

На правах рукописи

Хегай Иван Валерьевич

**Биологические основы применения энтомофагов для защиты ели
от короеда-типографа в центральной части
зоны хвойно-широколиственных лесов европейской России**

**Шифр и наименование специальности
06.01.07 – Защита растений**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Санкт-Петербург – 2019

Работа выполнена на кафедре сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева и в отделе защиты леса «Центр приоритетных биотехнологий в защите леса» ФБУ Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства.

Научный
руководитель: Гниненко Юрий Иванович
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства ФГБОУ ВО Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева

Официальные
оппоненты: Селиховкин Андрей Витимович
доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой защиты леса, древесиноведения и охотоведения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

Козлова Екатерина Геннадьевна
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологической защиты ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений

Ведущая
организация: ФГБОУ ВО Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Защита состоится «31» октября 2019 года в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 006.015.01 на базе Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений по адресу: 196608, Санкт-Петербург-Пушкин, шоссе Подбельского, д. 3, факс (812)470-51-10, e-mail: info@vizr.spb.ru

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений и на сайте www.vizrspb.ru

Автореферат разослан «_____» _____ 20__ года

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор биологических наук

Гусева Ольга Геннадьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации

Последние вспышки массового размножения короеда-типографа *Ips typographus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) в еловых лесах европейской части России нанесли огромный ущерб лесам. Из-за повреждений, вызванных этим ксилофагом, погибли старые ельники на площади в несколько миллионов гектаров в Архангельской области и на площади более 100 тыс. га в Московской и соседних областях. Это делает крайне важным разработку современных мер защиты ели от короеда-типографа, которые позволили бы предотвратить возникновение и развитие вспышек его массового размножения.

Разработка системы защиты ели от короеда-типографа должна строиться на безусловном приоритете применения биологических средств защиты леса в условиях динамических изменений экологической устойчивости ельников. Решение этих задач в полной мере соответствует реализации основ государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ от 18 декабря 2012 г. № 2423-р), что подтверждает актуальность темы исследования.

Решение проблемы экологической устойчивости еловых древостоев требует разработки подходов, которые позволили бы наиболее полно использовать преимущества биологических мер защиты на основе системы лесоводственных мероприятий, обеспечивающих сохранность и повышение устойчивости лесов.

Степень разработанности темы исследования.

В мире имеется опыт использования энтомофагов для уничтожения очагов стволовых вредителей. Наиболее ярким положительным опытом является успешное сохранение ели в Боржомском ущелье в 70 гг. XX века. На основе этого метода созданы собственные методики применения ряда энтомофагов в Турции, Китае, Чехии, Бельгии и в ряде других стран.

Видовой состав энтомофагов короеда-типографа изучен довольно полно (Харитонов, 1972; Матусевич, 1994; Никитский и др., 2005; Маслов, 2010). Однако, выявленные энтомофаги не проходили проверку на технологичность их

разведения в условиях биолaborаторий. Кроме того, остается открытым вопрос о том, в каких лесах их следует применять в первую очередь. Среди специалистов защиты леса утвердилось мнение, что применять энтомофагов во всех еловых лесах невозможно или крайне дорого. Однако, имеющийся зарубежный опыт показывает, что можно предотвратить образование очагов стволовых вредителей ели на территории нескольких провинций, а не только в конкретных лесных участках (Meydan et al., 2005).

Целью работы является разработка биологических основ применения энтомофагов для защиты ели от короеда-типографа в центральной части зоны хвойно-широколиственных лесов европейской России. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Изучить видовой состав и структуру комплекса энтомофагов короеда-типографа в центральной части зоны хвойно-широколиственных лесов европейской России.

2. Проанализировать выявленных энтомофагов как возможных агентов биологической защиты.

3. Разработать технологию мелкосерийного производства наиболее технологичных и эффективных энтомофагов и сформулировать предложения по их использованию в биологической защите формирования очагов короеда-типографа.

4. Установить возрастные рамки ельников, в которых возможно успешное применение энтомофагов в системе защиты леса, используя результаты анализа проведения санитарных рубок.

5. Определить возможность использования внутривидового инъектирования для защиты леса от короеда-типографа.

Научная новизна работы состоит в том, что:

- проведен анализ структуры комплекса энтомофагов короеда-типографа, установлены наиболее значимые энтомофаги и изучена сезонная динамика их численности в условиях изменения устойчивости еловых насаждений;

- впервые в России разработана технология мелкосерийного производства энтомофагов из родов *Thanasimus* и *Rhizophagus* и их применения в системе защиты елового древостоя от короеда-типографа.

- предложена методика оценки перспективности применения хищных и паразитических энтомофагов, выявленных при изучении фауны энтомофагов короеда-типографа в центральной части зоны хвойно-широколиственных лесов европейской России.

Практическая значимость работы заключается в том, что на основе проведенных исследований:

1. Разработана научно-обоснованная система профилактики формирования очагов короеда-типографа.

2. Разработана технология мелкосерийного производства нескольких хищных энтомофагов и определены принципы их использования для профилактики развития очагов короеда-типографа.

3. Разработана система комплексных мер для защиты еловых древостоев от короеда-типографа.

4. На основе предложенной методики определены наиболее перспективные энтомофаги короеда-типографа, которые могут быть использованы для разведения в биологической лаборатории и применения их в защищаемые участки леса.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Состав комплекса энтомофагов в очагах массового размножения короеда-типографа в центральной части зоны хвойно-широколиственных лесов европейской России и оценка перспективности хищников и паразитоидов в качестве возможных агентов биологической защиты леса.

2. Технология производства энтомофагов из родов *Thanasimus* и *Rhizophagus*, принципы их использования для профилактики развития очагов короеда-типографа.

3. Возрастные рамки ельников, в которых возможно успешное применение энтомофагов для защиты леса.

4. Методика оценки возможности использования энтомофагов для разведения в условиях контролируемой среды.

Апробация работы.

Основные результаты исследований были представлены на: Международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 170 летию со дня рождения К.А. Тимирязева, г. Москва, РГАУ-МСХА, 2013; международной научной конференции «VII Чтение памяти О.А. Катаева», г. Санкт-Петербург, 2013; ежегодной научной конференции профессорско-преподавательского состава МГУЛ, г. Мытищи, 2013, 2014, 2015; международной научной конференции «Защита растений для экологической устойчивости агробиocenозов», Казахстан, г. Алматы, 2014; Международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной созданию объединенного аграрного вуза в Москве, г. Москва, РГАУ-МСХА, 2014; VII Конгрессе по защите растений, Сербия, Златибор, 2014; международной научной конференции «Вопросы организации борьбы с опасными вредителями древесных растений на урбанизированных территориях», г. Пушкино, ВНИИЛМ, 2014; VIII Московском международном конгрессе «Биотехнология: состояние и перспективы развития», г. Москва, 2015; международной научной конференции «Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике», Красноярск, 2016; VII Научной практической конференции по актуальным экологическим проблемам Московского региона, Москва, 2017.

Основные положения диссертации нашли отражение в 15 опубликованных работах, в том числе в 2-х изданиях, рекомендованных ВАК, в двух брошюрах и одном патенте на изобретение.

Личное участие автора заключается в самостоятельном проведении всех полевых работ, сборе и идентификации энтомофагов, выявлении наиболее значимых энтомофагов, разработке технологии лабораторного разведения *Thanasimus* spp. и *Rhizophagus* sp.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав (описание объектов и методов исследования, изложение получен-

ных результатов и их обсуждение), заключения и списка цитируемой литературы (167 наименований, в том числе 56 на иностранных языках). Она изложена на 131 странице машинописного текста, содержит 43 таблицы, 26 рисунков и 2 приложения.

Благодарности. Искренне благодарен своему научному руководителю Гниненко Юрию Ивановичу за внимание, поддержку и критические замечания по работе с диссертацией. Благодарен всему отделу защиты леса ФБУ ВНИИЛМ за неоценимую помощь в исследованиях и поддержку в работе. Особенно благодарен академику, профессору, зав. кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Н.Н. Дубенку и доктору сельскохозяйственных наук, профессору, В.К. Хлюстову, а также всему профессорско-преподавательскому составу этой кафедры за помощь и ценные советы в написании диссертации. Выражаю особую благодарность С.А. Белокобыльскому ФГБУН Зоологический институт РАН и В.В. Костюкову ФГБНУ ВНИИБЗР за определение паразитоидных энтомофагов. Благодарен ФБУ ВНИИКР и ВНИИСХЗР за предоставленные феромонные диспенсеры короеда-типографа. Особенно благодарен Л.Г. Серой и коллективу Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина за помощь в исследованиях. Благодарен фирмам ООО «Може продукт дистрибьютор» и ООО НБЦ «Фармбиомед» за предоставленные инъекционные препараты.

Глава 1. Вспышки короеда-типографа (литературный обзор)

Короед-типограф (*Ips typographus* L.) является естественным обитателем еловых лесов в Палеарктике. Вспышки его массового размножения прослежены в Европе с XIV века (Skuhrauvý, 2002) и в России с XIX века (Маслов, 2010).

В течение длительного периода времени усыхание ели в центральной части России всегда было связано с развитием вспышек массового размножения короеда-типографа, которые охватывали огромную территорию от Белоруссии до Средней Волги. Первое упоминание массового усыхания ели в европейской части России относится к 1881-1883 гг., когда произошла вспышка массового размножения короеда-типографа (Любомирский, 1882; Турский, 1884; Шевырёв, 1888;

Шевырёв, 1910; Астафьев, 1893; Zolk, 1932). С этого момента данным вопросом занимались многие энтомологи (Астафьев, 1893; Харитонов, 1924; Катаев, 1952; Skuhrauvý, 2002; Маслов, 2010 и другие).

Короед-типограф в естественных условиях выполняет роль фактора, способствующего смене поколений елового леса. Он приводит к гибели старых ельников подчас на больших площадях, что всегда ведет к формированию молодых еловых лесов. Но такая гибель в большинстве случаев неприемлема для людей в связи с большими ресурсными потерями.

Глава 2. Материал и методика исследований

Исследования проведены в еловых лесах Московского региона в 2012-2016 гг., в которых в течение 2010-2014 гг. действовали очаги массового размножения короеда-типографа и происходило усыхание заселенных им лесов.

Сбор и учет насекомых осуществлялся по общепринятым методикам (Мозолевская и др., 1984, 2010; Горностаев, 1970; Дьяков, 1996; Фурсов, 2003; Маслов, 2006, 2010; Дедюхин, 2011).

При оценке перспективности разведения энтомофагов мы использовали принцип балльной оценки свойств насекомых, разработанный А.Д. Орлинским для проведения анализа фитосанитарного риска инвазивных организмов (Орлинский, 2002).

Глава 3. Комплекс энтомофагов в очагах массового размножения короеда-типографа

Всего собраны энтомофаги из 5 отрядов: Coleoptera, Hymenoptera, Diptera, Hemiptera, Raphidioptera, в том числе из 13 семейств, 22 родов, 27 видов. Паразитоиды представлены 9 видами из отряда Hymenoptera, хищники – 18 видами, из отряда Coleoptera – 11 видами, Diptera – 3 видами, Heteroptera – 3 видами, Raphidioptera – 1 видом.

За 2013 год было собрано 1609 экземпляров энтомофагов. В 2014 г. было собрано 662 экземпляра из тех же 4 отрядов, кроме Raphidioptera, что подтверждает результат прошлого года.

Нами предпринята попытка оценить перспективность энтомофагов с учетом разных сторон их биологии и возможности разведения в условиях биологической лаборатории. Для этого мы использовали балльную оценку разных биологических и технологических особенностей выявленных наиболее многочисленных видов энтомофагов.

Первоначально проводится подготовительный этап, где следует установить основные таксономические характеристики энтомофагов.

Следующий этап – количественная оценка энтомофага, которая делится на «оценку биологических особенностей вида» и «оценку возможности лабораторного разведения энтомофага». На данном этапе анализа необходимо оценить основные биологические особенности энтомофага, которые окажут наибольшее влияние на успешность его лабораторного разведения, а также оценивается возможность его разведения в условиях контролируемой среды, возможность хранения особей перед выпуском и ряд других показателей.

Количественную характеристику особенностей биологии определяли по формуле:

$$ОБ = \frac{(К \times Б)}{\Sigma К}$$

где - ОБ - Особенности биологии

К - Коэффициент вопроса

Б - Оценка в баллах

Особое значение, на наш взгляд, при разработке технологии разведения энтомофага является наличие работающих технологий, ранее разработанных другими исследователями, а также наличие технологий применения исследуемого энтомофага. «Технологичность» энтомофага оценивали по формуле:

$$ТЭ = \frac{(К \times Б)}{\Sigma К}$$

где - ТЭ - Технологичность энтомофага

К - Коэффициент вопроса

Б - Оценка в баллах

После проведения этих оценок необходимо провести итоговую количественную оценку энтомофага:

Потенциальная перспективность энтомофага (ПП) рассчитывается по формуле: $ПП = \frac{(ОБ \times ТЭ)}{100}$

Для минимизации субъективности балльная оценка проведена четырьмя экспертами, работающими в данной сфере, и по результатам их оценки рассчитан средний коэффициент перспективности (таблица 1).

Таблица 1. Суммарные экспертные оценки перспективности энтомофагов короеда-типографа

Вид энтомофага	Потенциальная перспективность энтомофагов по оценкам экспертов				Итоговая, средняя оценка, коэффициент Q	Хегай И.В.
	Гниненко Ю.И.	Чилахсаева Е.А.	Сергеева Ю.А.	Комарова И.А.		
<i>Coeloides bostrichorum</i> Gir.	0.10	0.06	0.09	0.06	0.08	0.06
<i>Roptrocerus xylophagorum</i> Ratz.	0.06	0.06	0.12	0.08	0.08	0.07
<i>Tomicobia seitneri</i> Rusch.	0.03	0.06	0.13	0.04	0.07	0.04
<i>Rhizophagus depressus</i> F.	0.31	0.44	0.35	0.33	0.36	0.29
<i>Thanasimus femoralis</i> Zett.	0.59	0.53	0.55	0.63	0.57	0.63
<i>Thanasimus formicarius</i> L.	0.59	0.53	0.55	0.63	0.57	0.63

Проведенная оценка перспективности показала, что наибольшее число баллов набрали два вида муравьежуков: *T. femoralis* и *T. formicarius*. Именно эти хищники оказались не только наиболее многочисленными в природных условиях Подмосковья, но и неоднократно использовались в качестве агентов биологической защиты в ряде стран.

Глава 4. Лабораторное разведение хищных энтомофагов короеда-типографа

В 2014 году проведены сборы перезимовавших имаго муравьежука в феромонные ловушки с вертинолом, установленные в нескольких очагах короеда-типографа (таблица 2).

Таблица 2. Выловы перезимовавших имаго муравьежука на феромонные ловушки с вертинолом

Место сбора	Число выловленный жуков, экз.	
	Короед-типограф	Муравьежук
Пушкинский район, Пушкинское лесничество	1500	38
п. Быково	500	374

Проведенные выловы показывают, что число прилетающих в ловушки взрослых особей муравьежуков в течение нескольких дней активного весеннего лёта позволяют в короткое время иметь необходимое количество энтомофагов, которое позволит начать их лабораторное разведение.

На начальном этапе искусственного разведения муравьежука так же возможно использовать его перезимовавших личинок (таблица 3).

Таблица 3. Сборы личинок муравьежука на стволах ели

Место сбора	Число собранных личинок, экз.	
	2014 г.	2015 г.
Пушкинское лесничество	174	44
Пушкинский район, Дачный потребительский кооператив «Моспроектовец»	202	2
Москва, Битцевский парк	238	-
Пироговский лесопарк, п. Юдино	-	80
Итого	614	126

В течение всего периода выращивания личинок содержали в климокамере типа MLR-352 с постоянным температурным режимом +25°C, влажностью 70% и световым суточным режимом 15 часов до получения взрослых особей. В качестве корма личинкам муравьежука давали личинок мух *Sarcophagidae* (опарыш).

Собранные в природе в 2014 г. личинки развивались в лабораторных условиях до окукливания от 6 до 100 дней, в среднем – 27,0±0,5 дня. Развитие куколки продолжалось от 5 до 38 дней, в среднем – 15,0±0,2 дня. Из 535 куколок было получено 520 взрослых особей муравьежука (97,2%), остальные погибли на стадии куколки. Всего в 2014 г. из общего числа 614 личинок, доставленных в лабораторию, было получено 520 имаго муравьежука, или 84,7%.

Собранные в 2015 г. личинки до окукливания развивались от 11 до 115 дней, в среднем 59,0±0,8 дня. Из 126 личинок окуклилось 114 экз., или 90,5%, куколки развивались от 4 до 21 дней (в среднем 13,5±0,2 дня). Из общего числа 114 куколок было получено 104 имаго (91,2%). Всего же в 2015 г. из общего числа выловленных в природе 126 личинок было получено 104 взрослых особи муравьежука (82,5%).

Проведенные исследования позволили сформулировать следующие основные принципы технологической схемы лабораторного (мелкосерийного) производства хищных энтомофагов (Рисунок 1):

- отказ от круглогодичного разведения энтомофагов в лаборатории и использование ежегодного сбора необходимого числа перезимовавших особей;
- выращивание в лаборатории хищных энтомофагов с целью получения необходимого для выпуска количества особей;
- хранение выращенных особей до времени их выпуска.



Рисунок 1 – Технологическая схема мелкосерийного производства хищных энтомофагов короеда-типографа

Принятые нами технологические решения позволили разработать технологии разведения муравьежуков рода *Thanasimus* и долготелок рода *Rhizophagus*, которые, по сути, являются единой технологией получения хищных энтомофагов в условиях их мелкосерийного производства в биологических лабораториях, различающихся лишь элементами, связанными с биологическими особенностями энтомофагов. Технология разведения муравьежука защищена патентом Российской Федерации (RU2639524 C1) от 21.12.2017 г.

Для защиты от короеда-типографа в еловые древостои Битцевского лесопарка г. Москвы площадью 10 га в сентябре 2014 г. было выпущено 441 взрослая особь муравьежука.

В октябре 2015 г. в опытном и контрольном участках проведены учеты численности кородея-типографа и определены некоторые его популяционные характеристики. Полученные данные показывают, что выпуск муравьежука привел к увеличению доли погибших личинок кородея-типографа в Бицевском парке (таблица 4).

Таблица 4. Популяционные характеристики кородея-типографа в 2015 г.

Число учетных маточных ходов, шт.	Средняя длина маточного хода, см	Среднее число личиночных ходов, отходящих от одного маточного хода, шт.	Среднее число личинок, полностью завершивших развитие, экз.	Доля личинок, полностью завершивших развитие, %
Контрольный участок, Пушкинское лесничество (г. Пушкино)				
43	6.51±0.46	14.67±0.83	2.28±0.16	15.54
Опытный участок, Битцевский лесопарк (г. Москва)				
19	8.57±0.61	11.40±0.89	1.27±0.11	11.14

Таким образом, в опытном участке Битцевского лесопарка выпуск муравьежука привел к уменьшению выживания личинок кородея-типографа в 1,39 раза по сравнению с контрольным участком.

Глава 5. Развитие вспышки массового размножения кородея-типографа в Московском регионе в 2010 – 2014 гг.

Ельники Московского региона находятся в зоне хвойно-широколиственных лесов, в которых неоднократно развивались усыхания ели. Анализ циклики усыхания ельников показывает, что за весь 123-летний период наблюдений с 1881 по 2014 гг. в области произошло шесть волн усыхания (черный квадрат) (таблица 5).

Таблица 5. Периоды массовых усыханий еловых лесов Московской области

Годы	1883 - 1885	1886 - 1889	1890 - 1893	1894 - 1920	1921 - 1925	1926 - 1937	1938 - 1943	1944 - 1998	1999 - 2003	2004 - 2009	2010 - 2014
Периоды усыхания	3		4		5		6		5		5
Периоды без массовых усыханий		4		7		12		55		6	

Время развития вспышки колебалось от 3 до 7 лет, составляя в среднем $4,67 \pm 0,6$ лет. Продолжительность межвспышечных периодов показывает высокий уровень нестабильности: их протяженность в течение этого периода колебались

от 3 до 55 лет. Наиболее протяженный 55-летний период отсутствия вспышек представляет особый интерес. На него пришлась как минимум одна чрезвычайно сильная засуха, поразившая леса региона – засуха 1972 года. Эта засуха привела к тому, что в лесах бушевали сильные пожары, но вспышка массового размножения короеда-типографа тогда не реализовалась.

Наиболее обширная потенциальная кормовая база (приспевающие и спелые древостой) короеда-типографа к началу вспышки 2010-2014 гг. находилась в Ленинградской, Кировской, Вологодской и Московской областях, и составляла более 40% от всей площади еловых лесов этих регионов. Увеличенная доля старовозрастных древостоев, то есть лесов в возрасте 80 лет и старше, создает повышенный запас потенциальной кормовой базы короеда-типографа.

Таким образом, обстановка в лесах региона, сложившаяся в 2010 г., обеспечила все три необходимые условия для начала вспышки массового размножения короеда-типографа: 1) в регионе имелась обширная потенциальная кормовая база в виде старых еловых древостоев, ослабленных ветром и засухой; 2) во многих лесах имелся повышенный запас ветровальной древесины; 3) высокий температурный фон 2010 г. обеспечил развитие двух поколений короеда-типографа в течение одного летнего сезона.

Для того, чтобы установить временной период, в течение которого ель нуждается в проведении мероприятий по профилактике формирования очагов короеда-типографа, нами проведен анализ причин назначения санитарных рубок в Московской области. Для этого были использованы данные московского управления лесами за 1996-1998 гг., когда в ельниках отсутствовали массовые очаги короеда-типографа.

Такой анализ показал, что наибольшее значение в ослаблении ельников играют два фактора: размножение *Ips typographus* и поражение деревьев корневой губкой (таблица 6).

Таблица 6. Основные причины назначения санитарных рубок в ельниках Московской области 1996-1998 гг.

Причины назначения рубок	Выборочные рубки, га	Сплошные рубки, га	Итого, га
Ветровал	228.0	839.7	1067.7

Повреждения дикими животными	888.8	1335.6	2224.4
Развитие корневой губки	2293.1	6189.0	8482.1
Повреждение короедом-типографом	2453.8	2400.1	4853.9
Рекреационная нагрузка	48.6	2.5	51.1
Ранее проведенные хоз. мероприятия	526.3	95.2	621.5

Санитарные рубки в ельниках проводят, начиная с 60 лет. До этого возраста в более молодых древостоях санитарные рубки проводят очень редко. Начиная с 60-летнего возраста, санрубки становятся обычным хозяйственным мероприятием в лесах (таблица 7).

Таблица 7. Назначения санитарных рубок по классам возраста в ельниках Московской области в 1996-1998 гг.

Класс возраста ели	Доля площадей, вырубленных в порядке проведения сплошных и выборочных санитарных рубок, %					
	Ветро- вал	Повреждения дикими жи- вотными	Развитие корневой губки	Повреждение короедом- типографом	Рекреа- ционные нагрузка	Ранее проведен- ные хоз. меро- приятия
Выборочные санитарные рубки						
I	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.8
II	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
III	0.0	16.4	4.0	1.6	0.0	2.9
IV	21.6	47.7	42.5	26.6	18.5	40.9
V	53.9	34.0	44.9	50.8	60.9	48.1
VI	24.5	1.9	8.1	20.8	20.6	7.0
VII	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0	0.3
Сплошные санитарные рубки						
I	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
II	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
III	0.0	0.8	0.2	0.1	0.0	0.0
IV	21.4	4.2	3.1	8.5	0.0	21.8
V	43.6	72.4	69.9	78.3	100.0	66.7
VI	33.4	22.6	26.1	13.1	0.0	11.4
VII	1.7	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0

В целом по Московской области наиболее важной деструктивной причиной, вызывающей ослабление ельников, является корневая губка. Это заболевание создает условия, когда в возрасте от 40-50 лет в ельниках начинают появляться погибшие деревья. Они являются естественной кормовой базой для стволовых вредителей. В результате совпадения ветровых воздействий и повышенной теплообеспеченности короед-типограф из хронических очагов корневой губки, получает возможность быстро освоить появившуюся кормовую базу и сформировать очаги массового размножения, в древостоях, начиная с возраста 60 лет.

Этот вывод хорошо иллюстрирует реальная хозяйственная деятельность в ельниках области. Так, если в ельниках IV класса возраста никакие рубки не проводят на 84,6% площади, то в ельниках VII класса возраста доля таких насаждений сокращается до 23,6% (Рисунок 2).

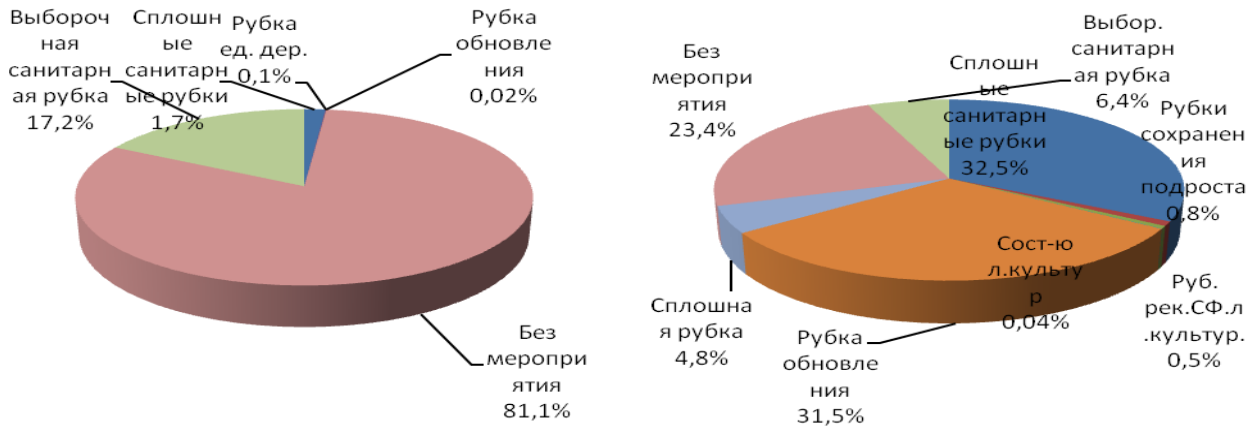


Рисунок 2 – Различные виды рубок в ельниках разного возраста (слева в возрасте 60-80 лет; справа – в возрасте 120-140 лет)

Важно отметить, что указываемые причины назначения санитарных рубок почти всегда подтверждают, что реальной причиной их назначения является заселение деревьев короедом-типографом.

Таким образом, естественное развитие ельников приводит к тому, что примерно в 50-60-летнем возрасте у ели начинаются процессы, которые приводят к постепенному уменьшению устойчивости древостоев. Основной причиной этого является развитие корневых гнилей, вызванных, прежде всего, корневой губкой. Именно эта болезнь, способствует тому, что развивается дисбаланс между корневой системой и кроной.

Решая вопрос, когда же следует применять энтомофагов с целью защиты ели, и, учитывая приведенную нами схему развития патологического процесса в ельниках, следует признать, что в ельниках моложе 50 лет это делать нет необходимости, так как ельники в подавляющем большинстве случаев самостоятельно справляются с угрозами. После 80-90-летнего возраста начинается распад еловых древостоев и спасти их с помощью выпусков энтомофагов короеда-типографа вряд ли удастся.

Следовательно, мы имеем возможность предотвратить преждевременную гибель ельников от короеда-типографа в возрастном промежутке между 50-60 и

80-90 годами. При этом следует проводить профилактические выпуски энтомофагов, не допуская появления большого количества усыхающих деревьев.

Возможные механизмы управления очагами массового размножения короеда-типографа.

Вспышки массового размножения короеда-типографа и связанные с этим массовые усыхания ели происходят на территории Московской области регулярно. Основной причиной этого является накопление в структуре еловых лесов старовозрастных древостоев, которые являются потенциальной кормовой базой стволовых вредителей. Спусковым воздействием, которое запускает процесс временного, чаще всего обратимого, ослабления старых ельников являются неблагоприятные для ели погодные условия (засухи, зимние морозы, сильные ветровые нагрузки и т.п.). Это приводит к формированию очагов усыхания ели, которые могут охватывать очень значительные территории.

Поэтому, при планировании ведения хозяйства в еловых лесах, прежде всего, надо принять решение о направлении его ведения. При этом надо учитывать, что вспышки численности короеда-типографа и связанное с этим усыхание ели являются естественными природными процессами. Если нужно свести к минимуму вмешательство человека в такие процессы, тогда возможно оставить стареющие еловые древостои без их вырубki. В этом случае старые древостои будут погибать, а их место займут длительно восстанавливающиеся со сменой пород еловые древостои. Но наличие сухостоя создает повышенную угрозу возникновения пожаров. Это также следует принимать во внимание при планировании путей и направлений ведения хозяйства.

Если же потери древесины в результате вспышек массового размножения короеда-типографа неприемлемы, тогда следует не допускать накопления старых ельников и регулярно вырубать все еловые древостои старше 80-летнего возраста.

Оба эти направления ведения хозяйства могут быть приняты для конкретных еловых лесов. Но в них должны быть в дальнейшем проведены разные хозяйственные мероприятия (таблица 8).

Таблица 8. Система мер комплексной защиты, которые необходимо применять при ведении хозяйства в еловых лесах

Обычные леса	Особо охраняемые участки
<ol style="list-style-type: none"> 1. Недопущение накопления старых ельников путем регулярной вырубki старых древостоев. 2. Постоянное поддержание хорошего состояния лесов путем своевременной уборки лесной захламленности, что позволяет постоянно поддерживать низкий уровень численности короеда-типографа: <ol style="list-style-type: none"> 2.1 своевременная уборка сухостоя, быстрая разработка ветровальников; 2.2 проведение мер защиты от корневой губки; 2.3 проведение мер защиты от шелкопряда монашенки и др. хвоегрызущих насекомых. 3. Постоянное снижение уровня численности короеда-типографа путем выкладки ловчих деревьев или выставления феромонных ловушек. 4. Нарabotka и выпуски энтомофагов в тех участках леса, в которых необходимо сохранить старые древостои. 5. Применение химических пестицидов на ограниченных территориях, где необходимо сохранить единичные старые ели. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Усиление мер охраны от пожаров участков погибших ельников. 2. Регулярное использование феромонных ловушек для понижения общего уровня численности короеда-типографа. 3. Нарabotka и выпуск энтомофагов для профилактики формирования очагов короеда-типографа.

Предлагаемая нами система комплексных мер не является исчерпывающей. В каждом конкретном участке еловых лесов следует применять те меры, которые наиболее полно соответствует именно ситуации в этом участке.

Особую тревогу вызывают последствия принятия решения об ограничении хозяйственной деятельности в лесах вокруг крупных населенных пунктов. Усилия по сохранению таких лесов и, что наиболее важно, по поддержанию в них необходимого санитарного состояния, потребуется кратно увеличить.

Глава 6. Применение пестицидов для борьбы с короедом-типографом с помощью внутриволового инъектирования

Защищать ель от стволовых вредителей возможно не только с помощью энтомофагов, но также с использованием внутриволовых инъекций пестицидами (Садовникова, 2014). Для того, чтобы найти препараты пригодные для проведения внутриволовых инъекций нами было испытано несколько новых пестицидов: отечественный препарат фирмы ООО НБЦ «Фармбиомед»: лиматрин 0,2% и

препараты фирмы «Може продукт дистрибьютор» (США): Stemix^R plus, Abasol ТМ, Imicid^R, Abacid ТМ², Vigor 53^R.

В связи с тем, что на опытном участке с препаратами фирмы ООО НБЦ «Фармбиомед» и «Може продукт дистрибьютор» был повешен феромон для привлечения короеда-типографа, большая часть жуков при втачивании в кору погибли, однако деревья не смогли полностью отбить их нападения и тоже погибли.

Вокруг другого опытного участка все деревья были заселены короедом-типографом и погибли, однако инъектированные лиматрином деревья и те деревья, которые находились от них на расстоянии 1-2 м (которые были выбраны нами в качестве контрольных) остались не заселенными короедом-типографом, полностью сохранили жизнеспособность и остаются живыми до настоящего времени.

Известно, что ели в высокополнотных древостоях часто срastaются корнями, что, по-видимому, и стало причиной того, что защищенными от нападений жуков оказались не только инъектированные ели, но и произрастающие от них на небольших расстояниях.

При дальнейшем изучении влияния инъектирования на состояние ели необходимо учитывать обнаруженное нами явление передачи препарата между близко произрастающими друг к другу деревьями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили установить биологические основы успешного применения некоторых хищных энтомофагов в очагах массового размножения короеда-типографа в условиях изменения устойчивости еловых насаждений, разработать технологии мелкосерийного производства энтомофагов из родов *Thanasimus* и *Rhizophagus*, и определить их возможную роль в системе комплексной защиты ели от короеда-типографа.

Результаты проведенных работ позволяют сделать следующие выводы:

1. Основная фауна энтомофагов *Ips typographus* L. в центральной части зоны хвойно-широколиственных лесов европейской России состоит из 27 видов

хищников и паразитоидов, являющихся представителями 13 семейств из 5 отрядов.

2. На основе предложенной методики оценки перспективности энтомофагов, выявлено 3 хищных (*Rhizophagus depressus* F., *Thanasimus formicarius* L., *Thanasimus femoralis* Zett.) и 3 паразитоидных (*Coeloides bostrichorum* Gir., *Roptrocerus xylophagorum* Ratz., *Tomicobia seitneri* Rusch.) энтомофагов, которые могут быть использованы в качестве агентов биологической защиты ели.

3. На основе анализа причин назначения санитарных рубок выявлены возрастные интервалы применения энтомофагов в системе защиты леса, которые находятся в возрастном промежутке от 50-60 до 80-90 лет.

4. Проведенные испытания нескольких пестицидов фирм ООО НБЦ «Фармбиомед» (Лиматрин 0,2%) и ООО «Може продукт дистрибьютор» (StemixR plus, Abasol TM, ImicidR, Abacid TM2, Vigor 53R) способом внутривецевого инъектирования показали, что данный метод защиты ели эффективен, но трудно исполним в условиях развития очагов массового размножения *Ips typographus* L.

5. Биологические основы успешного применения энтомофагов строятся на эффективном ведении лесного хозяйства, профилактическом применении энтомофагов и регулировании численности короеда-типографа, в том числе с помощью пестицидов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ВНЕДРЕНИЕ

1. Разработана технология мелкосерийного производства хищных энтомофагов из родов *Thanasimus* и *Rhizophagus*, определены принципы их использования для профилактики биологической защиты развития очагов короеда-типографа и предложения по созданию биолaborатории по производству энтомофагов, которые представлены в Московский комитет по лесу.

2. На основе предложенных технологий в Сибирском филиале ФБУ ВНИИЛМ (г. Тюмень) в 2014 г. создана пилотная лаборатория по мелкосерийному производству энтомофагов родов *Thanasimus* и *Rhizophagus*. Подготовлены предложения по созданию аналогичной лаборатории в Московском регионе.

3. Предложена система комплексной защиты ели от короеда-типографа, включающаяся в себя недопущение накапливания в лесу спелых и перестойных ельников, использование энтомофагов для профилактики формирования очагов и проведение внутривидовых инъекций до повреждений деревьев в особо ценных древостоях.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. **Хегай**, И.В. Энтомофаги короеда-типографа в ельниках Московской области / И.В. **Хегай**, Е.А. Чилахсаева // Защита и карантин растений. – 2015. – № 11. – С. 48–49.

2. Гниненко, Ю.И. Муравьежук – важный энтомофаг короеда-типографа / Ю.И. Гниненко, И.В. **Хегай** // Защита и карантин растений. – 2016. – № 4.– С. 46–48.

Статьи в сборниках научных трудов и в отраслевых журналах:

3. Чилахсаева, Е.А. Энтомофаги короеда-типографа в ельниках Московской области / Е.А. Чилахсаева, И.В. **Хегай** // VII Чтение памяти О.А. Катаева. – СПб., 2013. – С. 101–102.

4. **Hegai** I. The role of entomophages insects in mass bark beetle re-production centers in the Moscow district / I. **Hegai** // Науч. конф. молод. уч. и спец., посвящённой 170 летию со дня рождения К.А.Тимирязева. – М.: РГАУ-МСХА, 2014. – С. 116.

5. Гниненко, Ю.И. Жукоед *Tomicobia seitneri* (Hymenoptera, Pteromalidae) - паразитоид короеда / Ю.И. Гниненко, Е.А. Чилахсаева, И.В. **Хегай** // Международная научная конференция «Защита растений для экологической устойчивости агробиоценозов». – Казахстан, Алматы, 2014. – С. 53–54.

6. Гниненко, Ю.И. Опыт инъектирования деревьев для защиты от стволовых вредителей / Ю.И. Гниненко, И.В. **Хегай**, Е.А. Чилахсаева, М.С. Клюкин, А.Г. Раков // Совет бот. садов стран СНГ при Межд. ассоц. акад. наук. – М.: Информ. бюл., 2014. – Вып. 2 (25). – С. 51.

7. **Хегай**, И.В. Энтомофаги короеда-типографа в его очагах Московской области / И.В. **Хегай**, Е.А. Чилахсаева // Совет бот. садов стран СНГ при Межд. ассоц. акад. наук. – М.: Информ. бюл., 2014. – Вып. 2 (25). – С. 63–64.

8. **Хегай**, И.В. Комплекс энтомофагов короеда-типографа *Ips typographus* в его очагах в Московской области / И.В. **Хегай**, Е.А. Чилахсаева // VII Конгресс по защите растений. – Сербия, Златибор, 2014. – С. 271–272.

9. Гниненко, Ю.И. Мелкосерийное производство муравьежука для использования в защите леса от короеда-типографа / Ю.И. Гниненко, И.В. **Хегай**, Е.А. Чилахсаева // VIII Московский международный конгресс Биотехнология состояние и перспективы развития. – М., 2015. – С. 162.

10. **Хегай**, И.В. Видовой состав энтомофагов короеда-типографа в Московском регионе / И.В. **Хегай**, Е.А. Чилахсаева // Совет бот. садов стран СНГ при Междун. ассоц. акад. наук. – М.: Информ. бюл., 2015. – Вып. 4 (27). – С. 72–73.

11. **Хегай**, И.В. Географический аспект формирования очагов массового размножения короеда-типографа в Московской области / И.В. **Хегай** // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике. – Красноярск, 2016. – С. 240–241.

12. Gninenko, Yu.I. *Tomicobia seitneri* (Ruschka, 1924) imaginal parasitoid of *Ips typographus* Linneaus, 1758 (Coleoptera Curculionidae, Scolytinae) / Yu.I. Gninenko, I.V. **Khegay**, E.A. Chelakhsaeva // Symposium of Entomologists with International Participation. Book of Abstracts. – Nastavnabaza "GOC", GOC, 2017. – P. 133.

13. Гниненко, Ю.И. Технология мелкосерийного производства муравьежука *Thanasimus* sp. для использования в защите леса: Брошюра / Ю.И. Гниненко, И.В. **Хегай**, Е.А. Чилахсаева. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2016. – 16 с.

14. Гниненко, Ю.И. Технология мелкосерийного производства долготелок *Rhizophagus* sp. для использования в защите леса: Брошюра / Ю.И. Гниненко, И.В. **Хегай**, Е.А. Чилахсаева. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2016. – 20 с.

Патент на изобретение

15. RU № 2639524 С1 / Ю.И. Гниненко, Е.А. Чилахсаева, И.В. **Хегай** «Способ выращивания энтомофагов рода *Thanasimus*» // Патент на изобретение; зарегистрирован в Гос. реестре полезных изобретений РФ 21.12.2017. Бюллетень № 36.