признать расы растений с более мелкими и расы с более крупными листьями, что, возможно, обусловлено влажностью почвенного покрова.

Норичник меловой (*Scrophularia cretacea* Fisch. ex Spreng.) на мелах вдоль р. Б. Голубая

Scrophularia cretacea Fisch. ex Spreng. 1825, Syst. Veg. 2: 783.; Вульф 1936, Фл. юго-вост. европ. части СССР, 6: 199; Горшкова 1955, Фл. СССР, 22: 297; I. B. K. Richardson, 1972, Fl. Europ. 3: 220; Иванина 1981, Фл. европ. части СССР, 5: 226. – *Scrophularia sareptana* Kleop. ex Ivanina 1972, Новости сист. высш. раст. 9: 253; I. B. K. Richardson, 1972, Fl. Europ. 3: 220, in adnot; Иванина 1981, Фл. европ. части СССР, 5: 224; – *S. sareptana* Kleop. ex Ik.-Gal. nom. inval., 1940, в Маевский, Фл. средн. пол. европ. части СССР, изд. 7: 642, descr. ross.: Горшкова 1955, Фл. СССР, 22: 276. – Норичник меловой.

Работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН «Сосудистые растения Евразии: систематика, флористические исследования, растительные ресурсы», № АААА-А19-119031290052-1.

ЛИТЕРАТУРА

Горшкова С.Г. Scrophularia // Флора СССР / под ред. Б.К. Шишкина, Е.Г. Боброва. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1955. Т. 22. С. 229–308.

Иванина Л.И. О норичнике сарептском – *Scrophularia sareptana* Kleop. Новости сист. высш. раст. 1972. Т. 9. С. 253–256.

Иванина Л.И. Scrophulariaceae // Флора Европейской части СССР / под ред. Ан.А. Федорова, Р.В. Камелина. Л. : Наука. 1981. Т. 5. С. 201–311.

Candolle A. de. Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis. Ps. 10. Parisiis : Victoris Masson. 1846. P. 316.

Fischer Fr. E. L. von. Catalogue du jardin des plantes de son excellence monsieur le comte Alexis de Razoumoffsky, à Gorenki. Ed. 2. Moscou: De l`imprimerie n.s. Vsevolosky. 1812. 80 p.

Ledebour C.F. Flora Rossica. Vol.3. Stuttgartia e: E. Schweizerbart. 1847–1849. P. 214–222

Richardson I.B. K. Scrophularia // Flora Europaea / ed. by T.G. Tutin, V.H. Heywood, N.A. Burges, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walters, D.A. Webb. Cambridge: Cambridge University Press. 1972. P. 216–220.

Moscow Digital Herbarium: Electronic resource / ed. *A.P. Seregin*. Moscow : State Univ., 2025. (Цифровой гербарий МГУ: Электронный ресурс / ред. А.П. Серегин. М.: МГУ, 2025). https://plant.depo.msu.ru/ (accessed: 30.07.2025).

Sprengel C. Systema vegetabilium. Vol. 2. Gottingae. 1825. P. 788.

Stiefelhagen H. Systematische und pflanzengeographische Studien zur Kenntnis der Gattung *Scrophularia* // Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie. 1910. Bd. 44, Hf. 2–3. P. 406–496.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-62

К вопросу изучения чужеродного компонента флоры Кузбасса

С.А. Шереметова[1, 2], И.А. Хрусталева[1]

[1] *Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, Кузбасский ботанический сад, Кемерово, Российская Федерация; ssheremetova@rambler.ru*

[2] *Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкова, Кемерово, Российская Федерация*

Аннотация. Приведены актуальные данные о видовом разнообразии флоры Кемеровской области. Выделены категории аборигенных, адвентивных и культивируемых видов. Проведен анализ изменения категории отдельных видов. Предложены дополнения к списку инвазионных видов растений Кузбасса, а также изменения статуса некоторых видов для Кемеровской области, включенных в «Черную книгу флоры Сибири» (2016).

Ключевые слова: флора, аборигенные виды, чужеродные виды, культивируемые виды, Кузбасс, Кемеровская область

To the question of studying the alien component of Kuzbass flora

S.A. Sheremetova[1, 2], I.A. Khrustaleva[1]

[1] *The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of SB RAS. Kuzbass Botanical Garden, Kemerovo, Russian Federation; sheremetova@rambler.ru*

[2] *Kuzbass State Agrarian University named after V.N. Poletskov, Kemerovo, Russian Federation*

Abstract. The article presents current data on the species diversity of the flora of the Kemerovo Region. The categories of native, adventive and cultivated species are identified. An analysis of changes in the category of individual species is conducted. Supplements to the list of invasive plant species of Kuzbass are proposed, as well as changes in the status of some species for the Kemerovo Region included in the “Black Book of Siberian Flora” (2016).

Keywords: flora, native species, alien species, cultivated species, Kuzbass, Kemerovo Region

Флора Кузбасса, как любого другого региона, требует мониторинга показателей видового разнообразия. Очевидно, что происходят процессы как исчезновения отдельных видов, так и обогащения флоры не только заносными (чужеродными) видами, но и впервые отмеченными аборигенными видами (что происходит значительно реже). Элиминацию отдельных видов на конкретной территории доказать значительно сложнее, поэтому конспекты флор зачастую содержат указания на такие когда-то отмеченные, но исчезнувшие в настоящее время виды.

На примере флоры Кузбасса мы можем рассмотреть процесс изменения количественных показателей флоры за относительно непродолжительный период времени. В «Определителе растений Кемеровской области», изданном в 2001 г. на стр. 7 указано, что: «на территории области зарегистрировано 1585 видов высших сосудистых растений», но реально в монографии приведен 1521 вид (для некоторых видов указано, что нахождение возможно). И.М. Красноборов (2006) отмечает, что работа по написанию «Определителя…» (2001) оказалась очень трудной, поскольку флористических публикаций по отдельным группам сосудистых растений по области было мало, а гербарные сборы, оказались разрозненными и распыленными в разных хранилищах страны.

В процессе оцифровки образцов Гербария КузБС (KUZ), которая началась в 2021 г. был создан информационный ресурс «Цифровой гербарий Кузбасса», включающий веб-интерфейс атласа флоры сосудистых растений Кемеровской области в виде отдельного портала на платформе Цифрового гербария МГУ (https://plant.depo.msu.ru/), кроме того, массив региональных данных, полученных в Кузбассе, опубликован на международной платформе-агрегаторе GBIF (https://depo.msu.ru/ipt/archive.do?r=kuzherbarium). Созданная информационная система позволила подготовить и издать монографию «Флора Кемеровской области» (2023). В данной монографии для Кузбасса указано 1733 вида сосудистых растений, из которых 1395 (более 80 % от общего количества) составляют аборигенные виды, 240 чужеродных (адвентивных) (более 13 %) и 98 культивируемых (около 6 %). Часть видов, ранее указанных для Кузбасса, из состава флоры была исключена, так как их произрастание в области не подтвердилось, или была установлена неправильность в определении некоторых образцов, а также в список были включены виды, ранее не отмеченные для Кемеровской области.

Таким образом, число видов с 2001 г. увеличилось к 2023 г. на 212. Но сравнение этих списков не очень корректно, так как в «Определителе…» (2021) не выделены заносные виды, практически не приводятся культивируемые виды (за редким исключением), которые способны надолго оставаться в местах культивирования и могут рассматриваться как дальнейший источник инвазий.

Продолжая работу над чек-листом флоры Азиатской России (Chepinoga et al., 2024) мы смогли за последний год добавить виды, информация о наличии которых в Кузбассе не опубликована в от-

крытой печати, а имеется в виде наблюдений на портале iNaturalist (https://www.inaturalist.org/). Отдельную часть исследований составили культивируемые виды, которые имеют наблюдения на iNaturalist. В ходе анализа распространения видов в Кузбассе была проведена переоценка статуса некоторых видов для флоры области. Так, часть видов из категории «культивируемые», если они были отмечены вне культуры, перенесена в категорию «адвентивные» (чужеродные), или отдельные виды, ранее относимые к аборигенным (нативным) отнесены к адвентивным.

В результате данной работы для Кузбасса мы указываем 1837 видов, в том числе, 1390 аборигенных, 319 адвентивных, 128 культивируемых (таблица).

Изменение количественных показателей (видов) флоры Кемеровской области в XXI в.

Фракция флоры (виды)		2001 г.	2023 г.	2025 г.
Аборигенные		–	1395 (80,5%)	1390 (75,6%)
Чужеродные	Адвентивные	–	240 (13,8%)	319 (17,4%)
	Культивируемые	–	98 (5,7%)	128 (7,0%)
ВСЕГО		1521	1733	1837

Очевидно, что наиболее значительные изменения касаются чужеродной фракции флоры. Увеличение адвентивного компонента флоры происходит особенно интенсивно в последние годы (десятилетия). С 2001 г. до настоящего времени для Кузбасса отмечено более 200 новых видов и более 2/3 из которых относятся к чужеродным. Но рост на 3,6 % (79 видов) с 2023 г. к 2025 г. отражает проведенную переоценку статуса отдельных видов, а не реальную картину увеличения инвазий за последние 2 года.

Отмечаем незначительное уменьшение количества аборигенного компонента с учетом современных данных. Так, для *Inula helenium* L. был изменен статус с аборигенного на адвентивный, во «Флоре Кемеровской области» (2023) вид указан как нативный. Ранее девясил был включен в первое издание «Красной книги Кемеровской области» (2000), но особенности его местообитаний, распространение вдоль дорог, в населенным пунктах по нарушенным сырым участкам, а также статус в сопредельных ботанических провинциях Азиатской России (Конспект…, 2012; Chepinoga et al. 2024) позволили отнести вид к чужеродному компоненту флоры Кузбасса. Статус с нативного на адвентивный был изменен также для *Agrostemma githago* L., *Silene dichotoma* Ehrh., *Spergula arvensis* L, *Spergularia rubra* (L.) J. Presl & C. Presl., *Callistephus chinensis* (L.) Nees, *Solanum nigrum* L.

Многие виды, ранее отмеченные как культурные, были перенесены в категорию адвентивных, так как установлена их тенденция к распространению за пределы мест культивирования: *Paeonia officinalis* L., *Lysimachia nummularia* L., *Euphorbia cyparissias* L., *Ribes uva-crispa* L., ×*Sorbaronia mitschurinii* (A.K.Skvortsov & Maitul.) Sennikov, *Malus domestica* Borkh., *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Lathyrus oleraceus* Lam., *Vicia faba* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Philadelphus coronarius* L., *Ph. tenuifolius* Rupr. ex Maxim., *Anethum graveolens* L., *Campanula latifolia* L., *Symphyotrichum novae-angliae* (L.) G.L.Nesom, *Symphyotrichum novi-belgii* (L.) G.L.Nesom, *S. salignum* (Willd.) G.L.Nesom, *Bellis perennis* L., *Calendula officinalis* L., *Cosmos bipinnatus* Cav., *Helianthus annuus* L., *Lactuca sativa* L., *L. serriola* L., *Achillea ptarmica* L., *Tanacetum parthenium* (L.) Sch. Bip., *Rudbeckia hirta* L., *R. laciniata* L., *Solidago gigantea* Aiton, *Solanum lycopersicum* L., *Nicandra physalodes* (L.) Gaertn., *Alkekengi officinarum* Moench, *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem., *Solanum tuberosum* L., *Scilla siberica* Andrews, *Avena sativa* L. *Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum* L., *T. durum* Desf., *Zea mays* L.

Для территории области отмечены новые адвентивные виды: *Carduus* × *semiperegrinus* Aellen (Verkhozina et al., 2024), *Phacelia tanacetifolia* Benth., *Symphytum officinale* L.

Из категории адвентивных в категорию культивируемых перенесен *Papaver somniferum* L.

Из адвентивных в нативные перенесены *Linaria acutiloba* Fisch. ex Rchb. и *Elymus fibrosus* (Schrenk) Tzvelev.

Исключен из списка нативный вид *Sparganium rothertii* Tzvelev.

В список впервые включены многие культурные виды, в особенности те, которые способны длительное время удерживаться в местах культивирования или самостоятельно возобновляться: *Colchicum autumnale* L., *Hemerocallis fulva* (L.) L., *Scilla luciliae* (Boiss.) Speta.: *Picea pungens* Engelm., *Pinus mugo* Turra, *Juniperus horizontalis* Moench, *Daucus carota* L., *Foeniculum vulgare* Mill., *Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss, *Asclepias syriaca* L., *Hosta sieboldii* (Paxton) J.W.Ingram, *H. ventricosa* Stearn, *Muscari neglectum* Guss. ex Ten., *Ornithogalum umbellatum* L., *Scilla luciliae* (Boiss.) Speta, *Heliopsis helianthoides* (L.) Sw., *Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn, *L. caprifolium* L., *Symphoricarpos rivularis* Suksd., *Quercus rubra* L., *Ribes aureum* Pursh и многие другие.

Учитывая значительный прирост числа чужеродных растений в Кузбассе, встает актуальная необходимость не только максимального выявления адвентов на территории области, но и учет степени их инвазионной активности.

Из 58 видов, включенных в «Черную книгу флоры Сибири» (2016) для Кемеровской области в соответствии со шкалой уровня агрессивности приведено 47 инвазионных видов:

Статус 1 – виды-трансформеры: *Acer negundo* L., *Solidago canadensis* L. (2 вида);

Статус 2 – виды активно расселяющиеся и натурализующиеся в нарушенных полуестественных и естественных местообитаниях: *Amoria hybrida* (L.) C. Presl, *Conium maculatum* L., *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray, *Echium vulgare* L., *Epilobium adenocaulon* Hausskn. (для юга области), *Galium aparine* L. (без указания конкретных местонахождений для области), *Hordeum jubatum* L., *Impatiens glandulifera* Royle, *Medicago sativa* L., *Pastinaca sativa* L., *Plantago lanceolata* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. (12 видов);

Статус 3 – виды, расселяющиеся и натурализующиеся в нарушенных местообитаниях: *Armoracia rusticana* G. Gaertn., B. Mey. et Scherb., *Atriplex sagittata* Borkh., *Centaurea pseudomaculosa* Dbrocz., *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv., *Elodea canadensis* Michx., *Epilobium pseudorubescens* A. Skvorts. (для юга области), *Lactuca serriola* L., *Lepidium densiflorum* Schrad., *Lepidoteca suaveolens* (Pursh) Nutt., *Lupinus polyphyllus* Lindl., *Malus baccata* (L.) Borkh., *Rorripa sylvestris* (L.) Besser, *Saponaria officinalis* L., *Ulmus pumila* L., *Velarum officinale* (L.) Reichenb. (16 видов).

Статус 4 – потенциально инвазионные виды, способные к восстановлению в местах заноса и проявившие себя в смежных регионах в качестве инвазионных: *Ambrosa artemisiifolia* L., *Amelanchier spicata (*Lam.) C. Koch, *Axyris amaranthoides* L., *Centaurea diffusa* (часть области), *Cuscuta europaea* L., *C. lululiformis* Krock., *Elaeagnus angustifolia* L. (часть области), *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hylander, *Fragaria* × *ananasa* (Weston) Duch. ex Rozier, *Helianthus tuberosus* L., *Juncus tenuis* Willd., *Lotus corniculatus* L., *Oenotera villosa* Thunb., *Senecio vulgaris* L., *Sphallerocarpus gracilis* (Besser ex Trevir.) Koso-Pol. (часть области), *Vicia hirsuta* (L.) S.F.Gray (16 видов).

Статус 5 – естественный ареал: *Melilotus officinalis* (L.) Pall.

Результаты проведенного анализа современного состояния флоры сосудистых растений показывают, что процесс расширения ареалов некоторых чужеродных видов в пределах Кузбасса, находится в активной фазе. Полагаем, что назрела актуальность подготовки к изданию «Черной книги Кузбасса», в которую помимо уже указанных видов (Черная книга …, 2016) войдет большое число инвазионных и потенциально инвазионных видов. Например со статусом 2 (виды активно расселяющиеся и натурализующиеся в нарушенных полуестественных и естественных местообитаниях): *Bidens frondosa*, *Campanula rapunculoides* L., *Carduus acanthoides* L., *Xanthoxalis stricta* (L.) Small; со статусом 3 (виды, расселяющиеся и натурализующиеся в нарушенных местообитаниях): *Aster novi-belgii* L., *Chaenorhinum minus* (L.) Lange, *Chrysaspis campestris* Desv., *Convallaria majalis* L., *Echinops sphaerocephalus L., Galeopsis ladanum* L., *Galeopsis speciosa* Mill., *Impatiens parviflora*, *Leersia oryzoides* (L.) Sw., *Medicago*×*varia* T. Martyn., *Sisymbrium volgense* M. Bieb. ex E. Fourn. И это далеко не исчерпывающий список.

Кроме того, современные данные по динамике распространения отдельных видов по территории Кузбасса позволяют пересмотреть статус инвазионности, который был им присвоен для Кемеровской области ранее данным видам (Черная…, 2016). Например, из категории 3 в категорию со статусом 2 возможно перенесение: *Armoracia rusticana, Conyza canadensis, Echinochloa crusgalli, Elodea canadensis, Lupinus polyphyllus, Rorripa sylvestris, Saponaria officinalis, Plantago lanceolata.*

Таким образом из современного списка чужеродных видов нужно выделить не только виды инвазионные, но и потенциально инвазионные сосудистые растения, уделить внимание «уровню агрессии» каждого вида на территории Кузбасса. В первую очередь необходимо обратить внимание на виды, относящиеся к категории (статусу) 2, которые могут довольно быстро перейти рубеж к видам-трансформерам.

Работа выполнена в рамках Госзадания Проект № 124041100075-7, FWEZ-2024-0022, с привлечением фондов УНУ «Гербарий Кузбасского ботанического сада» (KUZ).

ЛИТЕРАТУРА

Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения / под ред. К.С. Байкова. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. 640 с.

Красная книга Кемеровской области Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / отв. ред. А.Н. Куприянов. Кемерово, 2000. 244 с.

Красноборов И.М. Исследователи флоры Кемеровской области // Бот.иссл. Сибири и Казахстана. Кемерово, 2006. Вып. 12. С. 134–147.

Определитель растений Кемеровской области / отв. ред. И.М. Красноборов. Новосибирск, 2001. 77 с.

Флора Кемеровской области / отв. ред. С.А. Шереметова. Новосибирск : СО РАН, 2023. 520 с.

Черная книга флоры Сибири / науч. ред. Ю.К. Виноградова; отв. ред. А.Н. Куприянов. Новосибирск : Гео, 2016. 440 с.

Chepinoga V.V., Barkalov V.Yu., Ebel A.L., Knyazev M.S., Baikov K.S., Bobrov A.A., Chkalov A.V., Doronkin V.M., Efimov P.G., Friesen N.V., German D.A., Gontcharov A.A., Grabovskaya-Borodina A.E., Gureyeva I.I., Ivanenko Yu.A., Kechaykin A.A., Korobkov A.A., Korolyuk E.A., Kosachev P.A., Kupriyanov A.N., Luferov A.N., D.G. Melnikov, Mikhailova M.A., Nikiforova O.D., Orlova L.V., Ovchinnikova S.V., Pinzhenina E.A., Poliakova T.A., Shekhovstsova I.N., Shipunov A.B., Shmakov A.I., Smirnov S.V., Tkach N., Troshkina V.I., Tupitsyna N.N., Vasjukov V.M., Vlasova N.V., Verkhozina A.V., Anenkhonov O.A., Efremov A.N., Glazunov V.A., Khoreva M.G., Kiseleva T.I., Krestov P.V., Kryukova M.V., Kuzmin I.V., Lashchinskiy N.N., Pospelov I.N., Pospelova E.B., Zolotareva N.V., Sennikov A.N. Checklist of vascular plants of Asian Russia // Botanica Pacifica. A journal of plant science and conservation. 2024. 13 (Special issue): 3–310. https://doi.org/10.17581/bp.2024.13S01

Verkhozina, A.V., Agafonov V.A., Beshko N.Yu. Biryukov R.Yu., Bondareva V.V., Bykov N.I., Chernykh D.V., Chimitov D.G., A.L. Ebel, T.V. Ebel, ... & D.A. Krivenko. Findings to the flora of Russia and adjacent countries: New national and regional vascular plant records, 5 // Botanica Pacifica. 2024. Vol. 13, № 1. P. 67–92.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-63

Растительность Большой Байкальской тропы от Хакусов до озера Фролиха (по материалам школьной летней экспедиции на Северный Байкал)

О.В. Штырлина[1], И.П. Уромова[1], Д.А. Штырлин[2], Н.Н. Самоделкина[3]

[1] *Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина, Нижний Новгород, Российская Федерация; nniosrd@yandex.ru*
[2] *Нижегородский индустриальный колледж, Нижний Новгород, Российская Федерация; dmitry.shtyrlin@yandex.ru*
[3] *Лицей №8 им. Е.К. Федорова, Нижний Новгород, Российская Федерация; lyceum8-nn@yandex.ru*

Аннотация. Работа посвящена изучению растений, встречающихся по прохождении участка Большой Байкальской Тропы Северного Байкала. Помимо типичных растений характерных для данного региона вдоль тропы идентифицированы редко встречающиеся и охраняемые, лекарственные и ядовитые растения Дано видовое определение растений, относящихся к 18 семействам отдела Покрытосеменные, а также представители других отделов высших растений.

Ключевые слова: Северный Байкал, Большая Байкальская тропа, Хакусы, мыс Аяя, озеро Фролиха

Vegetation of the Great Baikal Trail from Hakusy to Lake Frolikha (based on the materials of the school summer expedition to Northern Baikal)

O.V. Shtyrlina[1], I.P. Uromova[1], D.A. Shtyrlin[2], N.N. Samodelkina[3]

[1] *Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation; nniosrd@yandex.ru*
[2] *Nizhny Novgorod Industrial College, Nizhny Novgorod, Russian Federation; dmitry.shtyrlin@yandex.ru*
[3] *Lyceum No. 8 named after E.K. Fedorov, Nizhny Novgorod, Russian Federation; lyceum8-nn@yandex.ru*

Abstract. The work is devoted to the study of plants found along the passage of the Great Baikal Trail section of Northern Baikal. In addition to typical plants typical of the region, rare and protected medicinal and poisonous plants have been identified along the trail, and a species definition of plants belonging to 18 families of the Angiosperms department, as well as representatives of other departments of higher plants, has been given.

Keywords: Northern Baikal, Great Baikal Trail, Hakusy, Cape Ayaya, Lake Frolikha

Проблема изучения биоразнообразия природных территорий с целью его сохранения – одна из важнейших экологических проблем. Известно, что растениям принадлежит основная средообразующая роль в формировании биоценозов. Исследование и идентификация видового многообразия растительного покрова, его изменение под влиянием как естественных причин, так и в результате воздействия антропогенного фактора является составной часть биоэкологического изучения природы. Актуальность проблемы в том, что территория бассейна Северного Байкала является одной из самых малоизученных в этом плане. Исходя из выше изложенного, целью настоящего исследования является изучение растительности ББТ от курорта Хакусы до озера Фролиха.

Хакусы – местность Северного Байкала представляют широкую песчаную полосу длиной около 4 км, переходящую к востоку в хвойный лес. На севере ограничена мысом Хакусы, на юге – отвесным скалистым мысом Аман-кит. Первое упоминание о Хакусах относится к 1886 г., когда И.Д. Черский представил отчет о геологическом исследовании береговой полосы Байкала, в котором описал бухту Хакусы и горячий ключ в ней.

В 2012 г. экспедиция географического факультета МГУ провела комплексное исследование в Хакусах, изучив инфраструктуру курортной местности, собрала статистический материал и провела социологические исследования посещаемости курорта. Поскольку этот район стал интенсивно посещается туристами, для знакомства с природой данной курортной зоны проложены экологические тропы, которые дают представление о природе региона, подчеркивают его уникальность и красоту. Но нет определенной конкретизации растительного покрова, не акцентируется внимание на наиболее значимых представителях фитоценозов, являющихся средообразующими, охраняемыми и имеющими практическое значение. Одной из таких троп является Большая Байкальская тропа (ББТ).

1. Большая Байкальская Тропа (ББТ) начинается от курорта «Хакусы» и турбазы «Олимп» и идет по коренному берегу озера (высота от 5–10 м до 20–30 м и более) через овражный рельеф. По дну лощин в Байкал стекают многочисленные ручьи и речки, которые нужно переходить вброд.

Встречаются каменистые осыпи и корни от разросшегося кедрового стланика, что является определенным препятствием для прохождения. Береговые склоны вдоль тропы представляют заросли мало проходимого хвойного (таежного леса) из сосны сибирской (кедровой), лиственницы сибирской, пихты сибирской, рябины обыкновенной, кедрового стланика, багульника, встречаются шиповник иглистый, можжевельник, жимолость лесная.

В подросте, особенно ближе к берегу, где светлее, – березы: бородавчатая, пушистая, карликовая, иногда ивы, на песках – кустарнички, типичные для таежного леса – брусника, голубика, водяника, толокнянка, грушанка круглолистная, спирея ниппонская (в посадках около зон отдыха) и травянистые растения – майник двулистный, седмичник европейский, ландыш майский [1–4].

Тропа проходит до камня «Чаша» и далее, поднимаясь и спускаясь по гористым склонам на высоте 50–100 и более метров (длина этого участка тропы примерно 18–20 км) выходит на берег озера к мысу Аяя. Губа Аяя – узкий залив, с берега которого начинается экологическая тропа на озеро Фролиха. Залив вдается в материк на 4 км, образуя гавань (от бухты до Хакус – 18–20 км). За красоту залив получил свое название: «Аяя» с эвенкийского «прекрасный». Залив вдается в материк на 4 км, образуя тихую уютную гавань, в которой может укрыться судно.

От мыса Аяя начинается территория Государственного природного заказника федерального значения «Фролихинский». Тропа до озера довольно трудная: пересекает болота, речки, каменистые перевалы. От бухты Аяя начинается тропа к озеру Фролиха. Озеро находится на северо-восточном берегу Байкала в горах Баргузинского хребта. Озеро Фролиха имеет ледниковое происхождение, его глубина составляет 80 м. Это озеро – одно из самых заповедных мест Северного Байкала. Озеро появилось, когда в этой долине столкнулись 2 ледника, которые спускались по долинам современных рек Правая и Левая Фролиха, принеся с собой валуны, камни, песок. Образовавшаяся плотина ограничила сток этих рек и сформировала огромное озеро в форме буквы «Т». Фролихинский заказник был организован в 1976 г. с целью сохранения уникальных природных комплексов Северного Байкала, в настоящее время находится в ведении Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Общая площадь заказника составляет 109 200 га [5,6].

2. Тропа к озеру Фролиха. Расстояние от бухты Аяя до озера Фролиха 6–7 км.

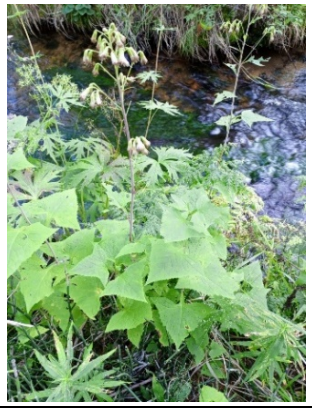
На берегах озера Фролиха (рисунок) – луговая, прибрежно-водная и водная растительность, группы и отдельно стоящие деревья и кустарники: береза провислая, осина, тополь, виды ив, спирея иволостная, шиповник, малина. Травы представлены следующими видами зверобой продырявленный, мята перечная, ромашка непахучая, чабрец обыкновенный, тысячалистник обыкновенный, дудник лекарственный, резуха повислая, мерингия бокоцветная, девясил высокий, сердечник луговой, чертополох курчавый, Иван-да-Марья (марьянник), лапчатка серебристая, белозор болотный, живокость крупноцветная, кровохлебка лекарственная, герань луговая, горечавка легочная, нивяник обыкновенный, клевер люпиновый, пижма обыкновенная [1–5]. Кроме перечисленных растений на тропе к озеру встречаются растения, представленные в табл. 1.

Участок ББТ (тропы) и озеро Фролиха

Таблица 1

Название растения / семейство	Фото
Бадан толстолистный / Монгольский чай (*Bergenia crassifolia*) сем. Камнеломковые Лекарственное: кровоостанавливающее, противовоспалительное, вяжущее и пр. Декоративное	
Воронец красноплодный (*Actaea rubra*) сем. Лютиковые Ядовитое, особенно плоды, охраняемое, встречается редко	
Вороний глаз четырехлистный *(Paris quadrifolia)* сем. Лилейные Ядовитое, употребление даже одной ягоды может вызвать смерть	
Таволга вязолистная (Лабазник) (*Filipendula ulmaria)* сем. Розоцветные Лекарственное: противовоспалительное, потогонное, мочегонное, противоревматическое и обезболивающее	
Чемерица обыкновенная (Лобеля, Кукольник) (*Veratrum lobelianum)* сем. Мелантиевые Ядовитое, инсектицидное, лекарственное	

Окончание табл. 1

Название растения / семейство	Фото
Какалия попьелистная (*Cacalia hastata)* сем. Сложноцветные Встречается на влажных почвах в понижениях рельефа, на тропе довольно часто. Лекарственное: при язвенных колитах, язвах желудка и двенадцатиперстной кишки	
Рододендрон (*Rhododendron dauricum*) сем. Вересковые Декоративное, на тропе дикорастущее; лекарственное: при лечении сердечно-сосудистых заболеваний**,** ревматизма, бактерицидное.	
Ятрышник шлемовидный (*Orchis militaris*) сем. Орхидные Декоративное. Охраняемое, занесено в Красную Книгу, на тропе встречается редко, единично	
Любка двулистая (Ночная фиалка) **(***Platanthera bifolia*) сем. Орхидные Редкое, охраняемое, на тропе встречается единично	

При систематическом анализе растений идентифицированных по мере прохождения по данному участку ББТ выявлено 42 вида растений, принадлежащих 18 семействам отдела покрытосеменные (Цветковые), 6 видов сем. сосновые отдела голосеменные, а также представители отделов папоротниковидные, хвощевидные, плауновидные, моховидные и симбиотической группы лишайниковые, что представлено в табл. 2.

На протяжении тропы можно выделить: лесные, луговые и прибрежно-водные (у озера и по берегу Байкала) фитоценозы. Повсеместно по мере движения вдоль тропы встречаются папоротниковидные (Polypodiophyta): щитовник мужской, голокучник трехраздельный; хвощевидные (Equisetophytina): хвощ лесной, хвощ луговой, хвощ зимующий); плауновидные (Lycopodiophyta):

плаун булавовидный, плаун сплюснутый; моховидные (Bryophyta): виды рода политрихум и лишайники (Lichenes): уснея, тиллаидсия уснеевидная, ягель, кладония и др.

Анализ встечающихся на тропе высших растений показал, что 30 видов можно отнести к группе лекарственных (для человека), 14 видов – пищевые, 11 видов – ядовитые и особо ядовитые, 7 видов – редкие и охраняемые.

Таблица 2

Систематический анализ растений участка ББТ

Отдел	Семейство	Количество видов
Голосеменные Gymnospérmae	Сем. Сосновые	6
Покрытосеменные (Цветковые) Magnoliophyta	Сем. Сложноцветные (Compósitae)	8
	Сем. Розоцветные (Rosáles)	4
	Сем. Вересковые (Ericaceae)	6
	Сем. Зонтичные (Umbellíferae)	1
	Сем. Камнеломковые (Saxifragáceae)	1
	Сем. Лютиковые (Ranunculáceae)	2
	Сем Мелантиевые (Melanthiaceae)	1
	Сем. Губоцветные (Lamiáceae)	2
	Сем. Бобовые (Fabáceae,)	1
	Сем. Горечавковые (Gentianáceae)	1
	Сем. Гераниевые (Geraniáceae)	1
	Сем. Орхидные (Orchidáceae)	2
	Сем. Первоцветные (Primuláceae)	1
	Сем. Норичниковые (Scrophulariáceae)	1
	Сем Бересклетовые (Celastráceae)	1
	Сем. Лилейные (Liliaceae)	1
	Сем. Гвоздичные (Caryophylláceae)	1
	Сем. Зверобойные (Hypericaceae)	1
2 отдела семенных растений	18 семейств	42 вида

ЛИТЕРАТУРА

1. *Маевский П.Ф.* Флора средней полосы европейской части России. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2006.
2. *Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н.* Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 2: Покрытосеменные. М. : Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2003.
3. *Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н.* Иллюстрированный определитель растений Средней России. Том 3 Покрытосеменные. М. : Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2004.
4. *Новиков В.С., Губанов И.А.* Школьный атлас-определитель высших растений. М. : Просвещение, 1985.
5. *Биоразнообразие* Байкальской Сибири / под ред. И.В. Коропачинский; В.М. Корсунов. Новосибирск : Наука, 1999.
6. *Уникальные* объекты живой природы бассейна Байкала / под ред. Л.В. Попов. Новосибирск : Наука, 1990.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-64

Род *Ranunculus* L. в Центральной Азии: таксономический кризис, эволюционные парадоксы и стратегии сохранения биоразнообразия

Н.В. Щеголева

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация; pileola@bk.ru

Аннотация. Род *Ranunculus* L. (Лютик) представляет собой один из наиболее сложных и дискуссионных таксонов в семействе Ranunculaceae Juss., характеризующийся глобальным распространением, исключительным морфологическим разнообразием и широкой экологической амплитудой. Вместе с тем, это наглядная иллюстрация таксономического кризиса, столкновения традиционной морфологии с вызовами молекулярной филогенетики. Такое положение существенно осложняет классификацию видов и оценку их реального разнообразия. На примере Центральной Азии – мирового центра видообразования и сохранения реликтовых линий, демонстрируются современные проблемы систематики рода. Особое внимание уделено эволюционным парадоксам рода – роли апомиксиса, полиплоидии и гибридизации как стратегий адаптации к экстремальным условиям. Подчёркивается необходимость интеграции молекулярно-генетических методов для разработки научно обоснованных стратегий сохранения уникального биоразнообразия Центральной Азии.

Ключевые слова: таксономия, филогения, парафилия, эндемизм, Центральная Азия, Узбекистан, охрана биоразнообразия

The genus *Ranunculus* L. in Central Asia: taxonomic crisis, evolutionary paradoxes, and biodiversity conservation strategies

N.V. Shchegoleva

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; pileola@bk.ru

Abstract. The genus *Ranunculus* L. (buttercup) is one of the most complex and controversial taxa in the family Ranunculaceae Juss., characterized by a global distribution, exceptional morphological diversity and a wide ecological amplitude. At the same time, this is a clear illustration of the taxonomic crisis of the collision of traditional morphology with the challenges of molecular phylogenetics. This situation significantly complicates the classification of species and the assessment of their real diversity. Using the example of Central Asia, the world center of speciation and conservation of relict lineages, modern problems of the systematics of the genus are demonstrated. Particular attention is paid to the evolutionary paradoxes of the genus - the role of apomixis, polyploidy and hybridization as strategies for adaptation to extreme conditions. The need to integrate molecular genetic methods for the development of scientifically based strategies for preserving the unique biodiversity of Central Asia is emphasized.

Keywords: taxonomy, phylogeny, paraphyly, endemism, Central Asia, Uzbekistan, biodiversity conservation

Род *Ranunculus* L. представляет собой пример таксономически сложной группы с глобальным распространением и высокой морфологической пластичностью. Объединяя более 600 видов, этот род является крупнейшим в семействе Ranunculaceae Juss. и важным компонентом большинства типов растительности Северного полушария. Эволюция рода сопровождалась освоением самых разнообразных экологических ниш и выработкой адаптаций к экстремальным условиям высокогорий, арктических тундр и аридных местообитаний.

Несмотря на длительную историю изучения рода *Ranunculus*, его систематика и филогения остаются дискуссионными, что приводит к недооценке реального видового разнообразия и трудностям в реализации таких задач как охрана редких видов, оценка разнообразия и эндемизма флоры, использование в качестве полезных растений и др.

Высокое морфологическое разнообразие лютиков затрудняет четкое определение границ видов и секций. Род отличается сложной системой размножения, для некоторых групп характерны апомиксис, полиплоидия и гибридизации (Horandl et al., 2005; Paun et al., 2006; Lehnebach et al., 2008; Baltisberger, Hörandl, 2018).

Выраженная фенотипическая изменчивость видов *Ranunculus* на фоне апомиксиса и гибридизации привели к проявлению локальных морфотипов, которые зачастую получали видовой ранг. В Европе попытки ревизии таких морфотипов в комплексе *R. auricomus* выразились в описании множества микровидов (Marklund, 1961; Nogler, 1984; Hörandl, Gutermann, 1998; Ericsson, 2001). Изучение связи мейотического поведения с гибридизацией, полиплоидией и апомиксисом по сей день остается очевидно важной, но нетривиальной задачей (Hörandl et al., 2005; Tomasello et al., 2020; Bobrov et al. 2022), направленной на развитие методов определения видов у полиплоидов и гибридов, а также геномных технологий, позволяющих изучать такие эволюционные сценарии. Для разных биогеографических групп рода *Ranunculus* гибридизация, полиплоидия и апомиксис – это стратегии адаптации

к экстремальным и стрессовым условиям, зачастую свойственным высокогорным и арктическим растениям (Hörandl et al., 2020; Barke et al., 2020; Hörandl, 2023; Bradican et al., 2024).

Работы по филогенетике рода *Ranunculus* подтверждают сложную эволюционную историю с множественными случаями адаптивной радиации (Hörandl et al., 2005; Paun et al., 2005). Первые молекулярно-филогенетические исследования по таксономии рода *Ranunculus* стали проводится с начала 2000-х годов (Wang et al., 2009; Hörandl et Emadzade, 2012; Hörandl et Emadzade, 2015; Fernández Prieto et al., 2017 и др.). С помощью нескольких маркеров (rbcL, matK, ITS) была выявлена полифилетичность рода и необходимость его ревизии. В результате род *Ranunculus* был разделен на несколько клад, связанных с разными эволюционными линиями, большая часть из которых монофилетичны и соответствуют разным географическим регионам.

Исследования филогенетических связей и биогеографической истории высокогорных лютиков Северной Америки и Центральной Азии с использованием последовательностей ядерной (ITS) и хлоропластной (matK, psbJ-petA) ДНК (Emadzade et al., 2015) также указывают на полифилетическое происхождение и независимую адаптацию к высокогорным местообитаниям в разных регионах, что подчёркивает важную роль конвергенции в эволюции рода *Ranunculus*. Доля центральноазиатских видов, освещенных в исследованиях, существенно мала (Emadzade et al., 2015; Almerekova et al., 2020; Bradican et al., 2024), тем не менее, это позволило получить первичные обоснованные результаты о наличии центров и скорости видообразования в роде *Ranunculus* в Центральной Азии.

Молекулярно-генетические методы активно пересматривают традиционную классификацию рода *Ranunculus*. Однако, во всех перечисленных исследованиях наибольшая эффективность достигается за счет комплексного подхода, а не отдельных генетических или фенотипических исследований.

В настоящее время обширные регионы Азии остаются критически недостаточно изученными. При этом Центральная (Средняя) Азия – один из ключевых мировых центров видообразования и сохранения реликтовых линий рода *Ranunculus*. Флора региона, согласно классическим сводкам (Бутков, Овчинников, 1953; Овчинников, 1975; Ковалевская, Пахомова, 1972), насчитывает более 90 видов *Ranunculus*, около половины из которых – эндемики горных систем Тянь-Шаня и Памиро-Алая. Именно здесь сосредоточено ядро полифилетичной и таксономически проблемной секции *Ranunculastrum*. Кроме всего, за последние годы описаны новые для науки виды, в том числе и с территории Узбекистана (Shchegoleva et al., 2022), что подчеркивает неполноту наших знаний.

Таким образом, научная проблема заключается в существовании острого противоречия между высоким уровнем эндемизма, таксономической сложностью рода *Ranunculus* в Центральной Азии и отсутствием комплексных молекулярно-генетических исследований, что не позволяет выявить полный состав и таксономическую структуру рода и разработать научно обоснованные меры по сохранению его уникального генофонда. Многие центральноазиатские виды требуют генетической верификации. Наши генетические исследования, подтверждают линии близкородственных видов, но выявляют сложность применения морфологических признаков для их разграничения (например, линия *R. olgae* Regel, *R. chaffanjonii* Danguy ex Finet & Gagnep., *R. convexiusculus* Kovalevsk., или линия *R. sewerzowii* Regel, *R. leptorrhynchus* Aitch. & Hemsl., *R. linearilobus* Bunge, *R. michaelis* Kovalevsk., *R. mogoltavicus* Ovcz., *R. pinnatisectus* Popov, *R. regelianus* Ovcz., *R. komarowii* Freyn.

Горные системы Тянь-Шаня и Памиро-Алая – драйверы формирования уникального состава рода *Ranunculus* в силу аллопатрического видообразования в изолированных горных долинах и ксерофитизации в условиях аридного климата. Лютики в последнем издании Флоры Узбекистана (Щеголева, 2023) включают 44 вида, из которых 24 эндемичны для Средней Азии, а 12 являются субэндемичными и эндемичными для Республики Узбекистан. Описываются и новые для науки виды, что свидетельствует о недостаточной изученности региона (Shchegoleva et al., 2022).

Многие виды лютиков характеризуются строгой приуроченностью к специфическим местообитаниям. Эндемичные виды, как правило, крайне уязвимы (Зверев и др., 2020; Щёголева и др., 2020; Shchegoleva et al., 2018; Shchegoleva et al., 2022). Поэтому понимание парафилетической природы рода имеет критическое значение для разработки экосистемной стратегии охраны, нацеленной на сохранение филогенетического разнообразия, направленной не на отдельные таксоны, а на филогенетические линии видов и уникальные, их изолирующие, горные экосистемы.

Современные таксономические построения рода *Ranunculus* Центральной Азии требуют поддержки молекулярными данными, это позволит провести объективную ревизию границ видов и внутриродовых групп, выявив при этом сложные случаи параллельной эволюции признаков. Дальнейшие исследования должны сопровождаться полногеномным анализом для филогенетически ключевых, а также эндемичных видов региона. Ведь решение фундаментальных вопросов таксономии и филоге-

нии – единственный способ для разработки научно обоснованных и рациональных решений по сохранению и использованию биоразнообразия.

ЛИТЕРАТУРА

Бутков А.Я., Овчинников П.Н. Флора Узбекистана. Т. 2. Ташкент : Изд-во АН УзССР, 1953. С. 433–510.

Зверев А.А., Щёголева Н.В., Ревушкин А.С. Выявление экологических ареалов редких высокогорных видов рода Ranunculus методами фитоиндикации // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2020. № 51. С. 212–222. DOI: 10.17223/19988591/51/12

Ковалевская С.С., Пахомова М.Г. Определитель растений Средней Азии. Т. 3. Ташкент : ФАН, 1972. С. 139–231.

Овчинников П.Н. Флора Таджикской ССР. Т. 4. Л. : Наука, 1975. С. 92–140.

Щеголева Н.В. Ranunculaceae (*Trollius – Thalictrum*). Флора Узбекистана. Том 6. Ташкент : Маънавият, 2023. С. 1–165.

Щёголева Н.В., Тургинов О.Т. , Жабборов А.М., Кодиров У.Х. Эколого-географические особенности эндема западного Памиро-Алая *Ranunculus botschantzevii* Ovcz // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2020. № 49. С. 175–186. DOI: 10.17223/19988591/49/10

Almerekova S. et al. The molecular taxonomy of three endemic Central Asian species of *Ranunculus* (Ranunculaceae) // PLoS ONE. 2020. Vol. 15, Iss. 10: e0240121. doi: 10.1371/journal.pone.0240121

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. doi: 10.1016/j.ppees.2015.11.001

Barke B.H. et al. The relation of meiotic behaviour to hybridity, polyploidy and apomixis in the ranunculus auricomus complex (Ranunculaceae) // BMC Plant Biol. 2020. Vol. 20: 523. DOI: 10.1186/s12870-020-02654-3

Bobrov A.A. et al. Extensive hybridization in *Ranunculus* section *Batrachium* (Ranunculaceae) in rivers of two postglacial landscapes of East Europe // Sci. Rep. 2022. Vol. 12: 12088. DOI: 10.1038/s41598-022-16224-0

Bradican J.P. et al. Converging forms: an examination of sub-Arctic, circumarctic, and Central Asian Ranunculus auricomus agg. populations // Front. Plant Sci. 2024. Vol. 15:1415059. DOI: 10.3389/fpls.2024.1415059

Emadzade K. et al. Phylogenetic relationships and evolution of high mountain buttercups (*Ranunculus*) in North America and Central Asia // Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 2015. Vol. 17. P. 131–141. 225. DOI: 10.1016/j.ppees.2015.02.001

Ericsson S. The *Ranunculus auricomus* complex // Flora Nordica. Stockholm, 2001. Vol. 2. P. 237–255.

Fernández Prieto J.A. et al. Evolutionary and biogeographic relationships of related *Ranunculus* taxa: dispersal, vicariance and pseudovicariance as mechanisms of change // Plant Ecology & Diversity. 2017. Vol. 10, Iss. 5–6. P. 379–387. DOI: 10.1080/17550874.2018.1430187

Hörandl E. et al. Phylogenetic relationships and evolutionary traits in *Ranunculus* s.l. (Ranunculaceae) inferred from ITS sequence analysis // Mol Phylogenet Evol. 2005. Vol. 36. P. 305–27.

Hörandl E. Geographical parthenogenesis in alpine and arctic plants // Plants. 2023. Vol. 12: 844. DOI: 10.3390/plants12040844

Hörandl E., Emadzade K. Evolutionary classification: A case study on the diverse plant genus *Ranunculus* L. (Ranunculaceae) // Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 2012. Vol. 14, Iss. 4. P. 310–324. DOI: 10.1016/j.ppees.2012.04.001

Hörandl E., Gutermann W. Zur Kenntnis des *Ranunculus auricomus*-Komplexes in Österreich. Die Arten der *R. phragmiteti*- und *R. indecorus*-Gruppe // Phyton (Horn). 1998. Vol. 37. P. 263–320.

Hörandl E. et al. Genome Evolution of Asexual Organisms and the Paradox of Sex in Eukaryote // Evolutionary Biology–A Transdisciplinary Approach / ed. P. Pontarotti. Cham: Springer International Publishing, 2020. P. 133–167. DOI: 10.1007/978-3-030-57246-4_7

Lehnebach C.A. Phylogenetic affinities, species delimitation and adaptive radiation of New Zealand *Ranunculus*. PhD thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand, 2008.

Marklund G. Der *Ranunculus Auricomus*-Komplex in Finnland. Helsinki: Tilgman, 1961.

Nogler G.A. Genetics of apospory in apomictic *Ranunculus auricomus*. V: Conclusion // Botanica Helv. 1984. Vol. 94. P. 411–422.

Paun O. et al. Phylogenetic relationships and biogeography of *Ranunculus* and allied genera (Ranunculaceae) in the Mediterranean region and in the European alpine system // Taxon. 2005. Vol. 54. P. 911–930

Paun O. et al. The role of hybridization, polyploidization and glaciation in the origin and evolution of the apomictic Ranunculus cassubicus complex // New Phytol. 2006. Vol. 171. P. 223–236.

Shchegoleva N.V. et al. A new species of *Ranunculus* (Ranunculaceae) from Western Pamir-Alay, Uzbekistan // PhytoKeys, 2022. 2022193. P. 125–139. DOI: 10.3897/phytokeys.193.70757

Shchegoleva N.V. New distribution data on Altai endemic Ranunculus schischkinii in floras of Russia and Kazakhstan // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, Biologia. 2018. № 41. P. 182–189. DOI:10.17223/19988591/41/1

Tomasello S. et al. Phylogenomics unravels quaternary vicariance and allopatric speciation patterns in temperate-montane plant species: A case study on the ranunculus auricomus species complex // Mol. Ecol. 2020. Vol. 29. P. 2031–2049. DOI: 10.1111/mec.15458

Wang W. et al. Phylogeny and classification of *Ranunculales*: Evidence from four molecular loci and morphological data // Perspectives *in* Plant Ecology, Evolution and Systematics. 2009. Vol. 11. P. 81–110.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-65

Чужеродные виды злаков во флоре Томской области

А.Л. Эбель[1, 2, 3], Т.В. Эбель[3]

[1] *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация; alex-08@mail2000.ru*
[2] *Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Российская Федерация*
[3] *Томский филиал ФГБУ «ВНИИКР», Томск, Российская Федерация; ebeltanya@yandex.ru*

Аннотация. В Томской области к настоящему времени выявлено более 40 чужеродных видов Poaceae из 24 родов, относящихся к 5 трибам (*Paniceae* – 13 видов из 5 родов, *Poeae* – 12 видов из 8 родов, *Hordeeae* – 10 видов из 7 родов, *Bromeae* – 6 видов из 2 родов, *Sacchareae* – 3 вида из 2 родов). Это составляет около трети видового состава всех злаков Томской области. К числу инвазивных видов относятся широко распространенные на территории области *Echinochloa crus-galli* и *Hordeum jubatum*; потенциально инвазивными являются расселяющиеся в последние годы на юге области *Poa compressa*, *Eriochloa villosa* и *Anisantha tectorum*. Несколько чужеродных злаков Томской области является видами, регулируемыми фитосанитарными требованиями различных стран (виды рода *Avena*, большинство видов трибы *Paniceae*).

Ключевые слова: злаки, чужеродные виды, инвазивные виды, Сибирь, Томская область

Alien species of grasses in the flora of Tomsk Region

A.L. Ebel[1, 2, 3], T.V. Ebel[3]

[1] *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; alex-08@mail2000.ru*
[2] *Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation*
[3] *Tomsk Branch of All-Russian Plant Quarantine Center ("VNIIKR"), Tomsk, Russian Federation; ebeltanya@yandex.ru*

Abstract. To date, more than 40 alien species of Poaceae from 24 genera have been found in Tomsk Region; these are belonging to 5 tribes: *Paniceae* – 13 species from 5 genera, *Poeae* – 12 species from 8 genera, *Hordeeae* – 10 species from 7 genera, *Bromeae* – 6 species from 2 genera, and *Sacchareae* – 3 species from 2 genera. They make up about third part of the species composition of Poaceae family in Tomsk Region. Invasive species include *Echinochloa crus-galli* and *Hordeum jubatum*, which are widespread in the region; potentially invasive species include *Poa compressa*, *Eriochloa villosa* and *Anisantha tectorum*, which have been spreading in the south of the region in recent years. Several alien grasses in Tomsk Oblast are species regulated by phytosanitary requirements of several countries, among them species of the genus *Avena* and most species of the tribe *Paniceae*.

Keywords: grasses, alien species, invasive species, Siberia, Tomsk Region

Злаки относятся к числу крупнейших семейств как во флоре Сибири, так и в Томской области. По данным регионального определителя растений (Олонова, 2014), на территории области насчитывается 113 видов из 46 родов. С учетом новейших дополнений и уточнений, объем семейства Poaceae во флоре Томской области достигает 125 видов из 49 родов.

Хорошо известно, что злаки являются таксономически сложной группой сосудистых растений. Идентификация гербарных материалов и живых растений этого семейства в природных условиях требует значительной квалификации и опыта специалистов.

Значительное число видов злаков, произрастающих на территории Томской области, являются чужеродными (адвентивными, заносными) растениями, появившимися здесь относительно недавно в результате деятельности человека. Во втором томе фундаментальной сводки «Флора Западной Сибири» (Крылов, 1928) для территории Томской области (в современных границах) указано, по нашим подсчетам, всего 7 заносных видов злаков из 7 родов. В обобщающей статье по адвентивной флоре Томской области (Пяк, 1994) перечислены уже 17 видов злаков из 14 родов.

В дальнейшем состав чужеродных злаков на территории Томской области существенно увеличился. Здесь были обнаружены представители родов *Aegilops*[1], *Anisantha*, *Digitaria*, *Elymus*, *Elytrigia*, *Eriochloa*, *Festuca*, *Phalaris*, *Poa*, *Sorghum*, а также ряд новых видов из выявленных ранее родов *Avena*, *Bromus*, *Echinochloa*, *Hordeum*, *Lolium*, *Panicum*, *Puccinellia*, *Setaria* (Олонова, 2003; Эбель, 2007, 2010, 2012, 2013; Эбель и др., 2009, 2016; Ebel, 2022). Новейшими находками являются *Bromus arvensis* L. и представитель нового рода для флоры Сибири – *Aegilops cylindrica* Host, найденные нами в Томске в первой половине лета 2025 г.

С учетом указанных дополнений, к настоящему времени во флоре Томской области отмечено более 40 чужеродных видов Poaceae из 24 родов. Таким образом, почти за 100-летний период число чужеродных видов злаков увеличилось более чем в 5 раз (а за последние 30 лет – более чем вдвое), и ныне они составляют примерно треть от общего числа видов этого семейства во флоре области. Не

[1] Объем таксонов разного ранга (от вида до трибы) принят по сводке «Злаки России» (Цвелев, Пробатова, 2019).

вполне понятен статус еще нескольких видов, произрастающих на территории Томской области в значительном отрыве от основного ареала, причем иногда в антропогенно нарушенных местообитаниях (*Anthoxanthum odoratum* L., *Elytrigia lolioides* (Kar. et Kir.) Nevski, *Glyceria notata* Cheval., *Leersia orizoides* (L.) Sw., *Leymus ramosus* (K. Richt.) Tzvelev). Пока эти виды отнесены нами к аборигенному элементу флоры – однако не исключено, что они появились здесь также благодаря деятельности человека. Подавляющее большинство чужеродных злаков ограничено в своем распространении южными районами Томской области (Асиновский, Зырянский, Кожевниковский, Томский) и областным центром, однако некоторые проникают довольно далеко на север области. Разумеется, к числу чужеродных злаков относятся и несколько видов, являющихся эфемерофитами и не проявляющих тенденции к натурализации на территории области.

На первом месте по разнообразию чужеродных злаков Томской области – обширная триба *Poeae* (12 видов из 8 родов). Вероятно, исчезнувшим из флоры области является относящийся к подтрибе *Agrostidinae* однолетний сорный злак *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv.: по крайней мере, последние гербарные сборы на территории области сделаны в середине прошлого века. Следует отметить, что 4 вида из трибы *Poeae* относятся к подтрибе *Aveninae*: это 3 однолетних вида рода *Avena*, обычно не образующие стабильных популяций за пределами агроценозов (*A. fatua* L., *A. intermedia* T. Lestib., *A. sativa* L.), а также вполне натурализовавшийся здесь многолетник *Arrhenatherum elatius* (L.) J. Presl et C. Presl. Последний вид впервые в Сибири был найден в окр. Томска в 1946 г. (Сергиевская, 1961), затем упоминался в «Определителе растений Томской области» (Вылцан, 1994). По нашим наблюдениям, в последние годы этот вид проявляет тенденцию к медленному расселению в Томске и его окрестностях.

Значительная часть чужеродных злаков во флоре области относится к трибе *Paniceae* (13 видов из 5 родов), в том числе род *Digitaria* – 1 вид, *Echinochloa* – 2 вида, *Eriochloa* – 1 вид, *Panicum* – 2 вида, *Setaria* – 7 видов (при дробном понимании агрегата *Setaria* aggr. *viridis* (L.) P. Beauv.). Все просовидные злаки во флоре Томской области – теплолюбивые однолетники с поздними сроками развития. Большинство из них зацветает в середине или даже во второй половине лета.

Далее следует триба *Hordeeae*, представленная родами *Hordeum* (3 вида), *Triticum* (2 вида), *Aegilops*, *Agropyron*, *Elymus*, *Elytrigia*, *Secale* (по 1 виду в каждом). Большинство видов этой трибы на территории области – однолетники (в том числе – культивируемые и как бы «убегающие» из культуры хлебные злаки), но в родах *Elymus*, *Elytrigia*, *Hordeum* имеются и многолетние виды.

Триба *Bromeae* представлена 5 видами р. *Bromus*; из них 2 вида – *B. mollis* L. и *B. secalinus* L. – в последние годы не обнаружены на территории области. К этой же трибе относится активно расселяющийся в настоящее время по железнодорожным насыпям *Anisantha tectorum* (L.) Nevski (=*Bromus tectorum* L.). Все чужеродные виды этой трибы во флоре области – однолетники с относительно ранними сроками развития. Так, *Anisantha tectorum* и *Bromus squarrosus* зацветают уже в мае, однако отдельные цветущие особи этих видов можно наблюдать даже в середине июля.

Триба *Sacchareae* включает «убегающие» из культуры, но не проявляющие тенденции к натурализации на территории области (и обычно даже не успевающие образовать зрелые семена) теплолюбивые однолетники – *Zea mays* L. и 2 вида р. *Sorghum*.

Несколько чужеродных видов злаков, распространенных на территории Томской области, по разным причинам не были включены в сводки «Флора Сибири» (1990, 2003) и «Конспект флоры Сибири» (2005). По некоторым из них имеются относительно давние сборы с территории Сибири (*Arrhenatherum elatius*, *Anisantha tectorum, Secale cereale* L.), другие были выявлены во флоре Сибири сравнительно недавно (*Echinochloa esculenta* (A. Braun) H. Scholz, *Setaria faberi* R.A.W. Herrm.).

Вместе с тем, требуют уточнения наличие и детали распространения на территории Томской области нескольких «мелких» видов, принятых в новейшей сводке по злакам России (Цвелев, Пробатова, 2019), но не признаваемых в международных базах данных (Catalogue of Life, POWO, World Flora Online). Это виды из агрегатов *Avena* aggr. *fatua* (*A. intermedia*, *A. septentrionalis* Malzev), *Avena* aggr. *sativa* (*A. georgica* Zuccagni, *A. orientalis* Schreb.), *Echinochloa* aggr. *crus-galli* (L.) P. Beauv. (*E. spiralis* Vasing.), и в наибольшей степени – представители агрегата *Setaria* aggr. *viridis* (*S. glareosa* V. Petrov, *S. maximowiczii* Tzvelev et Prob., *S. pycnocoma* (Steud.) Henrard ex Nakai), у которых, по результатам наших исследований, не выявлено достоверных различий с *S. viridis* s.str. в строении колосков и, особенно, пленчатых зерновок.

Для нескольких видов чужеродных злаков на территории Томской области отмечены случаи гибридизации – как с местными, так и с другими чужеродными видами. Так, нередко встречаются гибриды *Poa compressa* L. с местными видами *P. nemoralis* L. и *P. palustris* L. (Олонова, Gao, 2014).

На территории Томска нами отмечены гибриды чужеродного вида *Lolium perenne* L. с другим чужеродным видом этого же рода – *L. multiflorum* Lam., а также с местным видом *Festuca pratensis* Huds. (=*Lolium pratense* (Huds.) Darbysh.).

Среди чужеродных злаков, распространенных на территории Томской области, нет карантинных для территории Российской Федерации видов. Тем не менее, некоторые виды (*Avena* aggr. *fatua*, *Echinochloa crus-galli*, виды р. *Setaria*) являются обременительными сорняками посевов различных сельскохозяйственных культур. Также на территории области произрастают инвазивные и потенциально инвазивные виды злаков. Так, в «Черную книгу флоры Сибири» (2016) включен *Echinochloa crus-galli* – весьма полиморфный вид, освоивший (главным образом в южных районах области) широкий спектр рудеральных, сегетальных и прибрежно-водных местообитаний. Другой инвазивный вид – преимущественно рудеральный *Hordeum jubatum* L. – к настоящему времени широко расселился по территории области, вплоть до самого севера. К потенциально инвазивным видам (по крайней мере, на юге Томской области) можно отнести рудеральный многолетник *Poa compressa*, активно гибридизирующий с местными видами секции *Stenopoa*, а также расселяющиеся в последние годы однолетники – сегетальный сорняк *Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth. (в Томской области известен с 2008 г.) и рудеральный (на территории области пока исключительно «железнодорожный») злак *Anisantha tectorum* (обнаружен впервые в Томской области в 2011 г.). Отметим также, что несколько чужеродных злаков в Томской области являются видами, регулируемыми фитосанитарными требованиями различных стран. Прежде всего, это представители трибы просовые (*Paniceae*): *Echinochloa crus-galli*, *Echinochloa esculenta*, *Eriochloa villosa*, *Panicum miliaceum* L. s.l. (включая *P. ruderale* (Kitag.) D.M. Chang = *P. miliaceum* subsp. *ruderale* (Kitag.) Tzvelev), виды р. *Setaria* (*S. faberi*, *S. italica* (L.) P. Beauv., *S. pumila* (Poir.) Roem. et Schult., *S. viridis* s.l.), а также виды рода *Avena* из трибы *Poeae*. Эти сведения необходимо учитывать при экспорте из Российской Федерации продукции, засоряемой данными видами.

Исследования проведены в рамках НИР «Разработка методов выявления и идентификации сорных растений трибы Paniceae (Poaceae) для обеспечения экспортного потенциала Российской Федерации» (регистрационный номер ЕГИСУ НИОКТР 123042500051-5) и НИР «Разработка методов выявления и идентификации сорных растений рода Avena (Poaceae) для обеспечения экспортного потенциала Российской Федерации» (регистрационный номер ЕГИСУ НИОКТР 124030100158-1), выполняемых по государственному заданию Россельхознадзора.

ЛИТЕРАТУРА

Вылцан Н.Ф. Определитель растений Томской области. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1994. 301 с.

Конспект флоры Сибири: Сосудистые растения / под ред. К.С. Байкова. Новосибирск : Наука, 2005. 362 с.

Крылов П.Н. Флора Западной Сибири. Вып. 2. Gramineae. Томск : Изд-во Томского отделения РБО, 1928. С. 139–376.

Олонова М.В. Новое местонахождение *Poa compressa* L. // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова. 2003. № 93. С. 11.

Олонова М.В. Мятликовые (Злаки) – Poaceae (Gramineae) // Определитель растений Томской области / отв. ред. А.С. Ревушкин. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2014. С. 401–427.

Олонова М.В., Gao X. Потенциальные возможности распространения адвентивного растения *Poa compressa* L. в Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014. № 4 (28). С. 56–69.

Пяк А.И. Адвентивные растения Томской области // Бот. журн. 1994. Т. 79. № 11. С. 45–51.

Сергиевская Л.П. Флора Западной Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 1961. Т. 12. Ч. 1. С. 3071–3255.

Флора Сибири. Т. 2. Poaceae (Gramineae) / под ред. Л.И. Малышева, Г.А. Пешковой. Новосибирск : Наука, 1990. 361 с.

Флора Сибири. Т. 14: Дополнения и исправления. Алфавитные указатели / под ред. Л.И. Малышева, Г.А. Пешковой, К.С. Байкова. Новосибирск : Наука, 2003. 188 с.

Цвелев Н.Н., Пробатова Н.С. Злаки России. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2019. 646 с.

Черная книга флоры Сибири / науч. ред. Ю.К. Виноградова, отв. ред. А.Н. Куприянов. Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2016. 440 с.

Эбель А.Л. Новые находки адвентивных растений в Томской области // Бот. журн. 2007. Т. 92, № 5. С. 764–774.

Эбель А.Л. Новые и редкие для Томской области виды адвентивных растений // Turczaninowia. 2010. Т. 13, № 3. С. 96–102.

Эбель А.Л. Дополнение к флоре Томской области (чужеродные растения) // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. 2012. № 18. С. 47–52.

Эбель А.Л. Новые для Сибири и малоизвестные чужеродные виды растений // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова. 2013. № 108. С. 23–28.

Эбель А.Л., Шереметова С.А., Буко Т.Е. Флористические находки в бассейне Томи (Западная Сибирь) // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2009. Т. 114. Вып. 3. С. 65–67.

Эбель А.Л., Зыкова Е.Ю., Верхозина А.В., Михайлова С.И., Прокопьев А.С., Стрельникова Т.О., Шереметова С.А., Хрусталёва И.А. Новые сведения о распространении в Сибири чужеродных и синантропных видов растений // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова. 2016. № 114. С. 16–36.

Ebel A.L. Echinochloa esculenta (A. Braun) H. Scholz (Poaceae). In: Findings to the flora of Russia and adjacent countries: New national and regional vascular plant records, 4 (A.V. Verkhozina, ed.) // Botanica Pacifica. 2022. Vol. 11 (1). P. 135.

DOI: 10.17223/978-5-908040-01-3-2025-66

Генетический анализ гибрида *Pulsatilla herba-somnii* (Ranunculaceae) из окрестностей г. Красноярска

И.Е. Ямских[1], В.В. Животов[1], К.К. Рябова[1, 2], Н.В. Степанов[1], М.Г. Куцев[1, 3]

[1]*Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Российская Федерация; iyamskikh@mail.ru, fobos.devil@mail.ru, stepanov-nik@mail.ru*

[2]*Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», г. Красноярск, Российская Федерация; ryabova.kseniya.k@mail.ru*

[3]*Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Российская Федерация; m_kucev@mail.ru*

Аннотация. Проведен анализ генетического полиморфизма 7 популяций *Pulsatilla orientali-sibirica, P. turczaninovii* и их гибрида *P. herba-somnii,* произрастающих в г. Красноярске и его окрестностях. Для изученных популяций отмечается относительно низкий уровень полиморфизма, составляющий 30–51 %. Популяции одного вида обладают высоким генетическим сходством (92–95 %). Красноярская популяция *P. herba-somnii* произрастает в местах, где совместно встречаются виды *P. orientali-sibirica* и *P. turczaninovii*. На дендрограмме сходства, построенной с использованием ISSR-маркеров, особи данного гибрида объединяется с *P. orientali-sibirica*, а при филогенетическом анализе – с *P. turczaninovii*. При кластеризации изученных образцов в программе STRUCTURE особи *P. herba-somnii* занимают промежуточное положение. При филогенетическом анализе прострелов наиболее информативными маркерами являются ядерный ITS-регион, а также пластидные межгенные спейсеры *atpB-rbcL* и *rpoB-trnC.*

Ключевые слова: *Pulsatilla orientali-sibirica, P. turczaninovii, P. herba-somnii,* гибрид, генетический полиморфизм, ISSR-маркеры, филогенетический анализ

Genetic analysis of the hybrid *Pulsatilla herba-somnii* (Ranunculaceae) from the vicinity of Krasnoyarsk

I.E. Yamskikh[1], V.V. Zhivotov[1], K.K. Ryabova[1, 2], N.V. Stepanov[1], M.G. Kutsev[1, 3]

[1]*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation; iyamskikh@mail.ru, fobos.devil@mail.ru, stepanov-nik@mail.ru*

[2]*Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Krasnoyarsk, Russian Federation; ryabova.kseniya.k@mail.ru*

[3]*Altai State University, Barnaul, Russian Federation; m_kucev@mail.ru*

Abstract. The genetic polymorphism of 7 populations of *Pulsatilla orientali-sibirica, P. turczaninovii*, and their hybrid *P. herba-somnii*, which grow in Krasnoyarsk and its surroundings, was analyzed. The studied populations have a relatively low level of polymorphism, ranging from 30 % to 51 %. The populations of the same species have a high genetic similarity (92–95 %). The population of *P. herba-somnii* grows in areas where *P. orientali-sibirica* and *P. turczaninovii* species are found together. On a dendrogram of similarity constructed using ISSR markers, individuals of this hybrid are grouped with *P. orientali-sibirica*, and with *P. turczaninovii* in phylogenetic analysis. When the studied samples were clustered via STRUCTURE, *P. herba-somnii* individuals occupied an intermediate position. In phylogenetic analysis of *Pulsatilla*, the most informative markers are the nuclear ITS-region and the plastid intergenic spacers *atpB-rbcL* and *rpoB-trnC.*

Keywords: *Pulsatilla orientali-sibirica, P. turczaninovii, P. herba-somnii,* hybrid, genetic polymorphism, ISSR markers, phylogenetic analysis

Pulsatilla Mill. – род многолетних эфемероидных трав, относящихся к семейству Ranunculaceae. Прострелы часто относят к уязвимым растениям из-за короткого вегетационного периода и декоративной ценности. В настоящее время нет единой точки зрения на объем рода *Pulsatilla* (Tamura, 1967; Hoot et al., 1994; Wang et al., 2001; Sramko et al., 2019). Установлено, что виды прострелов сравнительно легко гибридизируют (Павлова, 1990; Цвелев, 2001). Возможно, именно гибридизацией видов между собой, приводящей к высокому уровню полиморфизма, обусловлена неопределенность по видовому составу рода. Это явление затрудняет точную классификацию и идентификацию видов по морфологическим признакам. Использование молекулярно-генетических методов позволяет получить данные о систематическом положении видов, характере родственных связей, а также выявить особи гибридогенного происхождения.

В окрестностях г. Красноярска встречаются популяции гибрида *P. orientali-sibirica* Stepanov и *P. turczaninovii* Krylov et Serg. Juz., описанного Н.В. Степановым, как самостоятельный вид – *Pulsatilla herba-somnii* Stepanov (Степанов, 2014). Нами была исследована популяция гибрида (РН), произрастающая на склоне южной экспозиции в районе пос. Удачный (окр. г. Красноярска) на границе произрастания предполагаемых родительских видов. Популяция *P. turczaninovii* (РТ1) располага-

ется в верхней части склона, *P. orientali-sibirica* (РО1) – в нижней. Кроме того, для сравнения были взяты еще по 2 популяции прострела Турчанинова и прострела восточно-сибирского, произрастающие в районе Николаевской сопки (РТ2, РО2) и в национальном парке «Столбы» (вблизи скалы «Чертов палец», РТ3, РО3).

При проведении ISSR-PCR анализа использовалось по 8–10 образцов из каждой популяции. Выделение ДНК проведено CTAB-методом. В ходе анализа генетической изменчивости популяций было отобрано 4 ISSR-праймера, обладающих высоким уровнем полиморфизма: HB12 ($(CAC)_3GC$), ISSR09 $(ATG)_6$, 17899A ($(CA)_6AG$), 17899B ($(CA)_6GG$). Параметры генетического разнообразия (процент полиморфизма (P), генное разнообразие Нея (He), индекс Шеннона (Io)) и генетическое сходство Нея рассчитаны в программе Popgene version 1.32. Дендрограмма сходства была построена методом UPGMA в программе TFPGA version 1.3. Оценка генетической структуры популяций произведена в программе STRUCTURE, версии 2.3.4.

Для нескольких образцов из разных популяций было проведено секвенирование методом Сэнгера пластидных регионов (участок гена *rbcL,* межгенные спейсеры *rpoB-trnC* и *atpB-rbcL*), а также внутренних транскрибируемых спейсеров рибосомальной ДНК (*ITS1-5,8S-ITS2*). В филогенетический анализ был также добавлен образец *P. multifida* G. Prizel (РМ) из Хакасии. На основе данных секвенирования были построены филогенетические деревья с использованием алгоритма максимального правдоподобия (ML) и модели нуклеотидных замен Тамуры-Нея (TN93) (Tamura, Nei, 1993) в программе MEGA X (Kumar et al., 2018) со значением параметра бутстрэпа 5000. При построении деревьев использовались последовательности из базы данных NCBI.

При проведении ISSR-анализа выявлено 59 фрагментов ДНК, уровень полиморфизма которых составляет 95 %. Высоко изменчивыми (100 %) являются праймеры 17899A и HB12. Уровень полиморфизма популяций средний и варьирует от 30 до 51 %. Максимальное генетическое разнообразие зафиксировано в популяции *P. turczaninovii* РТ3 (P = 50,85 %; He = 0,14; Io = 0,23).

Генетическое сходство Нея (Nei, 1972) максимально для популяций одного вида и варьируют от 0,92 до 0,94 между популяциями *P. orientali-sibirica* (РО1-РО3) и от 0,93 до 0,95 – между *P. turczaninovii* (РТ1-РТ3). Генетическое сходство, рассчитанное между гибридной РН и родительскими популяциями РТ1 и РО1 примерно одинаковое и составляет 0,88 и 0,89 соответственно.

На дендрограмме сходства (рис. 1), построенной на основе использования ISSR-маркеров, мы видим четкое разделение на два кластера. Первый кластер образуют популяции прострела восточно-сибирского, второй объединяет три популяции прострела Турчанинова. Популяция гибрида примыкает к первой группе. При построении кластеров в программе STRUCTURE с использованием байесовского подхода *P. herba-somnii* занимает промежуточное положение между родительскими видами.

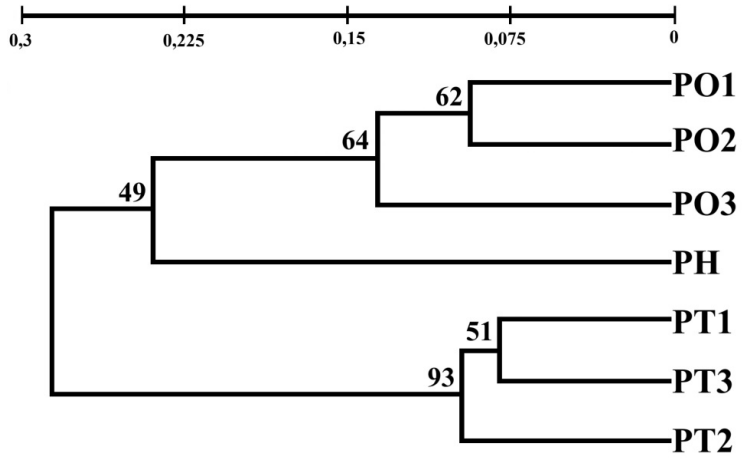


Рис. 1. Дендрограмма сходства популяций видов рода *Pulsatilla* на основе данных ISSR–анализа. Цифрами указан бутстрэп-индекс

Филогенетические деревья, построенные на основе анализа трех участков пластидной ДНК (*rbcL*, *atpB-rbcL*, *rpoB-trnC*), имеют сходную топологию. Отмечается объединение исследуемых видов в две группы. Первую образуют *P. orientali-sibirica* и *P. multifida,* а вторую - *P. turczaninovii* и гибрид *P. herba-somnii*. В качестве примера на рис. 2 приведено дерево, построенное на основе объединения последовательностей гена *rbcL* и межгенного спейсера *rpoB-trnC*. *Pulsatilla orientali-sibirica* и *P. multifida* объединяются в одну кладу, поскольку относится к серии *patens* (Sramko et al., 2019). Об-

разование второй группы можно объяснить исходя из предположения, что *P. turczaninovii* является материнским видом для гибридного *P. herba-somnii*, поскольку пластиды наследуются по материнской линии. Из пластидных маркеров наиболее информативными являются межгенные спейсеры *atpB-rbcL* и *rpoB-trnC*, причем для первого маркера отмечаются множественные инделы, четко разделяющие описанные выше группы прострелов. Множество однонуклеотидных замен выявлено при секвенировании участка *ITS1-5,8S-ITS2*.

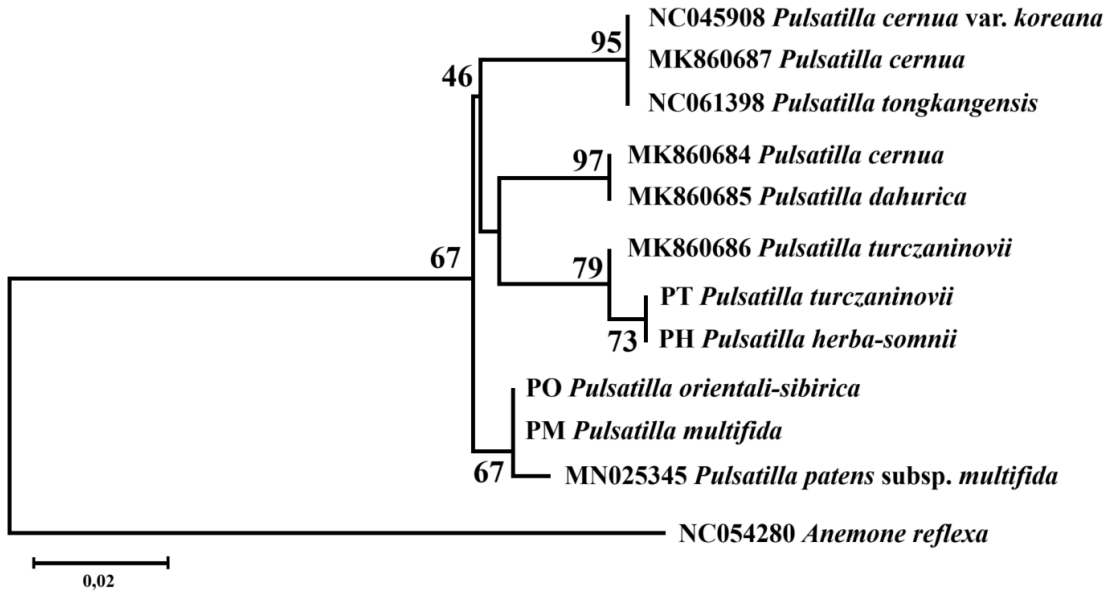


Рис. 2. Филогенетическое дерево, построенное на основании анализа последовательностей гена *rbcL* и межгенного спейсера *rpoB-trnC* методом максимального правдоподобия (ML). Масштаб длины ветвей соответствует количеству замен на сайт. Цифрами обозначен бутстрэп-индекс

Таким образом, в ходе изучения генетического полиморфизма 7 популяций прострелов, произрастающих в окрестностях г. Красноярска, было обнаружена четкая дифференциация на отдельные виды. Причем для популяций одного вида характерно высокое генетическое сходство (92-95%). Популяция гибрида *P. herba-somnii* занимает промежуточное положение между родительскими видами при кластеризации образцов в программе STRUCTURE и обнаруживает большее родство с *P. orientali-sibirica* на дендрограмме сходства при использовании ISSR-маркеров. Объединение гибрида с *P. turczaninovii* на трех филогенетических деревьях, построенных с использованием хлоропластных маркеров, можно объяснить наследованием хлоропластов по материнскому типу. Используемые в работе молекулярные маркеры можно использовать при идентификации видов гибридогенного происхождения.

ЛИТЕРАТУРА

Павлова Т.А. Прострел раскрытый (*Pulsatilla patens* (L.) Mill.) в природе и культуре : препринт. Новосибирск, 1990. 78 с.

Степанов Н. В. Заметки о некоторых видах *Pulsatilla* L. (Ranunculaceae) из приенисейских Саян // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова ТГУ Томского государственного университета. 2014. № 109. С. 6–19.

Цвелёв Н.Н. Триба 7. *Anemoneae* DC. // Флора Восточной Европы. М. ; СПб. : Мир и семья, 2001. Т. 10. С. 77–95.

Hoot S.B., Reznicek A.A., Palmer J.D. Phylogenetic relationshipin *Anemone* (Ranunculaceae) based on morphology and chloroplast DNA // Syst. Bot. 1994. Vol. 19. P. 169–200.

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.

Nei M. Genetic Distance between Populations // American Naturalist, 1972. № 106. P. 283–292.

Sramkó G., Laczkó L., Volkova P. A. et al. Evolutionary history of the Pasque-flowers (*Pulsatilla*, Ranunculaceae): Molecular phylogenetics, systematics and rDNA evolution // Mol. Phylogenet. Evol. 2019. № 135. P. 45–61.

Tamura K., Nei M. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees // Molecular Biology and Evolution, 1993. № 10. P. 512–526.

Tamura M. Morphology, ecology and phylogeny of the Ranunculaceae // Sci. Rep. Osaka Univ. 1967. № 16. P. 21–43.

Wang W. C. Fu D. Z., Li L. Q. et al. Flora of China // Beijing: Science Press. St. Louis Mo. : Missouri Botanical Garden Press. 2001. Vol. 6. P. 133–438.

Именной указатель

Абзалтденов Т.З., 5
Алексеева С.С., 142
Андреев Б.Г., 10
Аненхонов О.А., 15
Ачимова А.А., 79
Багирова К.Г., 20
Беляева Т.Н, 23, 28, 134
Бутенкова А.Н., 23, 28
Бялт В.В., 33, 62, 107
Васюков В.М., 113
Вершинин Н.А., 110
Виньковская О.П., 70
Войцеховская А.А., 28
Глазунов В.А., 37
Голуб С.В., 42
Гончарова Н.Н., 99
Горбенко И.В., 241
Горошкевич С.Н., 181
Горячкина О.В., 149
Гуреева И.И., 47
Дёгтева С.В., 99
Дониёрова Ш.О., 51
Дорогина О.В., 79
Доронькин В.М., 54
Дударев И.М., 238
Дударева Л.В., 218
Дьячковский Д.В., 58
Егоров А.А., 62
Елисафенко Т.В., 65
Ембатурова Е.Ю., 211
Енин Э.В.,70
Ефремов А.Н., 74
Животов В.В., 264
Жмудь Е.В., 79
Жук Е.А., 84, 176
Залина А.И., 20
Зибарева Л.Н., 89
Кабанов А.В., 79
Казанцева Д.И., 94, 96
Какылова М., 168
Канев В.А., 99
Карпов В.М., 5
Катаева Т.Н., 185, 190
Катышева Н.Б., 218
Клементьева Л.А., 103
Козырь И.В., 238
Конева В.В., 94, 96, 228
Корзун Н.А., 42
Коршунов М.В., 107
Коцупий О.В., 79
Кривенко Д.А., 79, 241
Кубан И.Н., 79
Кузьмин И.В., 110
Курапов А.С., 113
Курбатский В.И., 116
Кусаинова А.А., 118
Куцев М.Г., 264
Кушунина М.А., 222
Лащинский Н.Н., 122
Лобанов А.И., 125
Лунёв Д.С., 130
Лунёв Р.С., 130
Лю Си, 134
Малюков Н.А., 139
Мамадаминов М.Х., 234
Мачкинис Е.Ю., 28, 190
Митренина Е.Ю., 142
Мищенко А.А., 146
Морозова Н.Ю., 20
Мукумов И.У., 234
Мулява В.В., 125
Муратова Е.Н., 149
Нечаев А.А., 154
Никифорова А.А., 58
Николаева С.А., 159, 164
Николаенко С.А., 37
Палязова Я.З., 168
Пименов А.В., 149
Пигуль М.Л., 179
Пликина Н.В., 74
Полякова О.И., 176
Попов А.Г., 181
Прокопьев А.С., 185, 190, 195
Прокопьева Е.С., 190, 195
Путилин И.Р., 200
Рожкова-Тимина И.О., 203
Романец Р.С., 96
Рудиковская Е.Г., 218
Рудиковский А.В., 218
Рябова К.К., 207, 264
Савинов И.А., 211
Савчук Д.А., 159, 164
Самоделкина Н.Н., 253
Седельникова Т.С., 149
Семёнова Н.В., 218
Сенашова В.А., 84
Серебряный М.М., 213
Скворцов К.И., 62
Ставицкая З.О., 218
Степанов Н.В., 264
Сурина Т.А., 84
Сухоруков А.П., 222
Сучкова С.А., 5, 225
Тимошок Е.Е., 228
Тимошок Е.Н., 228
Турдибоев О.А., 51
Уромова И.П., 253
Фахретдинов А.В., 37
Федорова А.В., 213
Филимонова Е.О., 159, 164
Фрунзе О.В., 231
Хасанов М.А., 234
Храмова Е.П., 79
Хрусталева И.А., 249
Чернова О.Д., 20, 238
Чернышева О.А., 241
Шалкевич М.С., 179
Шелудякова М.Б., 246
Шереметова С.А., 249
Шмакова Г.А., 23, 28
Штырлин Д.А., 253
Штырлина О.В., 253
Щеголева Н.В., 258
Эбель А.Л., 261
Эбель Т.В., 261
Эрст А.С., 142
Ямбуров М.С., 5
Ямских И.Е., 200, 207, 264

Содержание

Абзалтденов Т.З., Сучкова С.А., Ямбуров М.С., Карпов В.М. Прогнозирование урожайности промышленных сортов жимолости в условиях Томской области 5
Андреев Б.Г. О соответствии метода модельных выделов объекту исследования 10
Аненхонов О.А. Класс *Calamagrostietea langsdorffii*: современное состояние изученности, проблемы и перспективы исследований 15
Багирова К.Г., Залина А.И., Морозова Н.Ю., Чернова О.Д. Фенологические наблюдения за древесными растениями открытого грунта в Сибирском ботаническом саду ТГУ 20
Беляева Т.Н., Бутенкова А.Н., Шмакова Г.А. Цветоводство в Сибирском ботаническом саду Томского государственного университета (исторический ракурс, итоги, перспективы) 23
Бутенкова А.Н., Беляева Т.Н., Войцеховская А.А., Мачкинис Е.Ю., Шмакова Г.А. Опыт экспонирования коллекционных фондов декоративных растений открытого грунта Сибирского ботанического сада Томского государственного университета 28
Бялт В.В. Род очиток (*Sedum* L. s. str., Crassulaceae) в Евразии 33
Глазунов В.А., Фахретдинов А.В., Николаенко С.А. Восстановление растительности на антропогенно нарушенной территории в природном парке «Нумто» (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра) 37
Голуб С.В., Корзун Н.А. *Действие боверцина на прорастание семян Pisum sativum* 42
Гуреева И.И. Состав и число таксонов, описанных В.В. Ревердатто 47
Doniyorova Sh.O., Turdiboev O.A. Notes on *Astragalus nuratensis* (Fabaceae), an endemic species from Uzbekistan 51
Доронькин В.М. Василий Сергеевич Алгазин – ботаник, предложивший организовать ботанический сад 54
Дьячковский Д.В., Никифорова А.А. Пастбищная дигрессия растительности на территории питомника лесных бизонов «Усть-Буотама» 58
Егоров А.А., Бялт В.В., Скворцов К.И. Местообитания чужеродных видов сосудистых растений на севере полуострова Ямал 62
Елисафенко Т.В. Особенности интродукции малоизученных редких и исчезающих видов растений на примере *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk. (Apiaceae) 65
Енин Э.В., Виньковская О.П. Экоморфологическая и экоценотическая структуры, закономерности формирования *Salix*-фракции западной части Байкальской Сибири 70
Ефремов А.Н., Пликина Н.В. Современное состояние популяций редких видов растений и лишайников Курумбельской степи (Омская область) 74
Жмудь Е.В., Коцупий О.В., Кубан И.Н., Храмова Е.П., Ачимова А.А., Кривенко Д.А., Кабанов А.В., Дорогина О.В. Индивидуальная изменчивость содержания некоторых групп вторичных метаболитов в корневищах у *Rhodiola rosea* (Crassulaceae) в горах Южной Сибири 79
Жук Е.А., Сенашова В.А., Сурина Т.А. Красная пятнистость хвои – новое заболевание видов семейства Pinaceae в Томской области 84
Зибарева Л.Н. Рациональное использование вторичных метаболитов растений рода Silene, интродуцированных в Сибирском ботаническом саду 89
Казанцева Д.И., Конева В.В. Дополнения к изучению эпифитных лишайников музея-заповедника «Томская писаница» (Кемеровская область) 94
Казанцева Д.И., Конева В.В., Романец Р.С. Опыт адаптации химического метода определения лишайников на базе томского государственного университета 96
Канев В.А., Дёгтева С.В., Гончарова Н.Н. Болота Республики Коми как ключевые биотопы редких видов сосудистых растений 99
Клементьева Л.А. История и итоги декоративного садоводства в Алтайском крае 103
Коршунов М.В., Бялт В.В. Озеленение и ландшафтная архитектура как основные источники чужеродной флоры в эмирате Фуджейра, Объединенные Арабские Эмираты (ОАЭ) 107
Кузьмин И.В., Вершинин Н.А. *Lapsana communis* L. (Asteraceae) в городской флоре Тюмени 110
Курапов А.С., Васюков В.М. К изучению флоры железных дорог запада Республики Башкортостан 113
Курбатский В.И. Динамика таксономического состава семейств Rosaceae и Fabaceae на территории Томской области (по данным региональных флористических сводок за период 1933–2025 гг.) 116
Кусаинова А.А. Оценка состояния растительного покрова по данным NDVI: изменение индекса как индикатор растительности в Северном Казахстане за 1993–2025 годы 118
Лащинский Н.Н. Экзогенная обратимая сукцессия в тундрово-болотном полигональном комплексе 122
Лобанов А.И., Мулява В.В. Использование древесных растений для защиты почв от дефляции и повышения урожайности зерновых культур в степной Хакасии 125
Лунёв Р.С., Лунёв Д.С. Растительное сырье в фармацевтике и медицине как основа экологической безопасности 130
Лю Си, Беляева Т.Н. Особенности семенного размножения сибирских видов лилии и лилейника при интродукции на юге Томской области 134
Малюков Н.А. Влияние низких температур на анатомию и физиологию устьиц 139
Митренина Е.Ю., Алексеева С.С., Эрст А.С. Кариосистематика и эволюция кариотипов трибы Cimicifugeae (Ranunculaceae) 142
Мищенко А.А. Анализ ресурсного потенциала и разработка подходов к рациональному использованию дикоросов Центральной Сибири (на примере Красноярского края) 146

Муратова Е.Н., Седельникова Т.С., Горячкина О.В., Пименов А.В. Кариологические исследования хвойных в различных условиях произрастания 149
Нечаев А.А. Ресурсы орляка японского на Дальнем Востоке России 154
Николаева С.А., Савчук Д.А., Филимонова Е.О. Генеративный период онтогенеза лиственницы сибирской в высокогорье и среднегорье Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай) 159
Николаева С.А., Филимонова Е.О., Савчук Д.А. Жизненные формы лиственницы сибирской в высокогорье и среднегорье Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай) 164
Палязова Я.З., Какылова М. Режим удобрения подсолнечника на засоленных почвах Северного Туркменистана 168
Пигуль М.Л., Шалкевич М.С. Результаты изучения покоя у жимолости синей (*Lonicera caerulea* L.) в условиях Беларуси 170
Полякова О.И., Жук Е.А. Морфологическая изменчивость клонов и семенного потомства мутационных «ведьминых мётел» *Pinus sibirica* и их перспективы для ландшафтного дизайна 176
Попов А.Г., Горошкевич С.Н., Жук Е.А. Морозостойкость Pinus koraiensis при интродукции в Томскую область 181
Прокопьев А.С., Катаева Т.Н. Эколого-биологические особенности *Rhaponticum carthamoides* в природных ценопопуляциях Горного Алтай 185
Прокопьев А.С., Катаева Т.Н., Мачкинис Е.Ю., Прокопьева Е.С. Состояние ценопопуляций *Polygala sibirica* на юге Западной Сибири 190
Прокопьева Е.С., Прокопьев А.С. Сибирский ботанический сад как пространство для реализации эколого-образовательных проектов 195
Путилин И.Р., Ямских И.Е. Использование методов многомерной статистики в анализе морфометрических данных на примере растений рода *Trollius* L. 200
Рожкова-Тимина И.О. Экологические режимы растительности прибрежно-морских водно-болотных угодий на о. Сахалин 203
Рябова К.К., Ямских И.Е., Степанов Н.В. Исследование генетического полиморфизма популяций сибирских клубневых желтоцветковых хохлаток 207
Savinov I.A., Yembaturova E.Yu. Preliminary results of botanical studies on the Paramushir island (Kuril islands, Sakhalin district) in the summer of 2025 211
Серебряный М.М., Федорова А.В. Межвидовые гибриды в роде *Trollius* L. (Ranunculaceae). География и таксономическое значение 213
Ставицкая З.О., Рудиковская Е.Г., Дударева Л.В., Семёнова Н.В., Катышева Н.Б., Рудиковский А.В. Сравнительный анализ состава и содержания углеводов в плодах *Malus baccata* (L.) Borkh. и её гибридных сортов с *Malus domestica* (Suckow) Borkh. 218
Сухоруков А.П., Кушунина М.А. Физический покой семян и эволюция признаков их строения в порядке Caryophyllales в связи с фитосоциологическим распределением в степях и пустынях 222
Сучкова С.А. Коллекционный фонд сельскохозяйственных культур в Сибирском ботаническом саду 225
Тимошок Е.Е, Конева В.В., Тимошок Е.Н. Видовое разнообразие напочвенных лишайников на молодых моренах ледника плоских вершин Водопадный (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай 228
Фрунзе О.В. Изменение морфометрических показателей Calendulae officinalis L. в условиях загрязнения почвы ионами меди 231
Хасанов М.А., Мукумов И.У., Мамадаминов М.Х. Анализ видов рода *Ferula* L., хранящихся в гербарном фонде Самаркандского государственного университета 234
Чернова О.Д., Козырь И.В., Дударев И.М. К методике закладки постоянных пробных площадей для мониторинга лесной растительности на ООПТ 238
Чернышева О.А., Горбенко И.В., Кривенко Д.А. Изменчивость морфологических признаков *Fritillaria maximowiczii* (Liliaceae) на западной границе ареала (Забайкальский край) 241
Шелудякова М.Б. Сведение в синонимы *Scrophularia sareptana* Kleop. ex. Ivanina 246
Шереметова С.А., Хрусталева И.А. К вопросу изучения чужеродного компонента флоры Кузбасса 249
Штырлина О.В., Уромова И.П., , Штырлин Д.А., Самоделкина Н.Н. Растительность Большой Байкальской тропы от Хакусов до озера Фролиха (по материалам школьной летней экспедиции на Северный Байкал) 253
Щеголева Н.В. Род *Ranunculus* L. в Центральной Азии: таксономический кризис, эволюционные парадоксы и стратегии сохранения биоразнообразия 258
Эбель А.Л., Эбель Т.В. Чужеродные виды злаков во флоре Томской области 261
Ямских И.Е., Животов В.В., Рябова К.К., Степанов Н.В., Куцев М.Г. Генетический анализ гибрида *Pulsatilla herba-somnii* (Ranunculaceae) из окрестностей г. Красноярска 264
Именной указатель 267

Contents

Abzaltdenov T.Z., Suchkova S.A., Yamburov M.S., Karpov V.M. Prediction the yield of industrial honeysuckle varieties in the Tomsk region 5
Andreyev B.G. On the correspondence of the model area method to the research object 10
Anenkhonov O.A. Class *Calamagrostietea langsdorffii*: current research status, problems and prospects for further studies ... 15
Baghirova K.G., Zalina A.I., Morozova N.Yu., Chernova O.D. Phenological observations of woody plants in open ground 15in the Siberian Botanical Garden of TSU. 20
Belyaeva T.N., Butenkova A.N., Shmakova G.A. Floriculture in the Siberian Botanical Garden of Tomsk State University (historical perspective, results, and prospects) 23
Butenkova A.N., Belyaeva T.N., Voitsekhovskaya A.A., Machkinis E.Yu., Shmakova G.A. Experience of exhibiting collection funds of ornamental plants of the Siberian Botanical Garden of Tomsk State University 28
Byalt V.V. The genus *Sedum* L. s. str., Crassulaceae in Eurasia 33
Glazunov V.A., Fakhretdinov A.V., Nikolaenko S.A. Restoration of vegetation in an anthropogenically disturbed area in the Numto Nature Reserve (Khanty-Mansi Autonomous Area - Yugra) 37
Golub S.V., Korzun N.A. Effect of beauvercin on the germination of *Pisum sativum* seeds 42
Gureyeva I.I. Composition and number of taxa described by V.V. Reverdatto 47
Doniyorova Sh.O., Turdiboev O.A. Notes on *Astragalus nuratensis* (Fabaceae), an endemic species from Uzbekistan 51
Doronkin V.M. Vasily Sergeevich Algazin is a botanist who proposed the creation of a botanical garden 54
Dyachkovsky D.V., Nikiforova A.A. Pasture degradation of vegetation in the Ust-Buotama forest bison nursery 58
Egorov A.A., Byalt V.V., Skvortsov K.I. Habitats of alien species of vascular plants on the North of the Yamal Peninsula ... 62
Elisafenko T.V. Features of the introduction of poorly studied rare and endangered plant species on the example of Saposhnikovia divaricata (Turcz.) Schischk. (Apiaceae) 65
Enin E.V., Vinkovskaya O.P. Ecomorphological and ecocenotic structures, patterns of formation of the *Salix*-fraction in the western part of Baikal Siberia 70
Efremov A.N., Plikina N.V. Current status of populations of rare plants and lichens species of the Kurumbel steppe (Omsk Region) 74
Zhmud E.V., Kotsupiy O.V., Kuban I.N., Khramova E.P., Achimova A.A., Krivenko D.A., Kabanov A.V., Dorogina O.V. Individual variability of some secondary metabolites content in the rhizomes of *Rhodiola rosea* (Crassulaceae) in the mountains of Southern Siberia 79
Zhuk E.A., Senashova V.A., Surina T.A. Red band needle blight – a new disease of Pinaceae species in Tomsk region 84
Zibareva L.N. Rational use of secondary metabolites of Silene plants introduced in the Siberian Botanical Garden 89
Kazantseva D.I., Koneva V.V. Additions to the study of epiphytic lichens in the "Tomskaya Pisanitsa" Museum-Reserve (Kemerovo Region) 94
Kazantseva D.I., Koneva V.V., Romanets R.S. Experience of adapting a chemical method for lichen identification at Tomsk State University 96
Kanev V.A., Degteva S.V., Goncharova N.N. Wetlands of the Komi Republic as key biotopes of rare vascular plants species 99
Klementyeva L.A. History and results of ornamental gardening in the Altay region 103
Korshunov M.V., Byalt V.V. Planting of greenery and landscaping as the main sources of alien flora in the Emirate of Fujairah, United Arab Emirates (UAE) 107
Kuzmin I.V., Vershinin N.A. *Lapsana communis* L. (Asteraceae) in the urban flora of Tyumen 110
Kurapov A.S., Vasjukov V.M. To study the flora of the railways of the west of the Republic of Bashkortostan 113
Kurbatskiy V.I. Dynamics of taxonomic composition of the families Rosaceae and Fabaceae in the territory of Tomsk Region (according to regional floristic summaries for the period 1933–2025) 116
Kusainova A.A. Assessment of vegetation cover according to NDVI data: change in the index as an indicator of vegetation in Northern Kazakhstan in 1993–2025 118
Laschchinskiy N.N. Exogenous reversible succession in tundra-mire polygonal complex 122
Lobanov A.I., Mulyava V.V. Using woody plants to protect soils from deflation and increase grain yields in steppe Khakassia 125
Lunev R.S., Lunev D.S. Plant raw materials in pharmaceuticals and medicine as the basis of environmental safety 130
Liu Si, Belyaeva T.N. Features of seed propagation of siberian species of lilies and daylily in introductions in the south of Tomsk region 134
Malyukov N.A. Effect of low temperatures on stomatal anatomy and physiology 139
Mitrenina E.Yu., Alekseeva S.S., Erst A.S. Karyosystematics and karyotype evolution in tribe Cimicifugeae (Ranunculaceae) 142
Mishchenko A.A. Analysis of the resource potential and development of approaches to the rational use of wild plants of Central Siberia (using the example of the Krasnoyarsk Territory) 146
Muratova E.N., Sedel'nikova T.S., Goryachkina O.V., Pimenov A.V. Karyological studies on conifers in different growing conditions 149
Nechaev A.A. Resources of *Pteridium japonicum* in the Russian Far East 154
Nikolaeva S.A., Savchuk D.A., Filimonova E.O. Generative period of Siberian larch ontogeny in the high and middle elevations of the Severo-Chuisky Range, the Altai Mountains 159
Nikolaeva S.A., Filimonova E.O., Savchuk D.A. Growth forms of Siberian larch in the high and middle elevations of the Severo-Chuisky Range (the Altai Mountains) 164
Palyazova Ya.Z., Kakylova M. Sunflower fertilization regime on saline soils in North Turkmenistan 168
Pigul M.L., Shalkevich M.S. Results of studying blue honeysuckle (Lonicera caerulea L.) dormancy in the conditions of Belarus 170

Polyakova O.I., Zhuk E.A. Morphological variability of clones and seed progeny of mutational “witches' brooms” Pinus sibirica and their prospects for landscape design 176
Popov A.G., Goroshkevich S.N., Zhuk E.A. Frost resistance of *Pinus koraiensis* introduced in the Tomsk Region 181
Prokopyev A.S., Kataeva T.N. Ecological and biological features of *Rhaponticum carthamoides* in natural cenopopulations of the Altai Mountains 185
Prokopyev A.S., Kataeva T.N., Machkinis E.Yu., Prokopieva E.S. State of *Polygala sibirica* cenopopulations in the south of Western Siberia 190
Prokopyeva E.S., Prokopyev A.S. Siberian botanical garden as a space for the implementation of environmental education projects 195
Putilin I.R., Yamskikh I.E. The use of multidimensional statistics methods in the analysis of morphometric data on the example of plant of the genus *Trollius* L. 200
Rozhkova-Timina I.O. Ecological regimes of the coastal marine wetlands’ vegetation on the Sakhalin Island 203
Ryabova K.K., Yamskikh, I.E., Stepanov N.V. Study of genetic polymorphism of the population of siberian tuberous yellow-flowered plants of the genus *Corydalis* 207
Savinov I.A., Yembaturova E.Yu. Preliminary results of botanical studies on the Paramushir island (Kuril islands, Sakhalin district) in the summer of 2025 211
Serebryanyi M.M., Fedorova A.V. Interspecific hybrids in the genus *Trollius* (Ranunculaceae). Geography and taxonomic importance 213
Stavitskaya Z.O., Rudikovskaya E.G., Dudareva L.V., Semenova N.V., Katysheva N.B., Rudikovskii A.V. Comparative analysis of the composition and carbohydrate content in the fruits of Malus baccata (L.) Borkh. and its hybrid varieties with Malus domestica (Suckow) Borkh. 218
Sukhorukov A.P., Kushunina M.A. Physical seed dormancy and the evolution of seed characters in Caryophyllales in relation to their phytosociological distribution in steppes and deserts 222
Suchkova S.A. Collection fund of agricultural crops in the Siberian Botanical Garden 225
Timoshok E.E., Koneva B.B., Timoshok E.N. Species diversity of terricolous lichens on young moraines of the flat summits Vodopadny Glacier (North Chuya Range, the Central Altai) 228
Frunze O.V. Changes in morphometric parameters of *Calendula officinalis* L. under conditions of soil contamination with copper ions 231
Khasanov M.A., Mukumov I.U., Mamadaminov M.Kh. Analysis of species of the genus *Ferula* L. stored in the herbarium fund of the Samarkand State University 234
Chernova O.D., Kozyr I.V., Dudarev I.M. On the methodology of establishing geobotanical sample plots for forest vegetation monitoring in protected areas 238
Chernysheva O.A., Gorbenko I.V., Krivenko D.A. Variability of morphological characteristics of *Fritillaria maximowiczii* (Liliaceae) on the western border of the range (Transbaikal Territory) 241
Sheludyakova M.B. Synonymization of *Scrophularia sareptana* Kleop. ex. Ivanina 246
Sheremetova S.A., Khrustaleva I.A. To the question of studying the alien component of Kuzbass flora 249
Shtyrlina O.V., Uromova I.P., Shtyrlin D.A., Samodelkina N.N. Vegetation of the Great Baikal Trail from Hakusy to Lake Frolikha (based on the materials of the school summer expedition to Northern Baikal) 253
Shchegoleva N.V. The genus *Ranunculus* L. in Central Asia: taxonomic crisis, evolutionary paradoxes, and biodiversity conservation strategies 258
Ebel A.L., Ebel T.V. Alien species of grasses in the flora of Tomsk Region 261
Yamskikh I.E., Zhivotov V.V., Ryabova K.K., Stepanov N.V., Kutsev M.G. Genetic analysis of the hybrid *Pulsatilla herba-somnii* (Ranunculaceae) from the vicinity of Krasnoyarsk 264
Name index 267

Научное издание

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СИБИРИ

Труды VIII Международной научной конференции,
посвященной 140-летию Гербария имени П.Н. Крылова,
145-летию Сибирского ботанического сада и 175-летию со дня рождения П.Н. Крылова

(*Томск, 24–27 сентября 2025 г.*)

Издание подготовлено в авторской редакции

Компьютерная верстка О.А. Турчинович
Дизайн обложки Л.Д. Кривцовой

Подписано в печать 15.09.2025 г. Формат 60×84 1/8.
Бумага для офисной техники. Гарнитура Times.
Печ. л. 34; усл. печ. л. 31,6; уч.-изд. л. 36,4.
Тираж 500 экз. Заказ № 6445.

Отпечатано на полиграфическом оборудовании
Издательства Томского государственного университета
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, тел. 8(382-2) 53-15-28; 52-98-49
http://publish.tsu.ru; e-mail: rio.tsu@mail.ru

ISBN 978-5-908040-01-3