

С.Э. Некляев, Г.Е. Ларина

**ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ
КОМПЛЕКСА САПРОКСИЛЬНЫХ НАСЕКОМЫХ
В ПРОЦЕССЕ МИКОГЕННОГО КСИЛОЛИЗА
ВАЛЕЖНОЙ ДРЕВЕСИНЫ И ПОЛЕННИЦ ИЗ ЕЛИ И СОСНЫ**

Введение. Разложение древесины, оставшейся на местах санитарно-оздоровительных мероприятий, в значительной степени связано с деятельностью ксилотрофных макромицетов и беспозвоночных [Skelton et al., 2019; Lunde et al., 2023; Rodrigues et al., 2023]. Участие сапроксильных насекомых в ксилолизе – это симбиотическое переваривание древесины при участии эндогенных ферментов; физическое (механическое) изменение субстрата (прокладка личиночных ходов и фрагментация); стимулирование фиксации азота через биотическое взаимодействие с эндосимбиотическими и свободноживущими бактериями [Vega, Blackwell, 2005; Filipiak, 2018; Ulyshen, 2018; Skelton et al., 2019; Rodrigues et al., 2023]. Вклад беспозвоночных в разложение древесины достигает 10–20% от всех потерь древесины [Vega, Blackwell, 2005; Ulyshen, 2018].

Механическое разрушение или дробление древесины является неотъемлемой частью начального этапа ксилолиза. В результате происходит увеличение площади субстрата, который в дальнейшем подвергается гидротермическим процессам преобразования и осваивается ксилотрофными грибами [Stokland et al., 2012; Filipiak, 2018]. По мере разложения древесный детрит все больше перерабатывается и разлагается микроорганизмами, что в конечном итоге приводит к образованию гумуса [Jacobsen et al., 2017; Seibold et al., 2019]. Среди насекомых в данном процессе существенен вклад представителей четырех отрядов: жесткокрылые (Anobiidae, Bostrichidae, Brentidae, Buprestidae, Cerambycidae, Lymexylidae, Zopheridae), двукрылые (Pantophthalmidae, Tipulidae рода *Stenophora*), чешуекрылые (Cossidae, Hepialidae, Sesiidae), перепончатокрылые (Siricidae, Xiphydriidae) [Денисова, Никитин, 2018; Ulyshen, 2018; Lunde et al., 2023].

Цель работы – изучение влияния комплекса сапроксильных насекомых на ускорение процесса микогенного разложения, в частности, при уборке неликвидной древесины ели и сосны.

Материал и методы исследования. С 2015 по 2024 гг. провели комплексные исследования в условиях Московской области на большом объеме данных: 127 пробных площадей в местах уборки неликвидной древесины (УНД) – 1270 поленьев, а также на 167 модельных деревьях ели европейской (*Picea abies* (L.) Н. Karst.) и 165 модельных деревьях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Погодные условия периода наблюдений (апрель–октябрь) были благоприятны для разрушения валежной древесины. Температура изменялась в диапазоне +12,2 – +15,6 °С (среднегодовья 12,4±0,21 °С), сумма осадков за месяц – 41–96 мм (среднегодовья 60,5±4,17 мм). По температуре средний максимум +15,6 °С отмечен в 2024 г., по осадкам – 96,7 мм в 2020 г.

Для изучения воздействия на древесину сапроксильных насекомых отобрали 3980 образцов древесины с личиночными ходами сапроксильных насекомых. Для определения состава комплекса феллобионтов и флоибонтов по личиночным ходам взято 1180 палеток, также собрано 2654 личинок и 1825 имаго сапроксильных насекомых. В ходе исследования интенсивности разрушения древесины макромицетами и моделирования процессов разложения изучили 1491 образец древесины. Из образцов древесины микологическими методами выделяли «чистый» грибной мицелий, который идентифицировали на основании комплекса культуральных и морфологических признаков. Собрано 1179 базидиом наиболее часто встречающихся ксилотрофных базидиомицетов, из которых отобрали споры для идентификации грибов методом отпечатка спор [Ивойлов и др., 2017; Благовещенская, 2021; Ryvarden, Gilbertson, 1993; Boddy et al., 2007; Gupta, Tuohy, 2013; Edible ..., 2017], а также провели определение по морфологическому строению мицелия и базидиом [Давыдкина, 1980; Бондарцева, Пармасто, 1986; Бондарцева, 1998; Змитрович, 2008; Стороженко и др., 2014; Красущий, 2021; Ryvarden, Gilbertson, 1993, 1994; Niemelä, 2016]. Образцы базидиом ксилотрофных грибов и мицелированной древесины гербаризировали во Всероссийском научно-исследовательском институте фитопатологии (ВНИИФ) в соответствии с методическими рекомендациями [Ивойлов и др., 2017; Ryvarden, Gilbertson, 1993; Gupta, Tuohy, 2013]. Одновременно на учетных площадках закладывали модельные деревья, которые имели слом ствола в комлевой части под воздействием ураганных ветров, а по возрасту и толщине ствола соответствовали среднему диаметру и возрасту насаждений согласно данным таксационных описаний лесоустройства 2015 и 2020 гг. [Усольцев и др., 2021]. На участках, где была проведена уборка неликвидной древесины (УНД), отбирали по 10 поленьев с диаметром поленьев, равным или близким к среднему диаметру подлежащей рубке древесины хвойных пород [Методы..., 2004]. Стадийность разрушения древесины определяли в соответствии со шкалой стадий ксилолиза [Шорохова, Капица, 2017; Некляев и др., 2024; Boddy et al.,

2007; Zabel et al., 2020]. На модельных деревьях и поленницах проводили измерение диаметра ствола и определение влажности древесины с помощью гигрометра с выносными зондами влажности и температуры, модель СЕМ DT-129, КНР [Boddy et al., 2007].

Видовую принадлежность ходов и видовую принадлежность насекомых устанавливали по специализированным справочникам [Ижевский и др., 2005; Никитский, Ижевский, 2005; Ehnström, Axelsson, 2002], а также по обширным коллекционным материалам кафедры ЛТ-2 «Лесоводство, экология и защита леса» МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана и коллекции Энтомологического музея им. М.Н. Римского-Корсакова Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. Экспериментальные исследования влияния ксилотрофных базидиомицетов на интенсивность разрушения древесины, моделирование процессов разложения и выведение базидиом проводили *in vitro* методом «чистых культур» [Благовещенская, 2021; Gupta, Tuohy, 2013; Edible ..., 2017] на базе отдела патологии декоративных и садовых культур ВНИИФ.

Оценку особенностей проникновения в древесину и влияния уровня перфорации ствола изучали по сети ходов на модельных сегментах (длина 1 м, 3, 6, 12, 18 и 24 м), взятых от комля и выше. По экспериментальным данным рассчитывали индекс состояния древесины (по ГОСТ 1861–82), видовое разнообразие и плотность поселения сапроксильных насекомых [Ulyshen, 2018]. Данные переводили на модельный сегмент через среднее геометрическое, что позволило создать модель перфорации модельного дерева [Мозолева и др., 1984].

Статистическую обработку массива данных производили в пакете MS Excel 2016 и Statistica 7.0 [Valacich, George, 2021].

Результаты и обсуждение. На I стадии ксилолиза хвойных пород ведущая роль принадлежала короедной группе, вместе с которой в субстрат проникали деревоокрашивающие грибы, которые препятствовали поселению на поверхности субстрата ксилотрофных базидиомицетов. Одновременно с поселением представителей Scolytinae развивались феллобионты *Acanthocinus aedilis* L., *Callidium violaceum* L., *Rhagium inquisitor* L., личиночные ходы которых проникали на глубину до 10 мм, создавая под корой участки, заполненные детритом и опилками. На модельных сегментах ели на II стадии ксилолиза личиночные ходы фллойобионтов (*Tetropium castaneum* L., *Trypodendron lineatum* Olivier) соседствовали с ходами ксилобионтов (*Urocerus gigas* L., *Monochamus urussovii* Fisch., *Monochamus sutor* L.). Личиночные ходы *Urocerus gigas* создали сквозную перфорацию ствола, а у *Monochamus sutor* проходили через заболонь и захватывали древесину ядра. В конце II стадии – начале III стадии ксилолиза на стволах

регистрировали поселения *Anobium punctatum* DeGeer, *Hylotrupes bajulus* L., личинки которых проникали на всю глубину ствола. Данные кластерного анализа по оценке ординации личиночных ходов разных видов насекомых, позволили уточнить состав отдельных групп с наиболее схожим участием их представителей на определённой стадии ксилолиза (рис. 1):

- I стадия – *Ips typographus* L., *Pityogenes chalcographus* L., *Pissodes harycyniae* Herbst;
- II стадия – *Urocerus gigas* L., *Monochamus urussovii* Fisch., *Monochamus sutor* L., *Tetropium castaneum* L.;
- II–III стадии – *Callidium violaceum* L. *Hylotrupes bajulus* L., *Rhagium inquisitor* L.;
- III стадия – *Trypodendron lineatum* Olivier, *Anobium punctatum* DeGeer.

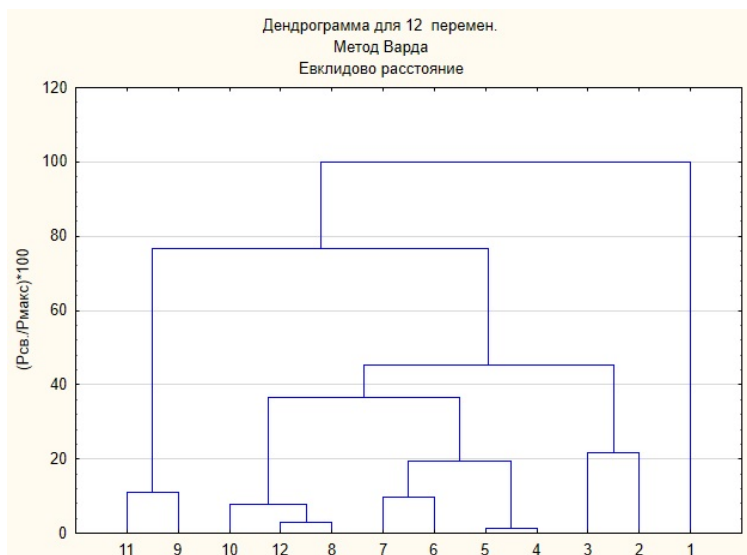


Рис. 1. Дендрограмма результатов кластерного анализа (метод Варда, евклидово расстояние) комплекса насекомых на разных этапах ксилолиза ели:

- 1 – *Ips typographus* L., 2 – *Pityogenes chalcographus* L., 3 – *Pissodes harycyniae* Herbst,
4 – *Urocerus gigas* L., 5 – *Monochamus urussovii* Fisch., 6 – *Monochamus sutor* L.,
7 – *Tetropium castaneum* L., 8 – *Callidium violaceum* L., 9 – *Trypodendron lineatum* Olivier,
10 – *Rhagium inquisitor* L., 11 – *Anobium punctatum* DeGeer, 12 – *Hylotrupes bajulus* L.

Fig. 1. Dendrogram of cluster analysis results (Ward's method, Euclidean distance) of the insect complex at different stages of spruce xylolysis:

- 1 – *Ips typographus* L., 2 – *Pityogenes chalcographus* L., 3 – *Pissodes harycyniae* Herbst,
4 – *Urocerus gigas* L., 5 – *Monochamus urussovii* Fisch., 6 – *Monochamus sutor* L.,
7 – *Tetropium castaneum* L., 8 – *Callidium violaceum* L., 9 – *Trypodendron lineatum* Olivier,
10 – *Rhagium inquisitor* L., 11 – *Anobium punctatum* DeGeer, 12 – *Hylotrupes bajulus* L.

Анализ данных последовательной смены видов сапроксильных насекомых на ели обыкновенной продемонстрировал влияние личиночных ходов в древесине на глубину проникновения спор ксилотрофных базидиомицетов, а именно, заполнения ходов опилками и степень их увлажненности под воздействием капельной влаги, доступной через летные отверстия насекомых (табл. 1).

Таблица 1

Видовой состав и количество личиночных ходов и летных отверстий сапроксильных насекомых на модельных сегментах ели по стадиям ксилолиза

Species complex and number of larval galleries and exit holes of saproxylic insects on spruce by stages of xylolysis per model segment

Наименование вида	Стадия биологического разложения древесины				
	I	II	III	IV	V–VI
<i>Ips typographus</i> L.	100,6	83,0	21,8	–	–
<i>Pityogenes chalcographus</i> L.	47,4	22,9	35,9	–	–
<i>Pissodes harsyniae</i> Herbst	37,5	16,7	–	–	–
<i>Urocerus gigas</i> L.	8,7	10,7	9,7	12,2	10,2
<i>Monochamus urussovii</i> Fisch.	10,5	11,4	10,6	12,6	11,3
<i>Monochamus sutor</i> L.	23,2	19,3	20,6	26,4	22,2
<i>Tetropium castaneum</i> L.	8,1	16,6	16,4	27,1	15,6
<i>Callidium violaceum</i> L.	4,9	6,6	7,1	–	–
<i>Trypodendron lineatum</i> Olivier	18,7	23,9	43,6	51,0	–
<i>Rhagium inquisitor</i> L.	8,0	10,5	15,1	–	–
<i>Anobium punctatum</i> DeGeer	–	24,3	43,8	54,2	–
<i>Hylotrupes bajulus</i> L.	–	6,5	5,2	–	–

Анализ ходов поселения сапроксильных насекомых на сосне обыкновенной показал наличие в комлевой части специфических для сосны видов – *Arhopalus rusticus* L. и *Spondylis buprestoides* L. На высоте до 3 м их ходы составляют 38% от общего количества ходов. Группа ксилобионтов представлена *Monochamus galloprovincialis* Olivier и *Monochamus sutor*, занимающими на I–II стадиях ксилолиза до 14% от общего количества ходов в древесине на модельный сегмент. Установлено, что их личиночные ходы расположены в зоне флоэмы по касательной к ядровой части ствола. Сходной особенностью обладают и ходы *Sirex juvencus* L., проходящие ствол насквозь, но по касательной к ядру. К III стадии помимо *Anobium punctatum*, *Hylotrupes bajulus* зарегистрированы в нижней трети ствола ходы *Chalcophora mariana* L., которые занимают до 9% от общего количества ходов в древесине на модельный сегмент.

Данные кластерного анализа позволили выделить значимые группы по схожести участия разных видов насекомых на определённой стадии ксилолиза (рис. 2):

- I стадия – *Tomicus piniperda* L., *Tomicus minor* Hartig, *Ips acuminatus* Gyllenhal, *Ips sexdentatus* Boerner, *Pissodes pini* L., *Pissodes piniphilus* Herbst;
- I-II стадии – *Callidium violaceum* L., *Sirex juvenicus* L., *Tetropium castaneum* L., *Monochamus sutor* L.;
- II стадия – *Monochamus galloprovincialis* Olivier, *Arhopalus rusticus* L., *Acanthocinus aedilis* L., *Rhagium inguisitor* L., *Hylotrupes bajulus* L.;
- II–III стадии – *Phaenops cyanea* Fabricius, *Anthaxia quadripunctata* L., *Trypodendron lineatum* Olivier, *Anobium punctatum* DeGeer;
- III стадия – *Spondylis buprestoides* L., *Chalcophora mariana* L.

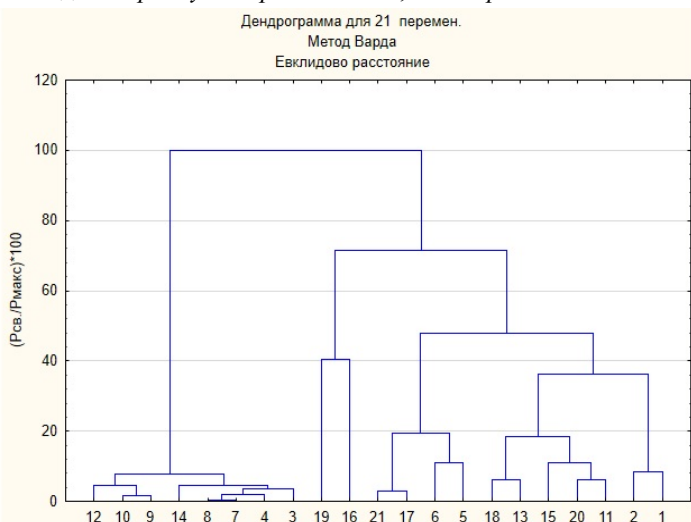


Рис. 2. Дендрограмма результатов кластерного анализа (метод Варда, евклидово расстояние) комплекса насекомых на разных этапах ксилолиза сосны:

1 – *Tomicus piniperda* L., 2 – *Tomicus minor* Hartig, 3 – *Ips acuminatus* Gyllenhal, 4 – *Ips sexdentatus* Boerner, 5 – *Phaenops cyanea* Fabricius, 6 – *Anthaxia quadripunctata* L., 7 – *Pissodes pini* L., 8 – *Pissodes piniphilus* Herbst, 9 – *Sirex juvenicus* L., 10 – *Tetropium castaneum* L., 11 – *Monochamus galloprovincialis* Olivier, 12 – *Monochamus sutor* L., 13 – *Acanthocinus aedilis* L., 14 – *Callidium violaceum* L., 15 – *Arhopalus rusticus* L., 16 – *Spondylis buprestoides* L., 17 – *Trypodendron lineatum* Olivier, 18 – *Rhagium inguisitor* L., 19 – *Chalcophora mariana* L., 20 – *Hylotrupes bajulus* L., 21 – *Anobium punctatum* DeGeer

Fig. 2. Dendrogram of cluster analysis results (Ward's method, Euclidean distance) of the insect complex at different stages of pine xylolysis:

1 – *Tomicus piniperda* L., 2 – *Tomicus minor* Hartig, 3 – *Ips acuminatus* Gyllenhal, 4 – *Ips sexdentatus* Boerner, 5 – *Phaenops cyanea* Fabricius, 6 – *Anthaxia quadripunctata* L., 7 – *Pissodes pini* L., 8 – *Pissodes piniphilus* Herbst, 9 – *Sirex juvenicus* L., 10 – *Tetropium castaneum* L., 11 – *Monochamus galloprovincialis* Olivier, 12 – *Monochamus sutor* L., 13 – *Acanthocinus aedilis* L., 14 – *Callidium violaceum* L., 15 – *Arhopalus rusticus* L., 16 – *Spondylis buprestoides* L., 17 – *Trypodendron lineatum* Olivier, 18 – *Rhagium inguisitor* L., 19 – *Chalcophora mariana* L., 20 – *Hylotrupes bajulus* L., 21 – *Anobium punctatum* DeGeer

Последовательная смена видов сапроксильных насекомых на сосне обыкновенной отличалась от ксилолиза на ели обыкновенной, что подтвердили данные, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Видовой состав и количество личиночных ходов и летных отверстий сапроксильных насекомых на модельных сегментах сосны по стадиям ксилолиза

Species complex and number of larval galleries and exit holes of saproxylic insects on pine by stages of xylolysis per model segment

Наименование вида	Стадия биологического разложения древесины				
	I	II	III	IV	V–VI
<i>Tomicus piniperda</i> L.	23,6	29,3	24,2	–	–
<i>Tomicus minor</i> Hartig	27,9	30,1	37,8	–	–
<i>Ips acuminatus</i> Gyllenhal	6,3	4,7	10,0	–	–
<i>Ips sexdentatus</i> Boerner	6,8	6,5	6,5	–	–
<i>Phaenops cyanea</i> Fabricius	7,9	14,8	15,7	39,0	–
<i>Anthaxia quadripunctata</i> L.	11,4	8,8	10,5	23,0	–
<i>Pissodes pini</i> L.	4,8	4,7	5,0	–	–
<i>Pissodes piniphilus</i> Herbst	5,0	5,4	5,4	–	–
<i>Sirex juvencus</i> L.	6,5	5,6	4,9	–	4,2
<i>Tetropium castaneum</i> L.	6,0	6,8	7,2	–	5,3
<i>Monochamus galloprovincialis</i> Olivier	11,3	10,6	10,0	9,1	9,4
<i>Monochamus sutor</i> L.	6,9	5,1	7,5	6,0	5,8
<i>Acanthocinus aedilis</i> L.	8,3	14,5	16,0	–	–
<i>Callidium violaceum</i> L.	–	5,7	6,2	–	–
<i>Arhopalus rusticus</i> L.	13,9	20,9	17,7	22,0	15,9
<i>Spondylis buprestoides</i> L.	44,0	43,0	56,0	43,0	47,0
<i>Trypodendron lineatum</i> Olivier	–	25,8	26,8	30,6	–
<i>Rhagium inguisitor</i> L.	15,5	13,4	19,1	7,0	
<i>Chalcophora mariana</i> L.	–	–	32,2	27,7	45,0
<i>Hylotrupes bajulus</i> L.	7,0	12,4	14,1	14,9	15,3
<i>Anobium punctatum</i> DeGeer	–	22,9	25,6	34,5	–

Как на ели, так и на сосне с III стадии ксилолиза ходы сапроксильных насекомых начинают подвергаться естественному разрушению под действием процессов гниения. Одновременно на их сохранность влияет активность рыхлителей гниющей древесины, таких как представители семейства Trogossitidae из рода *Peltis*, семейства Cerambycidae родов *Anoplodera*, *Oxymirus* и *Ampedus*, регистрируемых по имаго. На IV-VI стадиях ксилолиза личиночные ходы деформируются и разрушаются, но вылетные отверстия обеспечивают доступ каплевой воды и воздуха к субстрату. В этой ситуации ходы становятся местами выхода базидиом. Дольше всего сохраняются вылетные отверстия *Urocerus gigas*, *Sirex juvencus*, *Tetropium castaneum*, *Monochamus urussovii*, *Monochamus sutor*, *Monochamus galloprovincialis*, *Arhopalus rusticus*, *Spondylis buprestoides*, *Chalcophora mariana*, *Anobium punctatum*, *Hylotrupes bajulus*. При этом на сосне сохранность ходов выше, чем на ели (рис. 3, 4).

На основе полученных данных уточнена последовательность поселения сапроксильных насекомых на субстрате. Подчеркнем, что влияние представителей подсемейства Scolytinae на ксилолиз незначительно. Они имеют зоохорию с деревоокрашивающими грибами, которые не разрушают древесину, а питаются лабильными сахарами в межклеточном пространстве [Vega, Blackwell, 2005; Ulyshen, 2018].

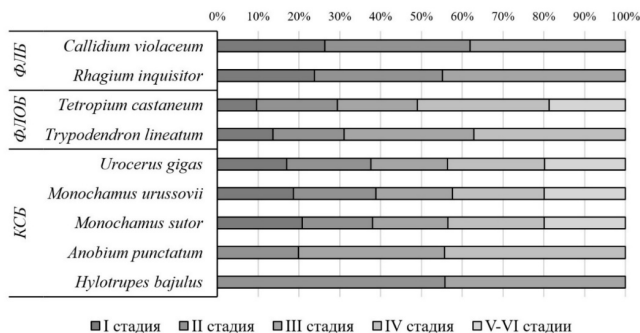


Рис. 3. Сохранность личиночных ходов и летных отверстий по стадиям ксилолиза на ели обыкновенной (ФЛБ – феллобионты, ФЛОБ – флойобионты, КСБ – ксилобионты)

Fig. 3. Preservation of larval galleries and exit holes by stages of xylolysis on common spruce (PHLB – phellobionts, PHLOB – phloyobionts, KSB – xylobionts)

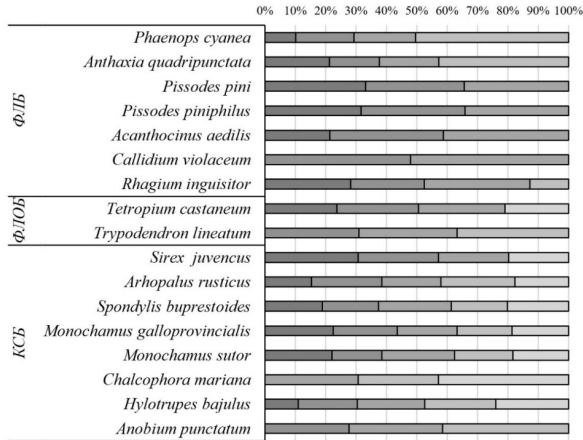


Рис. 4. Сохранность личиночных ходов по стадиям ксилолиза на сосне обыкновенной (легенда по рис. 3)

Fig. 4. Preservation of larval galleries by stages of xylolysis on the Scots pine (legend according to Fig. 3)

Первыми из сапроксильных насекомых, фактически перфорирующими древесину в зоне ранней флэмы, выступают представители семейства Buprestidae, при этом они наиболее полно представлены на сосне. За весь период наблюдений на ели единично зафиксировали поселение *Anthaxia quadripunctata*, что, вероятно, сопряжено с высокой скоростью заселения стволов короедами. Затем происходит откладка яиц в трещины коры представителями семейства Siricidae. После вылета представителей подсемейства Scolytinae на деревьях поселяются первичные технические вредители семейства Cerambycidae. Наиболее значительна роль представителей родов *Tetropium*, *Monochamus*, *Callidium*, а в комлевой части сосны – *Arhopalus*, *Spondylis*. Важно отметить, что если представители родов *Tetropium* и *Callidium* проникают на глубину заболони, то личинки представителей рода *Monochamus*, *Arhopalus*, *Spondylis* и семейства Siricidae перфорируют древесину на всю глубину ствола. До полного высыхания древесины происходит поселение амброзийного мицетофага *Trypodendron lineatum*, ходы которого создают идеальные условия для развития амброзийных грибов. Третья крупная группа представлена представителями родов *Rhagium*, *Hylotrupes* и *Anobium*, которые занимают промежуточное положение и обитают как во вторично увлажненной, так и в сухой древесине. При этом *Rhagium inquisitor* относится к феллобионтам и повреждает поверхностные слои

камбия. Одновременно ксилобионты *Hylotrupes bajulus* и *Anobium punctatum* отличаются растянутым циклом развития. Глубоко внутри стволов проходит развитие личинок, которые формируют зону с плотно утрамбованными мелкодисперсными опилками. На сосне также поселяется *Chalcophora mariana*, личинки которой формируют широкие ходы с крупными вылетными отверстиями (табл. 3, 4).

Таблица 3

Последовательность поселения сапроксильных насекомых по глубине личиночных ходов в древесине ели

The sequence of settlement of saproxylic insects by the depth of larval galleries in spruce wood

Феллобионты	Флойобионты		Ксилобионты
Камбий	Ранняя заболонь	Поздняя заболонь	Ядро
		Urocerus gigas	
Tetropium castaneum			
Monochamus urussovii			
Monochamus sutor			
Callidium violaceum			
	Trypodendron lineatum		
Rhagium inquisitor			
		Hylotrupes bajulus	
	Anobium punctatum		

Примечание: серым цветом указаны зоны древесины, в которых не зарегистрированы личиночные ходы

Летные отверстия насекомых, заполненные древесным детритом, активно заселялись базидиомицетами. Анализ динамики лета сапроксилобионтов и среднесуточной температуры воздуха в вегетационный период (апрель-октябрь) совпали с условиями, благоприятными для формирования первичного мицелия внутри ствола. При наложении фенологических данных на периоды споруляции ксилотрофов установлено, что во второй половине вегетационного сезона стволы были достаточно перфорированы для проникновения спор грибов на различную глубину с учетом особенно-

стей строения личиночных ходов сапроксилобионтов. В разные годы наблюдений основной лет происходил в июле, а активная споруляция ксилотрофных базидиомицетов – в августе. Анализ массива экспериментальных данных показал, что деятельность феллобионтов обеспечила поверхностную перфорацию ствола и создала условия для прорастания спор грибов, коррозийной гнили, в отличие от флойобионтов и ксилобионтов, по ходам которых проникновение спор достигало глубоких слоев древесины, обеспечивая развитие грибов деструктивной гнили (табл. 5, 6).

Таблица 4

Последовательность поселения сапроксилных насекомых по глубине личиночных ходов в древесине сосны

The sequence of settlement of saproxylic insects by the depth of larval galleries in pine wood

Феллобионты	Флойобионты		Ксилобионты
Камбий	Ранняя заболонь	Поздняя заболонь	Ядро
<i>Phaenops cyanea</i> , <i>Buprestis rustica</i> , <i>Anthaxia quadripunctata</i>			
<i>Sirex juvencus</i>			
<i>Tetropium castaneum</i>			
<i>Acanthocinus aedilis</i>			
<i>Monochamus galloprovincialis</i>			
<i>Monochamus sutor</i>			
<i>Callidium violaceum</i>			
<i>Arhopalus rusticus</i>			
<i>Spondylis buprestoides</i>			
	<i>Trypodendron lineatum</i>		
<i>Rhagium inguisitor</i>			
<i>Chalcophora mariana</i>			
		<i>Hylotrupes bajulus</i>	
	<i>Anobium punctatum</i>		

Примечание: серым цветом указаны зоны древесины, в которых не зарегистрированы личиночные ходы

Таблица 5

Группы сапроксильных насекомых и ассоциированные с ними группы ксилотрофных базидиомицетов на ели

Groups of saproxylic insects and associated groups of xylotrophic basidiomycetes on spruce

Группа	Виды сапроксильных насекомых	Тип и цвет гнили	Виды ксилотрофных базидиомицетов
Феллобионты	<i>Callidium violaceum</i>	Коррозионный тип (белая гниль)	<i>Dichomitus squalens</i>
	<i>Rhagium inquisitor</i>		<i>Phlebiopsis gigantea</i>
			<i>Trichaptum abietinum</i>
			<i>Incrustoporia biguttulata</i>
			<i>Pycnoporellus fulgens</i>
Флойдобионты	<i>Tetropium castaneum</i>	Деструктивный тип (бурая гниль)	<i>Fomitopsis pinicola</i>
	<i>Trypodendron lineatum</i>		<i>Rhodofomes roseus</i>
Ксилобионты	<i>Monochamus urussovii</i>		<i>Gloeophyllum sepiarium</i>
	<i>Monochamus sutor</i>		<i>Coniophora olivacea</i>
	<i>Urocerus gigas</i>		<i>Neoantrodia serialis</i>
	<i>Anobium punctatum</i>		<i>Fuscopostia fragilis</i>
	<i>Hylotrupes bajulus</i>		

При наложении на схему перфорации ствола ели личиночными ходами картину развития мицелия было установлено, что *Fomitopsis pinicola* и *Rhodofomes roseus* развивались вдоль ходов *Monochamus urussovii*, *Monochamus sutor* и *Urocerus gigas*. Развитие ходов *Tetropium castaneum* в заболони способствовало проникновению мицелия *Trichaptum abietinum* и *Gloeophyllum sepiarium*. Личиночные ходы *Hylotrupes bajulus*, проходя через позднюю заболонь и ядро, заполнялись мицелием *Fomitopsis pinicola*, *Rhodofomes roseus* и *Coniophora olivacea*. По данным корреляционного анализа определены значимые взаимовыгодные отношения между сапроксилиобантами и ксилотрофами для ели:

- феллобионты и *Trichaptum abietinum* ($r=0,75$, $P\leq 0,05$, $n=63$, здесь и далее n – число учетов с анализируемыми парами организмов), *Neoantrodia serialis* ($r=0,79$, $P\leq 0,05$, $n=26$), *Skeletocutis amorphia* ($r=0,82$, $P\leq 0,05$, $n=20$), *Fuscopostia fragilis* ($r=0,75$, $P\leq 0,05$, $n=18$);

Таблица 6

Группы сапроксильных насекомых и ассоциированные с ними группы ксилотрофных базидиомицетов на сосне

Groups of saproxylic insects and associated groups of xylotrophic basidiomycetes on pine

Группа	Виды сапроксильных насекомых	Тип и цвет гнили	Виды ксилотрофных базидиомицетов
Феллобионты	<i>Callidium violaceum</i>	Коррозионный тип (белая гниль)	<i>Trichaptum abietinum</i>
	<i>Rhagium inguisitor</i>		<i>Trichaptum fuscoviolaceum</i>
	<i>Acanthocinus aedilis</i>		<i>Dichomitus squalens</i>
			<i>Incrustoporia biguttulata</i>
	<i>Phaenops cyanea</i>		<i>Phellinus viticola</i>
	<i>Anthaxia quadripunctata</i>		<i>Phlebiopsis gigantea</i>
			<i>Skeletocutis brevispora</i>
			<i>Stereum sanguinolentum</i>
Флойдобионты	<i>Tetropium castaneum</i>	Деструктивный тип (бурая гниль)	<i>Neoantrodia serialis</i>
	<i>Trypodendron lineatum</i>		
Ксилобионты	<i>Monochamus galloprovincialis</i>		<i>Coniophora arida</i>
	<i>Monochamus sutor</i>		
	<i>Arhopalus rusticus</i>		<i>Coniophora olivacea</i>
	<i>Spondylis buprestoides</i>		
	<i>Sirex juvencus</i>		<i>Fuscopostia fragilis</i>
	<i>Chalcophora mariana</i>		
	<i>Anobium punctatum</i>		<i>Rhodonia placenta</i>
	<i>Hylotrupes bajulus</i>		

• флойобионты и *Rhodofomes roseus* ($r=0,84$, $P\leq 0,05$, $n=78$), *Gloeophyllum sepiarium* ($r=0,77$, $P\leq 0,05$, $n=26$), *Coniophora arida* ($r=0,7$, $P\leq 0,05$, $n=31$), *Psynoporellus fulgens* ($r=0,77$, $P\leq 0,05$, $n=24$), *Antrodia sinuosa* ($r=0,71$, $P\leq 0,05$, $n=18$);

• фллойобионты и ксиллобионты и *Fomitopsis pinicola* ($r=0,78$, $P\leq 0,05$; $r=0,81$, $P\leq 0,05$, $n=93$).

Подчеркнем, что ряд видов сапроксилобионтов обеспечивает возможность успешного поселения некоторых ксилотрофных базидиомицетов: феллобионты *Callidium violaceum* и *Rhagium inquisitor* взаимовыгодно сосуществуют с *Trichaptum abietinum* ($r=0,72$, $P\leq 0,05$ и $r=0,74$, $P\leq 0,05$, $n=37$), *Neoantrodia serialis* ($r=0,77$, $P\leq 0,05$ и $r=0,72$, $P\leq 0,05$, $n=26$), *Skeletocutis amorpha* ($r=0,81$, $P\leq 0,05$ и $r=0,81$, $P\leq 0,05$, $n=20$), *Fuscopostia fragilis* ($r=0,77$, $P\leq 0,05$ и $r=0,74$, $P\leq 0,05$, $n=18$). Далее, у *Trypodendron lineatum*, относящегося к фллойобионтам, выявлена тесная связь с *Fomitopsis pinicola* ($r=0,91$, $P\leq 0,05$, $n=65$), *Rhodofomes roseus* ($r=0,91$, $P\leq 0,05$, $n=78$), *Trichaptum abietinum* ($r=0,83$, $P\leq 0,05$, $n=37$), *Coniophora arida* ($r=0,74$, $P\leq 0,05$, $n=31$), *Antrodia sinuosa* ($r=0,82$, $P\leq 0,05$, $n=18$); также *Tetropium castaneum* показывает подобные отношения с *Rhodofomes roseus* ($r=0,71$, $P\leq 0,05$, $n=78$), *Gloeophyllum sepiarium* ($r=0,78$, $P\leq 0,05$, $n=26$), *Coniophora olivacea* ($r=0,73$, $P\leq 0,05$, $n=39$), *Pycnoporellus fulgens* ($r=0,82$, $P\leq 0,05$, $n=24$). Если грибы, развивающиеся в ходах феллобионтов, в большинстве вызывали коррозионный тип гниения, то грибы, показывающие такие зависимости с фллойобионтами, вызывали деструктивный тип гнили на ели.

Определена значимая корреляционная связь длины личиночных ходов рогахвоста *Urocerus gigas* и развития мицелия *Fomitopsis pinicola* ($r=0,9$, $P\leq 0,05$, $n=93$), *Rhodofomes roseus* ($r=0,74$, $P\leq 0,05$, $n=78$), *Gloeophyllum sepiarium* ($r=0,83$, $P\leq 0,05$, $n=26$), *Coniophora arida* ($r=0,8$, $P\leq 0,05$, $n=31$), *Pycnoporellus fulgens* ($r=0,7$, $P\leq 0,05$, $n=24$). Отмечена корреляционная связь у *Anobium punctatum* со следующими ксилотрофными базидиомицетами: *Fomitopsis pinicola* ($r=0,80$, $P\leq 0,05$, $n=93$), *Rhodofomes roseus* ($r=0,96$, $P\leq 0,05$, $n=78$), *Gloeophyllum sepiarium* ($r=0,82$, $P\leq 0,05$, $n=26$), *Trichaptum abietinum* ($r=0,73$, $P\leq 0,05$, $n=37$), *Coniophora arida* ($r=0,81$, $P\leq 0,05$, $n=31$), *Neoantrodia serialis* ($r=0,72$, $P\leq 0,05$, $n=26$), *Antrodia sinuosa* ($r=0,87$, $P\leq 0,05$, $n=18$), *Pycnoporellus fulgens* ($r=0,82$, $P\leq 0,05$, $n=24$). В ходах *Hylotrupes bajulus* идентифицированы только сапроксилотрофы: *Coniophora arida* ($r=0,73$, $P\leq 0,05$, $n=31$), *Neoantrodia serialis* ($r=0,88$, $P\leq 0,05$, $n=26$), *Skeletocutis amorpha* ($r=0,99$, $P\leq 0,05$, $n=20$), *Antrodia sinuosa* ($r=0,7$, $P\leq 0,05$, $n=18$), *Fuscopostia fragilis* ($r=0,99$, $P\leq 0,05$, $n=18$). Такой охват видов ксилотрофных базидиомицетов, поселяющихся в ходах *Anobium punctatum* и *Hylotrupes bajulus*, вероятно, связан с высокой степенью измельчения личинками древесины и длительным циклом их развития в ней. Такие изме-

нения в древесном детрите способствуют более быстрому образованию первичного мицелия и развитию мицеллярного тела гриба.

Схожие зависимости были выявлены при изучении процессов жизнедеятельности ксилотрофных базидиомицетов и сапроксилобионтов на сосне. Однако грибы на сосне имеют более острую межвидовую конкуренцию друг с другом по причине невозможности проникновения в ядровую древесину, насыщенную фенольными соединениями [Boddy et al., 2007; Stokland et al., 2012]. *Sirex juvencus* проходил ствол насквозь по касательной к ядру, открывая путь к субстрату для *Neoantrodia serialis*, *Coniophora olivacea*, *Coniophora arida*. Из личиночных ходов *Tetropium castaneum* выделили мицелий *Fomitopsis pinicola*, в отличие от *Monochamus sutor* и *Monochamus galloprovincialis*, где мицелий гриба отмечался единично. По данным корреляционного анализа установлены значимые взаимовыгодные отношения между сапроксилобионтами и ксилотрофами в процессе ксилолиза сосны:

- феллобионты и *Trichaptum abietinum* ($r=0,97-0,96$, $P\leq 0,05$, $n=63$), *Trichaptum fuscoviolaceum* ($r=0,91$, $P\leq 0,05$, $n=52$), *Fomitopsis pinicola* ($r=0,82$, $P\leq 0,05$, $n=27$);

- флойобионты и *Trichaptum abietinum* ($r=0,71$, $P\leq 0,05$, $n=63$), *Trichaptum fuscoviolaceum* ($r=0,81$, $P\leq 0,05$, $n=52$), *Fomitopsis pinicola* ($r=0,83$, $P\leq 0,05$, $n=27$), *Gloeophyllum odoratum* ($r=0,75$, $P\leq 0,05$, $n=19$), *Gloeophyllum sepiarium* ($r=0,76$, $P\leq 0,05$, $n=17$).

Подчеркнем, что наиболее широкое разнообразие развития мицелия различных видов ксилотрофных грибов определено в ходах усачей *Acanthocinus aedilis* и *Callidium violaceum*, которые предпочитали поверхностные слои древесины; в этих ходах были определены *Fomitopsis pinicola* ($r=0,71$, $P\leq 0,05$ и $r=0,7$, $P\leq 0,05$ соответственно, $n=27$), *Gloeophyllum odoratum* ($r=0,87$, $P\leq 0,05$ и $r=0,98$, $P\leq 0,05$ соответственно, $n=19$), *Gloeophyllum sepiarium* ($r=0,9$, $P\leq 0,05$ и $r=0,99$, $P\leq 0,05$ соответственно, $n=17$), *Neoantrodia serialis* ($r=0,77$, $P\leq 0,05$ и $r=0,94$, $P\leq 0,05$ соответственно, $n=38$), *Incrustoporia biguttulata* ($r=0,89$, $P\leq 0,05$ и $r=0,99$, $P\leq 0,05$ соответственно, $n=28$), *Fuscopostia fragilis* ($r=0,87$, $P\leq 0,05$ и $r=0,99$, $P\leq 0,05$ соответственно, $n=27$), *Antrodia sinuosa* ($r=0,7$, $P\leq 0,05$ и $r=0,85$, $P\leq 0,05$ соответственно, $n=25$), *Rigidoporus crocatus* ($r=0,87$, $P\leq 0,05$ и $r=0,97$, $P\leq 0,05$ соответственно, $n=24$). Также в ходах *Callidium violaceum* выявлен мицелий *Antrodia xantha* ($r=0,8$, $P\leq 0,05$, $n=25$). В ходах *Rhagium inquisitor* обнаружены гифы *Fomitopsis pinicola* ($r=0,84$, $P\leq 0,05$, $n=27$) и *Incrustoporia biguttulata* ($r=0,7$, $P\leq 0,05$, $n=28$).

В ходах *Tetropium castaneum*, относящегося к фллойобионтам, поселялись как представители ксилотрофов, так и сапроксилотрофы: *Gloeophyllum odoratum* ($r=0,85$, $P\leq 0,05$, $n=19$), *Gloeophyllum sepiarium* ($r=0,87$, $P\leq 0,05$, $n=17$), *Incrustoporia biguttulata* ($r=0,9$, $P\leq 0,05$, $n=28$), *Fuscopostia fragilis* ($r=0,87$, $P\leq 0,05$, $n=27$), *Rigidoporus crocatus* ($r=0,84$, $P\leq 0,05$, $n=24$). Не менее широкий спектр связей зафиксирован у *Trypoderon lineatum* с *Trichaptum abietinum* ($r=0,83$, $P\leq 0,05$, $n=63$), *Trichaptum fuscoviolaceum* ($r=0,88$, $P\leq 0,05$, $n=52$), *Fomitopsis pinicola* ($r=0,75$, $P\leq 0,05$, $n=27$), *Coniophora arida* ($r=0,97$, $P\leq 0,05$, $n=29$), *Antrodia sinuosa* ($r=0,92$, $P\leq 0,05$, $n=25$), *Antrodia xantha* ($r=0,92$, $P\leq 0,05$, $n=24$). Эти виды показывают схожесть с данными корреляционного анализа на ели, особенно с представителями родов *Trichaptum*, *Gloeophyllum*, *Coniophora*, *Antrodia*.

При ксилолизе сосны наиболее широкий спектр отношений выявлен между *Anobium punctatum* и *Trichaptum abietinum* ($r=0,89$, $P\leq 0,05$, $n=63$), *Trichaptum fuscoviolaceum* ($r=0,93$, $P\leq 0,05$, $n=52$), *Fomitopsis pinicola* ($r=0,7$, $P\leq 0,05$, $n=78$), *Neoantrodia serialis* ($r=0,73$, $P\leq 0,05$, $n=38$), *Coniophora arida* ($r=0,97$, $P\leq 0,05$, $n=29$), *Antrodia sinuosa* ($r=0,85$, $P\leq 0,05$, $n=25$), *Antrodia xantha* ($r=0,85$, $P\leq 0,05$, $n=24$). *Hylotrupes bajulus* показывает связь только с *Coniophora olivacea* ($r=0,94$, $P\leq 0,05$, $n=31$). С этим же грибом выявлена зависимость у *Chalcophora mariana* ($r=0,7$, $P\leq 0,05$, $n=31$). Интересные зависимости показывает *Arhopalus rusticus*, предпочитающий исключительно комлевую часть ствола сосны, с *Trichaptum abietinum* ($r=0,7$, $P\leq 0,05$, $n=63$), *Trichaptum fuscoviolaceum* ($r=0,71$, $P\leq 0,05$, $n=52$), *Coniophora arida* ($r=0,97$, $P\leq 0,05$, $n=29$), *Antrodia sinuosa* ($r=0,7$, $P\leq 0,05$, $n=25$), *Antrodia xantha* ($r=0,81$, $P\leq 0,05$, $n=24$). Эти данные еще раз подтвердили, что проникновение ксилотрофных базидиомицетов в ядровую часть ствола сосны крайне затруднено даже при наличии доступа через личиночные ходы.

По нашим многолетним данным не установлена зависимость между развитием грибного мицелия на сосне и разветвлением сети ходов усача рода *Monochamus* и рогахвостов, в отличие от ели. Поэтому за этой группой организмов будут продолжены наблюдения по изучению условий формирования зоохории сапроксилобионтов с ксилотрофными базидиомицетами. Изучение остающихся на перегнивание еловых поленьев при проведении УНД показало, что сапроксилобионты, перфорирующие древесину, уже вылетели. В древесине не было выявлено личинок, что, видимо, объясняется их активной жизнедеятельностью на лежащих стволах, до

проведения УНД. В личиночных ходах на поленьях зафиксировали те же процессы, которые отмечались на валежной древесине. Наибольшая сохранность ходов и их рисунка были у личиночных ходов *Urocerus gigas*, *Monochamus urussovii*, *Monochamus sutor*, *Tetropium castaneum*, питающихся до IV стадии ксилолиза, до перехода субстрата в состояние мягкой влажной гнили. Ходы *Trypodendron lineatum* и *Anobium punctatum* не сохраняются дальше III стадии, при этом летные отверстия сохраняются до IV стадии. Ходы *Callidium violaceum* и *Rhagium inquisitor* на камбии и ранней заболони сложно (практически невозможно) идентифицировать к III стадии. Распределение личиночных ходов по доле занимаемого субстрата сохранялось на постоянном уровне, что мы связываем с отсутствием новых поселений сапроксилов на субстрате (рис. 5, ель).

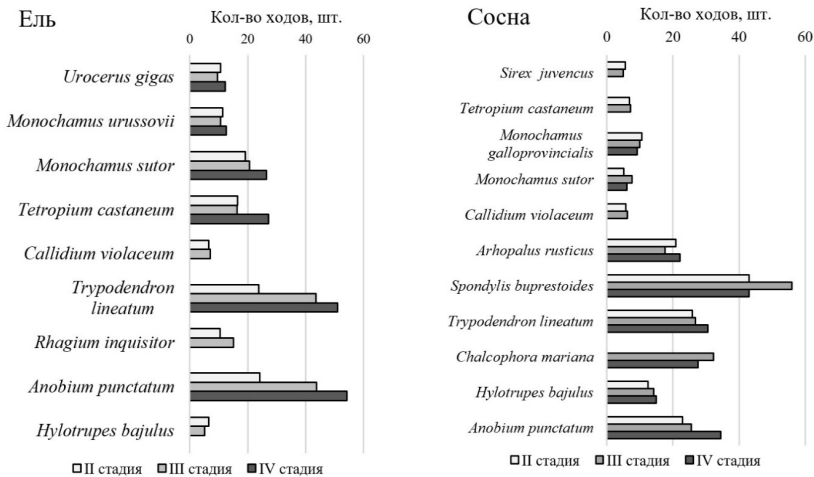


Рис. 5. Среднее распределение ходов и летных отверстий по видам сапроксилобионтов по стадиям ксилолиза на поленьях

Fig. 5. Average distribution of galleries and flight openings exit holes by saproxyllobiont species by xylolysis stages on logs

Выявленную на еловых поленьях тенденцию по представленности личиночных ходов регистрировали и на сосновых поленьях. Ходы ксилобионтов: *Monochamus galloprovincialis*, *Monochamus sutor*, *Arhopalus rusticus*, *Spondylis buprestoides*, *Chalcophora mariana* и *Hylotrupes bajulus* – сохраняли рисунок до начала IV стадии. Ходы *Trypodendron lineatum* и *Anobium*

punctatum не сохранялись дольше III стадии, затем на поверхности древесины идентифицировали отдельные летные отверстия. По причине особенностей развития *Sirex juvencus* в древесине сосны ходы быстро разрушались под действием ксилотрофных базидиомицетов коррозионного типа. По доле субстрата, занимаемого личиночными ходами, наблюдали такое же постоянство, как и на еловых поленьях. Видимо, полученный результат связан с тем, что все процессы развития сапроксилов происходили до проведения УНД (рис. 5, сосна).

Корреляционный анализ отношения ходов сапроксилобионтов и доли гнили, образовавшейся в древесине поленьев, выявил разницу в прохождении ксилолиза на поленьях ели и сосны. Так, на еловых поленьях ходы трех видов: *Callidium violaceum*, *Rhagium inquisitor* и *Hylotrupes bajulus* – имели тесную зависимость с ростом большинства видов ксилотрофных базидиомицетов, обнаруженных на поленьях, за исключением *Neoantrodia serialis* и *Rhodonía placenta* ($r=0,87-0,99$, $P\leq 0,05$, $n=348$; $r=0,7-0,99$, $P\leq 0,05$, $n=348$; $r=0,74-0,99$, $P\leq 0,05$, $n=348$). Это дает основание полагать, что эти грибы связаны с особыми условиями проникновения в субстрат. Встречаемость *Neoantrodia serialis* коррелирует только с *Trypodendron lineatum* ($r=0,7$, $P\leq 0,05$, $n=46$). При этом ведущие представители ксилобионтов – представители рода *Monochamus* и рогахвост *Urocerus gigas* – имеют резко отрицательную связь с развитием гнили, что повторяет данные, полученные при корреляционном анализе модельных деревьев. Эти зависимости дают основание полагать, что ксилолиз еловых поленьев близок по своему течению с разрушением древесины в штабелях. На сосновых поленьях ходы *Callidium violaceum*, *Tetropium castaneum* имели высокую связь с развитием 80% видов ксилотрофных базидиомицетов ($r=0,74-0,95$, $P\leq 0,05$, $n=310$; $r=0,73-0,98$, $P\leq 0,05$, $n=359$). Интересно, что данные виды представляют как феллобионтов, так и флоробионтов, прокладывающих личиночные ходы в заболони. Рогахвосты *Sirex juvencus* тесно связаны с 75% видами исследуемых ксилотрофных базидиомицетов ($r=0,85-0,99$, $P\leq 0,05$, $n=323$), *Spondylis buprestoides* – с десятью видами ($r=0,7-0,99$, $P\leq 0,05$, $n=263$). В отличие от ксилолиза еловых поленьев на сосновых поленьях между ходами представителей рода *Monochamus* и ксилотрофными базидиомицетами определено взаимодействие: *Monochamus galloprovincialis* с 69% видов ксилотрофных макромицетов ($r=0,7-0,99$, $P\leq 0,05$, $n=369$); *Monochamus sutor* с несколькими видами – *Fomitopsis pinicola* ($r=0,81$, $P\leq 0,05$, $n=42$), *Coniophora arida* ($r=0,97$, $P\leq 0,05$, $n=79$), *Phlebiopsis gigantea* ($r=0,91$, $P\leq 0,05$, $n=19$), *Rhodonía placenta* ($r=0,93$, $P\leq 0,05$, $n=16$).

В целом многолетние наблюдения и анализ зависимостей позволили выделить индикаторные виды сапроксильных насекомых по сохранности личиночных ходов с учетом стадии ксилолиза:

Для ели обыкновенной

- Стадия I – *Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, *Pissodes harcyniae*, *Sirex gigas*, *Monochamus urussovii*, *Monochamus sutor*, *Tetropium castaneum*, *Callidium violaceum*, *Trypodendron lineatum*, *Rhagium inquisitor*;

- Стадия II – *Sirex gigas*, *Monochamus urussovii*, *Monochamus sutor*, *Tetropium castaneum*, *Callidium violaceum*, *Trypodendron lineatum*, *Rhagium inquisitor*, *Anobium punctatum*, *Hylotrupes bajulus*;

- Стадия III – *Sirex gigas*, *Monochamus urussovii*, *Monochamus sutor*, *Tetropium castaneum*, *Callidium violaceum*, *Trypodendron lineatum*, *Rhagium inquisitor*, *Anobium punctatum*, *Hylotrupes bajulus*;

- Стадия IV – *Sirex gigas*, *Monochamus urussovii*, *Monochamus sutor*, *Tetropium castaneum*;

- Стадия V–VI – *Sirex gigas*, *Monochamus urussovii*, *Monochamus sutor*, *Tetropium castaneum*.

Для сосны обыкновенной

- Стадия I – *Tomicus piniperda*, *Tomicus minor*, *Ips acuminatus*, *Ips sexdentatus*, *Phaenops cyanea*, *Anthaxia quadripunctata*, *Pissodes pini*, *Pissodes piniphilus*, *Paururus juvencus*, *Tetropium castaneum*, *Monochamus galloprovincialis*, *Monochamus sutor*, *Acanthocinus aedilis*, *Arhopalus rusticus*, *Spondylis buprestoides*, *Rhagium inquisitor*;

- Стадия II – *Paururus juvencus*, *Tetropium castaneum*, *Monochamus galloprovincialis*, *Monochamus sutor*, *Acanthocinus aedilis*, *Callidium violaceum*, *Callidium coriaceum*, *Arhopalus rusticus*, *Spondylis buprestoides*, *Trypodendron lineatum*, *Rhagium inquisitor*, *Hylotrupes bajulus*, *Anobium punctatum*, *Serviformica fusca*, *Formica rufa*;

- Стадия III – *Paururus juvencus*, *Tetropium castaneum*, *Monochamus galloprovincialis*, *Monochamus sutor*, *Acanthocinus aedilis*, *Callidium violaceum*, *Callidium coriaceum*, *Arhopalus rusticus*, *Spondylis buprestoides*, *Trypodendron lineatum*, *Rhagium inquisitor*, *Chalcophora mariana*, *Hylotrupes bajulus*, *Anobium punctatum*, *Serviformica fusca*, *Formica rufa*;

- Стадия IV – *Paururus juvencus*, *Tetropium castaneum*, *Monochamus galloprovincialis*, *Monochamus sutor*, *Arhopalus rusticus*, *Spondylis buprestoides*, *Trypodendron lineatum*, *Rhagium inquisitor*, *Chalcophora mariana*, *Hylotrupes bajulus*, *Anobium punctatum*;

• Стадия V-VI – *Paururus juvencus*, *Tetropium castaneum*, *Monochamus galloprovincialis*, *Monochamus sutor*, *Arhopalus rusticus*, *Spondylis buprestoides*, *Chalcophora mariana*, *Hylotrupes bajulus*.

Заключение. В ходе многолетних исследований установлено, что на ранних стадиях ксилотрофии доминировали представители подсемейства Scolytinae, семейства Buprestidae и рода *Pissodes*, затем к ним присоединяются насекомые из семейств Siricidae и Cerambycidae (родов *Monochamus*, *Tetropium*, *Spondylis*, *Arhopalus*, *Asemum*). Вторично увлажненную древесину осваивают представители семейств Anobiidae и Cerambycidae триб Hylotrurini и Callidiini. Установлена существенная прямая связь между перфорацией стволов личиночными ходами сапроксильными насекомыми родов *Anthaxia*, *Phaenops*, *Acanthocinus*, *Callidium*, *Rhagium*, *Tetropium*, *Trypodendron* ($r = 0,7-0,96$, $P \leq 0,05$), а также между *Trypodendron*, *Anobium*, *Chalcophora*, *Tetropium*, *Arhopalus*, *Hylotrupes*, *Monochamus*, *Spondylis*, *Sirex*, *Urocerus* и *Coniophora*, *Neoantrodia*, *Pycnoporellus*, *Skeletocutis*, *Antrodia*, *Fuscopostia*, *Incrustoporia*, *Rigidoporus* ($r = 0,7-0,99$, $P \leq 0,05$) и развитием мицелия ксилотрофных грибов. На поленицах из сосны и ели не выявлено поселение сапроксильных насекомых, что подтверждает их «безопасность» в качестве вторичного источника распространения фитопатогенов.

Сведения о финансировании исследования. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № FGGU-2025-0007).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

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

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

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

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

Денисова Н.Б., Никитин В.Ф. Видовой состав и динамика развития жесткокрылых-ксилобионтов Ялтинского горно-лесного природного заповедника // Вестник КрасГАУ. Биологические науки. 2018. №1. С. 164–168.

Змитрович И.В. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Вып. 3. Семейства ателиевые и амилокортициевые. М.; СПб.: Тов-во науч. изданий КМК, 2008. 278 с.

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

Ижевский С.С., Никитский Н.Б., Волков О.Г., Долгин М.М. Иллюстрированный справочник жуков-ксилофагов – вредителей леса и лесоматериалов Российской Федерации. Тула: Гриф и К, 2005. 220 с.

Красуцкий Б.В. Краткий атлас некоторых ксилофильных грибов Челябинской области. Челябинск: Изд-во ЧелГУ, 2021. 192 с.

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

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

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

Никитский Н.Б., Ижевский С.С. Жуки-ксилофаги – вредители древесных растений России. М.: Лесная промышленность, 2005. 120 с.

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.

Усольцев В.А., Цепордей И.С. Пространственно-временное замещение в экологии и проблема адаптации растений в условиях изменения климата // Леса России и хозяйство в них. 2021. № 4. С. 4–39. DOI: 10.51318/FRET.2021.55.23.001.

Шорохова Е.В., Каница Е.А. Пути и скорость биогенного ксилолиза в таежных лесах // Теоретические и прикладные аспекты лесного почвоведения: сб. матер. VII Всерос. науч. конф. по лесному почвоведению с межд. уч. Петрозаводск, 2017. С. 118–121.

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

Edible and Medicinal Mushrooms Technology and Applications / ed. by D. C. Zied, A. Pardo-Giménez. Oxford: John Wiley & Sons Ltd, 2017. 586 p.

Ehnström B., Axelsson R. Insektsnag I Bark Och Ved. Uppsala: SLU Artdatabanken, 2002. 512 p.

Filipiak M. Nutrient Dynamics in Decomposing Dead Wood in the Context of Wood Eater Requirements: The Ecological Stoichiometry of Saproxylophagous Insects // Saproxylic Insects. 2018. P. 429–469.

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

Jacobsen R.M., Kauserud H., Sverdrup-Thygesen A., Bjorbækmo M.M., Birkemoe T. Wood-inhabiting insects can function as targeted vectors for decomposer fungi // Fungal Ecol. 2017. Vol. 29. P. 76–84.

Lunde L.F., Boddy L., Sverdrup-Thygeson A., Jacobsen R.M., Kauserud H., Birkemoe T. Beetles provide directed dispersal of viable spores of a keystone wood decay fungus // *Fungal ecology*. 2023. Vol. 63(2023). P. 101–232. DOI: 10.1016/j.funeco.2023.101232.

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

Rodrigues A., Johnson A.J., Joseph R.A., Li Y., Keyhani N.O., Stanley E.L., Weiss B., Kaltenpoth M., Smith M.E., Hulcr J. Fungal symbiont community and absence of detectable mycangia in invasive *Euplatypus ambrosia* beetles // *Symbiosis*. 2023. Vol. 90. P. 305–319. DOI:10.1007/s13199-023-00938-4.

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

Ryvarden L., Gilbertson R.L. European polypores. Part 2. Meripilus Tyromyces // *Synopsis Fungorum*. 1994. Vol. 7. P. 388–743.

Seibold S., Müller J., Baldrian P., Cadotte M.W., Štursova M., Biedermann P.H., Krah F. S. C. Bässler Fungi associated with beetles dispersing from dead wood – Let's take the beetle bus! // *Fungal Ecol*. 2019. Vol. 39. P. 100–108.

Skelton J., Jusino M.A., Carlson P.S., Smith K., Banik M.T., Lindner D.L., Palmer J.M., Hulcr J. Relationships among wood-boring beetles, fungi, and the decomposition of forest biomass // *Molecular Ecology*. 2019. Vol. 28(22). P. 1–16. DOI: 10.1111/mec.15263.

Stokland J.N., Siitonen J., Jonsson B.G. Biodiversity in dead wood. Cambridge, UK: University Printing House, 2012. 449 p. DOI:10.1017/CBO9781139025843.

Ulyshen M.D. Saproxylis Insects. Diversity, Ecology and Conservation. Hamburg: Springer, 2018. 904 p.

Valacich J.S., George J.F. Modern Systems Analysis and Design. Harlow, UK: Pearson, 2021. 528 p.

Vega F.E., Blackwell M. Insect-Fungal Association. Ecology and Evolution. N.-Y.: Oxford University Press, 2005. 310 p.

Zabel R.A., Morrell J.J., Robinson S. Wood Microbiology. Decay and Its Prevention. L.: ELSEVIER Academicals Press, 2020. 556 p.

References

Blagoveshchenskaya E.Yu. Mikologicheskie issledovaniya: Osnovy laboratornoj tekhniki. Moscow: LENAND, 2021. 90 p. (In Russ.)

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

Bondartseva M.A., Parmasto E.H. Opredelitel' gribov SSSR: Poryadok afilloforovye. Vyp. 1. Leningrad: Nauka, 1986. 192 p. (In Russ.)

Bondartseva M.A. Opredelitel' gribov Rossii. Poryadok afilloforovye. Iss. 2. St. Petersburg: Nauka, 1998. 391 p. (In Russ.)

Davydkina T.A. Stereumovye griby Sovetskogo Soyuza. Leningrad: Nauka, 1980. 143 p. (In Russ.)

Denisova N.B., Nikitin V.F. Vidovoj sostav i dinamika razvitiya zhestkokrylyh-ksilobiontov Yaltinskogo gorno-lesnogo prirodnogo zapovednika. *Vestnik KrasGAU. Biologicheskie nauki*, 2018, no. 1, pp. 164–168. (In Russ.)

Edible and Medicinal Mushrooms Technology and Applications / ed. by D.C. Zied, A. Pardo-Giménez. Oxford: John Wiley & Sons Ltd, 2017. 586 p.

Ehnström B., Axelsson R. Insektsnag I Bark Och Ved. Uppsala: SLU Artdatabanken, 2002. 512 p.

Filipiak M. Nutrient Dynamics in Decomposing Dead Wood in the Context of Wood Eater Requirements: The Ecological Stoichiometry of Saproxylophagous Insects. *Saproxylic Insects*, 2018, pp. 429–469.

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

Ivojlov A.V., Bol'shakov S.Yu., Silaeva T.B. Izuchenie vidovogo raznoobraziya makromicetov. Saransk: Izd-vo Mordov. Un-ta, 2017. 160 p. (In Russ.)

Izhevskij S.S., Nikitskij N.B., Volkov O.G., Dolgin M.M. Illyustrirovannyj spravochnik zhukov-ksilofagov – vreditel'j lesa i lesomaterialov Rossijskoj Federacii. Tula: Grif i K, 2005. 220 p.

Jacobsen R.M., Kauserud H., Sverdrup-Thygeson A., Bjorbækmo M.M., Birkemoe T. Wood-inhabiting insects can function as targeted vectors for decomposer fungi. *Fungal Ecol.*, 2017, vol. 29, pp. 76–84.

Krasuckij B.V. Kratkij atlas nekotoryh ksilofil'nyh gribov Chelyabinskoj oblasti. Chelyabinsk: Izd-vo ChelGU, 2021. 192 p. (In Russ.)

Lunde L.F., Boddy L., Sverdrup-Thygeson A., Jacobsen R.M., Kauserud H., Birkemoe T. Beetles provide directed dispersal of viable spores of a keystone wood decay fungus. *Fungal ecology*, 2023, vol. 63(2023), pp. 101–232. DOI: 10.1016/j.funeco.2023.101232.

Metody monitoringa vreditel'j i boleznej lesa / pod red. V. K. Tuzova. Moscow: VNIILM, 2004. 200 p. (In Russ.)

Mozolevskaya E.G., Kataev O.A., Sokolova E.S. Metody lesopatologicheskogo obsledovaniya ochagov stvolovyx vreditel'j i boleznej lesa. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1984. 152 p. (In Russ.)

Neklyayev S.E., Larina G.E., Seraya L.G. Sukcessionnye izmeneniya afilloforovyh makromicetov na raznyh etapah ksiloliza hvoynyh porod. *Agrarnaya nauka*, 2024, no. 387(10), pp. 145–153. DOI:10.32634/0869-8155-2024-387-10-145-153. (In Russ.)

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

Nikitskij N.B., Izhevskij S.S. Zhuki-ksilofagi – vrediteli drevesnyh rastenij Rossii. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 2005. 120 p. (In Russ.)

Rodrigues A., Johnson A.J., Joseph R.A., Li Y., Keyhani N.O., Stanley E.L., Weiss B., Kaltenpoth M., Smith M.E., Hulcr J. Fungal symbiont community and absence of detectable mycangia in invasive *Euplatypus ambrosia* beetles. *Symbiosis*, 2023, vol. 90, pp. 305–319. DOI:10.1007/s13199-023-00938-4.

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

Ryvarden L., Gilbertson R.L. European polypores. Part 2. Meripilus–Tyromyces. *Synopsis Fungorum*, 1994, vol. 7, pp. 388–743.

Seibold S., Müller J., Baldrian P., Cadotte M.W., Štursova M., Biedermann P.H., Krah F.–S. C. Bässler Fungi associated with beetles dispersing from dead wood – Let's take the beetle bus! *Fungal Ecol.*, 2019, vol. 39, pp. 100–108.

Shorohova E.V., Kapitsa E.A. Puti i skorost' biogennogo ksiloliza v taezhnyh lesah. *Teoreticheskie i prikladnye aspekty lesnogo pochvovedeniya*: sb. mater. VII Vseros. nauch. konf. po lesnomu pochvovedeniyu s mezhd. uch. Petrozavodsk, 2017, pp. 118–121. (In Russ.)

Skelton J., Jusino M.A., Carlson P.S., Smith K., Banik M.T., Lindner D.L., Palmer J.M., Hulcr J. Relationships among wood-boring beetles, fungi, and the decomposition of forest biomass. *Molecular Ecology*, 2019, vol. 28(22), pp. 1–16. DOI: 10.1111/mec.15263.

Stokland J.N., Siitonen J., Jonsson B. G. Biodiversity in dead wood. Cambridge, UK: University Printing House, 2012. 449 p. DOI:10.1017/CBO9781139025843.

Storozhenko V.G., Krutov V.I., Ruokolainen A.V., Kotkova V.M., Bondartseva M.A. Atlas-opredelitel' derevorazrushayushchih gribov Russkoj ravniny. Moscow: KMK, 2014. 198 p. (In Russ.)

Ulyshen M.D. Saproxyle Insects. Diversity, Ecology and Conservation. Hamburg: Springer, 2018. 904 p.

Usol'tsev V.A., Tsepordey I.S. Prostranstvenno-vremennoe zameshchenie v ekologii i problema adaptatsii rasteniy v usloviyakh izmeneniya klimata. *Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh*, 2021, no. 4, pp. 4–39. DOI: 10.51318/FRET.2021.55.23.001. (In Russ.)

Valacich J.S., George J.F. Modern Systems Analysis and Design. Harlow, UK: Pearson, 2021. 528 p.

Vega F.E., Blackwell M. Insect-Fungal Association. Ecology and Evolution. N.-Y.: Oxford University Press, 2005. 310 p.

Zabel R.A., Morrell J.J., Robinson S. Wood Microbiology. Decay and Its Prevention. London: ELSEVIER Academic Press, 2020. 556 p.

Zmitrovich I.V. Opredelitel' gribov Rossii. Poryadok afilloforovye. Vyp. 3. Semejstva ateliyevye i amilokorticiyevye. Moscow; St. Petersburg: Tov-vo nauch. izdaniy KMK, 2008. 278 p. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 24.02.2025

Некляев С.Э., Ларина Г.Е. Особенности воздействия комплекса сапроксильных насекомых в процессе микогенного ксилолиза валежной древесины и полениц из ели и сосны // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 254. С. 185–211. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.254.185-211

Процесс ксилолиза древесины особенно важен на местах санитарно-оздоровительных мероприятий. Мы считаем, что утилизация природоподобными приемами порубочных остатков, валежника, полениц в значительной степени связана с деятельностью ассоциативных организмов – ксилотрофных макромицетов и беспозвоночных. Исследования были проведены в 2015–2024 гг. в местах уборки неликвидной древесины на 1270 модельных поленицах и 332 модельных деревьях ели европейской и сосны обыкновенной. Также было совокупно исследовано 5166 образцов древесины и 4479 особей сапроксилов. Функциональное воздействие ряда семейств сапроксильных насекомых заключается в ускорении механического разрушения древесины. В ходе исследований установлено, что на ранних стадиях доминируют представители подсемейства Scolytinae, семейства Buprestidae и рода *Pissodes*, затем к ним присоединяются насекомые из семейств Siricidae и Cerambycidae. Вторично увлажненную древесину осваивают представители семейств Anobiidae и Cerambycidae триб Hylotruperini и Callidiini. В результате удалось определить индикаторные виды сапроксильных насекомых по сохранности личиночных ходов по стадиям ксилолиза. Сохранность личиночных ходов на IV–VI стадиях зависит от интенсивности развития гнили и положения ствола и идентифицируется по сохранившимся фрагментам и летным отверстиям. Данные математического анализа показали существенную прямую связь между перфорацией стволов личиночными ходами сапроксильными насекомыми родов *Anthaxia*, *Phaenops*, *Acanthocinus*, *Callidium*, *Rhagium*, *Tetropium*, *Trypodendron* и ростом мицелия ксилотрофных макромицетов рода *Fomitopsis*, *Rhodofomes*, *Trichaptum*, *Gloeophyllum* ($r = 0,7–0,96$, $P \leq 0,05$), а также между *Trypodendron*, *Anobium*, *Chalcophora*, *Tetropium*, *Arhopalus*, *Hylotrupes*, *Monochamus*, *Spondylis*, *Sirex*, *Urocerus* и *Coniophora*, *Neorantrodia*, *Pycnoporellus*, *Skeletocutis*, *Antrodia*, *Fuscopostia*, *Incrustoporia*, *Rigidoporus* ($r = 0,7–0,99$, $P \leq 0,05$). Наши многолетние данные подтверждают взаимодействие по типу зоохории между насекомыми и грибами в процессе разрушения древесины хвойных пород на месте их гибели. В изменившихся условиях на поленицах не выявлено поселение сапроксильных насекомых. Полученные результаты имеют важное практическое значение для природоподобного контролируемого и направленного развития процессов гумификации древесины на местах проведения санитарно-оздоровительных мероприятий с сохранением биоразнообразия в детритных (цепях разложения) пищевых цепях и повышением устойчивости природных экосистем.

Ключевые слова: ксилолиз, сапроксильные насекомые, древесина, ксилотрофные базидиомицеты, урбанизированные территории, природоподобная технология, биоразнообразие, детритные (цепи разложения) пищевые цепи.

Nekliaev S.E., Larina G.E. Features of the effect of the saproxylic insect complex in the process of mycogenic xylolysis of dead wood and woodpiles from spruce and pine. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2025, iss. 254, pp. 185–211 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.254.185-211

The process of wood xylolysis is especially important at the sites of sanitary and health measures. We believe that the utilization of felling residues, dead wood, and woodpiles by nature-like methods is largely related to the activity of associative organisms – xylotrophic macromycetes and invertebrates. The studies were conducted in 2015–2024 in illiquid wood harvesting sites on 1,270 model woodpiles and 332 model trees of European spruce and Scots pine. Total of 5,166 wood samples and 4,479 saproxylus individuals were studied. The functional effect of a number of families of saproxylic insects is to accelerate the mechanical destruction of wood. In the course of research, it was found that in the early stages representatives of the subfamily Scolytinae, the family Buprestidae and the genus *Pissodes* dominate, then insects from the families Siricidae and Cerambycidae join them. The re-moistened wood is used by representatives of the Anobiidae and Cerambycidae families of the Hylotruperini and Callidiini tribes. As a result, it was possible to identify the indicator species of saproxylic insects by the preservation of larval galleries by stages of xylolysis. The preservation of larval galleries in stages IV–VI depends on the intensity of rot development and the position of the trunk and is identified by preserved fragments and flight holes. Mathematical analysis data showed a significant direct relationship between trunk perforation by larval galleries of saproxylic insects of the genus *Anthaxia*, *Phaenops*, *Acanthocinus*, *Callidium*, *Rhagium*, *Tetropium*, *Trypodendron* and mycelium growth of xylophilic macromycetes of the genus *Fomitopsis*, *Rhodofomes*, *Trichaptum*, *Gloeophyllum* ($r = 0.7–0.96$, $P \leq 0.05$), as well as between *Trypodendron*, *Anobium*, *Chalcophora*, *Tetropium*, *Arhopalus*, *Hylotrupes*, *Monochamus*, *Spondylis*, *Sirex*, *Urocerus* and *Coniophora*, *Neonantrodia*, *Pycnoporellus*, *Skeletocutis*, *Antrodia*, *Fuscopostia*, *Incrustoporia*, *Rigidoporus* ($r = 0.7–0.99$, $P \leq 0.05$). Our long-term data confirm the interaction of the type of zoochory between insects and fungi in the process of destruction of coniferous wood at the site of their death. Under the changed conditions, no saproxylic insect settlement was detected on the woodpiles. The results obtained are of great practical importance for the nature-like controlled and directed development of wood humification processes at sites of sanitary and health measures, while preserving biodiversity in detritus (decomposition chains) food chains and increasing the stability of natural ecosystems.

Keywords: xylolysis, wood, saproxylic insects, xylophilic basidiomycetes urbanized territories, nature-like technology, biodiversity, detritus (decomposition chains) food chains.

НЕКЛЯЕВ Святослав Эдуардович – заведующий лабораторией диагностики вредных организмов отдела патологии декоративных и садовых культур Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии, кандидат сельскохозяйственных наук;

143050, ул. Институт, владение 5, р.п. Большие Вяземы, Одинцовский район, Московская область, Россия;

заведующий лабораторией лесной фитопатологии и защиты древесины отдела защиты леса – Центра приоритетных биотехнологий в защите леса Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства. ORCID: 0000-0002-4050-3564. SPIN-код: 1940-6377. AuthorID: 394048.

141202, ул. Институтская, д. 15, г. Пушкино, Московская область, Россия. E-mail: slava9167748107@yandex.ru

NEKLIAEV Svyatoslav E. – PhD (Agriculture), Head of the Laboratory of the Diagnosis of Harmful Organisms the Department of Pathology of Ornamental and Garden Crops All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology;

143050. Institute str. 5. Bolshye Vyazemy. Odintsovo district. Moscow region. Russia;

Head of the Laboratory of Forest Phytopathology and Wood Protection of the Forest Protection Department – Center for Priority Biotechnologies in Forest Protection, All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry. ORCID: 0000-0002-4050-3564. SPIN-code: 1940-6377. AuthorID: 394048.

141202. Institutsкая str. 15. Pushkino. Moscow region. Russia. E-mail: slava9167748107@yandex.ru

ЛАРИНА Галина Евгеньевна – заведующий лабораторией экспериментальных методов исследований Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии, доктор биологических наук, профессор. ORCID: 0000-0002-3248-1991. SPIN-код: 8268-7572. AuthorID: 157983. WoS ResearcherID: A-9131-2017. Scopus AuthorID: 8697257900.

143050, ул. Институт, владение 5, р.п. Большие Вяземы, Одинцовский район, Московская область, Россия. E-mail: larina.galina2014@gmail.com

LARINA Galina E. – DSc (Biological), Professor, Head of the Laboratory of Experimental Research Methods, All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology. ORCID: 0000-0002-3248-1991. SPIN-code: 8268-7572. AuthorID: 157983. WoS ResearcherID: A-9131-2017. Scopus AuthorID: 8697257900.

143050. Institute str. 5. Bolshye Vyazemy. Odintsovo district. Moscow region. Russia. E-mail: larina.galina2014@gmail.com