

В.А. Брынцев, А.А. Коженкова, С.Э. Некляев, С. Л. Рысин

СОСТОЯНИЕ УНИКАЛЬНОГО НАСАЖДЕНИЯ ТСУГИ КАНАДСКОЙ И ЕГО МИКОБИОТЫ В ДЕНДРАРИИ ГБС РАН

Введение. Виды рода тсуга (*Tsuga* (Endl.) Carrière) семейства Сосновые (*Pinaceae* Lindl.) представляют собой лесообразующие хвойные породы, типичные для субальпийских и равнинных лесных сообществ Северной Америки и Азии. Для тсуг характерны медленный рост, значительная продолжительность жизни, высокая теневыносливость и повышенные требования к влажности воздуха и почвы. В хозяйственном отношении эти деревья ценятся как источник древесины и древесного волокна, а в озеленении – благодаря красивой кроне [Burns, Honkala, 1990].

Согласно А. Farjon [1990], род *Tsuga* включает девять видов: три из них распространены в Китае и Гималаях, два – в Японии, по два – на западе и востоке Северной Америки. Филогенетический анализ, проведённый Navill et al. [2008], позволил выделить две ключевые клады; одна из них объединяет западные североамериканские виды (*T. heterophylla* (Raf.) Sarg. и *T. mertensiana* (Bong.) Carrière), вторая включает азиатские виды, а также один из восточных североамериканских видов – *T. caroliniana* Engelm. При этом другой восточный североамериканский вид – *T. canadensis* (L.) Carrière – является сестринским таксоном по отношению к азиатской кладе.

На территории современной России тсуги естественно не произрастают, однако палеонтологические данные свидетельствуют о широком распространении рода *Tsuga* в Северной Америке и Евразии, начиная с позднего мела и вплоть до плиоцена-плейстоцена. Исследования пространственно-временного распределения ископаемых остатков позволили установить пути миграций. Обмен видами между Северной Америкой и Европой осуществлялся через североатлантические сухопутные мосты, существовавшие до конца эоцена. Связь между Северной Америкой и Азией поддерживалась на протяжении всего кайнозоя через Берингию [LePage, 2003].

Анализ ископаемых материалов дал важные сведения об эволюционной истории рода; выявлено, что наиболее ранние представители тсуги морфологически близки к *T. mertensiana*. Основная дивергенция видов произошла

преимущественно в миоцене и плиоцене. Ключевыми факторами, обусловившими видообразование, стали похолодание климата, формирование новых местообитаний и крупные тектонические события [LePage, 2003].

С учётом палеонтологической истории и эколого-биологических особенностей рода *Tsuga* его представители весьма интересны для интродукционных экспериментов в центре Европейской России. Данный регион отличается относительно низким видовым разнообразием хвойных пород, что делает актуальным поиск устойчивых видов интродуцентов для озеленения населённых пунктов, обогащения лесопарковых насаждений и создания коллекционных экспозиций в ботанических садах и дендрариях. В отечественной научной литературе отсутствуют публикации, посвящённые исследованиям по интродукции видов рода *Tsuga* на территории России, что является существенным пробелом в знаниях о потенциальной адаптивности данных таксонов к местным климатическим, почвенным и биотическим условиям.

Начало опытов по интродукции тсуги привело к формированию нового патогенного и сапротрофного микокомплекса, однако работы, рассматривающие его, до настоящего времени отсутствуют. Разрозненные данные наблюдений на территории ГБС РАН и города Москвы представлены в работах, опубликованных в 2006-2018 гг. [Соколова и др., 2006; Мухина, Александрова, 2013; Мухина и др., 2013, 2014, 2015; Ткаченко и др., 2018].

Данное исследование направлено на комплексную оценку результатов интродукции тсуги канадской в дендрарии Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук (далее – ГБС РАН, Сад), включая анализ дендробионтного микокомплекса и оценку перспектив культивирования вида в Московском регионе.

Объекты и методика исследований. Объектом исследования выступает коллекционное насаждение тсуги канадской в дендрарии ГБС РАН. Исходный материал – семена, полученные из дендропарка Тростянец (Украина), которые были высеяны в питомнике Сада в 1952 г. [Древесные..., 2005]. В апреле 1956 г. четырёхлетние сеянцы переместили в дендрарий, а летом 1957 г. пересадили на постоянное место. Всего было высажено 518 экземпляров *T. canadensis*.

В первые три года после посадки отмечено отмирание 78 растений, что соответствует приживаемости на уровне 85%. Существенное ухудшение состояния насаждения зафиксировано в 1974 г.: по невыясненным причинам погибло 86 экз., что составило 21% от общего числа сохранившихся к тому моменту деревьев.

В настоящее время насаждение представляет собой сомкнутое сообщество с мёртвым напочвенным покровом. В его составе присутствуют также дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), берёза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) и ель европейская (*Picea abies* (L.) Н. Karst.), которые оказывают угнетающее действие на произрастающие рядом экземпляры тсуги, конкурируя с ними за свет, влагу и питательные вещества.

В возрасте 73 лет (2025 г.) у деревьев были проведены замеры высот с использованием оптического высотомера Silva Clino Master 1015/2025 с точностью до 0,1 м. Диаметр стволов определяли на высоте груди (1,3 м): для этого измеряли длину окружности ствола с точностью до 1 см, после чего по полученному значению рассчитывали диаметр.

Оценка качества крон и стволов тсуги канадской проводилась по трёх-балльной шкале (0–2) согласно методике ГБС РАН [Рысин и др., 2009]. Для крон были установлены следующие критерии оценки: 2 балла присваивались при наличии характерной для вида, полной, нормально развитой кроны; 1 балл – при атипичной, непропорциональной или частично изреженной кроне; 0 баллов – при короткой или сильно изреженной кроне.

При оценке стволов 2 балла соответствовали нормально развитому стволу без наклона и видимых повреждений; 1 балл – нормальному стволу с незначительными дефектами или повреждениями, при отклонении от вертикали не более 30°; 0 баллов – стволу с существенными дефектами (искривлённому, дуплистому и др.) и значительными повреждениями, при отклонении более 30°.

Оценка жизненного состояния древесных растений проводилась в соответствии с производственной методикой ГБС РАН, предусматривающей разделение деревьев на три категории: «хорошие», «удовлетворительные» и «сомнительные». Данная методика позволила провести мониторинг динамики состояния интродуцированных видов в коллекционных насаждениях на протяжении длительного периода.

Текущее санитарное состояние деревьев (на 2025 г.) устанавливали в соответствии с шестибалльной шкалой категорий состояния хвойных пород, регламентированной «Правилами санитарной безопасности в лесах» (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 9 декабря 2020 г. №2047). Категории 5 – свежий сухостой – и 6 – старый сухостой – не учитывались, поскольку засохшие деревья удаляют из коллекции сразу после их усыхания.

Для получения данных о видовом разнообразии ксилобионтного микромиксиса тсуги канадской в 2023-2025 гг. на четырёх пробных площадях было проведено обследование 40 модельных деревьев (рис. 1).



Рис. 1. Место произрастания коллекционного насаждения тсуги канадской в дендрарии ГБС РАН и места размещения пробных площадей

Fig. 1. The location of the collection planting of Canadian hemlock in the arboretum of the Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences and the location of sample plots

В ходе полевых работ отбирали образцы базидиом дендротрофных грибов, а также древесины и вегетативных органов (корни, ветви, части ствола) с признаками поселения ксилобионтных видов [Бондарцев, Зингер, 1950; Методы..., 1982; Исиков, Конопля, 2004; Ивойлов и др., 2017; Кураков, Кокаева, 2023; Ryvardeen, Gilbertson, 1993; Hanlin, 2000; Gupta et al., 2013]. Дополнительно проводился осмотр хвойных насаждений в радиусе до 1 км от пробных площадей с целью выявления общего состава микобиоты хвойных пород.

Образцы плодовых тел гербаризировали в соответствии с методическими рекомендациями [Бондарцев, Зингер, 1950; Методы..., 1982; Исиков, Конопля, 2004; Ивойлов и др., 2017; Кураков, Кокаева, 2023; Ryvardeen, Gilbertson, 1993; Gupta et al., 2013].

С помощью специализированной литературы и справочников-определителей идентифицировали видовую принадлежность [Давыдкина, 1980; Бондарцева, Пармасто, 1986; Бондарцева, 1998; Ниемеля, 2001; Стороженко

и др., 2014; Переведенцева, 2015; Ryvarden, Gilbertson, 1993; Ellis, Ellis, 1997; Hanlin, 2000, 2001a, b; Niemelä, 2005, 2016], а также стадии развития базидиом и возраст для многолетних плодовых тел [Niemelä, 2005].

Исследования морфологического строения спор, мицелиарных нитей, интенсивности развития мицелия в древесине проводили методом прямого микроскопирования с применением оптического микроскопа Nikon E200 (объективы $4\times - 100\times$, окуляры $10\times, 15\times$) и бинокулярного стереоскопического МБС-9 (увеличение 3,33-100 крат.) [Исиков, Конопля, 2004; Ивойлов и др., 2017; Камзолкина, Богданова, 2017; Благовещенская, 2021; Некляев и др., 2023; Gupta et al., 2013].

Современное таксономическое положение видов приведено по базам данных Index Fungorum [2025], MycoBank Fungal databases [2025].

Результаты исследований и обсуждение. По результатам обследования насаждения тсуги канадской получены количественные характеристики основных биометрических показателей деревьев и проведена оценка категории их санитарного состояния (табл. 1).

Таблица 1

Показатели роста и категория санитарного состояния тсуги канадской в 73-летнем возрасте

Growth rates and condition category of Canadian hemlock at 73 years of age

Характеристики деревьев	Биометрические показатели		
	M $\pm$ m	S	V, %
Высота, м	19,8 $\pm$ 0,6	2,6	13
Диаметр, см	25,6 $\pm$ 0,75	8,1	31
Категория санитарного состояния	2,6 $\pm$ 0,21	0,9	35

Примечание: М – среднее арифметическое, m – ошибка среднего, S – среднеквадратическое отклонение, V – коэффициент вариации

Приведённые в табл. 1 данные свидетельствуют о сравнительно низком варьировании деревьев по высоте (коэффициент вариации – 13%), а также о существенно более высокой изменчивости по диаметру ствола (31%) и показателю категории санитарного состояния (35%). Такая картина характерна для сомкнутого насаждения и отражает процесс дифференциации деревьев в условиях конкурентного взаимодействия: при сходном линейном росте в высоту наблюдается значительная неоднородность по развитию стволов и жизненному состоянию особей.

Динамика жизненного состояния деревьев тсуги канадской за последние 15 лет представлена на рис. 2.

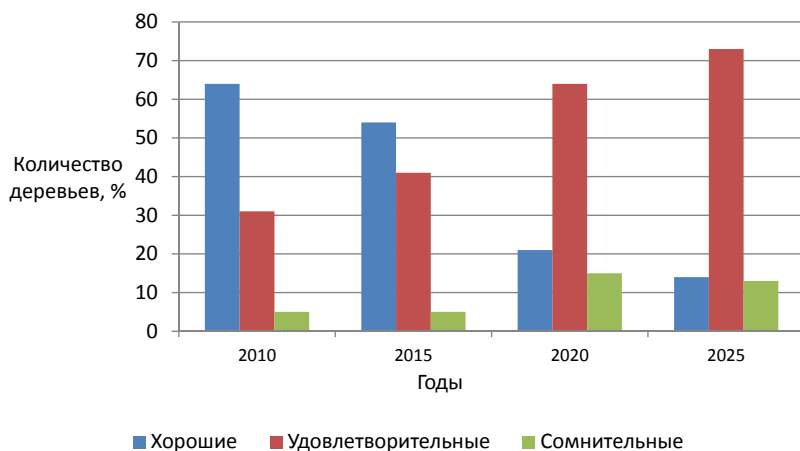


Рис. 2. Динамика изменения жизненного состояния деревьев тсуги канадской за 15-летний период наблюдений (2010-2025 гг.)

Fig. 2. Dynamics of changes in the vital condition of Canadian hemlock trees over a 15-year observation period (2010-2025)

Анализ динамики состояния деревьев в насаждении за 15-летний период демонстрирует существенную трансформацию структуры популяции: доля деревьев категории «хорошие» сократилась с 64 до 14%, тогда как удельный вес экземпляров категории «удовлетворительные» увеличился с 31 до 73%. Подобная тенденция свидетельствует об усилении конкурентных взаимодействий внутри насаждения. В условиях высокой сомкнутости происходит дифференциация особей: часть деревьев сохраняет относительно благополучное состояние, однако значительная доля популяции испытывает угнетение, что отражается в переходе в более низкую категорию жизненного состояния.

На рис. 3 представлена характеристика качества ствола и кроны.

Анализ состояния кроны показал, что 31% деревьев получили 0 баллов, 47% – 1 балл, а 22% – 2 балла. Таким образом, 78% деревьев демонстрируют отклонения в развитии кроны, что указывает на воздействие неблагоприятных факторов среды или неоптимальные условия культивирования.

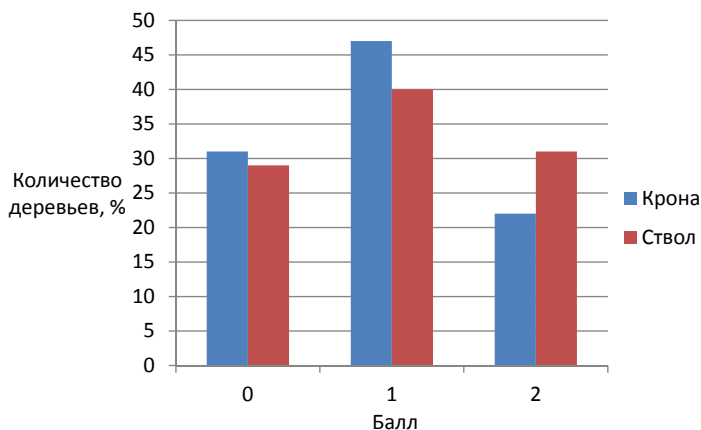


Рис. 3. Характеристика качества ствола и кроны деревьев тсуги канадской в насаждении (по состоянию на 2025 г.)

Fig. 3. Characteristics of the quality of the trunk and crown of Canadian hemlock trees in the stand (in 2025)

При оценке состояния стволов выявлено, что 29% деревьев получили 0 баллов, 40% – 1 балл, а 31% – 2 балла. Почти 70% имеют отклонения в состоянии ствола, вероятно, вызванные конкуренцией за свет, механическими повреждениями или воздействием патогенов.

Комплексный анализ свидетельствует о неоднородности состояния деревьев в насаждении. Преобладание экземпляров с низкими показателями подтверждает наличие стрессовых факторов, влияющих на рост, развитие и жизнеспособность тсуги канадской.

В 2025 г. выполнено углублённое обследование санитарного состояния деревьев тсуги канадской. Полученные данные визуализированы на рис. 4.

Анализ данных, представленных на рис. 4, показывает, что значительная часть популяции находится в удовлетворительном состоянии: 41% деревьев относятся к 1-й и 2-й категориям санитарного состояния. Вместе с тем в насаждении большое количество деревьев (46%) были 3-й категории санитарного состояния, т. е. имели явные признаки ослабления. С учётом текущей динамики можно прогнозировать, что значительная часть этих деревьев со временем перейдёт в 4-ю категорию, а в дальнейшем – в отпад. В целях поддержания устойчивости насаждения целесообразно провести селекционные рубки до наступления указанной стадии деградации.

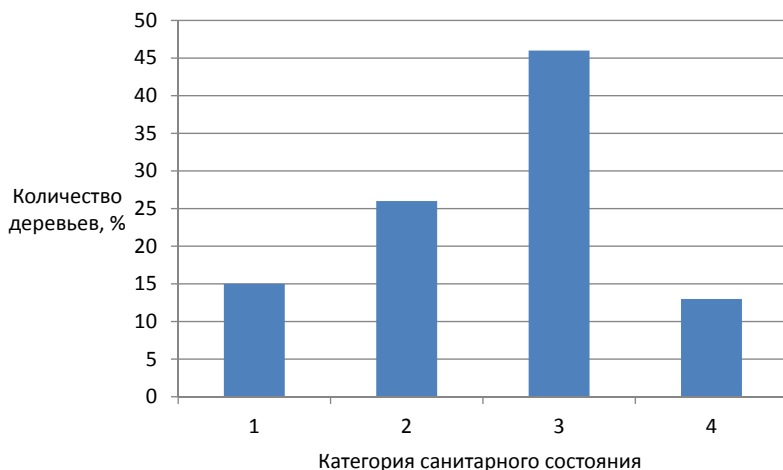


Рис. 4. Распределение деревьев по категориям санитарного состояния в 2025 г.

Fig. 4. Distribution of trees by sanitary condition categories in 2025

Существенную роль в деградации насаждения играют патогенные грибы. Установлено, что виды, повреждающие хвою, представлены преимущественно аскомицетами, тогда как основными возбудителями болезней древесины – ствола, ветвей и корней – являются базидиомицеты. Результаты исследований 2006-2018 гг. [Соколова и др., 2006; Мухина, Александрова, 2013; Мухина и др., 2013, 2014, 2015; Ткаченко и др., 2018] позволили сформировать исходный перечень видов ксилобионтного микомплекса. В ходе последующих наблюдений он был существенно дополнен (табл. 2): выявлено 27 новых видов дендробионтных грибов, среди них 4 вида сумчатых грибов родов *Gremmenia*, *Hypoxylon*, *Rhizina* и 23 вида базидиомицетов родов *Antrodia*, *Climacocystis*, *Coniophora*, *Fomitiporia*, *Ganoderma*, *Hapalopilus*, *Heterobasidion*, *Hypholoma*, *Ischnoderma*, *Leptoporus*, *Leucogyrophana*, *Mycena*, *Neoantrodia*, *Onnia*, *Phaeolus*, *Phellinus*, *Skeletocutis*, *Xerocomus*.

Анализ трофической специализации грибов выявил четыре рода аскомицетов (*Cytospora*, *Diaporthe*, *Hypoxylon*, *Thyronectria*), регулярно проявляющих высокую патогенную активность по отношению к хвойным растениям.

Таблица 2

**Состав дендробионтного микокомплекса тсуги канадской
за периоды 2006- 2018 и 2023-2025 гг.**

**The structure of the Canadian hemlock dendrobiont mycocomplex
for the periods 2006-2018 and 2023-2025**

Название	2006–2018	2023–2025
Ascomycota		
<i>Botrytis cinerea</i> Pers.	+	+
<i>Cytospora pinastri</i> Fr.	+	+
<i>Diaporthe decorticans</i> (Lév.) Sacc. & Roum.	+	–
<i>Gremmenia abietis</i> (Dearn.) Crous	–	+
<i>Herpotrichia pinetorum</i> (Fuckel) G. Winter	+	+
<i>Hypoxylon fragiforme</i> (Pers.) J.Kickx	–	+
<i>Hypoxylon fuscum</i> (Pers.) Fr.	–	+
<i>Lirula macrospora</i> (R. Hartig) Darker	+	+
<i>Rhizina undulata</i> Fr.	–	+
<i>Rhizosphaera pini</i> (Corda) Maubl.	+	+
<i>Thyronectria cucurbitula</i> (Tode) Jaklitsch & Voglmayr	+	+
<i>Tryblidiopsis pinastri</i> (Pers.) P. Karst.	+	+
Basidiomycota		
<i>Antrodia sinuosa</i> (Fr.) P. Karst.	–	+
<i>Armillaria mellea</i> (Vahl) P. Kumm.	+	+
<i>Chrysomyxa abietis</i> (Wallr.) Unger	+	+
<i>Chrysomyxa ledi</i> (Alb. & Schwein.) de Bary	+	+
<i>Climacocystis borealis</i> (Fr.) Kotl. & Pouzar	–	+
<i>Coniophora olivacea</i> (Fr.) P. Karst.	+	+
<i>Coniophora puteana</i> (Schumach.) P. Karst.	–	+
<i>Coprinellus disseminatus</i> (Pers.) J.E. Lange	+	+
<i>Coprinellus micaceus</i> (Bull.) Vilgalys, Hopple & Jacq. Johnson	+	+
<i>Cyanosporus caesius</i> (Schräd.) McGinty	+	+
<i>Exidia nigricans</i> (With.) P. Roberts	+	+
<i>Exidia saccharina</i> Fr.	+	+
<i>Fomitiporia punctata</i> (P. Karst.) Murrill	+	+
<i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.) P. Karst.	+	+
<i>Ganoderma applanatum</i> (Pers.) Pat.	–	+
<i>Hapalopilus nidulans</i> (Fr.) P. Karst.	–	+

Окончание табл. 3

Название	2006–2018	2023–2025
<i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref.	+	+
<i>Heterobasidion parviporum</i> Niemelä & Korhonen	–	+
<i>Hypholoma capnoides</i> (Fr.) P. Kumm.	+	+
<i>Hypholoma fasciculare</i> (Huds.) P. Kumm.	+	+
<i>Hypholoma lateritium</i> (Schaeff.) P. Kumm.	–	+
<i>Ischnoderma resinosum</i> (Fr.) Karst.	–	+
<i>Leptoporus mollis</i> (Pers.: Fr.) Pilat	–	+
<i>Leucogyrophana mollusca</i> (Fr.: Fr.) Pouzar	–	+
<i>Melampsora populnea</i> (Pers.) P. Karst.	+	+
<i>Melampsora salicina</i> (Pers. ex DC.) Lév.	+	+
<i>Mycena galericulata</i> (Scop.) Gray	–	+
<i>Mycena galopus</i> (Pers.) P. Kumm.	–	+
<i>Mycena haematopus</i> (Pers.) P. Kumm.	–	+
<i>Neonantrodia serialis</i> (Fr.) Audet	–	+
<i>Onnia tomentosa</i> (Fr.) P. Karst.	–	+
<i>Onnia triqueter</i> (Lenz) Imazeki	–	+
<i>Phaeolus schweinitzii</i> (Fr.) Pat.	–	+
<i>Phellinus chrysoloma</i> (Fr.) Donk	+	+
<i>Phellinus nigrolimitatus</i> (Romell) Bourdot & Galzin	–	+
<i>Phellinus viticola</i> (Schwein. in Fr.) Donk.	–	+
<i>Phlebia rufa</i> (Pers.) M.P. Christ.	+	+
<i>Pholiota adiposa</i> (Batsch) P. Kumm.	+	+
<i>Pholiota squarrosa</i> (Vahl) P. Kumm.	+	+
<i>Porodaedalea pini</i> (Brot.) Murrill	+	+
<i>Schizophyllum commune</i> Fr.	+	+
<i>Sirococcus conigenus</i> (Pers.) P. F. Cannon & Minter	+	+
<i>Skeletocutis amorpha</i> (Fr.: Fr.) Kotl. et Pouzar	–	+
<i>Skeletocutis brevispora</i> Niemela	–	+
<i>Skeletocutis odora</i> (Sacc.) Ginns	–	+
<i>Stereum sanguinolentum</i> (Alb. & Schwein.) Fr.	+	+
<i>Trichaptum abietinum</i> (Pers. ex J.F. Gmel.) Ryvardeen	+	+
<i>Xerocomus subtomentosus</i> (L.) Quél.	–	+

При этом базидиомицеты более широко представлены в стволовом и корневом микокомплексах, включая сапротрофные и патогенные виды, в том числе представителей следующих родов: *Antrodia*, *Climacocystis*, *Coniophora*, *Cyanosporus*, *Exidia*, *Fomitiporia*, *Fomitopsis*, *Hapalopilus*, *Ischnoderma*, *Leptoporus*, *Neoantrodia*, *Onnia*, *Phellinus*, *Phlebia*, *Porodaedalea*, *Schizophyllum*, *Skeletocutis*, *Stereum*, *Trichaptum*. Такая структура микобиоты свидетельствует о формировании устойчивого комплекса грибов, ассоциированного с древесиной хвойных пород.

Заключение. Проведённое исследование 73-летних посадок тсуги канадской в дендрарии ГБС РАН показывает, что сформировавшееся насаждение представляет собой уникальный для европейской части России опыт интродукции данного вида, прежде всего благодаря возрасту, размерам и стабильности существования интродукционной популяции. Достигнутые деревьями биометрические показатели (средняя высота 19,8 м и средний диаметр 25,6 см) подтверждают способность вида формировать высокорослые древостои в местных условиях. Хотя эти значения ниже максимальных показателей природного ареала, они находятся в пределах видовой нормы реакции и свидетельствуют об успешной адаптации интродуцента.

Отставание в росте могло быть обусловлено комплексом факторов: укороченным вегетационным периодом и более низкими среднегодовыми температурами в европейской части России, отличиями почвенных условий (реакция среды, гранулометрический состав, влагоёмкость), высокой плотностью посадки и конкуренцией с местными видами, а также воздействием вредителей и патогенов.

Оценка санитарного состояния насаждения показывает, что 41% деревьев относятся к 1-й и 2-й категориям, что говорит о сохранении значительной части популяции в удовлетворительном состоянии. При этом лишь 22% деревьев имеют нормально развитую крону, а 31% – нормально развитый ствол. Преобладание деревьев 3-й и 4-й категорий санитарного состояния связано с характерной для сомкнутых насаждений внутривидовой и межвидовой конкуренцией, приводящей к угнетению отдельных особей, замедлению их роста и снижению жизнеспособности.

Для улучшения состояния насаждения и стимулирования роста целесообразно провести целевое разреживание, что позволит снизить конкуренцию за свет, влагу и питательные вещества. При планировании рубок следует учитывать категорию санитарного состояния каждого дерева, его диаметр, степень изреженности кроны, а также наличие и характер дефектов ствола. Важен также регулярный мониторинг фитопатологического состояния, особенно в отношении грибных инфекций и инвазивных вредителей.

В перспективе для углублённой оценки адаптационного потенциала тсуги канадской в регионе целесообразно сопоставить динамику прироста с данными других интродукционных пунктов в схожих климатических зонах, изучить морфологию и микоризные ассоциации корневых систем, играющие ключевую роль в усвоении ресурсов, а также проанализировать многолетние ряды данных по приросту для выявления долгосрочных трендов.

73-летний опыт культивирования тсуги канадской в ГБС РАН наглядно демонстрирует принципиальную возможность её выращивания в европейской части России. Несмотря на некоторое отставание от природных аналогов по темпам роста, насаждение сохраняет жизнеспособность и представляет существенную ценность как объект научного изучения и декоративного озеленения. При проведении агротехнических и селекционных мероприятий можно ожидать повышения устойчивости и эстетической ценности интродуцированной популяции.

В результате проведённого исследования дендробионтного микокомплекса установлено, что в 2023-2025 гг. по сравнению с периодом 2006-2018 гг. количество видов ксилотрофных базидиомицетов, развивающихся на древесине и корнях тсуги канадской, увеличилось на 75%. Этот факт свидетельствует о глубокой интеграции насаждения в микобиом ГБС РАН: грибное сообщество становится более разнообразным и функционально зрелым.

Вместе с тем увеличение видового богатства ксилотрофов сопряжено с ростом риска поражения коллекции корневыми и стволовыми гнилями. Расширение спектра грибов-деструкторов, включая потенциально патогенные виды, усиливает инфекционную нагрузку на насаждение. Это требует регулярного мониторинга фитопатологического состояния деревьев, особенно в отношении агрессивных возбудителей гнилей, способных снижать жизнеспособность и декоративность коллекции.

Вклад авторов. Все авторы внесли равный вклад на всех этапах исследования.

Сведения о финансировании исследования. Работа выполнена в рамках государственного задания ГБС РАН по теме № 126020916823-0.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Благовещенская Е.Ю. Микологические исследования: Основы лабораторной техники. М.: ЛЕНАНД, 2021. 90 с.

Бондарцев А.С., Зингер Р.А. Руководство по сбору высших базидиальных грибов для научного их изучения // Труды Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 2. Спор. раст. 1950. Вып. 6. С. 499–572.

Бондарцева М.А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Вып. 2. СПб.: Наука, 1998. 391 с.

Бондарцева М.А., Пармасто Э.Х. Определитель грибов СССР: Порядок афиллофоровые. Вып. 1. Л.: Наука, 1986. 192 с.

Давыдкина Т.А. Стереумовые грибы Советского Союза. Л.: Наука, 1980. 143 с.

Древесные растения Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН. 60 лет интродукции. М.: Наука, 2005. 586 с.

Ивойлов А.В., Большаков С.Ю., Силаева Т.Б. Изучение видового разнообразия макромикетов. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2017. 160 с.

Исиков В.П., Конопля Н.И. Дендромикология. Луганск: Альма-Матер, 2004. 347 с.

Камзолкина О.В. Богданова А.Г. Методические пособие по микроскопии в исследованиях грибов и водорослей. М: КМК, 2017. 115 с.

Кураков А.В., Кокаева Л.Ю. Методы изучения разнообразия грибов в наземных и водных экосистемах. М.: Издательство Национальной академии микологии, 2023. 128 с.

Методы экспериментальной микологии. Киев: Наукова думка, 1982. 552 с.

Мухина Л.Н., Александрова М.С. Состояние коллекции растений рода *Picea* A. Dietrich, в ГБС РАН // Древесные растения: фундаментальные и прикладные исследования. Кострома, 2013. Вып. 2. С. 59-66.

Мухина Л.Н., Александрова М.С., Кашианова О.А. Комплексная оценка состояния растений рода *Abies* Mill. // Бюллетень Главного ботанического сада. 2013. Вып. 199, №2. С. 43-51.

Мухина Л.Н., Александрова М.С., Кашианова О.А., Серая Л.Г., Дымович А.В. Состояние растений родов *Picea*, *Abies* и *Larix* в коллекции Главного ботанического сада РАН // Информационный бюллетень Совета ботанических садов стран СНГ при Международной ассоциации Академий наук. 2014. Вып. 2 (25). С. 44–50.

Мухина Л.Н., Серая Л.Г., Кашианова О.А. Мониторинг энтомо-фитопатологического состояния древесных растений Главного ботанического сада РАН // Лесохозяйственная информация. 2015. №2. С. 57-64.

Некляев С.Э., Ларина Г.Е., Серая Л.Г. Особенности активного микогенного ксилолиза на сосне обыкновенной в зоне хвойно-широколиственных лесов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023. Вып. 244. С. 164–183. DOI: 10.21266/2079–4304.2023.244.164–183.

Ниемеля Т. Трутовые грибы Финляндии и прилегающих территорий России // *Norrlinia*. 2001. Т. 8. С. 1-120.

Переведенцева Л.Г. Определитель грибов (агарикоидные базидиомицеты). М.: КМК, 2015. 119 с.

Рысин С.Л., Плотникова Л.С., Немова Е.М., Гринаш М.Н. Мониторинг интродуцированных древесных растений на урбанизированных территориях // Мониторинг природного наследия: сб. ст. М., 2009. С. 132–168.

Соколова Э.С., Колганихина Г.Б., Галасьева Т.В., Стрепенюк Л.П., Семенова М.А. Видовой состав и распространение дендротрофных грибов в разных категориях зеленых насаждений Москвы // Лесной вестник. 2006. №2. С. 98-116.

Стороженко В.Г., Крутов В.И., Руоколайнен А.В., Коткова В.М., Бондарцева М.А. Атлас-определитель дереворазрушающих грибов Русской равнины. М.: КМК, 2014. 198 с.

Ткаченко О.Б., Келдыш М.А., Каишанова О.А., Мухина Л.Н., Серая Л.Г., Червякова О.Н., Трейвас Л.Ю., Козаржевская Э.Ф. Защита древесных растений от возбудителей болезней и вредителей. М.: РАН, 2018. 336 с.

Burns R.M., Honkala B.H. Silvics of North America. Vol. 1: Conifers. Washington, 1990. 683 p.

Ellis M.B., Ellis J.P. Microfungi on land plants. Richmond, England: The Richmond Publishing Co. Ltd., 1997. 892 p.

Farjon A. Pinaceae: drawings and descriptions of the genera *Abies*, *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Pseudotsuga*, *Larix* and *Picea*. Königstein: Koeltz Scientific Books, 1990. 330 p.

Gupta V.K., Tuohy M.G., Ayyachami M., Turner K.M., O'Donovan A. Laboratory Protocols in Fungal Biology Current Methods in Fungal Biology. London: Springer Science+Business Media LLC, 2013. 606 p. DOI: 10.1007/978-1-4614-2356-0

Hanlin R.T. Illustrated Genera of Ascomycetes. Vol. 1. St. Paul, Minnesota: APS PRESS, 2000. 262 p.

Hanlin R.T. Illustrated Genera of Ascomycetes. Vol. 2. St. Paul, Minnesota: APS PRESS, 2001a. 258 p.

Hanlin R.T. Combined keys to illustrated Genera of Ascomycetes Vol. 1 and Vol. 2. St. Paul, Minnesota: APS PRESS, 2001b. 114 p.

Havill N.P., Campbell C.S., Vining T.F., LePage B., Bayer R.J., Donoghue M.J. Phylogeny and Biogeography of *Tsuga* (Pinaceae) Inferred from Nuclear Ribosomal ITS and Chloroplast DNA Sequence Data // Systematic Botany. 2008. Vol. 33, no. 3. P. 478–489. DOI: 10.1600/036364408785679770.

Index Fungorum. URL: <https://www.indexfungorum.org/> (дата обращения: 10.10.2025).

LePage B.A. A new species of *Tsuga* (Pinaceae) from the middle Eocene of Axel Heiberg Island, Canada, and an assessment of the evolution and biogeographical history of the genus // Botanical Journal of the Linnean Society. 2003. Vol. 141, no. 3. P. 257–296. DOI: 10.1046/j.1095-8339.2003.00131.x.

Mycobank fungal databases. URL: <https://www.mycobank.org/> (дата обращения: 10.10.2025).

Niemelä T. Polypores, lignicolous fungi // Norrlinia. 2005. Vol. 13. P. 1–320.

Niemelä T. Suomen käävät – The polypores of Finland // Norrlinia. 2016. Vol. 31. P. 1–430.

Ryvarden L., Gilbertson R.L. European polypores. Part 1. *Abortiporus–Lindtneria* // Synopsis Fungorum. 1993. Vol. 6. P. 1–387.

References

- Blagoveshchenskaya E.Yu.* Mycological Research: Fundamentals of Laboratory Equipment. Moscow: LENAND, 2021. 90 p. (In Russ.)
- Bondartsev A.S., Zinger R.A.* Guide to Collecting Higher Basidiomycetes for Their Scientific Study. *Proceedings of the Botanical Institute of the USSR Academy of Sciences. Ser. 2. Spore Plants*, 1950, iss. 6, pp. 499–572. (In Russ.)
- Bondartseva M.A.* Key to Fungi of Russia. Order Aphyllophoraceae. Iss. 2. St. Petersburg: Nauka, 1998. 391 p. (In Russ.)
- Bondartseva M.A., Parmasto E.Kh.* Key to Fungi of the USSR: Order Aphyllophoraceae. Iss. 1. Leningrad: Nauka, 1986. 192 p. (In Russ.)
- Burns R.M., Honkala B.H.* Silvics of North America. Vol. 1: Conifers. Washington, 1990. 683 p.
- Davydkina T.A.* Stereum fungi of the Soviet Union. Leningrad: Nauka, 1980. 143 p. (In Russ.)
- Ellis M.B., Ellis J.P.* Microfungi on land plants. Richmond, England: The Richmond Publishing Co. Ltd., 1997. 892 p.
- Farjon A.* Pinaceae: drawings and descriptions of the genera *Abies*, *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Pseudotsuga*, *Larix* and *Picea*. Königstein: Koeltz Scientific Books, 1990. 330 p.
- Gupta V.K., Tuohy M.G., Ayyachami M., Turner K.M., O'Donovan A.* Laboratory Protocols in Fungal Biology Current Methods in Fungal Biology. London: Springer Science+Business Media LLC, 2013. 606 p. DOI: 10.1007/978-1-4614-2356-0
- Hanlin R.T.* Illustrated Genera of Ascomycetes. Vol. 1. St. Paul, Minnesota: APS PRESS, 2000. 262 p.
- Hanlin R.T.* Illustrated Genera of Ascomycetes. Vol. 2. St. Paul, Minnesota: APS PRESS, 2001a. 258 p.
- Hanlin R.T.* Combined keys to illustrated Genera of Ascomycetes Vol. 1 and Vol. 2. St. Paul, Minnesota: APS PRESS, 2001b. 114 p.
- Havill N.P., Campbell C.S., Vining T.F., LePage B., Bayer R.J., Donoghue M.J.* Phylogeny and Biogeography of *Tsuga* (Pinaceae) Inferred from Nuclear Ribosomal ITS and Chloroplast DNA Sequence Data. *Systematic Botany*, 2008, vol. 33, no. 3, pp. 478–489. DOI: 10.1600/036364408785679770.
- Index Fungorum. URL: <https://www.indexfungorum.org/> (accessed October 10, 2025).
- Isikov V.P., Konoplya N.I.* Dendromycology. Lugansk: Alma-Mater, 2004. 347 p. (In Russ.)
- Ivoylov A.V., Bolshakov S.Yu., Silaeva T.B.* Study of the species diversity of macromycetes. Saransk: Publishing House of the Mordoviya University, 2017. 160 p. (In Russ.)
- Kamzolkina O.V., Bogdanova A.G.* Methodological manual on microscopy in the study of fungi and algae. Moscow: KMK, 2017. 115 p. (In Russ.)

Kurakov A.V., Kokaeva L.Yu. Methods for studying the diversity of fungi in terrestrial and aquatic ecosystems. Moscow: Publishing House of the National Academy of Mycology, 2023. 128 p. (In Russ.)

LePage B.A. A new species of *Tsuga* (Pinaceae) from the middle Eocene of Axel Heiberg Island, Canada, and an assessment of the evolution and biogeographical history of the genus. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2003, vol. 141, no. 3, pp. 257–296. DOI: 10.1046/j.1095-8339.2003.00131.x.

Methods of experimental mycology. Kyiv: Naukova Dumka, 1982. 552 p. (In Russ.)

Mukhina L.N., Aleksandrova M.S. State of the plant collection of the genus *Picea* A. Dietrich in the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences. *Woody plants: fundamental and applied research*. Kostroma, 2013, iss. 2, pp. 59–66. (In Russ.)

Mukhina L.N., Aleksandrova M.S., Kashtanova O.A. Comprehensive assessment of the state of plants of the genus *Abies* Mill. *Bulletin of the Main Botanical Garden*, 2013, iss. 199, no. 2, pp. 43–51. (In Russ.)

Mukhina L.N., Aleksandrova M.S., Kashtanova O.A., Seraya L.G., Dymovich A.V. The state of plants of the genera *Picea*, *Abies* and *Larix* in the collection of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences. *Information Bulletin of the Council of Botanical Gardens of the CIS Countries under the International Association of Academies of Sciences*, 2014, iss. 2 (25), pp. 44–50. (In Russ.)

Mukhina L.N., Seraya L.G., Kashtanova O.A. Monitoring of the entomophytopathological state of woody plants of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences. *Forestry information*, 2015, no. 2, pp. 57–64 (In Russ.)

Mycobank fungal databases. URL: <https://www.mycobank.org/> (accessed October 10, 2025).

Neklyayev S.E., Larina G.E., Seraya L.G. Features of active mycogenic xylolysis on Scots pine in the zone of coniferous-broadleaf forests. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2023, iss. 244, pp. 164–183. DOI: 10.21266/2079–4304.2023.244.164–183. (In Russ.)

Niemelä T. Polypore fungi of Finland and adjacent territories of Russia. *Norrinia*, 2001, vol. 8, pp. 1–120. (In Russ.)

Niemelä T. Polypores, lignicolous fungi. *Norrinia*, 2005, vol. 13, pp. 1–320.

Niemelä T. Suomen käävät – The polypores of Finland. *Norrinia*, 2016, vol. 31, pp. 1–430.

Perevedentseva L.G. Key to fungi (agaricoid basidiomycetes). M.: KMK, 2015. 119 p. (In Russ.)

Rysin S.L., Plotnikova L.S., Nemova E.M., Grinash M.N. Monitoring Introduced Woody Plants in Urbanized Areas. *Monitoring of Natural Heritage: collection of art*. Moscow, 2009, pp. 132–168. (In Russ.)

Ryvarden L., Gilbertson R.L. European polypores. Part 1. *Abortiporus–Lindtneria*. *Synopsis Fungorum*, 1993, vol. 6, pp. 1–387.

Sokolova E.S., Kolganikhina G.B., Galasyeva T.V., Strepenyuk L.P., Semenova M.A. Species composition and distribution of dendrotrophic fungi in different categories of green spaces of Moscow. *Lesnoy Vestnik*, 2006, no. 2, pp. 98-116. (In Russ.)

Storozhenko V.G., Krutov V.I., Ruokolainen A.V., Kotkova V.M., Bondartseva M.A. Atlas and identification guide to wood-destroying fungi of the Russian Plain. Moscow: KMK, 2014. 198 p. (In Russ.)

Tkachenko O.B., Keldysh M.A., Kashtanova O.A., Mukhina L.N., Seraya L.G., Chervyakova O.N., Treyvas L.Yu., Kozarzhevskaya E.F. Protection of woody plants from pathogens and pests. Moscow: RAS, 2018. 336 p. (In Russ.)

Woody plants of the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences. 60 years of introduction. Moscow: Nauka, 2005. 586 p. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 26.01.2026

Брынцев В.А., Коженкова А.А., Некляев С.Э., Рысин С.Л. Состояние уникального насаждения тсуги канадской и его микобиоты в дендрарии ГБС РАН // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2026. Вып. 259. С. 125–143. DOI: 10.21266/2079-4304.2026.259.125-143

В статье представлены результаты комплексного исследования уникального 73-летнего насаждения тсуги канадской (*Tsuga canadensis*) в дендрарии ГБС РАН. Исследование включало оценку биометрических показателей, жизненного состояния деревьев и анализ микобиоты насаждения. Установлено, что деревья достигли средних показателей: высота – 19,8 м, диаметр – 25,6 см, что подтверждает способность вида формировать высокорослые древостои в условиях центра Европейской России. При этом 41% деревьев относится к 1-й и 2-й категориям санитарного состояния, однако лишь 22% имеют нормально развитую крону, а 31% – нормально развитый ствол. Исследование микобиоты выявило формирование специфического комплекса грибов, включающего как патогенные, так и сапротрофные виды. За период наблюдений 2023-2025 гг. по сравнению с периодом 2006-2018 гг. количество видов дендробиотных грибов, развивающихся на древесине и корнях тсуги канадской, увеличилось на 75%. Это свидетельствует о глубокой интеграции насаждения в местный микобиом: грибное сообщество становится более разнообразным и функционально зрелым. Предполагается, что ухудшение состояния насаждения обусловлено высокой плотностью посадки, конкуренцией с местными видами и воздействием грибных патогенов. Обоснована необходимость проведения разреживания для улучшения условий роста и повышения жизнеспособности растений. Исследование демонстрирует возможность успешного культивирования тсуги канадской в условиях центра Европейской России и имеет важное значение для развития интродукции редких древесных пород, а также для понимания процессов формирования микобиоты в искусственных насаждениях.

Ключевые слова: тсуга канадская (*Tsuga canadensis*), ГБС РАН, интродукция, дендрарий, микобиота, фитопатология, санитарное состояние, грибы, базидиомицеты, аскомицеты.

Bryntsev V.A., Kozhenkova A.A., Nekliaev S.E., Rysin S.L. The state of the unique stand of Canadian hemlock and its mycobiota in the arboretum of the MBG RAS. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2026, iss. 259, pp. 125–143 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2026.259.125-143

This article presents the results of a comprehensive study of a unique 73-year-old stand of Canadian hemlock (*Tsuga canadensis*) in the arboretum of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences. The study included an assessment of biometric indicators, tree vitality, and mycobiota. It was established that the trees have reached average heights: 19.8 m and a diameter of 25.6 cm, confirming the species' ability to form tall stands in the conditions of Central European Russia. While 41% of the trees belong to categories 1 and 2 of health status, only 22% have a normally developed crown, and 31% have a normally developed trunk. Mycobiota analysis revealed the formation of a specific fungal complex, including both pathogenic and saprotrophic species. Over the observation period of 2023-2025, compared with the period 2006-2018, the number of dendrobiont fungi developing on the wood and roots of Canadian hemlock increased by 75%. This demonstrates the deep integration of the stand into the local mycobiome: the fungal community is becoming more diverse and functionally mature. It was assumed that the deterioration of the stand is due to high planting density, competition with native species, and the impact of fungal pathogens. The need for thinning to improve growing conditions and increase plant viability is substantiated. This study demonstrates the feasibility of successfully cultivating Canadian hemlock in the conditions of Central European Russia and has important implications for the introduction of rare tree species, as well as for understanding the processes of mycobiota formation in artificial stands.

Key words: Canadian hemlock (*Tsuga canadensis*), Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, introduction, arboretum, mycobiota, phytopathology, sanitary condition, fungi, basidiomycetes, ascomycetes.

БРЫНЦЕВ Владимир Альбертович – главный научный сотрудник Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН, доктор сельскохозяйственных наук, доцент. SPIN-код: 7075-2696. ORCID: 0000-0002-6271-1444.

127276, ул. Ботаническая, д. 4, г. Москва, Россия. E-mail: bryntsev@mail.ru

BRYNTSEV Vladimir A. – DSc (Agricultural), Chief Researcher, N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the RAS, Associate Professor. SPIN-code: 7075-2696. ORCID: 0000-0002-6271-1444.

127276. Botanicheskaya str. 4. Moscow. Russia. E-mail: bryntsev@mail.ru

КОЖЕНКОВА Анна Альбертовна – научный сотрудник Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент. SPIN-код: 3103-8525. ORCID: 0000-0001-6267-5386.

127276, ул. Ботаническая, д. 4, г. Москва, Россия. E-mail: kozhenkova_anna@mail.ru

KOZHENKOVA Anna A. – PhD (Agricultural), Researcher, N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the RAS, Associate Professor. SPIN-code: 3103-8525. ORCID: 0000-0001-6267-5386.

127276. Botanicheskaya str. 4. Moscow. Russia. E-mail: kozhenkova_anna@mail.ru

НЕКЛЯЕВ Святослав Эдуардович – старший научный сотрудник Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН, кандидат сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 1940-6377. ORCID: 0000-0002-4050-3564.

127276, ул. Ботаническая, д. 4., г. Москва, Россия. E-mail: slava9167748107@yandex.ru

NEKLIAEV Svyatoslav E. – PhD (Agricultural), Senior Researcher, N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the RAS. SPIN-code: 1940-6377. ORCID: 0000-0002-4050-3564.

127276. Botanicheskaya str. 4. Moscow. Russia. E-mail: slava9167748107@yandex.ru

РЫСИН Сергей Львович – ведущий научный сотрудник Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН, кандидат биологических наук, доцент. SPIN-код: 8528-0744. ORCID: 0009-0000-6635-3114.

127276, ул. Ботаническая, д. 4, г. Москва, Россия. E-mail: ser-rysin@yandex.ru

RYSIN Sergey L. – PhD (Biological), Leading Researcher, N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the RAS, Associate Professor. SPIN-code: 8528-0744. ORCID: 0009-0000-6635-3114.

127276. Botanicheskaya str. 4. Moscow. Russia. E-mail: ser-rysin@yandex.ru