Лесохозяйственная информация. 2026. № 2. С. 104–115
Forestry Information. 2026. № 2. P. 104–115

Научная статья
УДК 630.4+632.4
EDN MKRPPM
DOI 10.24419/LHI.2304-083.2026.2.10

Влияние состава микокомплекса лесных культур сосны при патологических сукцессионных изменениях

Святослав Эдуардович Некляев[1]
кандидат сельскохозяйственных наук
ORCID: 0000-0002-4050-3564, SPIN-код: 1940-6377, ResearcherID: rid135539

Юрий Иванович Гниненко[2]
кандидат биологических наук
ORCID:0000-0002-2815-3362, SPIN-код: 2542-8212, AuthorID: 495783

Сергей Львович Рысин[3]
кандидат биологических наук
ORCID : 0009-0000-6635-3114, SPIN-код: 8528-0744

Олег Борисович Ткаченко[4]
доктор биологических наук
ORCID: 0000-0003-4271-0273, ResearcherID: J-6925-2018

Аннотация. *В статье представлены результаты исследований смены состава микокомплекса в лесных культурах сосны обыкновенной при патологических сукцессионных изменениях, а также оценка вклада аско- и базидиомицетов в формирование инфекционного фона в насаждениях хвойно-широколиственных лесов Московской и Рязанской областей. В процессе исследований, проведённых в 2023–2025 гг., установлено, что аскомицеты вносят доминирующий вклад в формирование инфекционного фона лесных культур сосны. При этом корневые патогенные базидиомицеты дополнительно усиливают инфекционную нагрузку за счёт сохранения в междурядьях пней от вырубленного насаждения. Аскомицеты, способные колонизировать хвою, кору и ствол, выступают в роли пионерных организмов при усыхании деревьев. Они занимают промежуточную экологическую нишу – между аскомицетами-биотрофами, поражающими хвою, и базидиальными ксилотрофами, разлагающими древесину стволов и ветвей. Ксилотрофные и сапротрофные базидиомицеты широко представлены в патогенном микокомплексе лесных культур. Эти группы грибов обеспечивают быструю биодеградацию погибших растений, что влияет на динамику инфекционного фона. Проведённое исследование показало, что поддержание приемлемого уровня инфекционной нагрузки в лесных культурах напрямую зависит от соблюдения фитосанитарных условий. Для снижения рисков важно своевременно удалять ослабленные и погибающие деревья, а также ускорять разложение пней на лесокультурной площади.*

Ключевые слова: *дендробионтные грибы, микокомплекс, сосна обыкновенная, инфекционный фон, аскомицеты, базидиомицеты.*

Для цитирования: *Некляев С.Э., Гниненко Ю.И., Рысин С.Л., Ткаченко О.Б. Влияние состава микокомплекса лесных культур сосны при патологических сукцессионных изменениях. – Текст: электронный // Лесохозяйственная информация. 2026. № 2. С. 104–115. DOI 10.24419/LHI.2304-083.2026.2.10. https://elibrary.ru/mkrppm.*

[1] Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, заведующий лабораторией лесной фитопатологии и защиты древесины (Пушкино, Московская область, Российская Федерация); Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии (р.п. Большие Вяземы, Московская область, Российская Федерация), заведующий лабораторией диагностики вредных организмов; Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, старший научный сотрудник лаборатории дендрологии (Москва, Российская Федерация), slava9167748107@yandex.ru

[2] Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, заведующий лабораторией защиты леса от инвазивных и карантинных организмов (Пушкино, Московская область, Российская Федерация), gninenko-yuri@mail.ru

[3] Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, заведующий лабораторией дендрологии, ведущий научный сотрудник (Москва, Российская Федерация), ser-rysin@yandex.ru

[4] Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, главный научный сотрудник (Москва, Российская Федерация), ol-bor-tkach@yandex.ru

Original article

EDN MKRPPM
DOI 10.24419/LHI.2304-083.2026.2.10

Influence of the Composition of the Mycocomplex of Pine Forest Crops during Pathological Succession Changes

Svyatoslav E. Neklyaev[1]
Candidate of Agricultural Sciences
ORCID: 0000-0002-4050-3564, SPIN-code: 1940-6377, ResearcherID: rid135539

Yuriy I. Gninenko[2]
Candidate of Biological Sciences
ORCID:0000-0002-2815-3362, SPIN-код: 2542-8212, AuthorID: 495783

Sergei L. Rysin[3]
Candidate of Biological Sciences
ORCID: 0009-0000-6635-3114, SPIN-code: 8528-0744

Oleg B. Tkachenko[4]
Doctor of Biological Sciences
ORCID: 0000-0003-4271-0273, ResearcherID: J-6925-2018

Abstract. *The article presents the results of studies on the change in the composition of the mycocomplex in forest crops of Scots pine with pathological successional changes, as well as an assessment of the contribution of asco- and basidiomycetes to the formation of the infectious diseases risk in plantations of coniferous and broadleaf forests of the Moscow and Ryazan regions (2023–2025). According to the results of the work, it was found that ascomycetes make a dominant contribution to the formation of the infectious diseases risk of pine forest crops. At the same time, root pathogenic basidiomycetes additionally increase the infectious load due to the preservation of stumps from the previous planting in the aisles. Ascomycetes, capable of colonizing needles, bark, and trunk, act as pioneer organisms when trees shrink. They occupy an intermediate ecological niche between ascomycetes, biotrophs that infect needles, and basidial xylotrophs that decompose the wood of trunks and branches. Xylotrophic and saprotrophic basidiomycetes are widely represented in the pathogenic mycocomplex of forest crops. These groups of fungi provide rapid biodegradation of dead plants, which affects the dynamics of the infectious diseases risk. The conducted research has shown that maintaining an acceptable level of infection load in forest crops directly depends on compliance with phytosanitary conditions. To reduce risks, it is important to remove weakened and dying trees in a timely manner, as well as accelerate the biodegradation of stumps in the forested area.*

Key words: *dendrobiont fungi, mycocomplex, Scots pine, infectious diseases risk, Ascomycota, Basidiomycota*

For citation: *Neklyaev S., Gninenko Yu., Rysin S., Tkachenko O. Influence of the Composition of the Mycocomplex of Pine Forest Crops during Pathological Succession Changes. – Text : electronic // Forestry Information. 2026. № 2. P. 104–115. DOI 10.24419/LHI.2304-083.2026.2.10. https://elibrary.ru/mkrppm.*

[1] All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Head of the Laboratory for the Forest Phytopathology and Timber Protection (Pushkino, Moscow region, Russian Federation); All-Russian Scientific Research Institute for Phytopathology, Head of the Laboratory of the Diagnosis of Harmful Organisms (Bolshye Vyazemy, Moscow region, Russian Federation); Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Senior Researcher at the Dendrology Laboratory (Moscow, Russian Federation); slava9167748107@yandex.ru

[2] All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Head of the Laboratory for Forest Protection from Invasive and Quarantine Organisms (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), gninenko-yuri@mail.ru

[3] Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory for Dendrology, Leading Researcher (Moscow, Russian Federation), ser-rysin@yandex.ru

[4] Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher (Moscow, Russian Federation), ol-bor-tkach@yandex.ru

Введение

Вопросы взаимодействия деревообитающих грибных сообществ в процессе освоения субстрата в лесных культурах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) остаются малоизученными. Известно, что созданные лесные культуры испытывают стресс первые 10 лет. Если в этот период не наблюдаются патогенные аномалии, то впоследствии влияние стрессовых факторов на развитие деревьев постепенно снижается [1].

Длительное время исследователи выделяли лишь ограниченный набор заболеваний, оказывающих влияние на развитие лесных культур сосны. При этом в большинстве работ не учитывался полный спектр видов, входящих в микокомплекс насаждений [2].

В условиях современных климатических трансформаций особую опасность начинают представлять малоизученные факультативные сапротрофы. Эти организмы активно развиваются в загущенных культурах – преимущественно на ослабленных и погибших деревьях, – формируя таким образом резерваты инфекции и повышая общий инфекционный фон насаждения [3]. При колонизации древесных субстратов популяции грибов разделяются на множество мелких групп, что приводит к пространственной изоляции отдельных колоний друг от друга [4]. Такая фрагментация может влиять на характер межвидовых взаимодействий и динамику распространения патогенов.

Для многих видов деревообитающих грибов характерна трофическая пластичность и широкий диапазон экологической выносливости. Эти свойства обеспечивают им высокие адаптационные возможности и способствуют активному распространению в лесных экосистемах, в том числе в условиях антропогенно трансформированных насаждений [5].

Цель исследования – комплексное изучение изменений видового состава микокомплекса лесных культур сосны обыкновенной в ходе патологических сукцессионных процессов и оценка вклада аскомицетов (Ascomycota) и базидиомицетов (Basidiomycota) в формирование инфекционного фона лесных насаждений.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2023–2025 гг. в районе хвойно-широколиственных лесов Московской и Рязанской областей. Работы выполняли на 48 пробных площадях, где обследовали в общей сложности 480 модельных деревьев в лесных культурах от 3 до 35 лет.

На каждой пробной площади осуществляли визуальное обследование не менее 100 деревьев по непровешенной ходовой линии. По его результатам отбирали 10 модельных деревьев с явными признаками заражения патогенами для детального анализа [6, 7].

В ходе изучения модельного дерева проводили осмотр трёх участков ствола: штамба, средней части и вершины. Дополнительно обследовали по три ветви первого порядка, расположенные в верхней, средней и нижней частях кроны. С модельных деревьев собирали плодовые тела грибов, прикреплённые к субстрату, фрагменты коры, пробы древесины ствола, образцы хвои и корней с признаками заражения. Для детального изучения корневой системы осуществляли частичную раскопку и отбирали образцы с видимыми патологическими изменениями [8, 9].

Собранные образцы грибов гербаризировали в соответствии с утверждёнными методическими рекомендациями [9–11]. При этом фиксировали морфологические характеристики плодовых тел и сохраняли типовые участки поражённых тканей для последующего микологического анализа. Каждый образец маркировали с указанием места и даты отбора, номера пробной площади и модельного дерева.

Границы энзимного взаимодействия определяли путём анализа образцов по годичным кольцам с применением метода «влажной камеры». Для этого отбирали образцы поперечного сечения ствола в зоне активного плодоношения [12, 13].

Исследования морфологического строения спор, мицелиальных нитей и интенсивности развития мицелия в древесине осуществляли методом прямого микроскопирования. Для анализа применяли оптический микроскоп Nikon E200 (объективы 4×–100×, окуляры 10× и 15×) и бинокулярный стереоскопический микроскоп МБС-9 с диапазоном увеличения 3,33–100 крат [14, 15].

При идентификации образцов использовали специализированную научную литературу и справочники-определители. В процессе исследования устанавливали видовую принадлежность грибов [16–29], фиксировали стадии их развития, а для многолетних плодовых тел дополнительно определяли возраст [30].

Современное таксономическое положение исследуемых видов установлено на основе актуальных международных баз данных Index Fungorum и MycoBank (по состоянию на 2026 г.).

Оценка инфекционного фона проводилась с применением балльной системы [31–35]:

1 балл – поселение гриба занимает не более 15% площади и не приводит к гибели дерева;

2 балла – поселение вызывает отмирание 30–50% хвои и/или формирует устойчивое поселение на стволе и корнях, что может способствовать усыханию дерева в течение трёх–пяти лет;

3 балла – гриб вызывает массовое поражение хвои (50% и более) и/или занимает 50% и более объёма древесины в стволе и корнях, что приводит к гибели дерева в течение одного-трех лет.

Для систематизации информации и анализа массива данных применяли программные средства MS Office и Statistica.

Результаты и обсуждение

В ходе исследований был составлен полный перечень видов микокомплекса лесных культур сосны. В районе исследований он включает 37 видов аскомицетных и 49 видов базидиомицетных дендробионтных грибов. В частности, отмечено регулярное присутствие в культурах грибов-микоризообразователей, среди которых выявлены: *Amanita muscaria* (L.) Lam., *A. phalloides* (Vaill. ex Fr.) Link, *Russula fragilis* Pers., *Suillus granulatus* (L.) Roussel. Наличие этих видов свидетельствует о благополучном симбиотическом питании растений.

Отдельную группу составляют гумификаторы поздних стадий биодеградации древесины стволов – представители родов *Hypholoma* и *Mycena*. При дальнейшем анализе данные группы не включали в оценку инфекционного фона, поскольку их трофическое поведение в обоих случаях не наносит существенного вреда лесным культурам (табл. 1).

В проведённых нами ранее исследованиях было установлено, что поселение грибов возможно только в условиях абиотического ослабления питания либо при наличии механических или термических повреждений растений [36, 37]. Микокомплекс ослабленных деревьев охватывает 31 вид; при этом распределение между аскомицетами и базидиомицетами почти паритетное. Данные показывают, что на этом этапе аскомицеты предпочитают фотосинтезирующие (9 видов) и вегетативные (5 видов) органы растения, тогда как базидиомицеты приурочены к древесине (9 видов) и корням (6 видов).

По мере усыхания деревьев базидиомицеты (13 видов) начинают превалировать над аскомицетами (3 вида), окончательно вытесняя их из микокомплекса на стадии древесного отпада. Эти процессы свидетельствуют о способности аскомицетов преодолевать как механическую, так и индуцированную защиту деревьев, что определяет их особое место в патологическом процессе (рис. 1).

В ходе исследования было выявлено, что поселение как аскомицетов, так и базидиомицетов происходит на одном и том же субстрате. Послойное изучение образцов показало последовательность занятия субстрата по окружности стволов и ветвей – в отличие от хвои.

Из-за особенностей строения хвои аскомицеты преимущественно поселяются на ней, формируя микроколонии. На стволах и ветвях базидиальные грибы демонстрируют успешное сосуществование в неконкурентной среде, осваивая прежде всего те участки субстрата, где

Таблица 1. **Состав патокомплекса лесных культур сосны в районе исследования**

Таксономический отдел	Грибы
Ascomycota	*Alternaria* sp., *Botrytis cinerea* Pers., *Cenangium ferruginosum* Fr., *Ceratocystis pilifera* (Fr.) C. Moreau, *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link, *Crumenula pinicola* (Rebent.) P. Karst., *Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter, *Cyclaneusma niveum* (Pers.) DiCosmo, Peredo & Minter, *Cytospora pinastri* Fr., *Dasyscyphus pini* (Brunch.) G.G. Hahn & Ayers, *Diaporthe eres* Nitschke, *Diplodia sapinea* (Fr.) Fuckel, *Discosia* sp., *Dothistroma septosporum* (Dorog.) M. Morelet, *Fusarium* sp., *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) M. Morelet, *Herpotrichia nigra* R. Hartig, *Lachnellula pini* (Brunch.) Dennis, *Leptostroma pinastri* Desm., *Lirula macrospora* (R. Hartig) Darker, *Lophodermella sulcigena* (Rostr.) Höhn., *Lophodermium conigenum* (Brunaud) Hilit., *Lophodermium macrosporum* (R. Hartig) Rehm, *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chevall., *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley & Millar, *Macrodiaporthe occulta* (Fuckel) Petr., *Phacidium infestans* P. Karst., *Phoma* sp., *Phomopsis occulta* Traverso, *Phomopsis velata* (Sacc.) Traverso, *Sarea difformis* (Fr.) Kuntze, *Sarea resinae* (Fr.) Kuntze, *Sclerophoma pithyophila* (Corda) Höhn., *Sphaeronaema piliferum* (Fr.) Sacc., *Stomiopeltis pinastri* (Fuckel) Arx, *Sydowia polyspora* (Bref. & Tavel) E. Müll., *Truncatella hartigii* (Tubeuf) Steyaert
Basidiomycota	*Amanita muscaria* (L.) Lam., *A. phalloides* (Vaill. ex Fr.) Link, *Antrodiella serpula* (P. Karst.) Spirin & Vlasák, *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm., *A. ostoyae* (Romagn.) Herink, *Coleosporium senecionis* (Schumach.) Rabenh., *Coniophora arida* (Fr.) P. Karst., *Coniophora olivacea* (Fr.) P. Karst., *C. puteana* (Schumach.) P. Karst., *Coprinellus disseminatus* (Pers.) J.E. Lange, *C. micaceus* (Bull.) Vilg., Hop. & Jacq. John., *Coriolellus flavescens* (Bres.) Murrill, *Cronartium pini* (Willd.) Jørst., *C. ribicola* J.C. Fisch., *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst., *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat., *G. lipsiense* (Batsch) G.F. Atk., *Gloeophyllum sepiarium* (Wulfen) P. Karst., *Hapalopilus croceus* (Pers.) Bond. & Singer, *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., *Hypholoma capnoides* (Fr.) P. Kumm., *H. fasciculare* (Huds.) P. Kumm., *H. lateritium* (Schaeff.) P. Kumm., *Incrustoporia biguttulata* (Romell) Zmitr., *Ischnoderma benzoinum* (Wahlenb.) P. Karst., *I. resinosum* (Schrad.) P. Karst., *Melampsora pinitorqua* Rostr., *Mycena galericulata* (Scop.) Gray, *M. haematopus* (Pers.) P. Kumm., *Neoantrodia serialis* (Fr.) Audet, *Oligoporus persicinus* Niemelä & Y.C. Dai, *Onnia triquetra* (Pers.) Imazeki, *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat., *Phlebia centrifuga* P. Karst., *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich, *Porodaedalea pini* (Brot.) Murrill, *Postia luteocaesia* (A. David) Jülich, *Rigidoporus crocatus* (Pat.) Ryvarden, *Russula fragilis* Pers., *Serpula lacrymans* (Wulfen) J. Schröt., *Skeletocutis amorpha* (Fr.) Kotl. & Pouzar, *S. brevispora* Niemelä, *Stereum abietinum* (Pers.) Fr., *S. sanguinolentum* (Alb. & Schwein.) Fr., *Suillus granulatus* (L.) Roussel, *Trichaptum fuscoviolaceum* (Ehrenb.) Ryvarden, *Tricholoma* sp., *Veluticeps abietina* (Pers.) Hjortstam & Tellería

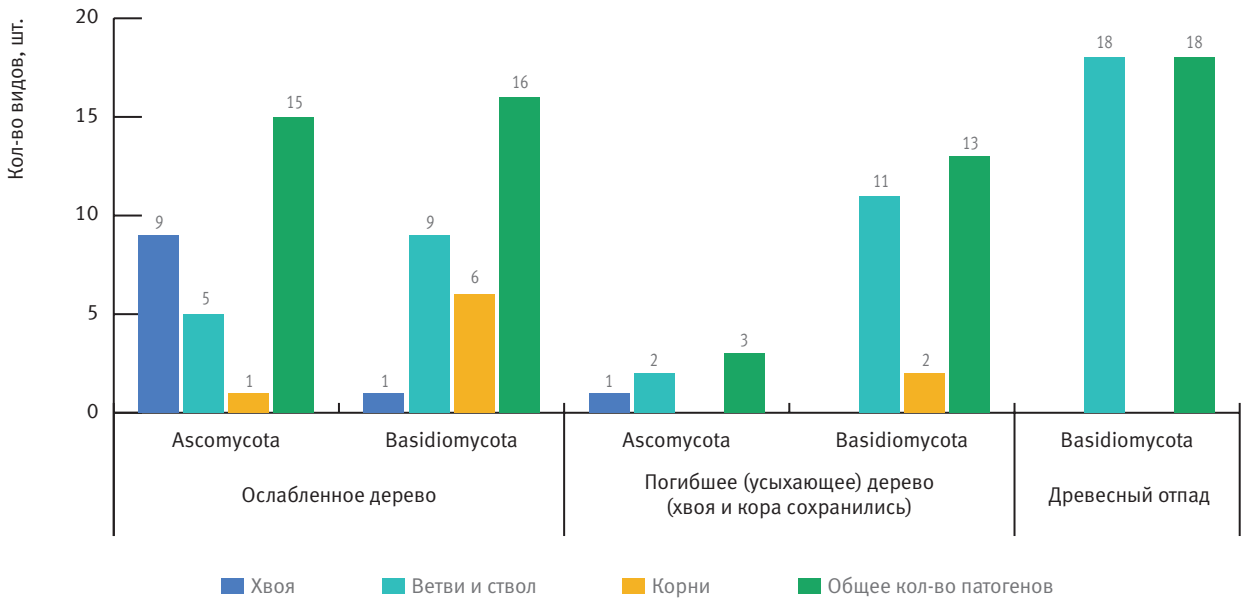

Рис. 1. **Распределение видового разнообразия грибных патогенов по поражаемым органам сосны в лесных культурах**

защитные реакции растения ослаблены или практически отсутствуют.

Грибы *C. ferruginosum*, *D. sapinea*, *G. abietina* способны развиваться как на хвое, так и на коре и в древесине ослабленных деревьев, что делает их особенно опасными для лесных культур. Анализ трофической активности показывает, что аскомицеты, формирующие мицелий на стволах и ветвях, выступают пионерными поселенцами при усыхании деревьев. Они занимают промежуточную нишу между аскомицетами-биотрофами хвои и базидиальными ксилотрофами стволов и ветвей.

При этом аскомицеты, колонизирующие хвою (например, представители родов *Lophodermium*, *Cladosporium* и др.), формируют короткие циклы потребления субстрата. После споруляции они либо отмирают, либо повторяют цикл, используя промежуточных растений-хозяев. Морфологические особенности повреждаемых органов ограничивают видовое разнообразие грибов на них, но не сдерживают рост численности организмов внутри микроколоний одного вида.

На стволах и ветвях число выявленных видов грибов в среднем составило 4,6, однако при этом базидиальные микромицеты и аскомицеты были представлены микроколониями организмов, в то время как базидиальные ксилотрофы – едиными крупными организмами. На корнях ослабленных деревьев обнаружены как аскомицеты родов *Fusarium* и *Phoma*, так и базидиомицеты родов *Armillaria*, *Ganoderma*, *Heterobasidion*, *Phaeolus*. Выявление последних, вероятно, связано с наличием в междурядьях пней вырубленного насаждения, что не снижает уровня их опасности для лесных культур.

На этапе усыхания аскомицеты представлены уже видами, предпочитающими сапротрофный тип питания, в то время как базидиомицеты – ксилотрофными видами. Вместе с этим аскомицеты, развивавшиеся на ветвях, коре и стволах ослабленных деревьев, продолжают свою жизнедеятельность, сосуществуя на субстрате вместе с ксилотрофными базидиомицетами. Таким образом, на усыхающих и погибших деревьях формируется сложное грибное сообщество с высоким запасом патогенов. На стадии древесного отпада приоритет переходит к сапротрофным базидиомицетам, которые достаточно быстро перерабатывают субстрат (табл. 2).

Таблица 2. Последовательность поселения грибов на лесных культурах сосны (по приуроченности к органам растений)

Состояние растения	Хвоя	Ветви и ствол	Корни
Ослабленое дерево	Ascomycota		
	Cladosporium herbarum, Cyclaneusma minus, Diplodia sapinea, Dothistroma septosporum, Gremmeniella abietina, Fusarium sp., *Herpotrichia nigra, Lophodermium pinastri, Lophodermium seditiosum, Phacidium infestans, Cenangium ferruginosum, Lophodermella sulcigena, Botrytis cinerea, Lirula macrospora, Lophodermium macrosporum, Phoma* sp.	*Botrytis cinerea, Cenangium ferruginosum, Ceratocystis pilifera, Crumenula pinicola, Cytospora pinastri, Diplodia sapinea, Dothistroma septosporum, Gremmeniella abietina, Fusarium* sp., *Herpotrichia nigra, Lachnellula pini, Phoma* sp.	*Fusarium* sp., *Phoma* sp.
	Basidiomycota		
	Melampsora pinitorqua	*Armillaria mellea, Armillaria ostoyae, Cronartium pini, Cronartium ribicola, Heterobasidion annosum, Ganoderma applanatum, Ganoderma lipsiense, Melampsora pinitorqua*	*Armillaria mellea, Armillaria ostoyae, Ganoderma applanatum, Ganoderma lipsiense, Heterobasidion annosum, Phaeolus schweinitzii*

Окончание табл. 2

Состояние растения	Хвоя	Ветви и ствол	Корни
Погибшее (усыхающее) дерево (хвоя и кора сохранились)	Ascomycota		
	Alternaria sp., *Cyclaneusma niveum*, *Discosia* sp., *Leptostroma pinastri*, *Lophodermium conigenum*, *Sclerophoma pithyophila*, *Stomiopeltis pinastri*, *Sydowia polyspora*, *Truncatella hartigii*	*Alternaria* sp., *Dasyscyphus pini*, *Phomopsis occulta*, *Phomopsis velata*, *Sarea difformis*, *Sarea resinae*, *Sphaeronaema piliferum*	*Alternaria* sp.
	Basidiomycota		
	–	*Coleosporium senecionis*, *Fomitopsis pinicola*, *Gloeophyllum sepiarium*, *Hapalopilus croceus*, *Onnia triquetra*, *Phlebiopsis gigantea*, *Porodaedalea pini*, *Serpula lacrymans*, *Stereum abietinum*, *Stereum sanguinolentum*, *Trichaptum fuscoviolaceum*	*Hapalopilus croceus*, *Onnia triquetra*
Древесный отпад	Basidiomycota		
	–	*Antrodiella serpula*, *Coniophora arida*, *Coniophora olivacea*, *Coniophora puteana*, *Coprinellus disseminates*, *Coprinellus micaceus*, *Coriolellus flavescens*, *Incrustoporia biguttulata*, *Ischnoderma benzoinum*, *Ischnoderma resinosum*, *Neoantrodia serialis*, *Oligoporus persicinus*, *Phlebia centrifuga*, *Postia luteocaesia*, *Rigidoporus crocatus*, *Skeletocutis amorpha*, *Skeletocutis brevispora*, *Veluticeps abietina*	–

Изучение роли грибов в микокомплексе сосновых культур выявило, что деревья наиболее уязвимы к инфекциям на стадии ослабления. В этот период от растения требуется широкая горизонтальная устойчивость, поскольку аскомицеты обеспечивают равномерно высокий уровень инфекционного фона для органов дерева (1,8–1,9 балла). Дополнительную угрозу заражения лесных культур создают корневые патогенные базидиомицеты (2,1 балла) и стволовые патогены (1,5 балла). Деревья, не обладающие широкой горизонтальной устойчивостью, после отмирания создают невысокий инфекционный фон – 1,1 балла. Это обусловлено поселением сапротрофных грибов, которые сменяют патогены на поздних стадиях разложения (рис. 2).

Заключение

По результатам проведённого исследования установлено, что аскомицеты играют ведущую роль в формировании инфекционного фона лесных культур сосны, обеспечивая его стабильно высокий уровень. Значительное дополнительное повышение инфекционной нагрузки обусловлено присутствием корневых патогенных базидиомицетов. Эти грибы сохраняются в междурядьях на пнях вырубленного насаждения и служат постоянным источником заражения, поддерживая высокий инфекционный фон в насаждении.

Определено, что аскомицеты, способные колонизировать различные органы сосны (хвою, кору, ствол), играют ключевую роль пионерных поселенцев на этапе усыхания деревьев. Эти

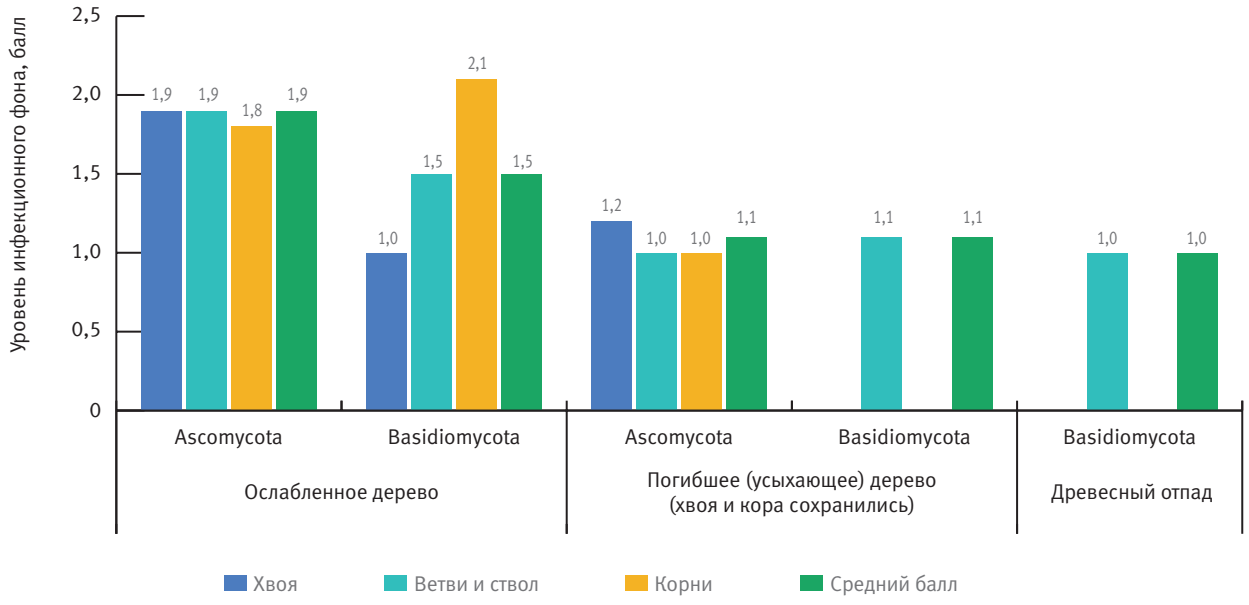

Рис. 2. **Распределение вклада аскомицетов и базидиомицетов в инфекционный фон лесных культур сосны по заражаемым органам**

грибы занимают промежуточную экологическую нишу в структуре патокомплекса: с одной стороны, они сменяют ранние аскомицеты-биотрофы, специализирующиеся на поражении хвои, а с другой – предшествуют развитию базидиальных ксилотрофов, активно осваивающих древесину стволов и ветвей в ходе дальнейшего разложения.

Ксилотрофные (дереворазрушающие) и сапротрофные базидиомицеты имеют широкую представленность в микокомплексе лесных культур. Эти грибы обеспечивают эффективную биодеградацию отмерших растительных тканей, ускоряя процессы минерализации органического вещества в экосистеме. Впервые для региона исследования получены количественные и качественные данные о роли базидиомицетов в структуре микокомплекса молодых лесных культур до 35 лет, что позволяет уточнить механизмы сукцессии грибных сообществ на ранних стадиях развития насаждения.

Проведённое исследование демонстрирует, что поддержание оптимального уровня инфекционного фона в лесных культурах тесно связано с соблюдением фитосанитарных условий насаждения. Своевременное удаление погибающих деревьев позволяет минимизировать распространение патогенов, а ускоренная биодеградация пней на лесокультурной площади предотвращает формирование долговременных резервуаров инфекции. Реализация этих мер существенно снижает риск массового заражения молодых культур и способствует устойчивому развитию лесных насаждений.

Работа выполнена по теме НИР Государственного задания ВНИИЛМ на 2025–2028 гг. «№ 1-325 болезни хвои», а также частично по теме ГЗ ГБС РАН № 126020916823-0

Список источников

1. Приживаемость лесных культур, созданных стандартным и укрупненным посадочным материалом, в боровых и судубравных условиях степной зоны. – Текст : электронный / Н.Е. Проказин, С.А. Родин, Т.Я. Турчин [и др.] // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 4. – С. 41–52. – DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.4.04. Режим доступа: lhi.vniilm.ru.

2. Современные экологически ориентированные технологии применения средств защиты растений и удобрений в лесных питомниках / М.О. Романенко, В.А. Ярмолович, И.М. Митюшев, В.В. Носников. – Гомель : Гомельская праўда, 2021 – 98 с.

3. Некляев, С.Э. Особенности биологии и экологии *Cenangium ferruginosum* Fr. в зоне хвойно-широколиственных лесов. – Текст : электронный / С.Э. Некляев, Ю.И. Гниненко, С.Л. Рысин // Лесохозяйственная информация. – 2026. – № 1.– С. 92–104. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2026.1.09. Режим доступа: lhi.vniilm.ru.

4. Boddy, L. Fungal ecology: principles and mechanisms of colonization and competition by saprotrophic fungi / L. Boddy, J. Hiscox // Microbiol Spectrum. – 2016. – Vol. 4(6). – P. 116. – doi:10.1128/microbiolspec.FUNK-0019-2016.

5. Zabel, R.A. Wood Microbiology. Decay and Its Prevention / R.A. Zabel, J.J. Morrell, S. Robinson. – London : Academical Press, 2020. – 556 p.

6. Мозолевская, Е.Г. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса / Е.Г. Мозолевская, О.А. Катаев, Э.С. Соколова. – Москва : Лесная промышленность, 1984. – 152 с.

7. Методы мониторинга вредителей и болезней леса / под ред. В.К. Тузова. – Москва : ВНИИЛМ, 2004. – 200 с.

8. Gupta, V.K. Laboratory Protocols in Fungal Biology Current Methods in Fungal Biology / V.K. Gupta, M.G. Tuohy. – London : Springer Science+Business Media, LLC, 2013. – 606 p.

9. Кураков, А.В. Методы изучения разнообразия грибов в наземных и водных экосистемах / А.В. Кураков, Л.Ю. Кокаева. – Москва : изд-во Национальной академии микологии, 2023. – 128 с.

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

11. Ивойлов, А.В. Изучение видового разнообразия макромицетов / А.В. Ивойлов, С.Ю. Большаков, Т.Б. Силаева. – Саранск : изд-во Мордовского университета, 2017. – 160 с.

12. Decomposer basidiomycetes: their biology and ecology / ed. J.C. Frankland, J.N. Hedger, M.J. Swift. – Cambridge : Cambridge University Press,1982. – 356 p.

13. Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems/ M.E. Harmon, N.H. Anderson J.F. Franklin, S.P. Cline, F.J. Swanson, N.G. Aumen, P. Sollins, J.R. Sedell, S.V. Gregory, G.W. Lienkaemper, J.D. Lattin, K. Cromack, Jr.K.W. Cummins // Advances in Ecological Research. – 1986. – Vol. 15 – P. 135–302.

14. Камзолкина, О.В. Методические пособие по микроскопии в исследованиях грибов и водорослей / О.В. Камзолкина, А.Г. Богданова. – Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2017. – 115 с.

15. Благовещенская, Е.Ю. Микологические исследования: Основы лабораторной техники / Е.Ю. Благовещенская. – Москва : ЛЕНАНД, 2021. – 90 с.

16. Domsch, K. Pilze aus Agrarboden / K. Domsch, W. Gams. – Jena : Gustav Fischer Verlag, 1970. – 222 p.

17. Давыдкина, Т.А. Стереумовые грибы Советского Союза / Т.А. Давыдкина. – Ленинград : Наука, 1980. – 143 с.

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

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

20. Бондарцева, М.А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые / М.А. Бондарцева. – Вып. 2. – Санкт-Петербург : Наука, 1998. – 391 с.

21. Barnett, H.L. Illustrated Genera Imperfect Fungi / H.L. Barnett, B.B. Hunter. – New-York : Macmillan Publishing Co., 1998. – 234 p.

22. Hanlin, R.T. Illustrated Genera of Ascomycetes / R.T. Hanlin. – Vol. 2. – St. Paul, Minnesota : APS PRESS, 2000. – 258 p.

23. Hanlin, R.T. Illustrated Genera of Ascomycetes / R.T. Hanlin. – Vol. 1. – St. Paul, Minnesota : APS PRESS, 2001. – 262 p.

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

25. Жуков, А.М. Научно-методическое пособие по диагностике грибных болезней лесных деревьев и кустарников / А.М. Жуков, П.В. Гордиенко. – Москва : ВНИИЛМ, 2003. – 123 с.

26. Niemelä, T. Polypores, lignicolous fungi / T. Niemelä // Norrlinia. – 2005. – Vol. 13. – 320 p.

27. Змитрович, И.В. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые / И.В. Змитрович. – Вып. 3. – Москва, Санкт-Петербург : Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 278 с.

28. Переведенцева, Л.Г. Определитель грибов (агарикоидные базидиомицеты) / Л.Г. Переведенцева. – Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2015. – 119 с.

29. Niemelä, T. Suomen käävät – The polypores of Finland / T. Niemelä // Norrlinia. – 2016. – Vol. 31. – 430 p.

30. Stokland, J.N. Biodiversity in dead wood / J.N. Stokland, J. Siitonen, B.G. Jonsson. – Cambridge : Cambridge University Press, 2012. – 509 p.

31. Plant pathology / ed. J.G. Horsfall, A.E. Dimond. – Vol. 1. – New-York : Academical press, 1959. – 674 p.

32. Boddy, L. Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes / L. Boddy J. Frankland, P. Van West. – Oxford : Elsevier, 2007. – 386 p.

33. Diagnosis of invasive fungal infections: challenges and recent developments / W. Fang, J. Wu, M. Cheng, X. Zhu, M. Du, C. Chen, W. Liao, K. Zhi, W. Pan // Journal of Biomedical Science. – 2023. – Vol. 30:42. – P. 1–3. DOI: 10.1186/s12929-023-00926-2.

34. Quantitative Assessment of Fungal Biomarkers in Clinical Samples via an Interface-Modulated Optical Fiber / P. Chen, H. Wu, Y. Zhao, L. Zhong, Y. Zhang, X. Zhan, A. Xiao, Y. Huang, H. Zhang, B.-O. Guan // Biosensor Adv. Mater. – 2024. – Vol. 36, 2312985. – P. 1–15. DOI: 10.1002/adma.202312985.

35. Quantitative Analysis of Fungal Contamination of Different Herbal Medicines in China / G. Wang, M. Jiao, J. Hu, Y. Xun, L. Chen, J. Qiu, F. Ji, Y.-W. Lee, J. Shi, J. Xu // Toxins. – 2024. – Vol. 16, 229. – P. 1–14. DOI: 10.3390/toxins16050229.

36. Некляев, С.Э. Сукцессионные изменения афиллофоровых макромицетов на разных этапах ксилолиза хвойных пород / С.Э. Некляев, Г.Е. Ларина, Л.Г. Серая // Аграрная наука. – 2024. – № 387(10). – С. 145–153. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-145-153.

37. Некляев, С.Э. Состав трофических ассоциаций грибов при сукцессионных трансформациях фитоценозов. – Текст : электронный / С.Э. Некляев, Л.Г. Серая, Г.Е. Ларина // Лесохозяйственная информация. – 2025. – № 1. – С. 16–24. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.1.02. Режим доступа: lhi.vniilm.ru.

References

1. Prizhivaemost' lesnyh kul'tur, sozdannyh standartnym i ukrupnennym posadochnym materialom, v borovyh i sudubravnyh usloviyah stepnoj zony. – Tekst : elektronnyj / N.E. Prokazin, S.A. Rodin, T.Ya. Turchin [i dr.] // Lesohozyajstvennaya informaciya. – 2023. – № 4. – S. 41–52. – DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.4.04. Rezhim dostupa: lhi.vniilm.ru.

2. Sovremennye ekologicheski orientirovannye tekhnologii primeneniya sredstv zashchity rastenij i udobrenij v lesnyh pitomnikah / M.O. Romanenko, V.A. Yarmolovich, I.M. Mityushev, V.V. Nosnikov. – Gomel' : Gomel'skaya praŷda, 2021 – 98 s.

3. Neklyaev, S.E. Osobennosti biologii i ekologii Cenangium ferruginosum Fr. v zone hvojno-shirokolistvennyh lesov. – Tekst : elektronnyj / S.E. Neklyaev, Yu.I. Gninenko, S.L. Rysin // Lesohozyajstvennaya informaciya. – 2026. – № 1.– S. 92–104. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2026.1.09. Rezhim dostupa: lhi.vniilm.ru.

4. Boddy, L. Fungal ecology: principles and mechanisms of colonization and competition by saprotrophic fungi / L. Boddy, J. Hiscox // Microbiol Spectrum. – 2016. – Vol. 4(6). – P. 116. – doi:10.1128/microbiolspec. FUNK-0019-2016.

5. Zabel, R.A. Wood Microbiology. Decay and Its Prevention / R.A. Zabel, J.J. Morrell, S. Robinson. – London : Academical Press, 2020. – 556 p.

6. Mozolevskaya, E.G. Metody lesopatologicheskogo obsledovaniya ochagov stvolovyh vreditelej i boleznej lesa / E.G. Mozolevskaya, O.A. Kataev, E.S. Sokolova. – Moskva : Lesnaya promyshlennost', 1984. – 152 s.

7. Metody monitoringa vreditelej i boleznej lesa / pod red. V.K. Tuzova. – Moskva : VNIILM, 2004. – 200 s.

8. Gupta, V.K. Laboratory Protocols in Fungal Biology Current Methods in Fungal Biology / V.K. Gupta, M.G. Tuohy. – London : Springer Science+Business Media, LLC, 2013. – 606 p.

9. Kurakov, A.V. Metody izucheniya raznoobraziya gribov v nazemnyh i vodnyh ekosistemah / A.V. Kurakov, L.Yu. Kokaeva. – Moskva : izd-vo Nacional'noj akademii mikologii, 2023. – 128 s.

10. Isikov, V.P. Dendromikologiya / V.P. Isikov, N.I. Konoplya. – Lugansk : Al'ma-Mater, 2004. – 347 s.

11. Ivojlov, A.V. Izuchenie vidovogo raznoobraziya makromicetov / A.V. Ivojlov, S.Yu. Bol'shakov, T.B. Silaeva. – Saransk : izd-vo Mordovskogo universiteta, 2017. – 160 s.

12. Decomposer basidiomycetes: their biology and ecology / ed. J.C. Frankland, J.N. Hedger, M.J. Swift. – Cambridge : Cambridge University Press, 1982. – 356 p.

13. Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems/ M.E. Harmon, N.H. Anderson J.F. Franklin, S.P. Cline, F.J.Swanson, N.G. Aumen, P. Sollins, J.R. Sedell, S.V. Gregory, G.W. Lienkaemper, J.D. Lattin, K.Cromack, Jr.K.W. Cummins // Advances in Ecological Research. – 1986. – Vol. 15 – P. 135–302.

14. Kamzolkina, O.V. Metodicheskie posobie po mikroskopii v issledovaniyah gribov i vodoroslej / O.V. Kamzolkina, A.G. Bogdanova. – Moskva : Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK, 2017. – 115 s.

15. Blagoveshchenskaya, E.Yu. Mikologicheskie issledovaniya: Osnovy laboratornoj tekhniki / E.Yu. Blagoveshchenskaya. – Moskva : LENAND, 2021. – 90 s.

16. Domsch, K. Pilze aus Agrarboden / K. Domsch, W. Gams. – Jena : Gustav Fischer Verlag, 1970. – 222 p.

17. Davydkina, T.A. Stereumovye griby Sovetskogo Soyuza / T.A. Davydkina. – Leningrad : Nauka, 1980. – 143 s.

18. Bondarceva, M.A. Opredelitel' gribov SSSR: Poryadok afilloforovye / M.A. Bondarceva, E.H. Parmasto. – Vyp. 1. – Leningrad : Nauka, 1986. – 192 s.

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

20. Bondarceva, M.A. Opredelitel' gribov Rossii. Poryadok afilloforovye / M.A. Bondarceva. – Vyp. 2. – Sankt-Peterburg : Nauka, 1998. – 391 s.

21. Barnett, H.L. Illustrated Genera Imperfect Fungi / H.L. Barnett, V.V. Hunter. – New-York : Macmillan Publishing Co., 1998. – 234 p.

22. Hanlin, R.T. Illustrated Genera of Ascomycetes / R.T. Hanlin. – Vol. 2. – St. Paul, Minnesota : APS PRESS, 2000. – 258 p.

23. Hanlin, R.T. Illustrated Genera of Ascomycetes / R.T. Hanlin. – Vol. 1. – St. Paul, Minnesota : APS PRESS, 2001. – 262 p.

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

25. Zhukov, A.M. Nauchno-metodicheskoe posobie po diagnostike gribnyh boleznej lesnyh derev'ev i kustarnikov / A.M. Zhukov, P.V. Gordienko. – Moskva : VNIILM, 2003. – 123 s.

26. Niemelä, T. Polypores, lignicolous fungi / T. Niemelä // Norrlinia. – 2005. – Vol. 13. – 320 r.

27. Zmitrovich, I.V. Opredelitel' gribov Rossii. Poryadok afilloforovye / I.V. Zmitrovich. – Vyp. 3. – Moskva, Sankt-Peterburg : Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK, 2008. – 278 s.

28. Perevedenceva, L.G. Opredelitel' gribov (agarikoidnye bazidiomicety) / L.G. Perevedenceva. – Moskva : Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK, 2015. – 119 s.

29. Niemelä, T. Suomen käävät – The polypores of Finland / T. Niemelä // Norrlinia. – 2016. – Vol. 31. – 430 r.

30. Stokland, J.N. Biodiversity in dead wood / J.N. Stokland, J. Siitonen, B.G. Jonsson. – Cambridge : Cambridge University Press, 2012. – 509 p.

31. Plant pathology / ed. J.G. Horsfall, A.E. Dimond. – Vol. 1. – New-York : Academical press, 1959. – 674 r.

32. Boddy, L. Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes / L. Boddy J. Frankland, P. Van West. – Oxford : Elsevier, 2007. – 386 p.

33. Diagnosis of invasive fungal infections: challenges and recent developments / W. Fang, J. Wu, M. Cheng, X. Zhu, M. Du, C. Chen, W. Liao, K. Zhi, W. Pan // Journal of Biomedical Science. – 2023. – Vol. 30:42. – P. 1–3. DOI: 10.1186/s12929-023-00926-2.

34. Quantitative Assessment of Fungal Biomarkers in Clinical Samples via an Interface-Modulated Optical Fiber / P. Chen, H. Wu, Y. Zhao, L. Zhong, Y. Zhang, X. Zhan, A. Xiao, Y. Huang, H. Zhang, B.-O. Guan // Biosensor Adv. Mater. – 2024. – Vol. 36, 2312985. – P. 1–15. DOI: 10.1002/adma.202312985.

35. Quantitative Analysis of Fungal Contamination of Different Herbal Medicines in China / G. Wang, M. Jiao, J. Hu, Y. Xun, L. Chen, J. Qiu, F. Ji, Y.-W. Lee, J. Shi, J. Xu // Toxins. – 2024. – Vol. 16, 229. – P. 1–14. DOI: 10.3390/toxins16050229.

36. Neklyaev, S.E. Sukcessionnye izmeneniya afilloforovyh makromicetov na raznyh etapah ksiloliza hvojnyh porod / S.E. Neklyaev, G.E. Larina, L.G. Seraya // Agrarnaya nauka. – 2024. – № 387(10). – S.145–153. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-145-153.

37. Neklyaev, S.E. Sostav troficheskih associacij gribov pri sukcessionnyh transformaciyah fitocenozov. – Tekst : elektronnyj / S.E. Neklyaev, L.G. Seraya, G.E. Larina // Lesohozyajstvennaya informaciya. – 2025. – № 1. – S. 16–24. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.1.02. Rezhim dostupa: lhi.vniilm.ru.