

УДК 58.006: 581.522.4 (470.23-25)

DOI 10.35102/cbg.2026.86.22.001

## ИСТОРИЯ И НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИНТРОДУКЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Фирсов Г.А., Ткаченко К.Г.\*, Волчанская А.В., Фадеева И.В.

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

*\*Автор для переписки: kigatka@gmail.com*

### АННОТАЦИЯ

Ботанический сад Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН – ведущий центр интродукционных испытаний древесных и травянистых растений в России на протяжении уже более 300 лет. На его территории еще сохраняются старовозрастные деревья, представляющие исторический и дендрологический интерес. Парк Императорского Санкт-Петербургского Ботанического сада (ныне Ботанический сад Петра Великого), представляет собой предмет ландшафтного искусства, заложенный еще в XIX веке. Основные научные направления проводимых исследований: многолетние фенологические наблюдения, оценка зимостойкости, изучение биологических особенностей интродуцентов, оценка качества репродуктивных диаспор. Последние десятилетия отслеживается реакция растений на заметное потепление климата Санкт-Петербурга, его воздействие на аборигенные и, прежде всего, на интродуцированные древесные и кустарниковые растения (ряд видов начинает впервые цвести, другие виды растений начинают впервые образовывать плоды и уже даже выполненные семена). Возрастает роль изучения и оценки собранных коллекций в Ботанических садах, как центрах сохранения биоразнообразия. Улучшение репродуктивных усилий растений подтверждается рентгеноскопической оценкой качества образуемых плодов и семян, собранных от растений, выращиваемых в парке-арборетуме БИН РАН. Фиксируемое изменение климата (в сторону его потепления), отражающееся на ритмах сезонного развития растений, требует анализа и подведения некоторых итогов интродукции за последние примерно 50 лет. Этому и посвящена данная работа.

**Ключевые слова:** потепление климата, фенология, древесные и кустарниковые растения, качество плодов и семян, рентгенография репродуктивных диаспор, перспективный ассортимент для городского озеленения, Санкт-Петербург

#### Цитирование

Фирсов Г.А., Ткаченко К.Г., Волчанская А.В., Фадеева И.В. 2026. История и некоторые итоги интродукционных испытаний деревьев и кустарников в Ботаническом саду Петра Великого. *Нов. бюл. ГБС*. 2(1): 1–26. DOI: 10.35102/cbg.2026.86.22.001

Редактор: Шанцер И.А.

Получена: 05.02.2026

Ревизия: 13.03.2026

Принята к публикации:  
13.03.2026

Опубликована: 31.03.2026

© 2026 Авторы

# THE HISTORY AND SOME RESULTS OF INTRODUCTION TRIALS OF TREES AND SHRUBS IN THE PETER THE GREAT BOTANICAL GARDEN

Firsov G.A., Tkachenko K.G.\*, Volchanskaya A.V., Fadeeva I.V.

Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

\*Author for correspondence kigatka@gmail.com

## Citation

Firsov G.A., Tkachenko K.G., Volchanskaya A.V., Fadeeva I.V. 2026. The history and some results of introduction trials of trees and shrubs in the Peter the Great Botanical Garden. *New Bull. MBG.* 2(1): 1–26. DOI:

10.35102/cbg.2026.86.22.001

Editor: Schanzer I.A.

Received: 05.02.2026

Revision: 13.03.2026

Accepted: 13.03.2026

Published: 31.03.2026

© 2026 Authors

## ABSTRACT

The Peter the Great Botanical Garden of the V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences is a center for the introduction of woody, shrubby, and herbaceous plants in Russia. Its grounds preserve old-growth trees of historical and dendrological interest. The park of the Imperial Botanical Garden, established in 1823, is a recognized work of landscape art. Current research priorities include assessing the winter hardiness of introduced woody plants, conducting continuous phenological monitoring of growth and seasonal development, and investigating the biological characteristics and reproductive traits of exotic species. In recent decades, living plant collections have been used to monitor the effects of significant climate warming on both native and introduced plants in northwestern Russia. The study and evaluation of existing collections in botanical gardens, as centers for biodiversity conservation, is becoming increasingly important.

**Key words:** global warming, phenology, woody and shrubby plants, the quality of fruits and seeds, X-ray analysis of reproductive diaspores, promising assortment for urban landscaping, Saint-Petersburg

## ВВЕДЕНИЕ

Ботанический сад Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (БИН РАН) на Аптекарском острове в Санкт-Петербурге известен как важный и старейший центр (с 1714 г.) интродукционных испытаний древесных и травянистых растений в России. Парк Ботанического сада с длительно культивируемыми старовозрастными деревьями, представляющими исторический и дендрологический интерес, является одним из крупнейших центров ландшафтного искусства (Firsov et al., 2008a). Здесь работали такие известные дендрологи, ландшафтные архитекторы и садоводы, как Ф.Б. Фишер, Э.Л. Регель, С.Я. Соколов и многие другие.

Ботанический сад Петра Великого – это также крупный фенологический стационар. Наблюдения по программе Календаря природы ведутся непрерывно с 1980 г. (Komarova et al., 2009). Научными направлениями, выдержавшими испытание временем, являются интродукция древесных растений и непрерывный фенологический мониторинг. В рамках научных программ изучают биологические особенности экзотов, их зимостойкость и репродуктивные особенности, особенности динамики сезонного развития в новых климатических условиях при интродукции (Firsov et al., 2010, 2015a, b, 2016, 2017a, b, 2018a, b, c, d, 2021, 2023, 2024a; Firsov, Bulgakov, 2018; Firsov, Tkachenko, 2016; Tkachenko, 2017a, 2018; Tkachenko et al., 2015a, b, 2016, 2019, 2020; Volchanskaya et al., 2021, 2024). Продолжаются работы по изучению влияния короткопериодических колебаний климата на древесные и кустарниковые растения в условиях Ботанического сада Петра Великого (Firsov et al., 2024b).

Как известно, климат Санкт-Петербурга переходный от морского к континентальному. «Положение Ленинграда на побережье Финского залива и близость Балтийского моря придают его климату черты морского, что проявляется, например, в сдвиге минимума температуры с января на февраль, уменьшении годовой амплитуды температуры воздуха, под которой понимается разница средних температур самого теплого и холодного месяцев. В Ленинграде годовая амплитуда температуры составляет 26 °С, тогда как на той же широте в Восточной Европе, где климат резко континентальный, она возрастает до 50 °С, а в типично морском климате Гебридских островов, уменьшается до 8 °С» (Shver, 1982:71).

Цель настоящей работы – привести краткий исторический обзор некоторых итогов интродукционных испытаний древесных и кустарниковых растений в парке-арборетуме Ботанического сада Петра Великого БИН РАН за последние почти 50 лет.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Авторами изучены коллекции парка-арборетума Ботанического сада Петра Великого БИН РАН, рабочие журналы сезонного развития растений, фиксирующие сезонные изменения растений согласно календарю природы Н.Е. Булыгина (Bulygin, 1974, 1980, 1982 a, b, 1996) и шкалам П.И. Лапина (Lapin, 1967; Lapin, Sidneva, 1973). Оценку качества репродуктивных диаспор (плодов и семян) проводили с применением рентгеноскопического анализа (Gryaznov et al., 2015; Staroverov et al., 2015; Tkachenko, 2018; Tkachenko et al., 2018).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Зимостойкость интродуцентов

С начала интродукционных работ в Санкт-Петербурге с деревьями и кустарниками стало ясно, что основным препятствием для их разведения в открытом грунте является недостаточная устойчивость к местному климату (Falck, 1766; Fischer, 1837). И, прежде всего, слабая зимостойкость, которая определяется через повреждаемость растений морозами. Практическая ценность декоративных, плодовых и лесных растений в значительной степени зависит от того, благополучно или нет они зимуют в данных условиях (Firsov, Volchanskaya, 2021). Опыт разведения древесных растений в Ботаническом саду Петра Великого показывает, что на их состояние и продолжительность жизни большое влияние оказывают критические или аномально суровые зимы, которые являются главным фактором отбора. Если последствия теплых, или «провокационных» зим сказываются прежде всего на цветении и плодоношении растений, то после очень холодных зим, как правило, наблюдается массовая гибель или сильные повреждения многих растений. При этом наиболее характерным и опасным для многих видов является повреждение и отмирание камбия, особенно в нижней части ствола, на уровне снегового покрова или поверхности почвы. Последствия таких зим сказываются на протяжении еще ряда лет.

Многие поврежденные растения погибают не сразу, а через один-два года или даже позже (Firsov, Fadeeva, 2009a, b, c). Некоторые экземпляры на годы, а то и на десятилетия перестают цвести, изменяют свою жизненную форму (как *Acer trautvetteri* Medw. в парке БИН после зимы 1986/87 г.). Многие теплолюбивые экзоты могут существовать в открытом грунте только в промежутке между суровыми зимами. В неко-

торых случаях культура таких растений оправдана. Но для городского озеленения пригодны лишь наиболее зимостойкие деревья и кустарники.

Особую научную ценность имеет многолетний мониторинг древесных растений в ботанических садах в годы с разной метеорологической ситуацией с целью выявления биологических особенностей испытываемых растений, определения наиболее зимостойких и перспективных для более широкого разведения. С потеплением климата за последние десятилетия повторяемость критических зим уменьшится, хотя это совершенно не исключает вероятности их наступления в будущем. В период похолодания климата в прошлом повторяемость их была чаще, однако за прошедшие годы после аномально холодной зимы 1986/87 г. таких зим с катастрофическими последствиями для древесных экзотов не было. Последняя критическая зима 1986/87 г. внесла коррективы в представления о зимостойкости древесных растений в Санкт-Петербурге. В течение этой зимы погибли 19 видов: *Abies nordmanniana* (Steven) Spach, *Forestiera neomexicana* A.Gray и другие. Еще у 21 вида отмечалась гибель части экземпляров: *Morus alba* L., *Juglans regia* L. и ряда других. Кроме погибших, более чем у половины таксонов имело место в той или иной степени (от единичных до массовых) обмерзание побегов старше одного года (от 4 баллов и выше по шкале Лапина (1967): 1 – отсутствие повреждений, ... 7 – гибель растений с корнем). У многих обмерзли скелетные ветви, надземная часть до уровня снега или корневой шейки, но в течение лета эти растения образовали побеги из спящих почек и сохранившейся части кроны. Однако 40 видов полностью или частично погибли на следующий год (*Abies firma* Siebold & Zucc., *Carpinus cordata* Blume et al.), выпад продолжался и в последующие годы. В целом наблюдался большой отпад и сильные обмерзания многих видов, в том числе не только молодых, но и перенесших до этого ряд критических зим. В пределах одного таксона зимостойкость отдельных особей также нередко различалась, иногда значительно. При этом некоторые деревья погибли не сразу, а через один-два года и даже позже. Обращает на себя внимание факт резкого возрастания степени обмерзания разных видов в холодные зимы по сравнению с нормальными. Если в обычные зимы обмерзание в большинстве случаев отсутствует или оно незначительное, то в суровые зимы заметно сокращается число необмерзших видов и возрастает число видов с сильной степенью обмерзания.

Анализ суровых зим XX в., таких как: 1939/40, 1941/42, 1955/56, 1978/79 и 1986/87 гг. показал, что эти зимы по сумме среднесуточных температур воздуха в холодную часть года относятся к холодным или очень холодным; для каждой из них характерны низкие температуры: аномально низкая температура самого холодного месяца (1941/42, 1986/87 гг.), в том числе среднедекадная температура; большое число дней со среднесуточной температурой ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  (1941/42); наличие дней со среднесуточной температурой ниже  $-25^{\circ}\text{C}$  и особенно ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  (1986/87), что бывает лишь в некоторые зимы; очень низкие по сравнению с обычными зимами значения абсолютно минимальной температуры. В четырех случаях из пяти таким зимам предшествовало холодное лето, что можно рассматривать как усугубляющий фактор. Если за такой зимой следует холодное лето, то это также негативно влияет на результаты перезимовки растений.

Поскольку такие зимы вызывают массовые обмерзания и гибель древесных интродуцентов в Санкт-Петербурге, то эти же критерии можно считать определяющими зи-

мостойкость древесных растений в условиях северо-запада России в условиях климата второй половины XX в., который назывался «современным климатом».

Из других факторов нужно выделить неблагоприятное воздействие резкой смены температур, особенно от отрицательных значений к положительным и наоборот, что бывает в конце зимы – начале весны. Это, например, способствует образованию морозобойных трещин ствола даже у местных видов деревьев (*Acer platanoides* L., *Quercus robur* L., *Fraxinus excelsior* L.). Очевидно, что во второй половине XX в. интродукция деревьев и кустарников в Санкт-Петербурге проходила на фоне гораздо более жестких зимних и летних температур, чем в настоящее время, в начале XXI в. «Сотни сеянцев ежегодно высаживают в открытый грунт питомников, чтобы послужить материалом для испытания на устойчивость к петербургскому климату. Наиболее выносливые из них растут десятилетиями в парке, став постоянными в коллекции в течение столетий. Другие появляются в коллекции эпизодически на срок от 2–3 до 20–30 лет, а чаще в периоды между аномально суровыми зимами» (Svyazeva, 2005:22).

Сравнительно небольшой возраст многих культивируемых деревьев и кустарников есть следствие того, что они неоднократно вводились в культуру в разные годы, даже могли цвести и плодоносить, но через некоторое время погибали после холодных зим. После этого делали повторные, часто многократные попытки интродукции. При этом подходить к оценке разных температурных порогов надо очень осторожно. Морозостойкость древесных растений тесным образом связана с их физиологическим состоянием. Ряд восточносибирских видов, таких как лиственница даурская (*Larix dahurica* Turcz. ex Trautv.) и лиственница Каяндера (*Larix cajanderi* Mayr), сосна сибирская кедровая (*Pinus sibirica* Du Tour), которые в природе растут на «полюсе холода» и в период зимнего покоя выдерживают морозы в  $-50^{\circ}\text{C}$  и даже  $-60^{\circ}\text{C}$ , в условиях мягких зим Западной Европы в состоянии вегетации губятся даже слабыми заморозками, что известно дендрологам и физиологам уже достаточно давно. В этой связи стоит привести высказывание садовника Императорского Лесного института в Санкт-Петербурге–Петрограде Э.Л. Вольфа (Wolf, 1915: 450): «Н.А. Максимов получил несомненные доказательства того, что главнейшим фактором вымерзания растения является количество образовавшегося в растении льда, и что не низкая температура сама по себе, а количество перешедшей в твердое состояние воды определяет исход замерзания. В общем, растению тем меньше угрожает опасность погибнуть от мороза, чем незначительнее содержание в нем воды. Различие же в холодостойкости различных растений объясняется неодинаковым содержанием в их клетках сахаров, растворы которых ослабляют или совершенно устраняют вредные последствия замерзания».

### Акклиматизация древесных интродуцентов

Анализ степени адаптации древесных интродуцентов, испытанных в Ботаническом саду БИН за столь длительный период времени, позволяет определить список наиболее перспективных для дальнейшей интродукции на северо-западе России, в том числе представителей дендрофлор Восточной Азии, Северной Америки и других регионов земного шара (которые могут успешно расти в открытом грунте и выдерживать местный климат). С учетом таксономического богатства дендрофлор следует ожидать наиболее перспективные поступления интродуцентов из горных районов Восточной Азии (Центральный и Юго-Западный Китай). Хотя по богатству видов Северная Америка

уступает Восточной Азии, зато североамериканские виды в большинстве своем успешно адаптируются в Санкт-Петербурге. А восточноазиатские древесные растения здесь очень неоднородны – от вполне и сравнительно зимостойких до вымерзающих. Растения разных биоморф, интродуцируемые из одной и той же флористической области, могут характеризоваться разными уровнями адаптации. Это позволяет осуществлять дифференцированный подход к выбору флористических областей и провинций (Takhtadzhyan, 1978) для интродукции растений разных жизненных форм. Без учета географического происхождения лучшими показателями адаптации характеризуются кустарники и деревья плодового типа, худшими – лианы.

Исследования, выполнявшиеся профессором Н.Е. Булыгиным, позволили высказать точку зрения на понятие акклиматизации. Понимая процесс акклиматизации как продолжение эволюции при интродукции растений, есть основание считать, что у древесных интродуцентов, не представленных в ареале культуры популяциями, возникающими в результате многократного естественного или искусственного отбора, имеют место только модификационные адаптивные изменения. Их закрепление в генотипе – процесс очень длительный и возможный через цепь последовательно возникающих или создаваемых искусственно интродукционных популяций.

Учитывая, что большинству древесных видов свойственна ярко выраженная биологическая и экологическая гетерогенность, дальнейшее развитие работ по интродукции должно вестись на основе подбора наиболее устойчивых экотипов. Наибольшую устойчивость выявления экоморф, перспективных для культуры при интродукции, представляют виды с широким географическим или вертикальным ареалом. При интродукции древесных растений не из естественного ареала, а из очагов культуры, важно учитывать не только экологические условия района разведения интродуцента, но и района, откуда интродуцирован в тот район данный ботанический вид (образец). Интродукция методом «ступенчатой акклиматизации» имеет преимущество перед прямым переносом семенного материала только в том случае, когда при «ступенчатой акклиматизации» семенной материал продвигается в новые районы из популяций нескольких поколений местной репродукции. При выращивании интродуцентов из семян местной репродукции значительно расширяется возможность селекционного отбора наиболее устойчивых индивидуумов. Ориентация на заготовку местных семян с наиболее успешно адаптировавшихся биотипов вполне оправдана даже при условии модификационного характера адаптивных изменений. У подобных биотипов диапазон приспособительных возможностей, закрепленных в их генотипе, значительно шире, чем у интродуцентов, плохо адаптирующихся. Повышенная репродуктивная способность успешно адаптирующихся интродуцентов обеспечивает формирование обильных урожаев семян. А это, в свою очередь, создает предпосылки для массового выращивания более жизнеспособного и производительного семенного потомства, что подтверждается нашими публикациями (Firsov et al., 2010, 2015a, b, 2016, 2017a, b, 2018a, b, c, d, 2021, 2023, 2024a; Firsov, Bulgakov, 2018; Firsov, Tkachenko, 2016; Tkachenko, 2017a, 2018; Tkachenko et al., 2015a, b, 2016, 2019, 2020; Volchanskaya et al., 2021, 2024).

Адаптация древесных растений к условиям внешней среды за пределами естественного ареала – процесс непрерывный. Но резкие адаптивные изменения проявляются скачкообразно, и особенно в молодом возрасте. Решающее влияние на успешность

адаптации интродуцентов оказывает соответствие биологических ритмов интродуцентов сезонной ритмике факторов погоды, а через них – и всего экотипа в целом. Максимум несоответствия сезонной биоритмике сезонным изменениям компонентов экотипа проявляется в первые годы жизни интродуцента. Этим определяется особая эффективность агротехнических воздействий на растения в направлении приведения в соответствие ритма сезонного развития растений с ритмикой климатических и эдафических условий именно в раннем возрасте, когда доля самодетерминации у растений минимальна.

### **Дендрофенологические исследования**

В комплексе интродукционных испытаний древесных растений, которые проводят в России, дендрофенологическим исследованиям всегда уделялось большое внимание, и фенологические наблюдения над древесными растениями признаны обязательными (Larin, 1967; Alexandrova et al., 1975). В период после Великой Отечественной войны в Ботаническом саду БИН РАН фенологические наблюдения за деревьями и кустарниками проводили, начиная с 1949 г. (Zaitsev, 1981). Однако наблюдения вели разные сотрудники и по разным методикам, полученные таким образом данные трудно сопоставимы. Большой вклад в фиксацию сроков прохождения фенофаз объектов парка-дендрария БИН и в программы выполнения полевых наблюдений внесла Л.Н. Гуляева, а позже В.Н. Комарова. Определенные итоги подвел Г.Н. Зайцев (Zaitsev, 1981), который обработал результаты наблюдений за 510 видами деревьев и кустарников по 6 фенофазам за период с 1949 по 1962 гг. Им были проанализированы типы распределения фенодат, их связь с метеофакторами (температурой воздуха и количеством осадков), приведены средние периоды продолжительности фенофаз, сделана математическая обработка фенологического материала.

Центральной, и в известном отношении самостоятельной частью фенологической характеристики территории, является ее фенологический календарь. Фенологическая периодизация – разделение года на качественно различающиеся фенологические периоды – сезоны и подсезоны, каждому из которых свойственно специфическое состояние объектов живой и неживой природы и особое их взаимодействие (Bulygin, 1982a). Наблюдения за древесными растениями-феноиндикаторами по программе территориально-феноиндикационной системы календаря природы Ладого-Ильменского дендрофлористического района проводятся в Ботаническом саду БИН РАН по методике Н.Е. Булыгина (Bulygin, 1979, 1980, 1982a). Естественная периодизация годового цикла развития природы в Санкт-Петербурге охватывается системой индикаторов весь фенологический год с использованием для индикации явлений как биофенологической, так и физико-фенологической групп. В качестве фитофеноиндикаторов выбраны только древесные растения, поскольку они в сравнении с травянистыми видами в значительно меньшей степени подвержены случайным ритмическим флюктуациям. При этом предпочтение отдается автохтонным видам, а растения-интродуценты и культивары используют как дополнительные индикаторы при условии синхронности их ритмики с местными феноиндикаторами.

Для индикации избирают половозрелые особи сравнительно рано распускающихся форм или биотипов. С конца осени до начала весны при отсутствии четко выраженных биоиндикационных явлений используются даты перехода температуры воздуха через

пороговые значения (даты устойчивого перехода через 0 °С минимальной, среднесуточной и максимальной температуры воздуха). Календарь природы традиционно разделен на сезоны, субсезоны (подсезоны) и феноэтапы года. По определению Г.Э. Шульца (Schultz, 1981), качественно отличные этапы годичного круга природы с однотипными взаимосвязями между ее компонентами и со специфическими для каждого этапа наборами сезонных явлений и аспектов называются естественными, или фенологическими, сезонами. Естественные сезоны, в отличие от сезонов астрономического и гражданского календарей, наступают в разных географических районах не одновременно и, как правило, протекают в разных районах с разной скоростью. Изменчивы также календарные сроки наступления фенологических сезонов в одной и той же географической точке, но в разные по погодным условиям годы. Субсезоны, в отличие от сезонов, менее продолжительны, характеризуются своей эколого-биофенологической спецификой, большей однотипностью присущих им фенопроцессов и более высоким уровнем их сопряженности. Но внешняя аспективность ландшафта в пределах субсезона выражена слабее. Феноэтапы – наиболее короткие отрезки биологического времени, но наиболее монотипные по специфике фенопроцессов, а по сопряженности их близки к комплексным межэтапным феноиндикаторам. Между этими структурными категориями фенологического года есть существенные различия географического порядка. Фенологические сезоны сохраняют свое структурно-индикационное значение в геосистемах планетарной размерности, субсезоны – на региональном уровне, а феноэтапы, при типичном ходе метео-фенологических процессов – на топологическом. В экстремальных же ситуациях они могут в отдельных случаях календарно не проявляться, особенно при индикации их по динамике осеннего отмирания ассимиляционного аппарата. Число фенологических этапов, выделяемых в пределах субсезона, определяется его общей продолжительностью, проявлением достаточно выраженных переломных фенологических процессов («фенологических аккордов»), а также наличием сезонно-сопряженных феноиндикаторов, необходимых для выделения того или иного феноэтапа. Минимально допустимая длительность этого структурного отрезка биологического времени определяется требованием обеспечения существенности различия среднесезонных фенодат-индикаторов начала предыдущего и последующего феноэтапов в доверительном интервале  $P=0,95$  (Bulygin, 1980).

В силу присущих климату циклических колебаний и обусловленной ими цикличности сезонной ритмики растений постоянно меняется биоклиматическая ситуация, определяя в разные биоклиматические циклы совершенно различный уровень адаптации интродуцентов. Поэтому при подведении итогов интродукции и оценке перспектив разведения интродуцентов необходимо учитывать цикличность климата, сезонного ритма роста и развития интродуцентов и их ритмо-адаптивных связей. В случае положительного решения проблемы прогнозирования циклических колебаний климата откроются широкие перспективы содействия успешной адаптации древесных интродуцентов путем введения их в культуру в благоприятные циклы (с оптимальной теплообеспеченностью и благоприятным ритмом сезонного развития). На фоне соответствующей биоклиматической тенденции более эффективными окажутся и агротехнические приемы, способствующие адаптации интродуцентов.

На VIII Дендрологическом конгрессе социалистических стран Н.Е. Булыгин (Bulygin, 1982b) впервые ввел в научную терминологию понятие биоклиматической цик-

личности (БКЦ) и в дальнейшем развивал это направление науки. Под этим он понимал цикличность реакции древесных растений на короткопериодные колебания климата с учетом возрастной изменчивости самой этой реакции. Интегральным показателем БКЦ разных типов служат даты наступления фенологического периода и температуры воздуха смежных теплой и холодной частей года. Наиболее отчетливо БКЦ выражается при сопоставлении двух альтернативных биоклиматических циклов – ранне-теплых и позднехолодных, индикаторами которых служат фенодаты начала цветения (пыления мужских сережек) ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench) или орешника (*Corylus avellana* L.) или сокодвижения березы (*Betula pendula* Roth, *B. pubescens* Ehrh.). Биоклиматическая цикличность – это сложное сочетание климатической и сопряженной с ней дендрофенологической цикличности в связи с многолетней изменчивостью биологических свойств растений. Именно проявление БКЦ определяет временную изменчивость как разных показателей адаптированности растений, так и оценок результатов интродукции и перспективности интродуцентов для разведения (Firsov et al., 2008c; Fadeeva et al., 2009).

Н.Е. Булыгин опирался на работы своих предшественников и на достижения науки о ритмичности природных процессов. Так, в статье Г.Э. Шульца «Фенологические наблюдения – индикатор циклических колебаний климата» (Schultz, 1978) были приведены рекогносцировочные материалы, которые ставили на порядок дня систематические исследования по краткосрочным фенологическим, а следовательно, и климатическим циклам. К тому времени был сделан анализ на цикличность наиболее длинных многолетних рядов фенологических наблюдений. Были выявлены следующие, не остающиеся вполне постоянными циклы: 2 года, 3,5 года, 7–8 лет, 16 лет и 31 год. Уровни адаптированности растений и оценка их перспективности для разведения в значительной степени связаны с тем, проводятся ли испытания в ранне-теплый или в поздне-холодный биоклиматический цикл (Bulygin, 1996). Причины противоречивости результатов исследований кроются в высокой изменчивости самой зимостойкости, одним из факторов которой является биоклиматическая цикличность. Она обуславливает повторяемость погодичных биометеорологических ситуаций разных типов от благоприятных до критических по отношению к интродуцентам, чем в конечном итоге определяется временная амплитуда изменчивости их зимостойкости, как и других показателей уровней адаптированности. Поэтому региональный анализ проявлений БКЦ с учетом фенологической периодизации года должен стать важным элементом исследований при интродукции древесных биоморф, особенно деревьев лесного типа и лиан. Региональный анализ проявления БКЦ и воздействия ее на интродуценты представляется необходимым элементом комплекса проводимых интродукционных испытаний, оценки перспективности интродуцентов для разведения, их репродуктивной способности, организации семеноводства и выращивания семенного потомства. За период непрерывного фенологического мониторинга (1980–2022 гг.) в Ботаническом саду БИН установлено, что на фоне потепления климата Санкт-Петербурга, начавшегося с конца 1980-х годов, биологическая цикличность проявляется в чередовании ранне-теплых (1989, 1990, 1992, 1995, 2007, 2008, 2014, 2015, 2016, 2019, 2020, 2022 гг.) и позднехолодных (1980, 1982, 1985, 1987, 1996, 1998, 2003, 2004, 2006, 2011, 2012, 2013 гг.) лет.

И это, несомненно, отражается на репродуктивной активности древесных растений и на способности их пережить зимние условия. За 2001–2022 гг. в репродуктивное со-

стояние здесь вступили 238 видов, многие из которых до этого в течение десятилетий находились в вегетативном состоянии. Особенно заметно улучшение в репродуктивной сфере растений после аномально теплой зимы 2006/07 г., оно усилилось в 2015 г. Этот и 2020 г. стали самыми теплыми за период инструментальных метеорологических наблюдений. 50,8 % случаев вступления в первое цветение и плодоношение приходится на раннотеплые годы и только 16,4 % случаев – на позднехолодные. При подведении итогов интродукции и оценке перспективности для разведения древесных растений необходимо учитывать цикличность климата региона, сезонный ритм развития растений и их ритмоадаптивные связи (Firsov et al., 2024b).

Разработанная на основе дендрофеноиндикации система оценки успешности адаптации интродуцентов позволяет через показатели сезонного ритма оценивать их перспективность для разведения в условиях северо-запада России и прогнозировать их зимостойкость заблаговременно – в предшествующий сезон вегетации. На основе дендрофенологического районирования территории Ладого-Ильменского флористического района (по Sokolov, Svjazeva, 1965) определен таксономический состав древесных интродуцентов, перспективных для озеленения населенных мест, лесного и лесопаркового хозяйства, включающий более 100 видов на северо-востоке района и более 300 видов на юго-западе. Выявленный прежде всего на основе многолетних испытаний в Ботаническом саду Петра Великого широкий таксономический состав древесных интродуцентов позволяет значительно улучшить дендрофлору городских зеленых насаждений Санкт-Петербурга и других городов региона с учетом экологических и функциональных особенностей озеленяемых мест.

### Влияние изменения климата

В настоящее время рост и развитие растений в Санкт-Петербурге проходят на фоне изменившегося климата (Firsov, 2014; Firsov, Volchanskaya, 2021). Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °C сместился со средней даты 26 марта  $\pm$  2,5 сут. (1947–1977 гг.) на 15 марта  $\pm$  2,5 сут. (1977–2007 гг.) (Firsov et al., 2008b). Таким образом, при сравнении этих двух тридцатилетий оказывается, что фенологическая весна стала наступать на 11 дней раньше. В отдельные годы устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °C и начало сокодвижения *Acer platanoides* наблюдались в рекордно ранние сроки за весь период наблюдений с 1840 г. Так, например, в 1989 г. – 26 января, а в 1990 г. – 29 января. При средней продолжительности зимы  $121 \pm 3$  сут. (в 1947–1977 гг.) зима 2006/07 г. была рекордно короткой – с 20 января по 2 марта, всего 41 день, зато осень продолжалась почти 5 месяцев (Firsov et al., 2008b, 2021). Но позже эту зиму превзошли еще более теплые и более короткие зимы! Раньше начали наступать весенне-летние явления природы. Соответственно, возросла продолжительность вегетационного сезона.

На таком фоне многие виды, ранее считавшиеся вымерзающими, сейчас успешно культивируются в Санкт-Петербурге (*Acer griseum* (Franch.) Pax, *Acer japonicum* Thunb., *Acer triflorum* Kom., *Ampelopsis aconitifolia* Bunge и многие другие). Считавшийся ранее сильно обмерзающим *Juglans regia* стал регулярно цвести, плодоносить и выращивается из местных семян. И даже недавно был обнаружен его самосев. Ряд редких видов, которые в прошлом находились в вегетативном состоянии, стали плодоносить (*Abies gracilis* Kom., *Cornus mas* L.). В то же время в результате участвующих

ся в осенне-зимне-весенний период значительных колебаний температуры воздуха и почвы от положительных значений к отрицательным и обратно, и при длительном отсутствии снегового покрова, снизилась зимостойкость у видов, ранее считавшихся вполне зимостойкими (*Microbiota decussata* Kom.). В одну из таких зим, 2001/02 г., из-за преждевременного начала вегетации сильно обмерзли виды липы (*Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop.), включая даже вид местной флоры. Увеличилось обмерзание видов деревьев и кустарников с коротким периодом глубокого покоя и не имеющих глубокого покоя. У этих растений в мягкие зимы с длительными оттепелями преждевременно начинаются ростовые процессы, и они могут сильно обмерзать (*Abelia coreana* Nakai, *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Hallier).

Обмерзание интродуцентов в целом сильно уменьшилось, а у многих видов и форм в последние годы вообще не отмечается. Это разительно отличается от того, что имело место в прошлом, в XVIII–XX веках. Сейчас повторяемость таких холодных зим, какие бывали неоднократно, резко снизилась. Результатом потепления климата в Санкт-Петербурге явилось значительное увеличение длительности вегетационного периода. Увеличился и безморозный период, что, несомненно, благоприятно для растений. Однако если потепление климата будет продолжаться, это может вызвать и негативные последствия для устойчивости растений, о чем предупреждают также J. Grimshaw и R. Bayton (2009) на примере гораздо более мягкого климата Англии. При очень раннем начале вегетации, когда ростовые процессы начинаются зимой, растения становятся очень чувствительными даже к небольшим морозам при возврате холодов. Еще Э.Л. Вольф (Wolf, 1915:451) писал: «В садоводственной и лесоводственной литературе нет недостатка в указаниях на то, что весной после ряда теплых, в особенности солнечных дней способность растений противостоять действию мороза чрезвычайно быстро падает, и если после такой оттепели вновь возвращаются хотя бы и не особенно сильные морозы, то они производят несравненно более жестокие опустошения, чем самые суровые зимние морозы». В аномально теплую зиму 2006/2007 гг. неожиданно сильно обмерзли многие деревья и кустарники, которые считались устойчивыми (Firsov et al., 2008b). И не только экзоты, но даже и виды местной флоры – такие как *Daphne mezereum* L.

Обратная сторона потепления климата – все большее распространение болезней и вредителей. С недавнего времени в Санкт-Петербурге стала распространяться голландская болезнь вязов (офиостомоз), настоящая экологическая катастрофа конца XX века. Активными переносчиками возбудителя этой болезни являются вязовые заболонники. Вероятно, в результате потепления климата сместилась северная граница их ареала. В Ботаническом саду Петра Великого усыхание деревьев вяза отмечено с начала 1990-х гг., сразу после начала заметного потепления климата С.-Петербурга с 1989 г. (Firsov, 2014). Всего за период 1981 (год инвентаризации парка) – 2015 гг. засохло и было удалено 385 деревьев, прежде всего, европейских и американских видов. Наиболее сильное усыхание началось после аномально теплой зимы 2006/07 гг. с наибольшим отпадом деревьев в 2013 г. (Firsov, Bulgakov, 2017, 2018). В настоящее время остались единичные особи.

В парке-дендрарии Ботанического сада Петра Великого, начиная с 2011 г., идентифицировано 6 видов оомицетов рода *Phytophthora*, достоверно присутствующих в ризосфере многих деревьев и кустарников парка-дендрария БИН, вызывающих их по-

степенную или скоротечную гибель (Vedenyapina et al., 2014a, b, c; Firsov et al., 2014, 2016a, 2019). Это *Phytophthora cactorum* (Lebert et Cohn) J. Schröt., *P. cinnamomi* Rands, *P. citricola* Sawada, *P. plurivora* T. Jung et T.I. Burgess, *P. quercina* T. Jung, *P. syringae* (Kleb.) Kleb. По состоянию на осень 2018 г. фитофтора была выявлена у 41 особи древесных растений 32 видов, относящихся к 18 родам. Таксономический спектр пораженных растений очень обширный. Это представители как голосеменных, так и покрытосеменных растений, включая 13 семейств. За 8-летний период XXI века (с момента обнаружения первого вида фитофторы) из анализируемых растений, пораженных фитофторой, погибли 13 из 41 экз. (32 %), почти третья часть. Что показывает: фитофторы — очень опасные патогены, которые могут привести к гибели растений. Процесс усыхания часто длится годами, но в некоторых случаях усыхание может быть быстрым и внезапным. Древесные растения, у которых найдена фитофтора, произрастают в разных частях Сада, как в регулярной, так и пейзажной части. Они встречаются как одиночными деревьями на открытых местах, так растут и в полутени, под пологом других, более высоких деревьев. Признается, что воздействие почвенных грибов на растения при глобальных изменениях климата пока что один из наименее изученных факторов. Мониторинг почвенных оомицетов и состояния древесных растений очень актуален для Ботанического сада Петра Великого (Firsov et al., 2014, 2016, 2019).

Не вызывает сомнения то, что потепление климата ведет к действительно огромным последствиям в культивировании деревьев и других объектов садоводства. До настоящего времени этот эффект воспринимался в подавляющем большинстве случаев как полезный, поскольку возрастание температур позволяет выращивать в нашем регионе в открытом грунте гораздо больший ряд видов, чем раньше. Открывается реальная возможность для получения из большего числа регионов земного шара устойчивых к нашему климату растений. В первую очередь это касается древесных растений, так как у травянистых надземная часть отмирает. Необходимо учитывать, что польза от потепления климата может иметь место лишь до определенного предела. В отличие от прошедших исторических эпох, в наше время резко возросло влияние антропогенных факторов. Человек доминирует на планете и довольно сильно преобразует окружающую среду, что серьезно затрудняет адаптацию видов природной флоры и экосистем к изменениям климата. Катастрофическая потеря биоразнообразия и страдания человечества могут оказаться неизбежными, если глобальный климат реально и значительно изменится в ближайшие десятилетия, о чем предупреждают многие климатологи (Firsov, Volchanskaya, 2021). Большую угрозу при этом представляют сокращение площади и фрагментация ареалов, а также сокращение численности популяции растений. Идет процесс обеднения генофонда, и это может стать причиной полной утраты тех или иных уязвимых видов.

С учетом накопленного опыта испытаний древесных растений в Ботаническом саду Петра Великого, в настоящее время осуществляется проект по анализу дендрофлоры садов и парков Санкт-Петербурга (Byalt et al., 2019, 2024). В том числе и фенологический анализ. Проводится фенологическая оценка существующего ассортимента древесных растений городских парков. Разрабатываются фенологические критерии оптимального дендрологического состава с рекомендациями по улучшению ассортимента насаждений садов и парков Санкт-Петербурга.

Ботанический сад БИН в то же время может служить и служит хорошим полигоном для селекционных работ. Здесь за последние годы на местном материале были описаны ряд новых форм и зарегистрированы культивары древесных растений. Так, вместе с коллегами из Главного ботанического сада РАН отобрана форма шелковицы белой (*Morus alba*) в качестве плодового растения (Ladyshenskaya et al., 2022). Описана редкая декоративная форма клена мелколистного (*Acer mono* Maxim.) (Byalt, Firsov, 2023).

Проблема распространения чужеродных видов стала обостряться в мире, начиная с середины XX в., хотя большинство широко распространенных сейчас чужеродных видов занесено около 200 лет тому назад и даже значительно раньше. Сейчас распространению таких чужеродных видов способствуют в том числе и глобальные изменения климата. В последние годы интенсивность и масштабы их проникновения, воздействия на местные виды и сообщества столь велики, что биологические инвазии приходится причислять к важнейшим экологическим проблемам человечества. На протяжении многих десятилетий дендрологами Санкт-Петербурга отмечался только сам факт присутствия самосева (и то не сразу и не всегда). Лишь в последнее время выявлению самосева уделяется больше внимания и стал проводиться непрерывный мониторинг. Вероятно, первыми из дендрологов в Санкт-Петербурге, которые стали отмечать наличие самосева древесных экзотов, были П.А. Акимов и Н.Е. Булыгин (Akimov, Bulygin, 1961). При описании 422 наиболее интересных деревьев и кустарников дендрологического сада и парка Ленинградской лесотехнической академии они отметили самосев у 87 видов, из них у 20 видов местной флоры и 67 экзотов. В результате исследований представилась возможность оценить древесные растения, дающие самосев не только в Ботаническом саду Петра Великого, но и на всей территории Санкт-Петербурга и его окрестностей; так, самосев отмечен у 308 видов и гибридов из 89 родов и 39 семейств (Firsov, Byalt, 2024).

### **Направления работ по изучению интродуцентов в современных условиях**

Наши исследования показали некоторые проблемы, стоящие перед ландшафтным озеленением в Санкт-Петербурге. Необходимо расширить ассортимент за счет видов и форм, успешно прошедших испытания в ботанических садах региона (*Abies koreana* Wils.). Нужна реконструкция многих скверов, бульваров, уличных посадок, городских парков. Это должно включать замену и удаление больных, потерявших декоративность, обмерзающих и представляющих угрозу деревьев, в то же время, с сохранением старых и исторических деревьев, ценных своим возрастом и размерами, для которых нужен индивидуальный подход. После Великой Отечественной войны в городе проводились интенсивные посадки быстрорастущих тополей (*Populus × berolinensis* K.Koch). Сейчас стоит необходимость реконструкции насаждений с их участием. Нужно стремиться исключить утомительное однообразие малоценных пород с невысокими эстетическими свойствами, мало отличающихся друг от друга. Нужно больше вводить красивоцветущих кустарников разных сроков цветения, а также хвойные и лианы для вертикального озеленения. Шире использовать виды местной флоры, многие из которых применяются только единично или вообще отсутствуют. Для ряда рекомендуемых видов необходима разработка агротехники для выращивания на пригородных питомниках. Ряд видов необходимо стремиться перевести из единичного ассортимента в более широкий. Желательно более широкое распространение видов и культиваров,

имеющих необычную форму кроны, с яркой осенней окраской листьев. При создании посадок и экспозиций необходимо учитывать, каких размеров достигает тот или иной вид деревьев и кустарников в том или ином возрасте и во взрослом состоянии, в каком возрасте можно ожидать цветения и плодоношения (Tkachenko, 2009, 2010, 2017 a, b, 2023 a, b).

Желательно организовать массовое и целенаправленное выращивание растений из семян местной репродукции (при этом предварительно изучить качество семян местной репродукции). Это стало особенно актуальным в 1990-е годы, когда в новых экономических условиях, с открытием границ и падением «железного занавеса» после распада бывшего СССР в нашу страну стал поступать поток разных видов и сортов – новых, ранее не испытанных и здесь не районированных.

Большие возможности при этом в качестве потенциального источника интродукции таит в себе российская флора, в том числе, не только видов, но и многих форм и разновидностей. Так, в Ботаническом саду БИН испытываются перспективные формы с голубой хвоей *Picea obovata* Ledeb., *Pinus pumila* Regel, *Juniperus davurica* Pall., полученные из Сибири, Курильских островов и Приморского края. А также плодовые культивары калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) из Новосибирска (ЦСБС СО РАН) и многие другие интересные растения. В последние годы и десятилетия были организованы специализированные ботанические экспедиции на Камчатку (2000, 2003 гг.), Сахалин (2004 г.), в степную зону России (2001–2006 гг.), на Кавказ (2011, 2013 гг.), что дало возможность получить ценные документированные образцы и пополнить коллекцию Ботанического сада БИН.

Необходима обработка накопленных многолетних данных по мониторингу за древесными экзотами в арборетумах Санкт-Петербурга, их анализ и публикация результатов. Необходимо проведение фенологических наблюдений в интродукционных центрах, чтобы по возможности охватить все культивируемые виды, с целью более полного изучения биологических особенностей интродуцентов, их цветения и плодоношения, декоративных качеств в разные сезоны года. Это особенно важно на фоне продолжающегося потепления климата. Особое внимание следует уделить редким и исчезающим видам дендрофлоры России в условиях *ex situ*.

За последние десятилетия дендрологическая коллекция Ботанического сада Петра Великого БИН РАН значительно увеличилась, с 700–800 таксонов в 1980-е гг. до почти 1250 видов и форм в начале третьего десятилетия XXI века, в том числе многими декоративными хвойными (Firsov, Orlova, 2019) и ботанически интересными представителями покрытосеменных растений разных родов и семейств. Естественно, что опыт их выращивания нуждается в обобщении. За три века интродукции было опубликовано очень мало работ, которые охватывали бы все или почти все древесные растения Ботанического сада Петра Великого, с указанием не просто списка выращиваемых растений, но и с их биологической характеристикой. В последние годы этот пробел постепенно выправляется. Осуществляется издание «Деревья и кустарники Ботанического сада Петра Великого» (Firsov, Yarmishko, 2023, 2024). Была проделана большая работа по изучению городской культурной флоры (Byalt et al., 2019, 2024). Но все же городские насаждения требуют продолжения тщательного натурного обследования. За последние годы и десятилетия в городе появились новые парки и скверы, такие как парк в устье р. Смоленки на Васильевском острове или сквер «Осенний марафон», ку-

да завозились разнообразные виды деревьев и кустарников из разных питомников. В то же время, некоторые участки городских зеленых насаждений подверглись уплотнительной застройке. Ряд видов, которые раньше отмечались по литературным данным в озеленении города, очевидно там давно отсутствуют, но это нуждается в подтверждении.

Фиксируемое потепление климата, приводящее к переходу ряда растений, ранее считавшихся не перспективными для региона, в генеративное состояние, диктует новое направление работ по изучению интродуцентов. Это, прежде всего, изучение особенностей антропоэкологии (ритмов цветения, фертильности пыльцы, наличия специфических опылителей и т.д.) древесных и кустарниковых растений. Необходимо регулярное ежегодное определение степени выполненности плодов и семян интродуцентов неинвазивным микрофокусным рентгеновским методом; выявление и контроль насекомых-вредителей, а также грибов, поражающих репродуктивные диаспоры растений, и, следовательно, разработка методов контроля и уничтожения вредителей и болезней (Vedenyapina et al., 2015; Firsov et al., 2014, 2016) (рис. 1–3).



Рисунок 1. Поражения древесины разными видами короедов.

Figure 1. Damage to wood by different types of bark beetles.

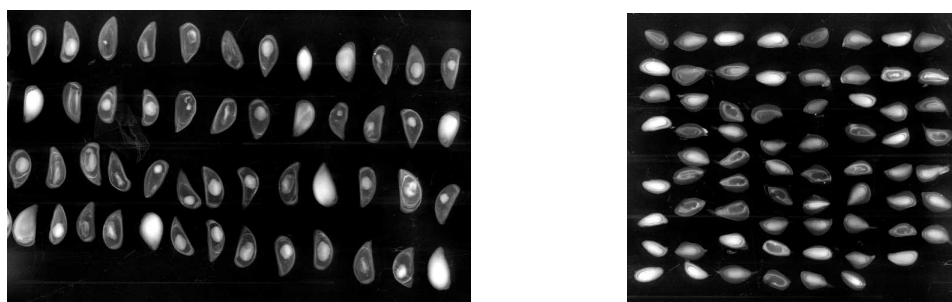


Рисунок 2. Семена *Malus × purpurea* (A.Barbier) Rehder, пораженные личинками (слева). Орешки *Rosa rugosa* Thunb., пораженные личинками вредителей семяеядов (справа).

Figure 2. Seeds of *Malus × purpurea* (A.Barbier) Rehder, infested with larvae (left). *Rosa rugosa* Thunb. nuts affected by seed-eating pest larvae (right).



Рисунок 3. Стволы деревьев в парке, пораженные разными видами грибов

Figure 3. Tree trunks in the park, affected by different types of fungi

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ботанический сад Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН в Санкт-Петербурге известен как важный и старейший центр интродукционных испытаний древесных растений в России, насчитывающий более трех веков своей деятельности, причем непрерывно на одном и том же месте. Он известен длительно культивируемыми старовозрастными деревьями, представляющими исторический и дендрологический интерес. Это также один из крупнейших центров ландшафтного искусства, где работали такие известные дендрологи и ландшафтные архитекторы, как Ф.Б. Фишер, Э.Л. Регель, С.Я. Соколов, В.В. Уханов и другие. В то же время, это крупный фенологический стационар. Научными направлениями, выдержавшими трехвековое испытание временем, явились интродукция древесных растений и непрерывный фенологический мониторинг. Наблюдения по современной программе Календаря природы здесь ведутся непрерывно с 1980 г. (хотя собственно фенологические наблюдения эпизодически проводились и в XIX, и в XVIII веках). Продолжает изучаться влияние короткопериодических колебаний климата на древесные растения, особенно в условиях его продолжающегося и усиливающегося потепления на северо-западе России. С первых опытов разведения деревьев и кустарников в Санкт-Петербурге стало ясно, что основным препятствием для разведения древесных растений в открытом грунте является недостаточная устойчивость к местному климату. Прежде всего, низкая зимостойкость, которая определяется через повреждаемость растений морозами. Практическая ценность декоративных, плодовых и лесных растений в значительной

степени зависит от того, благополучно или нет они зимуют в данных условиях. Опыт разведения древесных растений в Ботаническом саду Петра Великого показывает, что на их состояние и продолжительность жизни большое влияние оказывают так называемые критические или аномально суровые зимы, которые являются главным фактором отбора. Однако в условиях потепления климата все более важными факторами становятся устойчивость к болезням и вредителям.

Основными задачами дендрологов и садоводов Ботанического сада Петра Великого были и остаются поддержание основного ядра коллекции, сложившегося за многие годы. А также пополнение ее новыми ценными и редкими, ботанически интересными и точно документированными растениями.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают слова благодарности рецензентам за экспертную оценку этой работы, и сделанные замечания по улучшению изложения материала.

### ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена по теме «История создания, состояние, потенциал развития живых коллекций растений Ботанического сада Петра Великого БИН РАН». Регистрационный номер 124020100075-2.

### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Akimov, P.A., Bulygin, N.E. 1961. *Trees and shrubs in the dendrological garden and park of the Leningrad Forest Academy*. Leningrad, RIO VZLT. 111 p. (In Russian) [Акимов П.А., Булыгин Н.Е. 1961. *Деревья и кустарники дендрологического сада и парка Ленинградской лесотехнической академии*. Ленинград, РИО ВЗЛТ. 111 с.]
- Aleksandrova M.S., Bulygin N.E., Voroshilov V.N., et al. 1975. *Methods of phenological observations in botanical gardens of the USSR*. Moscow, Nauka. 27 p. (In Russian) [Александрова М.С., Булыгин Н.Е., Ворошилов В.Н. и др. 1975. *Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР*. М., Наука. 27 с.]
- Bulygin, N.E. 1974. *Dendrology. Phenological observations on coniferous species*. Leningrad, LTA. 82 p. (In Russian) [Булыгин Н.Е. 1974. *Дендрология. Фенологические наблюдения над хвойными породами*. Ленинград, ЛТА. 82 с.]
- Bulygin N.E. 1979. *Phenological observations of woody plants*. Leningrad, Forest Academy. 97 p. (In Russian) [Булыгин Н.Е. 1979. *Фенологические наблюдения над древесными растениями*. Ленинград, ЛТА. 97 с.]
- Bulygin N.E. 1980. *Modeling and forecasting in indicative dendrophenology*. Leningrad, Forest Academy, 98 p. (In Russian) [Булыгин Н.Е. 1980. *Моделирование и прогнозирование в индикационной дендрофенологии*. Ленинград, ЛТА. 98 с. Деп. в ВИНТИ, № 1033-81 Деп.]
- Bulygin N.E. 1982a. *Biological foundations of dendrophenology*. Leningrad, Forest Academy. 80 p. (In Russian) [Булыгин Н.Е. 1982а. *Биологические основы дендрофенологии*. Ленинград, ЛТА. 80 с.]
- Bulygin N.E. 1982b. Bioclimatic cyclicity and winter hardiness of introduced trees. *Abstracts of the VIII Dendrological Congress of Socialist Countries*. Tbilisi. 219 p. (In Russian)

- [Булыгин Н.Е. 1982b. Биоклиматическая цикличность и зимостойкость древесных интродуцентов. *Тезисы докладов VIII Дендрологического конгресса социалистических стран*. Тбилиси. 219 с.]
- Bulygin N.E. 1996. Short-term climate fluctuations and plant introductions. *Proceedings of the 1st All-Russian Conference on Botanical Resource Science*, November 25–30, 1996. St. Petersburg. 113 p. (In Russian) [Булыгин Н. Е. 1996. Короткопериодные колебания климата и интродукция растений. *Труды I Всероссийской конференции по ботаническому ресурсоведению*, 25–30 ноября 1996 года. СПб. 113 с.]
- Bulygin N.E., Firsov G.A. 1983. *Introduction of maples in the Northwest of the RSFSR*. Leningrad, Forest Academy. 203 p. (In Russian) [Булыгин Н.Е., Фирсов Г.А. 1983. *Интродукция кленов на Северо-Западе РСФСР*. Ленинград, ЛТА. 203 с. Деп. в ВИНТИ, № 3006-83 Деп.]
- Bulygin N.E., Lovelius N.V., Firsov G.A. 1986. *Fruiting, winter hardiness and prospects for cultivation of introduced species and forms of maple (Acer L.) in the North-West of the RSFSR*. Leningrad: Forest Academy. 193 p. (In Russian) [Булыгин Н.Е., Ловелиус Н.В., Фирсов Г.А. 1986. *Плодоношение, зимостойкость и перспективы разведения на Северо-Западе РСФСР интродуцированных видов и форм клена (Acer L.)*. Л., ЛТА. 193 с. Деп. в ВИНТИ, № 6952-B86 Деп.]
- Byalt V.V., Firsov G.A., Byalt A.V., Orlova L.V. 2019. *Review of the cultivated flora of Saint Petersburg (Russia)*. Moskva, ROSA. 180 p. (In Russian) [Бялт В.В., Фирсов Г.А., Бялт А.В., Орлова Л.В. 2019. *Обзор культурной флоры Санкт-Петербурга (Россия)*. Москва, РОСА. 180 с.]
- Byalt V.V., Firsov G.A. 2023. A new form of *Acer mono* Maxim. in the Peter the Great Botanical Garden. *Hortus Botanicus*. 18:63–75. (In Russian) [Бялт В.В., Фирсов Г.А. 2023. Новая форма клена мелколистного (*Acer mono* Maxim.) в Ботаническом саду Петра Великого. *Hortus Botanicus*. Т. 18: 63–75. DOI: 10.15393/j4.art.2023.8965]
- Byalt V.V., Firsov G.A., Byalt A.V., Orlova L.V., Egorov A.A. 2024. *Illustrated outline of the cultivated flora of Saint Petersburg (Russia)*. Electronic edition. 503 p. (In Russian) [Бялт В.В., Фирсов Г.А., Бялт А.В., Орлова Л.В., Егоров А.А. 2024. *Иллюстрированный конспект культурной флоры Санкт-Петербурга (Россия)*. Электронное научное и справочное издание. 503 с. URL: <https://www.binran.ru/science/publikatsii/monografii/>]
- Fadeeva I.V., Firsov G.A., Bulygin N.E. 2009. Bioclimatic cyclicity in Saint Petersburg at the end of the 20th century and its impact on introduced and native dendroflora. *Botanicheskii Zhurnal*. 94(9): 1351–1358. (In Russian) [Фадеева И.В., Фирсов Г.А., Булыгин Н.Е. 2009. Биоклиматическая цикличность в Санкт-Петербурге в конце XX в. и ее влияние на интродуцированную и местную дендрофлору. *Ботанический журнал*. 94(9): 1351–1358.]
- Falck J.P. 1766. About local trees and shrubs that are suitable for garden alleys and trellises. *Works of the Free Economic Society to encourage agriculture and house-building in Russia*. (2): 11–32. (In Russian) [Фальк И.П. 1766. О здешних деревьях и кустах, которые годны в садах к аллеям и шпалерникам. *Труды Вольного экономического общества к поощрению в России земледелия и домостроительства*. (2): 11–32.]
- Firsov G.A. 2014. Woody plants of the Peter the Great Botanical Garden (18th–21st centuries) and the climate of St. Petersburg. *Proceedings of the International Scientific Conference "Botany: History, Theory, Practice"*. St. Petersburg, Publishing house of SPbSETU "LETI". P. 208–215. (In Russian) [Фирсов Г.А. 2014. Древесные растения ботанического сада Петра Великого (XVIII–XXI вв.) и климат Санкт-Петербурга. *Труды международной научной конференции «Ботаника: история, теория, практика»*. СПб., Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». С. 208–215.]

- Firsov G.A., Volchanskaya A.V., Bulygin N.E. 2008a. Trees and shrubs in the landscaping of St. Petersburg. *Current Botanical Issues in Armenia. Proceedings of the International Conference dedicated to the 70th Anniversary of the Institute of Botany, the Botanical Garden of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, and the 90th Anniversary of Academician V. O. Kazaryan.* October 6–9, 2008, Yerevan. P. 400–403. (In Russian) [Фирсов Г.А., Волчанская А.В., Булыгин Н.Е., 2008а. Деревья и кустарники в ландшафтном озеленении Санкт-Петербурга. *Актуальные проблемы ботаники в Армении. Материалы международной конференции, посвященной 70-летию Института ботаники, ботанического сада НАН РА и 90-летию академика В.О. Казаряна (6-9 октября 2008 г.), Ереван.* С. 400–403.]
- Firsov G.A., Fadeeva I.V., Bulygin N.E. 2008b. Some results of introduction tests of woody plants in the botanical garden of the St. Petersburg Forest Academy. *Current Botanical Issues in Armenia. Proceedings of the International Conference dedicated to the 70th Anniversary of the Institute of Botany, the Botanical Garden of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, and the 90th Anniversary of Academician V. O. Kazaryan.* October 6–9, 2008, Yerevan. P. 403–406. (In Russian) [Фирсов Г.А., Фадеева И.В., Булыгин Н.Е. 2008b. Некоторые итоги интродукционных испытаний древесных растений в ботаническом саду Санкт-Петербургской Лесотехнической академии. *Актуальные проблемы ботаники в Армении Материалы международной конференции, посвященной 70-летию Института ботаники, ботанического сада НАН РА и 90-летию академика В.О. Казаряна (6-9 октября 2008 г.), Ереван.* С. 403–406.]
- Firsov G.A., Fadeeva I.V., Volchanskaya A.V. 2008c. Impact of the meteorological-phenological anomaly of the 2006/07 winter on woody plants in Saint Petersburg. *Forestry Bulletin.* (6):22–27. (In Russian) [Фирсов Г.А., Фадеева И.В., Волчанская А.В. 2008c. Влияние метеорофенологической аномалии зимы 2006/07 года на древесные растения в Санкт-Петербурге. *Лесной вестник.* (6):22–27.]
- Firsov G.A., Fadeeva I.V. 2009a. The abnormally harsh winter of 1986-87 and the winter hardiness of woody plants in St. Petersburg. *Scientific review.* (3):8–19. (In Russian) [Фирсов Г.А., Фадеева И.В. 2009а. Аномально-суровая зима 1986-87 гг. и зимостойкость древесных растений в Санкт-Петербурге. *Научное обозрение.* (3):8–19.]
- Firsov G.A., Fadeeva I.V. 2009b. The impact of severe winters of the 20th century on introduced and native dendroflora of St. Petersburg using coniferous species as an example. *Scientific review.* (2):3–13. (In Russian) [Фирсов Г.А., Фадеева И.В. 2009b. Влияние суровых зим XX века на интродуцированную и аборигенную дендрофлору Санкт-Петербурга на примере хвойных пород. *Научное обозрение.* (2):3–13.]
- Firsov G.A., Fadeeva I.V. 2009c. Critical winters in St. Petersburg and their impact on introduced and native dendroflora. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotehnikeskoj akademii.* (188):100–110. (In Russian) [Фирсов Г.А., Фадеева И.В. 2009c. Критические зимы в Санкт-Петербурге и их влияние на интродуцированную и местную дендрофлору. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии.* (188):100–110.]
- Firsov G.A., Fadeeva I.V., Volchanskaya A.V. 2010. Phenological state of woody plants in gardens and parks of St. Petersburg in connection with climate change. *Botanical Journal.* 95(1):23–37. (In Russian) [Фирсов Г.А., Фадеева И.В., Волчанская А.В., 2010. Фенологическое состояние древесных растений в садах и парках С.-Петербурга в связи с изменениями климата. *Ботанический журнал.* 95(1):23–37.]
- Firsov G.A., Vedenyapina E.G., Volchanskaya A.V. 2014. Soil-dwelling phytophthora and woody plants in St. Petersburg: new threats of the third millennium. *Hortus Botanicus.* (9):18–35. (In

- Russian) [Фирсов Г.А., Веденяпина Е.Г., Волчанская А.В. 2014. Почвообитающие фитотторы и древесные растения в Санкт-Петербурге: новые угрозы третьего тысячелетия. *Hortus Botanicus*. (9):18–35. URL:<http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2101>. DOI: 10.15393/j4.art.2014.2101]
- Firsov G.A., Tkachenko K.G., Vasil'ev N.P., Volchanskaya A.V. 2015a. Some results and prospects for the introduction of species of the genus *Malus* Mill. in the Peter the Great Botanical Garden. *Bulletin of the BGI FEB RAS* (13):17–33. (In Russian) [Фирсов Г.А., Ткаченко К.Г., Васильев Н.П., Волчанская А.В. 2015а. Некоторые итоги и перспективы интродукции видов рода *Malus* Mill. в Ботаническом саду Петра Великого. *Бюлл. БСИ ДВО РАН*. (13):17–33.]
- Firsov G.A., Volchanskaya A.V., Tkachenko K.G. 2015b. Glen's spruce (*Picea glehnii* (F. Schmidt) Mast., Pinaceae) in St. Petersburg. *Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya 11. Natural sciences*. 2(12):27–39. (In Russian) [Фирсов Г.А., Волчанская А.В., Ткаченко К.Г. 2015б. Ель Глена (*Picea glehnii* (F. Schmidt) Mast., Pinaceae) в Санкт-Петербурге. *Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11. Естественные науки*. 2(12): 27-39.]
- Firsov G.A., Tkachenko K.G. 2016. On the quality of *Sorbaria sorbifolia* and *Sorbaria kirilowii* (Rosaceae) seeds introduced in Northwest Russia. *Bulletin of the BGI FEB RAS*. (16):22–28. (In Russian) [Фирсов Г.А., Ткаченко К.Г. 2016. О качестве семян *Sorbaria sorbifolia* и *Sorbaria kirilowii* (Rosaceae), интродуцированных на Северо-Западе России. *Бюлл. БСИ ДВО РАН*. (16):22–28. URL: <https://botsad.ru/media/cms/3671/22-28.pdf>]
- Firsov G.A., Volchanskaya A.V., Tkachenko K.G., Staroverov N.E., Gryaznov A.Yu. 2016. European ash (*Fraxinus oxycarpa* M. Bieb. ex Willd., Oleaceae) in the Peter the Great Botanical Garden. *Bulletin of the Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. (16):16–21. (In Russian) [Фирсов Г.А., Волчанская А.В., Ткаченко К.Г., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю. 2016. Ясень остроплодный (*Fraxinus oxycarpa* M. Bieb. ex Willd., Oleaceae) в Ботаническом саду Петра Великого. *Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН*. (16):16–21. URL: <https://botsad.ru/media/cms/3671/16-21.pdf>]
- Firsov G.A., Malysheva V.F., Malysheva E.F., Varfolomeeva E.A., Volchanskaya A.V. 2016a. New data on the distribution of *Phytophthora* species and their impact on the condition of woody plants in the Botanical Garden of Peter the Great (Komarov Institute of Botany, RAS, Saint Petersburg). *Mycology and phytopathology*. 50(6):401–414. (In Russian) [Фирсов Г.А., Малышева В.Ф., Малышева Е.Ф., Варфоломеева Е.А., Волчанская А.В. 2016а. Новые данные о распространении видов рода *Phytophthora* и их влиянии на состояние древесных растений в Ботаническом саду Петра Великого (БИН РАН, Санкт-Петербург). *Микология и фитопатология*. 50(6):401–414.]
- Firsov G.A., Bulgakov T.S. 2017. Current status of elms (*Ulmus* L., Ulmaceae) in the park-dendrarium of the Peter the Great Botanical Garden under the epiphytotic of Dutch elm disease. *Hortus Botanicus*. (12):219–239. (In Russian) [Фирсов Г.А., Булгаков Т.С. 2017. Современное состояние вязов (*Ulmus* L., Ulmaceae) в парке-дендрарии Ботанического сада Петра Великого в условиях эпифитотии голландской болезни вязов. *Hortus Botanicus*. (12):219–239. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=3962>. DOI: 10.15393/j4.art.2017.3962]
- Firsov G.A., Volchanskaya A.V., Tkachenko K.G. 2017a. *Lonicera tolmatchevii* Pojark. (Caprifoliaceae) in St. Petersburg. *Hortus Botanicus*. (12):254–260. (In Russian) [Фирсов Г.А., Волчанская А.В., Ткаченко К.Г. 2017а. Жимолость Толмачева (*Lonicera tolmatchevii* Pojark.,

- Caprifoliaceae) в Санкт-Петербурге. *Hortus Botanicus*. (12):254–260. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=4663>. DOI: 10.15393/j4.art.2017.4663]
- Firsov G.A., Volchanskaya A.V., Tkachenko K.G., Staroverov N.E., Gryaznov A.Yu. 2017b. *Cydonia oblonga* Mill. (Rosaceae) in the Peter the Great Botanical Garden. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 177(4):28–36. (In Russian) [Фирсов Г.А., Волчанская А.В., Ткаченко К.Г., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю. 2017b. Айва обыкновенная (*Cydonia oblonga*, Rosaceae) в Ботаническом саду Петра Великого. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 177(4):28–36. DOI: 10.30901/2227-8834-2016-4-28-36]
- Firsov G.A., Bulgakov T.S. 2018. The state of elms (*Ulmus* L., Ulmaceae) in the arboretum park of the Peter the Great Botanical Garden in 2016. *Proceedings of Voronezh State University. Seriya: Chemistry. Biology. Pharmacy*. (3):129–135. (In Russian) [Фирсов Г.А., Булгаков Т.С. 2018. Состояние вязов (*Ulmus* L., Ulmaceae) в парке-дендрарии Ботанического сада Петра Великого в 2016 году. *Вестник Воронежского государственного университета, серия: Химия. Биология. Фармация*. (3):129–135.]
- Firsov G.A., Byalt A.V., Tkachenko K.G. 2018a. *Lonicera maackii* (Rupr.) Maxim. (Caprifoliaceae) in the Peter the Great Botanical Garden in St. Petersburg. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*. (224):91–102. (In Russian) [Фирсов Г.А., Бялт А.В., Ткаченко К.Г. 2018a. *Lonicera maackii* (Rupr.) Maxim. (Caprifoliaceae) в Ботаническом саду Петра Великого в Санкт-Петербурге. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. (224): 91–102. DOI:10.21266/2079-4304.2018.224.91-102]
- Firsov G.A., Byalt A.V., Tkachenko K.G. 2018b. Winter hardiness and prospects of cultivation of *Lonicera chамissoi* Bunge ex P. Kirillov (Caprifoliaceae) at the Saint-Petersburg in conditions of the climate change. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*. (224):103–118. (In Russian) [Фирсов Г.А., Бялт А.В., Ткаченко К.Г. 2018b. Зимостойкость и перспективы размножения жимолости Шамиссо (*Lonicera chамissoi* Bunge ex P. Kirillov, Caprifoliaceae) в Санкт-Петербурге в условиях потепления климата. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. (224):103–118. DOI:10.21266/2079-4304.2018.224.103-118]
- Firsov G.A., Volchanskaya A.V., Tkachenko K.G. 2018c. *Sorbus 'Joseph Rock'* (Rosaceae) in St. Petersburg. *Vestnik Udmurtskogo Universiteta. Seriya: Biology. Earth Sciences*. 28(2):130–136. (In Russian) [Фирсов Г.А., Волчанская А.В., Ткаченко К.Г. 2018c. Рябина «Джозеф Рок» (*Sorbus 'Joseph Rock'*, Rosaceae) в Санкт-Петербурге. *Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о земле*. 28(2):130–136.]
- Firsov G.A., Volchanskaya A.V., Tkachenko K.G. 2018d. *Acer capillipes* Maxim. ex Miq., Sapindaceae) in St. Petersburg. *Proceedings of Voronezh State University. Seriya: Chemistry. Biology. Pharmacy*. (1):152–158. (In Russian) [Фирсов Г.А., Волчанская А.В., Ткаченко К.Г. 2018d, Клен волосовидный (*Acer capillipes* Maxim. ex Miq., Sapindaceae) в Санкт-Петербурге. *Вестник Воронежского государственного университета, серия: Химия. Биология. Фармация*. (1):152–158.]
- Firsov G.A., Orlova L.V. 2019. *Conifers in St. Petersburg*. 2nd edition, expanded and revised. Saint Petersburg, Dom sadovoi literatury. 492 p. (In Russian) [Фирсов Г.А., Орлова Л.В. 2019. *Хвойные в Санкт-Петербурге*. Издание 2-е, расширенное и переработанное. Санкт-Петербург, Дом садовой литературы. 492 с.]
- Firsov G.A., Volchanskaya A.V. 2021. *Woody plants in conditions of climatic changes at Saint-Petersburg*. Moscow, MASKA. 128 p. (In Russian) [Фирсов Г.А., Волчанская А.В. 2021. *Древесные растения в условиях климатических изменений в Санкт-Петербурге*. Москва, Маска. 128 с.]

- Firsov G.A., Tkachenko K.G., Trofimova A.S. 2021. Maples (*Acer* L.) of the Peter the Great Botanical Garden of the V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences. *Field biologist journal*. 3(4):357–369. (In Russian) [Фирсов Г.А., Ткаченко К.Г., Трофимова А.С. 2021. Клены (*Acer* L.) Ботанического сада Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук. *Полевой журнал биолога*. 3(4):357–369. DOI: 10.52575/2712-9047-2021-3-4-357-369]
- Firsov G.A., Yarmishko V.T. 2023. *Trees and shrubs of the Peter the Great Botanical Garden. Volume 1. Gymnosperms*. Saint Petersburg, LETI. 206 p. (In Russian) [Фирсов Г.А., Ярмишко В.Т. 2023. *Деревья и кустарники Ботанического сада Петра Великого. Том 1. Голосеменные растения*. СПб., ЛЭТИ. 206 с.]
- Firsov G.A., Tkachenko K.G., Volchanskaya A.V., Staroverov N.E., Gryaznov A.Yu. 2023. *Chamaecyparis obtusifolia* in the Peter the Great Botanical Garden. *Siberian Journal of Forest Science*. (3):42–50. (In Russian) [Фирсов Г.А., Ткаченко К.Г., Волчанская А.В., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю. 2023. Кипарисовик тупой в Ботаническом саду Петра Великого. *Сибирский лесной журнал*. (3):42–50. DOI: 10.15372/SJFS20230306]
- Firsov G.A., Byalt V.V. 2024. *Alien naturalized woody plants of Saint Petersburg*. Moscow, ROSA. 184 p. (In Russian) [Фирсов Г.А., Бялт В.В. 2024. *Чужеродные дичающие древесные растения Санкт-Петербурга*. Москва, РОСА. 184 с.]
- Firsov G.A., Yarmishko V.T. 2024. *Trees and shrubs of the Peter the Great Botanical Garden. Volume 2. Part 1. Angiosperms: families Actinidiaceae – Myricaceae*. Saint Petersburg, LETI. 450 p. (In Russian) [Фирсов Г.А., Ярмишко В.Т. 2024. *Деревья и кустарники Ботанического сада Петра Великого. Том 2. Часть 1. Покрытосеменные: семейства Actinidiaceae – Myricaceae*. СПб., ЛЭТИ. 450 с.]
- Firsov G.A., Volchanskaya A.V., Orlova L.V., Tkachenko K.G., Staroverov N.E., Gryaznov A.Yu. 2024a. *Picea schrenkiana* Fisch. et C.A. Mey. in the Peter the Great Botanical Garden. *Hortus Botanicus*. 19:38–54. (In Russian) [Фирсов Г.А., Волчанская А.В., Орлова Л.В., Ткаченко К.Г., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю. 2024а. Ель Шренка (*Picea schrenkiana* Fisch. et C.A. Mey.) в Ботаническом саду Петра Великого. *Hortus Botanicus*. 2024. (19):38–54. DOI: 10.15393/j4.art.2024.9165]
- Firsov G.A., Tkachenko K.G., Volchanskaya A.V., Fadeeva I.V. 2024b. The influence of short-term climate fluctuations on the reproductive capacity of woody plants in St. Petersburg. *Siberian Journal of Forest Science*. (2): 84–102 (In Russian) [Фирсов Г.А., Ткаченко К.Г., Волчанская А.В., Фадеева И.В. 2024б. Влияние короткопериодных колебаний климата на репродуктивные способности древесных растений в Санкт-Петербурге. *Сибирский лесной журнал*. (2):84–102. DOI: 10.15372/SJFS20240210]
- Fischer F.B. 1837. Experience in growing foreign trees. *Lesnoy Zhurnal*. 3(3):442–445 (In Russian) [Фишер Ф.Б. 1837. Опыт разведения иностранных дерев. *Лесной журнал*. 3(3):442–445.]
- Grimshaw J., Bayton R. 2009. *New Trees: Recent Introductions to Cultivation*. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew and the International Dendrology Society. 976 p.
- Gryaznov A.Yu., Staroverov N.E., Zhamova K.K., Kholopova E.D., Tkachenko K.G. 2015. Study of the quality of reproductive diaspores of species of the genus Apple (*Malus* Mill.) using micro-focus radiography. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 55:49–53. (In Russian) [Грязнов А.Ю., Староверов Н.Е., Жамова К.К., Холопова Е.Д., Ткаченко К.Г. 2015. Исследование качества репродуктивных диаспор видов рода Яблоня (*Malus* Mill.) с помощью микрофокусной рентгенографии. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 55:49–53].

- Komarova V.N., Firsov G.A., Fadeeva I.V. 2009. Nature calendars of the botanical gardens of Saint Petersburg. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*. (186):40–48. (In Russian) [Комарова В.Н., Фирсов Г.А., Фадеева И.В. 2009. Календари природы ботанических садов Санкт-Петербурга. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. (186):40–48.]
- Ladyshenskaya O.V., Firsov G.A., Aniskina T.S., Kryuchkova V.A. 2022. Polymorphism of the selected form of mulberry in the Northwest region of Russia. *AgroEhkoInfo. Electronic scientific and production journal*. 6. (In Russian) [Ладыженская О.В., Фирсов Г.А., Аниськина Т.С., Крючкова В.А. 2022. Полиморфизм отборной формы шелковицы в Северо-Западном регионе России. *АгроЭкоИнфо. Электронный научно-производственный журнал*. 6. DOI: <https://doi.org/10.51419/202126608>]
- Lapin P.I. 1967. Seasonal rhythm of woody plant development and its importance for introduction. *Bulletin of the Main Botanical Garden*. (65):13–18. (In Russian) [Лاپин П.И. 1967. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции. *Бюллетень Главного ботанического сада*. (65):13–18.]
- Lapin P.I., Sidneva S.V. 1973. *Evaluation of the potential of introduced woody plants based on visual observation data. Experience of introduction of woody plants*. Moscow, The Main Bot. Garden of the USSR Academy of Sciences. P. 7–67. (In Russian) [Лاپин П.И., Сиднева С.В. 1973. *Оценка перспективности интродуцированных древесных растений по данным визуального наблюдения. Опыт интродукции древесных растений*. М., Гл. бот. сад АН СССР. С.7–67.]
- Schultz G.E. 1978. Phenological observations are an indicator of cyclical climate fluctuations. *News of the All-Union Geographical Society*. (6):498–504. (In Russian) [Шульц Г.Э. 1978. Фенологические наблюдения – индикатор циклических колебаний климата. *Новости Всесоюзного географического общества*. (6): 498–504.]
- Schultz G.E. 1981. *General phenology*. Leningrad, Nauka. 218 p. (In Russian) [Шульц Г.Э. 1981. *Общая фенология*. Ленинград, Наука. 218 с.]
- Shver Ts.A. et al. eds. 1982. *The climate of Leningrad*. Leningrad, Gidrometeoizdat. 252 p. (in Russian) [Швер Ц.А. и др., ред. 1982. *Климат Ленинграда*. Ленинград, Гидрометеиздат. 252 с.]
- Sokolov S.Ya., Svyazeva O.A. 1965. *Geography of woody plants of the USSR*. Moscow, Nauka, 265 p. (In Russian) [Соколов С.Я., Связева О.А. 1965. *География древесных растений СССР*. Москва, Наука. 265 с.]
- Staroverov N.E., Gryaznov A.Yu., Zhamova K.K., Tkachenko K.G., Firsov G.A. 2015. Application of microfocus radiography for quality control of fruits and seeds – reproductive diaspores. *Biotechnosfera*. 6(42):16–19. (In Russian) [Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю., Жамова К.К., Ткаченко К.Г., Фирсов Г.А. 2015. Применение метода микрофокусной рентгенографии для контроля качества плодов и семян – репродуктивных диаспор. *Биотехносфера*. 6 (42):16–19.]
- Svyazeva O.A. 2005. *Trees, shrubs, and vines of the Botanical Garden of the Komarov Botanical Institute (On the history of introduction into cultivation)*. Saint Petersburg, Rostok. 384 p. (In Russian) [Связева О.А. 2005. *Деревья, кустарники и лианы парка Ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова (К истории введения в культуру)*. СПб., Росток. 384 с.]
- Takhtadzhyan A.L. 1978. *Floristic regions of the earth*. Leningrad, Nauka. 248 p. (In Russian) [Тахтаджян А.Л. 1978. *Флористические области земли*. Л., Наука. 248 с.]

- Tkachenko K.G. 2009. Ornamental woody plants in landscape design and garden-park art. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Problems of Greening Cities in Siberia and Adjacent Territories."* (Chita, September 14–16, 2009). P. 307–309. (In Russian) [Ткаченко К.Г. 2009. Красивоцветущие древесные в ландшафтном дизайне и садово-парковом искусстве. *Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы озеленения городов Сибири и сопредельных территорий»* (г. Чита, 14–16 сентября 2009 г.). 307–309 с.]
- Tkachenko K.G. 2010. Beautifully flowering trees and shrubs of the Rosaceae family in the Northwest. *Woody plants in landscape design. Materials of the 1st educational and practical conference. March 13, 2010, Architect's House, St. Petersburg.* Saint Petersburg. P. 8–10. (In Russian) [Ткаченко К.Г. 2010. Красивоцветущие деревья и кустарники семейства Розоцветных на Северо-западе. *Древесные растения в ландшафтном дизайне. Материалы 1-ой учебно-практической конференции. 13 марта 2010 г., Дом Архитектора, г. Санкт-Петербург.* Санкт-Петербург. С. 8–10.]
- Tkachenko K.G. 2017a. Latent period of some species of the genus *Malus* introduced in the Peter the Great Botanical Garden. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding.* 178(2):25–32. (In Russian) [Ткаченко К.Г. 2017а. Латентный период некоторых видов рода *Malus*, интродуцированных в Ботанический сад Петра Великого. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.* 178(2): 25–32. DOI: 10.30901/2227-8834-2017-2-25-32]
- Tkachenko K.G. 2017b. Beautifully flowering trees and shrubs of the subfamily Amygdaloideae, promising for urban landscaping. *Proceedings of the Second International Scientific and Technical Conference "Forests of Russia: Policy, Industry, Science, Education".* (2):294–297. (In Russian) [Ткаченко К.Г. 2017b. Красивоцветущие деревья и кустарники семейства Розоцветных на Северо-Западе. *Материалы второй международной научно-технической конференции «Леса России: политика, промышленность, наука, образование».* (2):294–297.]
- Tkachenko K.G. 2018. Features of the latent period of Mongolian and Chinese almond. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding.* 179(2):77–84. (In Russian) [Ткаченко К.Г. 2018. Особенности латентного периода миндаля монгольского и миндаля черешчатого. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.* 2018. 179(2):77–84. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-2-77-84]
- Tkachenko K.G. 2023a. Ornamental woody plants for urban greening. *Hortus Botanicus.* (18):331–371. (In Russian) [Ткаченко К.Г. 2023а. Красивоцветущие древесные растения для городского озеленения. *Hortus Botanicus.* (18):331–371. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=8925>. DOI: 10.15393/j4.art.2023.8925]
- Tkachenko K.G. 2023b. Prospects for introduction of ornamental woody species of Rosaceae into urban greening. *Botanic Gardens in the Modern World.* (3):199–203. (In Russian) [Ткаченко К.Г. 2023b. Перспективы внедрения в городское озеленение красивоцветущих древесных видов семейства Rosaceae. *Ботанические сады в современном мире.* (3):199–203. DOI: 10.24412/cl-36595-2023-3-199-203]
- Tkachenko K.G., Kapelyan A.I., Gryaznov A.Yu., Staroverov N.E. 2015a. Quality of reproductive diaspores *Rosa rugosa* Thunb., which introduced into Peter the Great Botanical garden. *Bulletin of the Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.* (13):41–4. (In Russian) [Ткаченко К.Г., Капелян А.И., Грязнов А.Ю., Староверов Н.Е. 2015а. Качество репродуктивных диаспор *Rosa rugosa* Thunb., интродуцированных в Ботанический сад Петра Великого. *Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН.* (13):41–48. URL: <https://www.botsad.ru/media/cms/3205/41-48%20Ткаченко.pdf>]

- Tkachenko K.G., Firsov G.A., Gryaznov A.Yu., Staroverov N.E. 2015b. The quality of reproductive diaspores of species of *Malus* Mill. introduced in the Peter the Great Botanical Garden. *Vestnik Udmurtskogo Universiteta. Seriya: Biology. Earth Sciences*. 25(4):75–80. (In Russian) [Ткаченко К.Г., Фирсов Г.А., Грязнов А.Ю., Староверов Н.Е. 2015b. Качество репродуктивных диаспор видов рода Яблоня (*Malus* Mill.) интродуцированных в Ботаническом саду Петра Великого. *Вестник Удмуртского Университета. Серия: Биология. Науки о земле*. 25(4):75–80.]
- Tkachenko K.G., Firsov G.A., Gryaznov A.Yu., Staroverov N.E. 2016. *Abies semenovii* B. Fedtsch. at the Peter the Great Botanical Garden. *Hortus Botanicus*. (11):111–119. (In Russian) [Ткаченко К.Г., Фирсов Г.А., Грязнов А.Ю., Староверов Н.Е. 2016. *Abies semenovii* В. Федтш. в Ботаническом саду Петра Великого. *Hortus Botanicus*. (11):111–119. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2783>. DOI: 10.15393/j4.art.2016.2783]
- Tkachenko K.G., Firsov G.A., Volchanskaya A.V. 2020. Seed quality of *Aristolochia macrophylla* Lam. and *A. manshuriensis* Kom. in St. Petersburg. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 181(2):14–22. (In Russian) [Ткаченко К.Г., Фирсов Г.А., Волчанская А.В. 2020. Качество семян *Aristolochia macrophylla* Lam. и *A. manshuriensis* Ком. в Санкт-Петербурге. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 181(2):14–22. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-14-22]
- Tkachenko K.G., Firsov G.A., Yandovka L.F., Volchanskaya A.V., Staroverov N.E., Gryaznov Yu.A. 2019. *Pyrus zangezura* (Rosaceae) at Saint Petersburg. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 180(3):12–18. (In Russian) [Ткаченко К.Г., Фирсов Г.А., Яндовка Л.Ф., Волчанская А.В., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю. 2019. Груша зангезурская (*Pyrus zangezura*, Rosaceae) в Санкт-Петербурге. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 180(3):12–18. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-12-18]
- Tkachenko K.G., Staroverov N.E., Gryaznov A.Yu. 2018. X-ray study of the quality of fruits and seeds. *Hortus botanicus*. 13. (In Russian) [Ткаченко К.Г., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю. 2018. Рентгенографическое изучение качества плодов и семян. *Hortus botanicus*. 13. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=5022>. DOI: 10.15393/j4.art.2018.5022]
- Vedenyapina E.G., Firsov G.A. 2014a. Invisible phytophthoras. *Pitomnik i chastnyi sad*. (2):40–45 (In Russian) [Веденяпина Е.Г., Фирсов Г.А. 2014а. Невидимые фитопторы. *Питомник и частный сад*. 2:40–45.]
- Vedenyapina E.G., Volchanskaya A.V., Malysheva V.F., Malysheva E.F., Firsov G.A. 2014b. Soil-inhabiting species of the genus *Phytophthora* in the Botanical Garden of the Komarov Institute of Botany, RAS. I. First records of *Ph. citricola*, *Ph. plurivora* and *Ph. quercina* in Russia. *Mycology and phytopathology*. 48(4):263–273. (In Russian) [Веденяпина Е.Г., Волчанская А.В., Малышева В.Ф., Малышева Е.Ф., Фирсов Г.А. 2014b. Почвообитающие виды рода *Phytophthora* в Ботаническом саду БИН РАН. I. Первые находки *Ph. citricola*, *Ph. plurivora* и *Ph. quercina* в России. *Микология и фитопатология*. 48(4):263–273.]
- Vedenyapina E.G., Firsov G.A., Volchanskaya A.V., Vorobiev N.I. 2014c. Soil-inhabiting species of the genus *Phytophthora* in the Botanical Garden of the Komarov Institute of Botany, RAS. II. Results of two-year monitoring. *Mycology and phytopathology*. 48(5):322–332. (In Russian) [Веденяпина Е.Г., Фирсов Г.А., Волчанская А.В., Воробьев Н.И. 2014c. Почвообитающие виды рода *Phytophthora* в Ботаническом саду БИН РАН. II. Результаты двухлетнего мониторинга. *Микология и фитопатология*. 48(5):322–332.]
- Vedenyapina E.G., Volchanskaya A.V., Lavrent'ev N.V., Firsov G.A. 2015. Status of *Quercus robur* L. in the Botanical Garden of the Komarov Institute of Botany, RAS. *Vestnik Udmurtskogo Universiteta. Seriya: Biology. Earth Sciences*. 25(2):43–50. (In Russian) [Веденяпина Е.Г.,

- Волчанская А.В., Лаврентьев Н.В., Фирсов Г.А. 2015. Состояние дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в Ботаническом саду БИН РАН. *Вестник Удмуртского Университета. Серия: Биология. Науки о земле*. 25(2):43–50.]
- Volchanskaya A.V., Firsov G.A., Tkachenko K.G. 2021. Introduction of *Sorbocotoneaster pozdnjakovii* Pojark. in the Peter the Great Botanical Garden. *Siberian Journal of Forest Science*. (1):77–83. (In Russian) [Волчанская А.В., Фирсов Г.А., Ткаченко К.Г. 2021. Интродукция *Sorbocotoneaster pozdnjakovii* Pojark. в ботаническом саду Петра Великого. *Сибирский лесной журнал*. (1):77–83. DOI: 10.15372/SJFS20210108]
- Volchanskaya A.V., Tkachenko K.G., Firsov G.A. 2024. The first fruiting of *Euonymus atropurpureus* Jacq. in the Peter the Great Botanical Garden. *Botanic Gardens in the Modern World*. (7):14–18. (In Russian) [Волчанская А.В., Ткаченко К.Г., Фирсов Г.А. 2024. Первое плодоношение *Euonymus atropurpureus* Jacq. в Ботаническом саду Петра Великого. *Ботанические сады в современном мире*. (7):14–18. DOI: 10.24412/cl-36595-2024-7-14-18]
- Wolf E.L. 1915. *Decorative shrubs and trees for gardens and parks: Their selection and cultivation in different regions of Russia*. Petrograd, Published by A.F. Devrien. 462 p. (In Russian) [Вольф Э.Л. 1915. *Декоративные кустарники и деревья для садов и парков. Их выбор и культура в разных полосах России*. Петроград, Изд. А.Ф. Девриена. 462 с.]
- Zaitsev G.N. 1981. *Phenology of woody plants*. Moscow, Nauka, 120 p. (In Russian) [Зайцев Г.Н. 1981. *Фенология древесных растений*. Москва, Наука. 120 с.]