

Федеральное агентство лесного хозяйства

ФБУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЛЕСОВОДСТВА И МЕХАНИЗАЦИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА»
(ФБУ ВНИИЛМ)

**ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ ЕЛЬНИКОВ
ОТ КОРОЕДА-ТИПОГРАФА
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНТОМОФАГОВ И ФЕРОМОНОВ**

Производственно-практическое издание

Пушкино
2021

УДК 630.4
ББК 44.6

Технология комплексной защиты ельников от короеда-типографа с применением энтомофагов и феромонов / Ю.И. Гниненко, И.В. Хегай, Е.А. Чилахсаева. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2021. – 48 с.

Настоящая технология разработана ВНИИЛМ в рамках выполнения исследовательских работ по Государственному контракту № 0373100032219000021 от 05 августа 2019 года и плана аспирантских исследований на тему «Роль насекомых-энтомофагов в очагах массового размножения короеда-типографа в Московской области», выполненных на кафедре сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева.

Технология предназначена для использования в еловых лесах таежной зоны и зоны хвойно-широколиственных лесов России, в которых возможно формирование очагов массового размножения короеда-типографа.

ISBN 978–5–94219–265–5

Рассмотрено и рекомендовано к печати Научно-методической секцией по вопросам лесоводства и биологии Ученого совета ФБУ ВНИИЛМ, протокол от 19 мая 2021 г. № 6.

© ВНИИЛМ, 2021

Введение

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

В мире имеется опыт использования энтомофагов для уничтожения очагов стволовых вредителей. Наиболее ярким положительным опытом комплексного применения средств химии и энтомофагов 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.

Однако в России длительное время не проводились работы по использованию энтомофагов для защиты еловых лесов. Это привело к утрате ранее имеющихся достижений, и в арсенале средств защиты леса от стволовых вредителей фактически остались только санитарные рубки.

Видовой состав энтомофагов короеда-типографа изучен довольно полно [10, 42, 25, 22, 24]. Однако выявленные энтомофаги не прошли 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 энтомофаги 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 [49, 50].

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 елового древостоя требует разработки подходов, которые позволили бы наиболее полно использовать преимущества биологических мер защиты на основе системы лесоводственных мероприятий, обеспечивающих сохранность и выполнение лесами всех своих природных и экономических функций.

Но в системе мер должно найти достойное место и применение пестицидов. В России никогда не проводили опрыскивание древостоев химическими препаратами для уничтожения типографа или любого иного ксилофага на больших площадях. Долгое время считалось, что химические пестициды могут быть использованы только для защиты заготовленной древесины от её заселения стволовыми вредителями. Однако появляются новые технологии и сегодня уже можно говорить о применении пестицидов для защиты ели методом внутривидового инъектирования. Этот метод довольно сложен и дорог, его применение в лесу может ограничиваться небольшими участками особо ценных древостоев. Но в озеленительных посадках он может найти более широкое применение.

Очаги массового размножения короеда-типографа

Ель европейская (*Picea abies* (Linnaeus) Hermann Karsten, 1881 является одной из основных лесообразующих пород европейской части России [31, 32]. Еловые леса произрастают в зоне умеренного и прохладного климата, где среднегодовая температура находится в пределах от $-2,9$ до $+7,4^{\circ}\text{C}$. Количество выпадающих осадков 375-1600 мм в год [43]. В благоприятных условиях ель может достигать 40 м высоты (в отдельных случаях – 50 м) и в диаметре 60-70 см. Продолжительность жизни отдельных деревьев ели в хвойно-широколиственных лесах составляет 120-150, иногда 180 лет [32, 5], очень редко 500 лет [31].

Начало массового усыхания ели возникает по ряду причин: ослабление из-за погодных воздействий, снижение защитных функций дерева, поражение болезнями и последующие атаки стволовых вредителей. При потере защитных функций деревьев основным фактором гибели является заселение стволовыми вредителями [21, 22, 13].

В течение длительного периода времени усыхание ели в центральной части России всегда было связано с развитием вспышек массового размножения короеда-типографа, которые неоднократно охватывали огромную территорию от Белоруссии до Средней Волги.

Проведенный анализ развития усыхания ели за период времени с 1881 по 2019 гг. показал, что в еловых лесах европейской части России произошло несколько волн усыхания ели. Все эти волны усыхания происходили по причине развития очагов массового размножения короеда-типографа.

Первое упоминание массового усыхания ели в европейской части России описывается в 1881–1883 гг., когда оно охватило леса в Казанской, Калужской, Московской, Нижегородской, Псковской, Симбирской (ныне Ульяновская область), Смоленской, Тверской губерниях, где была вспышка массового размножения короеда-типографа [15, 39, 45, 47, 1, 51]. Холодная и поздняя весна 1884 г. остановила вспышку короеда, которая развивалась с запада на восток. Однако в период 1890–1891 гг. началось повторное массовое усыхание ели, которое продолжалось до 1893 г. [1, 4].

В 1921–1925 гг. наблюдалось усыхание ели в результате заселения короедами древостоев в бассейнах Камы, Средней Волги и других более южных рек [40, 41], а также на территории Ярославской губернии и к северо-востоку от Москвы [29, 11].

Следующий период массового усыхания ели наступил после засухи 1938 и 1939 гг. на территории Московской [35]. Пермской [7], Владимирской, Калужской, Костромской, Нижегородской, Тамбовской, Тверской,

Смоленской, Ярославской областей и в Республиках Татарстан и Марий Эл [17].

Количество осадков в 1938 году составило 61,3% от нормы, почва в следующем году была ниже двойной гигроскопической влажности, т.е. образовался существенный дефицит влаги для нормальной жизни ряда лесных пород [36, 37, 38].

В Подмоскowie среднегодовая температура в 1938 г. превысила норму на 2,4°C, в 1939 – на 1,1°C. Усыхание ели, начавшееся в 1938 году, за последующие три года приняло массовый характер. Оно сопровождалось массовым заселением ели стволовыми вредителями, преимущественно короедом-типографом [2, 44]. Закончилась данная вспышка в 1943 г., длительность массового размножения короеда-типографа составила 5 лет [17].

В 1944–1949 гг. произошла вспышка массового размножения стволовых вредителей ели в Калининградской области. В период с 1946 по 1947 гг. выпало 52-74% осадков от ежегодной нормы, что привело к развитию засухи и ослаблению деревьев [8].

Очередное усыхание еловых насаждений в Калининградской области отмечалось с 1963 до 1971 гг. В этот период сильно пострадали чистые ельники. Основными причинами, вызвавшими усыхания, являлись засушливые весна и лето 1964, 1969 и 1971 гг., а также прошедшие ветровалы в 1966 и 1967 гг. Эти факторы спровоцировали ослабление ели, что позволило реализоваться массовому размножению короеда-типографа [17, 18].

Следующая массовая вспышка усыхания ели отмечается в центральной части России на территориях Горьковской, Кировской, Пермской областей, а также Республики Марий Эл, Татарстан и Удмуртия в 1972–1978 гг. [30, 19]. В 1975 г. развитие очагов короеда-типографа достигло своего критического предела, и в 1978 году оно завершилось [22].

В августе 1987 г. наблюдался сильный ветровал в юго-западной части Тверской области, где было уничтожено около 25 тыс. га леса. Массовое заселение ветровальных деревьев стволовыми вредителями произошло на следующий год. В 1989 г. короед-типограф сумел развиваться в двух поколениях благодаря достаточно теплой весне и жаркому лету. В этот год короед-типограф начал заселять растущие ели, что характерно для фазы начала массовой вспышки. В 1990 г. развилось одно поколение короеда-типографа из-за недостаточно теплого лета и выпадения обильных осадков. В 1991 г. вспышка его массового размножения завершилась, и усыхание ели также прекратилось [22].

В 1990–1994 гг. вспышка численности короеда-типографа наблюдалась в Брянской, Калининградской, Калужской, Курской, Московской, Орловской, Пермской, Смоленской и Тверской областях. Ей предшествовал сильный ветровал, который произошел в июне 1990 г., и в этот же год началось заселение ветровальных елей стволовыми вредителями. В 1993-1994 гг. в результате массового размножения короеда-типографа он стал заселять не только ветровальные, но и растущие ели [22].

В 1994 г. усыхание ели также отмечено на юго-западе Брянской области, прилегающей к границе России и Белоруссии [16, 20].

В конце 90-х годов на территории российского Полесья (Брянская, Калужская, Московская, Орловская и Смоленская области) было отмечено массовое усыхание ели и очередная вспышка массового размножения короеда-типографа. В 2000 г. зарегистрировано начало массового усыхания еловых лесов старше 60 лет [3, 9, 12, 14, 20, 22, 34], в 2005 г. усыхание ели пошло на спад в связи с затуханием очагов короеда-типографа [22].

В таёжной зоне Архангельской области в 2002 г. наблюдалось частичное усыхание ели в возрасте насаждений 90-180 лет [22]. В 2004 г. было обнаружено массовое усыхание ели от короеда-типографа на площади 145,7 тыс. га. [28]. Процесс массового размножения короеда-типографа продолжился, и его очаги охватили огромную площадь еловых лесов в междуречье рек Пинеги и Северной Двины в Архангельской области, что привело к усыханию древостоев на площади, по разным оценкам, от 1,6 млн га до 5 млн га [6, 28].

Рассмотрев хроники событий, мы видим, что в пределах Центральной части России усыхание еловых насаждений носит периодический характер, повторяющийся через каждые 1-7 лет и продолжающийся от 1 до 9 лет, в среднем 4-5 лет. Такая динамика вспышек полностью подходит к эпизодическому типу формирования очагов короеда-типографа [22].

Развитие волн усыхания еловых лесов в Московской области

Усыхание еловых лесов неоднократно происходило в разных частях обширного ареала ели. Непосредственной причиной развития таких усыханий оказывались вспышки массового размножения короеда-типографа, которые регулярно охватывали ельники в большинстве стран Европы [51, 33] и России [22].

Здесь необходимо особо подчеркнуть, что речь идет именно о массовых усыханиях ели, а не о небольших участках погибшего леса, которые выявляются практически ежегодно.

Ельники Московской области находятся в зоне хвойно-широколиственных лесов, которые также неоднократно усыхали. Анализ циклики

усыхания ельников показывает, что за весь период наблюдений, с 1881 по 2014 гг., в области произошло шесть волн усыхания ели (черный квадрат) (табл. 1).

Таблица 1

Периоды массовых усыханий еловых лесов Московской области

Годы	1881-1883	1884-1889	1890-1893	1894-1920	1921-1925	1926-1937	1938-1943	1944-1998	1999-2003	2004-2008	2009-2014
Периоды усыхания											
Продолжительность периодов, лет	3	6	4	7	5	12	6	54	5	5	5

Время периодов усыхания (то есть время действия очагов массового размножения короеда-типографа) колебалось от 3 до 6 лет, составляя в среднем $4,67 \pm 0,6$ лет. Межвспышечные периоды, когда усыхание ели отсутствовало, показывают высокий уровень нестабильности: их протяженность в течение этого периода колебалась от 5 до 54 лет. Этот протяженный, 54-летний период отсутствия вспышек представляет особый интерес. На него пришлась как минимум одна чрезвычайно сильная засуха, поразившая леса области – засуха 1972 года. Эта засуха привела к тому, что в лесах бушевали чрезвычайно сильные пожары, но вспышка массового размножения короеда-типографа тогда не реализовалась.

Для того, чтобы понять, почему это произошло, надо попытаться разобраться с ситуациями в лесах, предшествовавшими каждой из вспышек усыхания еловых лесов в Московском регионе.

Реализации вспышки массового размножения короеда-типографа и усыханию еловых лесов в 1881–1883 гг. в Московском регионе способствовала сильная засуха предшествующих лет, которая поразила территории Московской, Тверской, Смоленской и др. губерний центральной России [39, 45]. Холодные и дождливые весна и лето 1884 г. способствовали завершению вспышки короеда-типографа, и усыхание ели прекратилось [22].

Засуха 1891 г. охватила леса от Белоруссии до Нижегородской и Ивановской губерний, а появление ветровала, вызванного сильными бурями, способствовало развитию массового размножения короеда-типографа [46].

Следующий засушливый период начался в центральных регионах России осенью 1920 г., что стало причиной очередной волны массового размножения короеда-типографа и усыхания еловых лесов. Тогда впервые появились указания о том, что усыхающие ельники поражены корневой губкой [22].

Катастрофическое усыхание ельников произошло в ряде регионов центральной части Европейской России, в том числе и в Подмосковье, в 1938–1943 гг. Причиной усыхания и массового размножения короеда-типографа стала засуха 1938-1939 гг. [22].

После этой сильной волны усыхания устанавливается самый длительный период отсутствия усыханий и очагов массового размножения короеда-типографа на территории Московской области: 56 лет отсутствовали очаги короеда-типографа, и не происходило усыхание ельников. Как мы уже отметили выше, даже сильнейшая засуха 1972 г. не привела к формированию очагов короеда-типографа и к развитию усыхания.

Эта засуха поразила территории многих регионов центральной части России, но вспышки короеда-типографа и усыхание ели были отмечены только в ряде восточных регионов, в частности в Пермской, Кировской, Нижегородской областях и в Татарстане. На всей остальной территории, пораженной засухой 1972 г., очаги короеда-типографа не сформировались, и усыхания ели не было. Из этого факта можно сделать один очень важный вывод: не каждая, даже очень сильная, засуха становится причиной усыхания ельников. Когда в лесу нет необходимого начального запаса короеда-типографа, то он не может быстро нарастить численность, и ослабленные засухой деревья успевают оправиться от засухи прежде, чем численность короеда-типографа преодолевает опасный уровень. Этот вывод хорошо иллюстрирует действительную роль короеда-типографа в усыхании ельников. Ведь если в древостоях имеется некий начальный запас вредителя (накопившийся на ранее появившемся ветровале или на ослабленных корневой губкой и диффузно усыхающих от этой болезни деревьях и т.п.), тогда короед-типограф может начать в массе заселять обратимо ослабленные деревья. Такие деревья вполне оправились бы, не будь в период их обратимого ослабления короеда-типографа в древостоях. От засухи и пожаров 1972 г. усохло незначительное число деревьев, что никак не отразилось на статистике усыхания. Когда в лесу нет повышенной численности организмов, которые могут воспользоваться временным ослаблением деревьев, тогда от засухи погибают только отставшие в росте и развитии, пораженные болезнями деревья, и очаги усыхания не формируются, так как оправившиеся от засухи деревья восстанавливают устойчивость и вновь становятся недоступными для вредителей.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что усыхание ельников и формирование очагов массового размножения короеда-типографа тесно связаны между собой.

Для понимания причин возникновения отмеченных волн усыхания ели следует попытаться проанализировать известные факты о начале и окончании развития этих процессов (табл. 2).

Таблица 2

**Причины возникновения и затухания волн усыхания еловых лесов
Московской области ([22] с дополнениями)**

Периоды усыхания	Предшествующие засухи	Предшествующие ветровалы и др. погодные аномалии	Развитие болезней и иные повреждения	Повышенная теплообеспеченность и развитие второго поколения короеда-типографа	Причины затухания процесса усыхания
1881–1883 гг.	Засуха 1875–1876 гг.	Отмечен бурелом в предшествующие годы	Нет данных	Второе поколение реализовалось	Холодные весна и лето 1884 г.
1890–1893 гг.	Засуха 1890 г.	Позднее установление снегового покрова и сильные морозы зимой	Нет данных	Второе поколение реализовалось	Нет данных
1921–1925 гг.	Засухи 1917, 1920 и 1921 гг.	Нет данных	Поражение ельников корневой губкой	Нет данных	Нет данных
1938–1943 гг.	Засухи 1938 и 1939 гг.	Малоснежные морозные зимы	Нет данных	Второе поколение реализовалось	Нет данных
1999–2003 гг.	Засуха 1999 г.	Сильный ветровал в июне 1998 г.	Нет данных	Второе поколение реализовывалось в течение нескольких лет	Неустойчивая погода 2002 г. и дождливое прохладное лето 2003 г.
2010–2014 гг.	Засуха 2010 г. и повышенная теплообеспеченность 2011–2012 гг.	Сильные ветровалы 2008 и 2009 гг.	Нет данных	Второе поколение реализовывалось в течение нескольких лет	Дождливое и прохладное лето 2014 и 2015 гг.

Приведенные данные показывают, что усыхание ельников всегда происходит из-за развития в ослабленных от засух или иных причин еловых лесах в возрасте старше 70 лет очагов массового размножения короеда-типографа. За весь период наблюдений ни разу усыхание ельников не происходило без развития очагов короеда-типографа.

Тогда же, когда леса оказывались сильно ослабленными засухой (как это было после сильнейшей засухи 1972 г.), но короед-типограф не смог быстро нарастить свою численность, усыхание ельников не происходило. Одной из причин формирования очагов короеда-типографа в ослабленных засухой лесах является его накопление в пострадавших от сильных ветровых нагрузок древостоях. Важно также, чтобы погодные

условия позволили реализоваться не только сестринскому, но и второму поколению короеда-типографа.

Однако вспышкам короеда-типографа в 1889–1893 гг. и 1938–1943 гг. предшествовали малоснежные, морозные зимы. По-видимому, неблагоприятные зимние условия также способствуют ослаблению ели, и на таких деревьях может накапливаться необходимый «стартовый» запас жуков.

Выше нами уже было подчеркнуто, что видимым исключением из такой закономерности является более чем полувековой период (с 1944 по 1999 гг.), когда в Московской области не было ни очагов массового размножения короеда-типографа, ни связанного с этим усыхания ели. В этот длительный период леса неоднократно переживали воздействие засух (особенно засухи 1972 г.) и сильных ветровых нагрузок. И, несмотря на все это, очаги короеда-типографа не формировались. На наш взгляд основной причиной отсутствия очагов и усыхания ельников является то, что в этот единственный период в развитии лесного хозяйства России в лесах велось грамотное хозяйствование. В этот период своевременно и качественно проводили санитарные рубки – невозможно было представить себе, чтобы ветровальники остались неразработанными в течение очень короткого времени. Тогда лесное хозяйство проводило такое совершенно необходимое мероприятие, как уборка свежезаселенных деревьев. Грамотное ведение лесного хозяйства не позволяло накапливаться в лесах повышенной численности стволовых вредителей, в том числе и короеду-типографу.

Этот период 1944 по 1998 гг. в истории российского лесного хозяйства напоминает Австрию в начале XX века, когда там лесное хозяйство велось по системе чистого леса. Под влиянием учения о чистом лесе фон-Урлиха в австрийских лесах поддерживали не только хорошее санитарное состояние, но и регулярно уменьшали численность короеда-типографа с помощью выкладки ловчих деревьев [51]. Тогда в Австрии была нарушена ранее привычная циклика усыхания ели, и в лесах длительное время не было очагов массового размножения короеда-типографа. Однако, как только Первая мировая война и распад Австро-Венгерской империи разрушили систему ведения лесного хозяйства в стране, возобновились вспышки короеда-типографа, и заново появились волны усыхания ели.

В России период стабильной управляемости лесами завершился после распада СССР. Слом действующего лесного законодательства и последовавший за этим период фактической неуправляемости лесами привели к тому, что ветровал 1998 г. в лесах Московской и соседних областей фактически не был своевременно разработан. Это привело к тому, что в лесах постоянно поддерживался повышенный фон численности короеда-

типографа. Ситуация усугубилась тем, что под давлением общественности в конце 70-х годов XX века в Московской области были запрещены рубки главного пользования. Это решение, оправдываемое заботой о сохранности лесов, на самом деле привело к катастрофе 2010–2014 гг. За несколько десятилетий после этого неоправданного решения в еловых лесах области на площади более 240 тыс. га накопились спелые и перестойные деревья. Именно они оказались поражены корневой губкой и в наибольшей степени пострадали от ветра и засухи в 2010 г. Кроме того, новое лесное законодательство не предусматривало выполнение профилактических мероприятий в лесах, термин «выборка единичных заселенных деревьев» исчез из правового поля лесного хозяйства, а выкладка ловчих деревьев стала невозможной.

Из-за сложности ведения лесного хозяйства по новому лесному законодательству оказалось невозможным провести своевременную вырубку не только свежеселенных деревьев, но и уже погибших. Всё это и стало причиной того, что засуха 2010 г. и последующее массовое размножение короеда-типографа привели к столь катастрофическим последствиям.

Таким образом, совершенно очевидно, что засухи не являются главной причиной усыхания ельников. Они являются лишь тем спусковым механизмом, который запускает процесс обратной утраты ельниками устойчивости. Если в таких временно ослабленных лесах имеется необходимый стартовый запас короеда-типографа, то в них начинают формироваться очаги его массового размножения, и уже сам короед-типограф превращает обратимое ослабление деревьев в необратимое и приводит к гибели целые массивы еловых лесов.

Итак, какие же условия необходимы для начала процесса усыхания ельников? Самым важным условием, без которого не может начаться процесс усыхания – это наличие на той или иной территории припевающих, спелых и перестойных ельников, являющихся потенциальной кормовой базой короеда-типографа. В этих ельниках существенная часть деревьев поражена корневой губкой, в результате чего часть их корневой системы погибла. Такие деревья более подвержены отрицательным последствиям сильных ветровых нагрузок и они в большей степени страдают от засух.

Вторым условием для начала процесса усыхания является потеря устойчивости ослабленными деревьями. Причины такого ослабления могут быть разными: прежде всего это засухи, но значение имеет также воздействие низких зимних температур в малоснежные годы. Такое ослабление превращает потенциальную кормовую базу для короеда-типографа в реальную. Здесь мы делаем вывод, что ослабленные ста-

рые ельники создают начальный импульс, который может запустить начало процесса усыхания еловых древостоев. Если в лесу отсутствует повышенная численность короеда-типографа, то обратимо ослабленные засухой или морозами деревья могут оправиться. В них погибнет очень незначительная часть деревьев. Реальная кормовая база короеда-типографа исчезнет – он не сможет заселить восстановившиеся после ослабления деревья.

Однако из-за развития корневой губки в старых еловых древостоях постоянно имеется незначительное диффузное усыхание деревьев, на которых поддерживается повышенный уровень численности короеда-типографа. Сильные ветровые нагрузки могут не привести к возникновению ветровалов, но ветер, раскачивая деревья, у которых и так часть корней погибла из-за губки, еще более ослабляет деревья и создает условия для накопления короеда-типографа.

Важнейшим условием для начала формирования очагов короеда-типографа является теплообеспеченность конкретных летних сезонов. Если температурные условия позволяют в течение одного летнего сезона развиваться не только основному, но также 1-2 сестринским и второму поколению короеда-типографа, то тогда обратимо ослабленные деревья не успеют оправиться и будут заселены жуками. В древостое быстро накопится очень высокая численность вредителя, он сможет усиливать ослабление деревьев и успешно заселять всё новые ели. Несовпадение хотя бы одного из этих условий делает невозможным развитие очагов короеда-типографа, и усыхание ели не происходит.

Действительно, представим себе, что на некоторой территории нет старых ельников – ослабление молодняков не приведет к их заселению короедом-типографом, так как из-за незначительной толщины коры у молодых деревьев короед-типограф на них не может успешно размножаться. Возможна также такая ситуация, когда леса ослаблены засухой и в них имеется повышенная численность короеда-типографа, но прохладные и слишком влажные погодные условия не позволяют развиваться второму поколению – и очаги короеда-типографа не образуются. Ситуация 1972 г. показала, что важное значение имеет также наличие повышенной численности короеда-типографа в древостоях. Наличие реальной кормовой базы и высокая теплообеспеченность не привели к формированию очагов короеда-типографа, и усыхание ели не произошло, потому что в результате грамотного ведения лесного хозяйства в лесах поддерживался низкий уровень численности короеда-типографа и этот ксилофаг не смог быстро нарастить свою численность, тогда как ель оправилась от временного обратимого ослабления.

Итак, усыхание ели начинается тогда, когда старые ельники ослабляются засухой (или другими воздействиями), страдают от воздействия сильных ветровых нагрузок, в них по тем или иным причинам имеется повышенный уровень численности короеда-типографа и хотя бы один сезон после ослабления ельников имеет повышенную теплообеспеченность, позволяющую развиваться второму поколению вредителя. После совпадения этих условий начинают формироваться очаги короеда-типографа, что и приводит к усыханию древостоев подчас на огромных площадях.

Такова, по нашему мнению, основная, базовая схема развития массовых усыханий еловых лесов. Но в любых еловых лесах и вне периодов массовых усыханий, можно найти как одиночные погибшие деревья ели, так и небольшие куртины или даже участки еловых древостоев, погибшие от короеда-типографа. Они не создают картину массового усыхания, но создают некий постоянный фон численности короеда-типографа. Сейчас трудно разыскать материалы по ежегодному усыханию ельников. Однако такие данные имеются, и возможно рассмотреть ситуацию с небольшими очагами короеда-типографа в Московской области в последние два десятилетия. Как отмечали выше, вспышка массового размножения короеда-типографа охватила еловые леса на обширной территории ряда центральных регионов европейской части России в период с 2010 по 2014 гг. и приобрела характер экологической катастрофы. Здесь вредитель к 2013 г. уничтожил значительную часть ели в возрасте старше 70 лет, и к 2014 г. погибли еловые леса на общей площади порядка 100 тыс. га [27].

Предыдущая вспышка короеда-типографа возникла в Московском регионе после ветровалов 1998 и 1999 гг. и засухи 1999 г. [26, 27]. Последствия ураганных ветров негативно отразились на еловом древостое и предшествовали вспышке массового размножения короеда-типографа. Но в те годы не были проведены работы по полному уничтожению вредителя. Это привело к тому, что в лесу осталось большое количество погибшей древесины, и в течение всего периода, с 2001-2002 гг. до начала новой вспышки короеда-типографа в 2010 г., в лесах Московской области наблюдался повышенный уровень действующих небольших очагов стволовых вредителей (рис. 1).

Таким образом, к 2010 году, т.е. перед началом развития последней по времени вспышки массового размножения короеда-типографа, на территории Московской области имелись условия, которые способствовали быстрому появлению его очагов на больших территориях.

Ситуация начала текущего столетия в лесах России во многом противоположна ситуации с засухой 1972 г. Тогда поддерживаемое хорошее санитарное состояние лесов не позволило развиваться усыханию ели.

А слабое ведение хозяйства в лесах в начале XXI века, когда в лесу не были своевременно убраны ветровальные деревья, способствовало поддержанию высокого уровня численности короеда-типографа и его вспышке массового размножения, которая начала реализовываться сразу же после засухи 2010 г. и приобрела по-настоящему разрушительный характер.

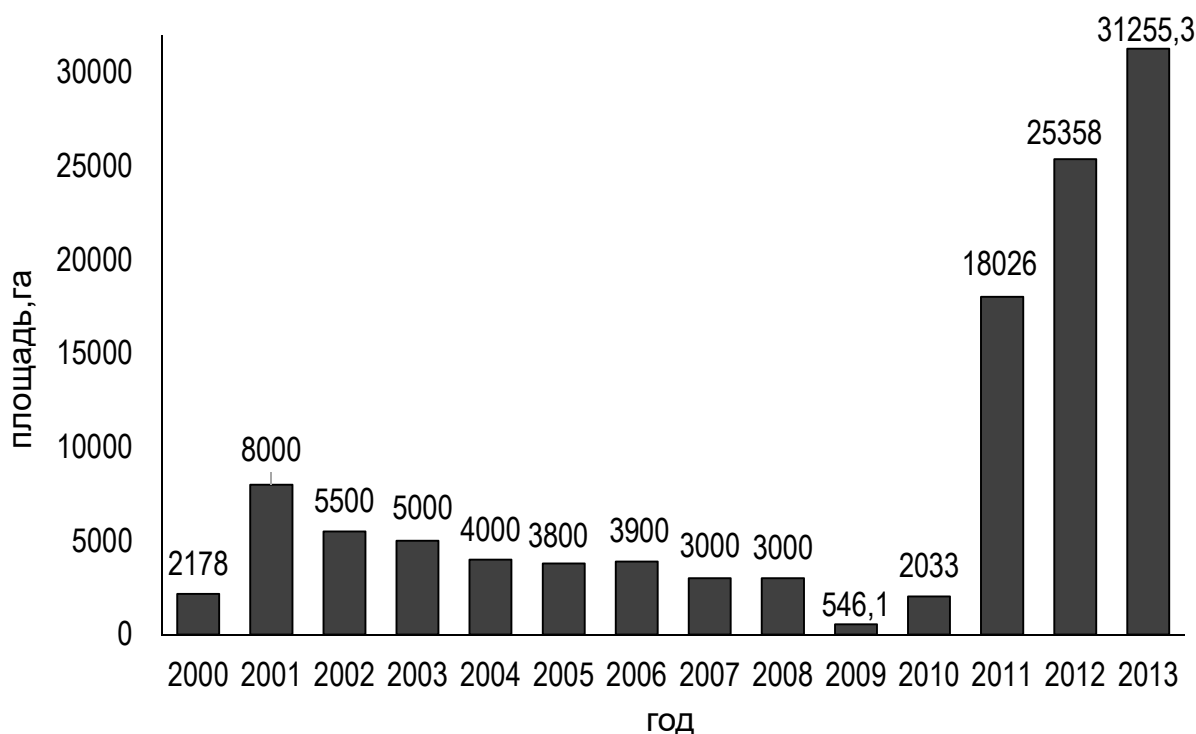


Рисунок 1. Динамика очагов короеда-типографа на территории Московской области

Надо подчеркнуть, что волны усыхания ельников, которые происходят регулярно, являются естественным природным процессом, который выполняет функцию смены старого поколения на молодое. Даже очень масштабные усыхания (как это случилось в Московской обл. в 2010–2014 гг.) не ставят под угрозу существование еловых лесов. На месте погибших от короеда-типографа ельников через годы сформируются новые еловые леса. Говорить о вреде короеда-типографа и об опасности вспышек его массовых размножений можно только с точки зрения человека, который не смог воспользоваться древесиной, и она погибла, будучи не вовлеченной в хозяйственный оборот в полной мере.

Таким образом, можно говорить о том, что все известные волны массового усыхания ели формируются вследствие того, что под воздействием внешнего ослабляющего толчка (например, засухи) происходит обратимая потеря устойчивости старыми еловыми лесами на значительных территориях. Если ко времени такого ослабления в лесу имеется повышенный запас короеда-типографа, поддерживаемый или на ветровале

предыдущих лет, или из-за плохого санитарного состояния лесов, и повышенный уровень теплообеспеченности позволяет развиваться более чем одному сестринскому и второму поколению короеда-типографа, то формируется его вспышка массового размножения, и вредитель размножается, уничтожая ослабленные деревья. Если же численность особей короеда-типографа в лесу находится на низком уровне или погодные условия не позволяют реализоваться второму его поколению, то ель оправляется от обратимого ослабления, и волна массового усыхания ельников не формируется. В таком случае происходит усыхание ели небольшими участками или диффузно.

Такое развитие ситуации в еловых лесах позволяет сделать несколько важных хозяйственных выводов:

1) накопление старых ельников, являющихся потенциальной кормовой базой короеда-типографа, рано или поздно приведет их к усыханию, и чем дольше такие леса сохраняются, тем более сильным оно будет;

2) поддержание хорошего санитарного состояния еловых лесов способно предотвратить развитие очагов короеда-типографа и временное обратимое ослабление еловых древостоев не приведет к их усыханию;

3) поскольку предотвратить воздействие на леса засух и ветровых нагрузок невозможно, следует вести хозяйство в ельниках с учетом двух обязательных условий: проведение своевременных рубок лесов в возрасте 80 лет и старше и недопущение нахождения в них повышенного уровня численности короеда-типографа.

Выполнение этих важных хозяйственных принципов позволит длительное время не только сохранять здоровые леса, но и получать необходимую для хозяйственных нужд еловую древесину.

Таким образом, проведенный анализ причин усыхания еловых лесов на территории Московской области показал, что волны усыхания, охватывающие время от времени ельники, связаны с развитием в них очагов массового размножения короеда-типографа, формирующихся в старых древостоях. Такие вспышки приводят к гибели этих древостоев и открывают возможность смены поколений в лесах. Причиной формирования очагов короеда-типографа и связанного с этим усыхания ельников, являются процессы их естественного развития, вызванные их ослаблением, и они не угрожают существованию ельников, так как всегда погибшие от короеда-типографа древостои по прошествии некоторого времени вновь восстанавливаются. Это принципиально отличает последствия усыхания еловых лесов, вызванных эндогенными и экзогенными причинами: ельники, погибшие от огня, вымокания, от антропогенных воздействий зачастую не восстанавливаются даже по прошествии многих лет.

Рассмотренная схема развития усыхания ели позволяет разработать алгоритм ведения хозяйства в еловых лесах, позволяющий управлять их состоянием и не допускать формирования очагов массового размножения короеда-типографа и связанного с этим массового усыхания ели.

Основные факторы, регулирующие численность типографа

Пионерами заселения короедных гнезд являются хищники, в основном жуки. По нашим наблюдениям в 2013–2014 гг. под корой остаются массово зимовать хищные насекомые *Thanasimus formicarius* и *Corticeus fraxini*.

Данные два вида хищных энтомофагов зимуют в трех стадиях развития: имаго, куколки и личинки. Личинки младшего и среднего возрастов в основном погибают во время зимовки. В живых остаются личинки старшего возраста. Так как оба вида зимуют в нижней части ствола дерева, то они активизируются только после схода снега. В это время появляются первые жуки короеда-типографа. Паразитические виды энтомофагов обычно зимуют в виде куколки или личинки, из-за этого процесс формирования имаго занимает некоторое время весной, и лёт паразитических энтомофагов обычно начинается несколько позднее, чем лёт взрослых особей хищников.

В 2013 году начало лёта короеда-типографа пришлось на первую декаду мая, в это же время мы обнаружили первых энтомофагов *Thanasimus formicarius* и *Rhizophagus depressus*.

Во второй половине мая начался основной лёт короеда-типографа, в это время наблюдается активность таких хищных энтомофагов, как *Corticeus fraxini*, *Cylister linearis*, *Thanasimus formicarius*, *T. femoralis*, а также паразитоида *Roptrocercus xylophagorum*.

В начале июня начался лёт сестринского поколения короеда-типографа. В этот период мы наблюдали массовое появление таких хищных энтомофагов, как *Scoloposcelis pulchella*, *Corticeus fraxini*, *Cylister linearis*, *Thanasimus formicarius*, *T. femoralis* и паразитических – *Roptrocercus xylophagorum* и *Tomicobia seitneri*.

Во время лёта второго поколения короеда-типографа в третьей декаде июля прослеживается активность хищных энтомофагов *Scoloposcelis pulchella* и *Thanasimus formicarius*, *T. femoralis*, а также паразитоида *Tomicobia seitneri*.

В 2014 году начало лёта короеда-типографа пришлось на первую декаду мая. В это время появились первые хищные энтомофаги *Rhizophagus depressus*, *Thanasimus formicarius*, *T. femoralis* и *Corticeus fraxini*. Во второй декаде мая начался активный лёт основного поколения короеда-типографа. В этот период наблюдается активность энтомофагов: хищни-

ков – *Thanasimus formicarius*, *T. femoralis*, *Corticeus fraxini*, и паразитоида *Tomicobia seitneri*.

В начале июня, когда начался лёт сестринского поколения, появляются хищные насекомые *Scoloposcelis pulchella*, *Thanasimus formicarius*, *Th. femoralis*, из паразитических – *Tomicobia seitneri* и *Roptrocerus xylophagorum*.

Лёт второго поколения короеда-типографа пришелся на третью декаду июля, в это время прослеживается активность хищных энтомофагов *Th. formicarius*, *T. femoralis* и паразитоида *Tomicobia seitneri*.

Исходя из полученных результатов (табл. 3) за период 2013–2014 гг. выявлена постоянная активность нескольких основных видов энтомофагов, в том числе двух видов паразитоидов и двух видов хищников.

Таблица 3

Наиболее часто встречающиеся энтомофаги короеда-типографа

№ п\п	Видовое название	Число выловленных особей, экз.	
		2013	2014
1	<i>Roptrocerus xylophagorum</i>	560	66
2	<i>Tomicobia seitneri</i> (жукоед)	465	188
3	<i>Scoloposcelis pulchella</i>	137	86
4	<i>Thanasimus formicarius</i> (муравьежук)	128	167

По сборам 2013 года нами были выявлены наиболее часто встречающиеся энтомофаги короеда-типографа: два вида паразитоидов, а также муравьежук и хищный клоп *Scoloposcelis pulchella*. Для оценки значимости наиболее часто встречаемых видов (табл. 4), использовали индекс Бергера-Паркера

Таблица 4

Оценка встречаемости энтомофагов короеда-типографа

Вид энтомофага	Значение индекса Бергера-Паркера	
	2013 г.	2014 г.
Hymenoptera		
<i>Roptrocerus xylophagorum</i>	0,51	0,73
<i>Tomicobia seitneri</i>	0,42	0,27
Heteroptera		
<i>Scoloposcelis pulchella</i>	0,98	1,0
Coleoptera		
<i>Thanasimus formicarius</i>	0,36	0,72

Таким образом, четыре наиболее многочисленных вида энтомофагов возможно рассматривать в качестве перспективных агентов биологической защиты.

Многочисленность в природе и ежегодная довольно высокая численность того или иного энтомофага важны для оценки перспективности их использования в качестве агентов биологической защиты, но недостаточны. Также важным фактором является и технологичность его разведения в условиях контролируемой среды при мелкосерийном производстве.

Нами предпринята попытка оценить перспективность энтомофагов с учетом разных сторон их биологии и возможности разведения в условиях биолaborатории. Для этого мы использовали балльную оценку разных биологических и технологических особенностей, выявленных у наиболее многочисленных видов энтомофагов (табл. 5).

Таблица 5

Оценка потенциальной перспективности энтомофагов

Вид энтомофага	Балльная оценка, от 1 до 10						Сумма баллов
	уничтожаемые стадии развития ксилофагов				число поколений в год	разработки технологий культивирования в других странах	
	яйцо	личинка	куколка	имаго			
<i>Scoloposcelis pulchella</i>	8	8	8	0	1	1	26
<i>Thanasimus</i> sp.	10	10	10	10	1	4	45
<i>Tomicobia seitneri</i>	0	0	0	8	4	1	13
<i>Roptrocercus xylophagorum</i>	0	10	0	0	8	5	23

Проведенная оценка показала, что наибольшее число баллов набрал муравьежук *Thanasimus* sp. Именно этот хищник оказался не только наиболее многочисленным в природных условиях Подмосковья, но его неоднократно использовали в качестве агента биологической защиты в ряде стран, выращивая необходимое число особей в условиях мелкосерийного производства.

Поэтому муравьежук в дальнейшем и стал основным энтомофагом, для разведения которого была разработана специальная технология.

Комплексная защита ели от короеда-типографа

Проведенные исследования показали, что 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 короеда-типографа. Спусковым воздействием, которое запускает процесс временного, чаще всего обратимого, ослабления старых ельников, являются неблагоприятные для ели погодные условия (засухи, зимние моро-

зы, сильные ветровые нагрузки и т.п.). Если в период временного ослабления, которое обычно охватывает обширные территории, в лесах имеется повышенный запас короеда-типографа и летние сезоны отличаются повышенным уровнем теплообеспеченности, то короед-типограф развивается в двух поколениях и реализуется вспышка его массового размножения. Это приводит к появлению в лесах большого количества жуков короеда-типографа, которые, совершая попытки поселения даже на незначительно ослабленные деревья, еще более их ослабляют и, в конце концов, заселяют их. В результате формируются очаги усыхания ели, которые могут охватывать очень значительные территории.

При планировании ведения хозяйства в еловых лесах прежде всего надо принять решение о правильном его ведении. 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 еловые древостои нового поколения. 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 рубить все еловые древостои старше 80-летнего возраста.

Оба эти направления ведения хозяйства могут быть приняты для конкретных еловых лесов. Но в дальнейшем в них должны применяться разные хозяйственные мероприятия (табл. 6).

Предлагаемый нами набор мер не является исчерпывающим. В каждом конкретном участке еловых лесов следует применять тот набор мер, который наиболее полно соответствует именно ситуации в этом участке.

Особую тревогу вызывают последствия принятия решения об ограничении хозяйственной деятельности в лесах вокруг крупных населенных пунктов (так называемый закон «О зеленом щите»). В результате принятия этого закона пригородные леса могут превратиться в рассадник стволовых и иных вредителей. Усилия по сохранению таких лесов и, что наиболее важно, по поддержанию в них необходимого санитарного состояния потребуются кратно увеличить.

Таблица 6

**Меры, которые необходимо применять при ведении хозяйства
в еловых лесах**

Обычные леса	Особо охраняемые участки
<p>1. Недопущение накопления старых ельников путем регулярной вырубki старых древостоев.</p> <p>2. Постоянное поддержание хорошего состояния лесов путем своевременной уборки лесной захламленности, что позволяет постоянно поддерживать низкий уровень численности короеда-типографа:</p> <p>2.1 своевременная уборка сухостоя, быстрая разработка ветровальников;</p> <p>2.2 проведение мер защиты от корневой губки;</p> <p>2.3 проведение мер защиты от монашенки и др. хвоегрызущих насекомых.</p> <p>3. Постоянное снижение уровня численности короеда-типографа путем выкладки ловчих деревьев или выставления феромонных ловушек.</p> <p>4. Нарботка и выпуск энтомофагов в тех участках леса, в которых необходимо сохранить старые древостои.</p> <p>5. Применение химических пестицидов на ограниченных территориях, где необходимо сохранить единичные старые ели.</p>	<p>1. Усиление мер охраны от пожаров участков погибших ельников.</p> <p>2. Постоянное вывешивание феромонных ловушек для понижения общего уровня численности короеда-типографа.</p> <p>3. Нарботка и выпуск энтомофагов для профилактики формирования очагов короеда-типографа.</p>

Фактически в числе мер защиты ельников возможно применять:

- постоянное снижение уровня численности короеда-типографа путем своевременной вырубki свежеселенных единичных деревьев и массового вылова жуков;
- применение пестицидов методом наземного опрыскивания или внутривидового инъектирования;
- выпуск энтомофагов.

К сожалению, в настоящее время нет технологий, которые позволили бы применять препараты на основе энтомопатогенных грибов. Многочисленные исследования в этом направлении показывают, что обработка стволов такими препаратами или опрыскивание подстилки перед уходом жуков на зимовку не обеспечивают высокий уровень их смертности. Только при разработке технологии, которая, будучи недорогой, обеспечивала бы высокий уровень смертности жуков, позволит найти применение грибным препаратам в системе мер защиты ели от типографа.

Каждое из перечисленных трёх мероприятий является составляющей частью единой системы защиты ельников от типографа и только их совместное применение позволит надежно защитить еловые леса.

Постоянное снижение уровня численности короеда-типографа путем своевременной вырубki свежеселенных единичных деревьев и массового вылова жуков

Своевременная уборка погибших деревьев, быстрая разработка ветровальников

Поддержание надлежащего санитарного состояния еловых лесов требует проведения своевременной уборки всех появляющихся погибших деревьев. Важным при этом является понятие своевременности. В настоящее время в практике понятие своевременности понимается как уборка сухостойных деревьев. Но с точки зрения поддержания санитарного состояния древостоя имеет смысл не уборка сухостоя, а уборка свежеселенных вредителем деревьев. Только вырубка деревьев, под корой которых находятся личинки и куколки типографа, и их удаление из леса имеет лесозащитный смысл. Именно поэтому убирать следует так называемый зеленый сухостой, то есть деревья с еще зеленой хвоей в кроне, под корой которых активно развиваются вредители.

Найти такие деревья в древостое довольно легко по следующим признакам:

- на комлевых частях стволов, на траве в подкроновом пространстве видна буровая мука;
- в подкроновом пространстве на подстилке много зеленой опавшей хвои;
- если стукнуть по стволу обухом топора, то из кроны начинается обильный опад ещё зеленой хвои.

Все деревья с этими признаками подлежат немедленной вырубке и утилизации.

Значимость такой уборки можно показать на простом примере:

предположим, что свежеселенное дерево на участке леса не было своевременно удалено. В этом случае погубившие его особи типографа свободно разлетятся по лесу для уничтожения других деревьев. Мы знаем, что для того, чтобы убить одну ель, на ней должно поселиться примерно 300 жуков. Потомство этих жуков будет иметь численность порядка 6 тыс. особей. То есть одно не вырубленное дерево, заселенное типографом весной, в июне даст такое количество жуков, которые смогут уничтожить уже 20 деревьев. При высокой теплообеспеченности вегетационного сезона в нашем ельнике разовьётся второе поколение, то есть вылетевшие 6 тыс. жуков, заселив 20 деревьев, обеспечат к осени появление в лесу уже 120 тыс. жуков. Перезимовав, эти жуки весной следующего года заселят уже 400 деревьев, то есть ими будет уничтожен целый

гектар елового леса. Не вырубив одно дерево весной предыдущего года, через год мы будем иметь погибший лес на площади 1 гектар.

Поэтому выборка свежезаселенных деревьев является очень действенной мерой защиты ельников от короеда-типографа. К сожалению, действующее законодательство не позволяет проводить это важное мероприятие.

Массовый отлов взрослых особей типографа

Целью массового отлова жуков короеда-типографа является снижение уровня его численности в конкретных участках леса. Ранее вылов осуществлялся двумя способами: выкладкой ловчих деревьев и созданием ловчих насаждений.

Выкладка ловчих деревьев – это мероприятие, включающее в себя выбор здоровых еловых деревьев подходящего возраста, их выкладку в защищаемых древостоях, своевременный вывоз заселенных стволов и их переработку. В настоящее время это трудно осуществимое мероприятие, так как весьма затруднительно вырубить несколько (иногда довольно большое число) здоровых деревьев. Сложность этого метода в том, что надо в короткое время после поселения на выложенном дереве жуков в обязательном порядке их вывезти и переработать.

Создание ловчих древостоев – это мероприятие, заключающееся в том, что на лесосеке, намеченной в рубку, заблаговременно все (или большинство) деревьев окольцовывают. В результате этого они становятся привлекательными для типографа и заселяются им. После заселения стволов проводится разработка лесосеки, и большое число вредителя ликвидируется. Это очень действенный метод существенного снижения численности короеда-типографа и других стволовых вредителей в лесу, однако в практике в настоящее время не применяемый. Но нет никаких организационных и правовых запретов на применение этого метода.

Использование феромонных ловушек является современным способом снижения общего уровня численности типографа. Он заключается в вывешивании в защищаемом древостое некоторого числа ловушек и регулярном уничтожении накопленных в приёмных стаканах прилетевших жуков. Применение феромонных ловушек заменяет выкладку ловчих деревьев и их регулярное использование позволяет сдерживать рост численности короеда-типографа на конкретных участках елового леса.

Применение пестицидов методом наземного опрыскивания или внутривидового инъектирования

Применение пестицидов для уничтожения вредителей леса является широко распространенной практикой защиты леса. Но это мероприятие редко применяют для защиты от стволовых вредителей. Этому есть несколько причин.

Стволовые насекомые большую часть своей жизни проводят под корой дерева, поэтому их непросто уничтожить, применяя обычные методы внесения пестицидов. Существует теоретическая возможность уничтожения жуков во время их массового лёта с использованием аэрозольного способа внесения пестицидов. Для осуществления такого способа необходимо в дни массового лёта жуков провести аэрозольную обработку системными пестицидами. При этом можно получить высокий уровень смертности жуков благодаря контактному и торакальному (то есть действию при прямом попадании пестицида в дыхательную систему жуков) действию препаратов. Пестицид также попадет на поверхность ствола и частично проникнет в ткани луба. Это метод использования пестицидов не испытан, и главная причина этого в том, что крайне трудно, если возможно вообще, провести аэрозольную обработку в оптимальные сроки массового лёта жуков. Такой лёт бывает весной, когда дороги в лесу труднопроходимы для аэрозольной техники. Кроме того, наиболее интенсивный лёт жуков происходит в солнечные и теплые дневные часы. В таких условиях аэрозольную волну трудно направить внутрь древостоя – восходящие потоки нагретого лесного полога будут уносить её из леса и она станет очень трудно управляемой. Ещё одной трудностью является то, что очень не просто длительное время держать в состоянии постоянной готовности аэрозольные генераторы в ожидании начала интенсивного лёта жуков, который может начаться неодновременно в разных частях очага.

Проведение авиационных опрыскиваний для уничтожения стволовых вредителей ни разу не проводилось, так же, как и использование аэрозольных генераторов. Такой метод не имеет смысла проводить для уничтожения жуков во время их лёта, но при внесении системных пестицидов возможно получить эффект их проникновения внутрь стволов, что может стать причиной массовой гибели жуков при втачивании и личинок после начала их питания. Но авиационное применение системных пестицидов является мероприятием, при котором сильные яды будут внесены на большие площади, причем часть пестицидов попадёт на нецелевые объекты, а эффективность такого применения не будет высокой. Именно по этим причинам авиационное применение пестицидов для защиты леса

от стволовых вредителей никогда не применялось в России ранее и вряд ли есть основания ожидать, что будет применяться в будущем.

Применение пестицидов возможно не путём площадного покрытия с помощью авиации или аэрозольной техники, а с помощью ранцевых опрыскивателей или с использованием технологий внутривидового инъектирования. Оба эти пути применения пестицидов не могут быть применены на больших площадях в силу, прежде всего, их высокой трудоёмкости. Но для защиты небольших и ценных участков леса они вполне могут быть использованы.

Для защиты ели с помощью ранцевых опрыскивателей внесение препарата следует начинать весной сразу после начала вегетации. В этом случае системные и трансламинарные пестициды через кору проникнут внутрь тканей древесины и уничтожат втачивающихся жуков и приступивших к питанию личинок.

В это же время следует применять внутривидовое внесение препаратов методом инъектирования. Метод внутривидового инъектирования является эффективным и из всех других методов применения пестицидов самым экологически безопасным.

К сожалению, как метод наземного опрыскивания стволов системными и трансламинарными пестицидами, так и метод внутривидового инъектирования могут найти своё практическое применение только после того, как предназначенные для таких использований препараты пройдут испытания и будут включены в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации.

Одним из наиболее сложных элементов обоих вышеописанных способов является правильный выбор тех деревьев, которые необходимо защитить до того, как они станут объектом атак короеда-типографа. Надо помнить, что деревья, уже заселенные вредителем, не могут быть спасены. Если вокруг ствола можно наблюдать обильную буровую муку или тем более в подкroновом участке ствола уже видна отслаивающаяся кора, то это значит, что время для спасения дерева уже упущено и такое дерево следует незамедлительно вырубить и вывезти из леса.

Поэтому очень важным является выбор деревьев, которые возможно защитить с помощью пестицидов.

Выбор деревьев ели для проведения опрыскивания и/или инъектирования

Как указано выше, использование пестицидов может быть эффективным только при своевременном их применении. Но, к сожалению, в

настоящее время нет надёжных критериев, которые бы указывали на то, что конкретные деревья в лесу ослаблены и могут быть заселены типографом, если не будут защищены.

Поэтому создание технологии для возможно более точного определения именно тех деревьев в древостое, которые нуждаются в защите с помощью пестицидов, являлось бы важнейшим вкладом в предотвращение развития вспышек массового размножения короеда-типографа.

Пока нет такого инструментария, наиболее ослабленные деревья, которые может заселять типограф в первую очередь, возможно определять по температуре коры. Температура луба растущего дерева в лесу колеблется синхронно с температурой окружающего воздуха [23]. При этом южный сектор всегда нагревается больше северного сектора ствола.

Многие авторы [23, 48] указывают, что температура здорового дерева ниже, чем ослабленного и еще ниже, чем температура заселенного стволовыми вредителями. Анализируя данные литературных источников можно считать, что если температура дерева на 25-30% выше, чем средняя температура деревьев в древостое, то такие деревья ослаблены и являются кандидатами на заселение стволовыми вредителями. Для того, чтобы найти такие деревья в лесу, следует провести измерение температуры стволов 25 деревьев и вывести среднюю температуру стволов в день исследования. Затем необходимо измерить температуру всех деревьев на участке, и те деревья, которые имеют температуру ствола на 25% и более выше, чем средняя по древостою, являются ослабленными, и они могут быть заселены типографом. Именно их следует инъецировать или опрыснуть их стволы системными пестицидами.

Такая методика отбора деревьев, которые следует защитить, позволит обоснованно выбрать именно те деревья, которые типограф будет выбирать для заселения в первую очередь. Их обработка позволит лишить вредителя возможности сформировать очаг, и обработка в течение всего периода, когда ель остается ослабленной и не восстановит необходимый уровень своей устойчивости, может полностью исключить вероятность возникновения крупных очагов массового размножения типографа.

Предлагаемая нами схема вполне обоснована, но уровень отклонения температуры ослабленных деревьев от средней температуры деревьев в лесу, нуждается в уточнении. Производственная проверка нашего предложения позволит уточнить разницу температур и сделает выбор деревьев нуждающихся в защите более обоснованным.

Выпуск энтомофагов

Выпуск энтомофагов является важной профилактической работой, направленной на предотвращение формирования очагов массового размножения стволовых вредителей. Проводить выпуски энтомофагов в уже действующих очагах не рекомендуется.

Желательно выпуски энтомофагов вести регулярно на тех участках леса, где существует вероятность возникновения очагов. К числу таких участков относятся, прежде всего, ельники в возрасте от 70 лет, произрастающие в черничных типах леса. Подбор таких участков позволит определить площадь, на которой необходимо проводить выпуски энтомофагов.

Проводить выпуск особей муравьежука (личинки последнего возраста или взрослых особей) следует во второй половине лета. Норма выпуска зависит от общего уровня численности короеда-типографа и составляет порядка 10 особей (соотношение полов – 2♀ на 1♂) на 1 гектар. Если в участках, куда планируется провести вселение муравьежука, нет заселённых стволовыми вредителями деревьев, то возможно организовать выкладку отрубка ловчего дерева (или штабелька порубочных остатков) и после их заселения типографом и другими стволовыми проведи выпуск муравьежука на них.

Такие выпуски следует проводить ежегодно в плановом порядке. Для выпуска муравьежуков необходимо или приобрести в специализированной лаборатории, где налажено их производство, или организовать самостоятельное разведение энтомофага в собственной биолaborатории.

Учеты эффективности проведенных профилактических работ по защите леса

В качестве мер профилактики нами предложены следующие мероприятия:

- внутривидовое инъектирование деревьев;
- вырубка свежеселённых деревьев;
- выкладка ловчих деревьев и ловчих штабельков;
- отлов жуков на феромонные ловушки;
- выпуски энтомофагов;
- обмазка яйцекладок защитными средствами.

Практическое выполнение каждого из этих мероприятий подразумевает, что в результате будет получен некий эффект, который оправдает проведение мероприятия и позволит добиться поставленной цели.

Учет эффективности внутристволовых инъекций.

Целью применения любого пестицида способом внутристволового инъектирования является недопущение заселения вредным организмом защищенных деревьев.

Поэтому показателем эффективности проведенных работ является доля деревьев, которые не были заселены вредным организмом из всей группы инъектированных деревьев. В том случае, если при проведении работ контрольного участка не было, тогда эффективность можно установить по следующим формулам:

$$\Theta = \frac{S_z \times 100}{S_k} \quad (1),$$

где:

Θ – эффективность мер защиты;

S_z – число незаселенных деревьев на участке до обработки;

S_k – число незаселенных деревьев на участке после обработки.

Для более наглядной иллюстрации использования всех предлагаемых ниже формул, будем использовать следующий гипотетический пример: на территории инъектировано незаселенных 55 деревьев – S_z , из них после обработки оказались незаселенными 48 деревьев – S_k .

По предлагаемой формуле (1) эффективность проведенного внутристволового инъектирования составила 87,3%, а доля погибших – 12,7%.

Для определения эффективности возможно пользоваться также другой формулой:

$$\Theta = 1 - \left(\frac{S_k - S_z}{S_z} \right) \times 100 \quad (2),$$

и по этой формуле эффективность равна 87,3%.

Однако неиспользование контрольного участка ведёт к тому, что эффективность завышается, ведь в любом лесу не все деревья сразу же заселяют вредные организмы. Часть из них оказывается незаселенной даже без проведения внутристволового инъектирования.

Поэтому важно при определении уровня эффективности проведенных работ сравнивать ситуацию в защищённом участке с контрольным. Выбор контрольного участка является важной и очень ответственной задачей. И защищаемый и контрольный участки должны быть максимально

похожи, особенно по показателям, существенно влияющим на вредный организм. Желательно, чтобы защищаемый и контрольный участки граничили друг с другом. Важно также, чтобы таксационные показатели были максимально близки, а ещё лучше – идентичны. Недопустимо вести защиту молодняка, а в качестве контрольного участка подобрать спелый лес или наоборот. Но если участки подобраны правильно, то использование контроля делает полученные результаты инъектирования более объективными.

В нашем примере, допускаем, что контрольный участок имел идентичные таксационные характеристики с защищаемым участком и в контрольной группе также было 55 деревьев (N_k), здесь число незаселенных деревьев (S_k) оказалось 19. Доля погибших деревьев составляет $C_k = 65,4\%$

Наиболее простым приемом для определения эффективности выполненных работ с учетом ситуации в контрольном участке является использование формулы (3): то есть нужно попросту вычесть из доли погибших деревьев в контрольном участке долю погибших в защищаемом участке

$$\mathcal{E} = C_k - C_z \quad (3),$$

где:

\mathcal{E} – эффективность выполненных работ

C_z – доля заселенных деревьев в защищенном участке;

C_k – доля заселенных деревьев в контрольном участке.

В нашем примере эффективность окажется равной $65,4 - 1,7 = 63,7\%$

Но возможно использовать несколько измененную нами **формулу Шнайдера-Орелли**:

$$\mathcal{E} = \left(\frac{C_k - C_z}{100 - C_z} \right) \times 100 \quad (4),$$

где:

\mathcal{E} – биологическая эффективность внутривидового инъектирования;

C_k – доля (%) заселенных деревьев в контрольном участке = $65,4\%$

C_z – доля (%) заселенных деревьев в защищенном участке = $12,7\%$.

В нашем примере: $\mathcal{E} = \left(\frac{C_k - C_z}{100 - C_z} \right) \times 100 = \left(\frac{65,4 - 12,7}{100 - 12,7} \right) \times 100 = \left(\frac{52,7}{87,3} \right) \times 100 = 0,604 \times 100 = 60,4\%$,

то есть эффективность проведенных обработок равна $60,4\%$.

При использовании несколько измененной **формулы Аббота**

$$\mathcal{E} = \left(1 - \frac{S_k}{S_z}\right) \times 100 \quad (5)$$

где:

\mathcal{E} – хозяйственная эффективность внутристволового инъектирования;

S_z – число незаселенных деревьев на обработанном участке после обработки = 48

S_k – число незаселенных деревьев в контроле после обработки = 19.

В нашем примере

$$\mathcal{E} = \left(1 - \frac{S_k}{S_z}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{19}{48}\right) \times 100 = (1 - 0,396) \times 100 = 60,4\%.$$

Таким образом, при проведении внутристволового инъектирования с целью защиты деревьев от вредных организмов, возможно пользоваться несколькими формулами, как при наличии контрольного участка, так и без него. Однако получаемый итоговый результат бывает несколько различным (табл. 7), и если правильно подобранный контроль позволяет получить по всем предлагаемым формулам близкие значения полученной эффективности, то без контроля результат получается несколько завышенным.

Таблица 7

Эффективность внутристволового инъектирования при использовании разных формул ее подсчета на используемом примере

№ п/п	Название формулы и № формулы	Полученная эффективность, %
Без использования контрольного участка		
1	Предлагаемая формула (1)	87,3
2	Предлагаемая формула (2)	87,3
3	Предлагаемая формула (3)	63,7
С использованием контрольного участка		
1	Шайдера-Орелли с изменениями	60,4
2	Аббота с изменениями	60,4

Анализ полученных результатов в примененном нами гипотетическом примере показывает, что формула (3) является самой простой в применении, но даёт низкую оценку результата. Полученная с использованием этой формулы эффективность в 1,37 раза ниже, чем полученная с использованием формул (1) и (2).

Несколько измененные формулы Шайдера-Орелли и Аббота дают одинаковые результаты, которые также немного отличаются от результата, полученного по формуле (3) – в 1,44 раза ниже.

Таким образом, использование формул (1) и (2) приводит к существенному завышению результатов, тогда как формула (3) наиболее про-

ста в применении, и получаемый по ней результат мало отличается от более сложных формул Аббота и Шнайдера-Орелли.

Учет эффективности вырубki свежеселенных деревьев

Вырубка свежеселенных деревьев является одним из важнейших мероприятий, которые способны стать надежной профилактической мерой, направленной на предотвращение формирования очагов массового размножения ксилофагов. Для того, чтобы проиллюстрировать возможности этого способа, можно провести мысленный расчёт.

Предположим, что на территории участка площадью 2 га произрастало на 1 гектаре 500 елей, а на всём участке 1 тысяча деревьев. Осенью предыдущего года 5 из них были заселены и отработаны типографом. Известно, что из каждого уничтоженного типографом дерева может вылететь от 3 до 6 тысяч взрослых жуков. Предположим, в нашем участке в среднем из одного погибшего дерева вылетело 5 тысяч жуков, то есть в древостое во время лёта будет примерно 25 тысяч жуков. Известно также, что убить ель могут 300-400, жуков, поселяющихся на ней. Принимаем среднее значение – 350 жуков. Таким образом, вылетевшие 25 тысяч жуков могут уничтожить на следующий год как минимум 833 ели или часть участка, составляющую 83,3% его площади, что равно 1,67 га. Таким образом, несвоевременное удаление 5 свежеселенных деревьев привело к гибели в течение одного сезона (без учёта возможных 1-2 сестринских поколений и второго поколения) большей части всего участка.

Минимальный коэффициент размножения короеда составляет 20, а это значит, что каждое своевременное удалённое из леса свежеселенное дерево приведёт к гибели как минимум двадцати других временно обратимо ослабленных деревьев.

Эффективность проведенных мер по удалению свежеселенных деревьев можно рассчитать по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = \left(1 - \frac{n}{m \times k}\right) \times 100,$$

где:

\mathcal{E} – эффективность проведенных работ;

n – число заселённых стволовыми вредителями деревьев на участке на следующий год после выборки свежеселенных деревьев;

m – число вырубленных свежеселенных деревьев;

k – коэффициент размножения, определяемый эмпирически для каждого конкретного вида стволовых вредителей.

Для иллюстрации возможности использования предлагаемой формулы положим, что на участке было вырублено 7 свежеселенных деревьев ($m = 7$); на следующий год на участке оказалось 2 заселенных дере-

ва ($n = 2$). Коэффициент k для короеда-типографа равен 20. Тогда рассчитанная эффективность окажется равной:

$$\Theta = \left(1 - \frac{2}{7 \times 20}\right) \times 100 = 98,6\%$$

Учет эффективности выкладки ловчих деревьев и ловчих штабелей

Выкладка ловчих деревьев является важным и эффективным способом профилактики формирования очагов массового размножения стволовых вредителей. Однако в настоящее время в силу существующих правовых ограничений на вырубку живых деревьев, которые только и могут быть использованы в качестве ловчих, возможно использовать не деревья, а небольшие штабелки из крупных ветвей и вершинника из порубочных остатков. Такой способ был опробован в 2020 г. в Томской области (рис. 2).



Рисунок 2. Ловчие кучи и штабелки порубочных остатков в очаге союзного короеда в Томской обл. в 2020 году

Вместо ловчих деревьев активно используют штабелки из вершинника и порубочных остатков в ряде зарубежных стран, в частности в Турции (рис. 3).



Рисунок 3. Небольшие ловчие штабелки для вылова вредителей в Турции

При использовании ловчих деревьев или ловчих штабелей важно своевременно выложить такие деревья и особенно важно вовремя удалить их из леса после заселения в них стволовых вредителей. Несвоевременное удаление ловчих деревьев приведёт к ускоренному формированию очага ксилофагов в местах их выкладки.

Ловчие деревья привлекают на себя стволовых насекомых и не дают им заселять временно и обратимо ослабленные деревья. Их функциональное значение в системе мероприятий по профилактике формирования очагов очень близко (или идентично) значению феромонных ловушек.

При оценке уровня эффективности этого мероприятия следует исходить из того, что те жуки, которые прилетели на выложенное дерево и заселили его, уже никак не могут оказать воздействие на растущие и даже временно ослабленные деревья. Поэтому чем больше жуков отвлечено на ловчие деревья, тем меньшее их количество может заселить ещё живые деревья.

Для оценки эффективности выкладки ловчих деревьев предлагается использовать формулу:

$$\mathcal{E} = \left(1 - \frac{N}{m}\right) \times 100,$$

где:

\mathcal{E} – эффективность выкладки ловчих деревьев на конкретном лесном участке;

N – число фактически заселенных стволовыми вредителями деревьев на участке после выкладки ловчих деревьев;

m – число деревьев, которые были бы заселены при отсутствии ловчих деревьев.

Число деревьев, которые были бы заселены при отсутствии ловчих деревьев, следует определить по формуле:

$$m = P \times n + \frac{L \times n}{k},$$

где:

P – среднее число заселившихся жуков на одном ловчем дереве (определяется путём прямого подсчёта на ловчих деревьях);

n – число фактически заселенных стволовыми вредителями деревьев на участке после выкладки ловчих деревьев;

L – среднее число жуков, успешно завершивших развитие на ловчих деревьях (определяется путём прямого подсчёта на ловчих деревьях);

k – коэффициент, показывающий, сколько жуков данного вида вредителя убивает одно дерево (постоянный коэффициент для каждого вида стволовых вредителей).

Для иллюстрации того, как работает предлагаемая формула, предположим, что на некоем лесном участке после выкладки 13 ловчих деревьев (n) фактически оказалось заселено стволовыми вредителями 15 деревьев (N).

Проведенные учёты на ловчих деревьях показали, что в среднем на каждом ловчем дереве заселилось 234 жука (P), а среднее число успешно завершивших жуков нового поколения (L) оказалось равным 3578 экз.

Таким образом, на нашем лесном участке если жуки не были бы выловлены на ловчие деревья и уничтожены, то было бы заселено:

$$m = 234 \times 13 + 3578 \times \frac{13}{300} = 3042 + \frac{46514}{300} = 165,2 \text{ дерева.}$$

Следовательно, эффективность выкладки ловчих деревьев составляет:

$$\Xi = \left(165,2 - \frac{15}{165,2} \right) \times 100 = 90,92\%$$

Значит, предлагаемая нами формула довольно объективно оценивает результаты выкладки ловчих деревьев и может быть использована для оценки результатов этой работы по профилактике формирования очагов массового размножения очагов стволовых вредителей.

Учет эффективности работ по массовому отлову вредителей в феромонные ловушки

Использование ловушек с пищевым феромоном для массового отлова насекомых возможно как средство профилактики возникновения в конкретных участках леса очагов массового размножения стволовых вредителей. Как и при любом виде работ, это мероприятие также должно быть оценено по уровню достигнутой эффективности. Однако влияние вылова на состояние защищаемого древостоя не является прямым. Число погибших деревьев в результате деятельности короедов, в том числе союзного короеда, которые попали в ловушки, а также с учетом первого, второго и сестринских поколений определяется по формуле:

$$N_1 = n + n_1 + n_2,$$

где:

N_1 – число деревьев, которые могли бы уничтожить короеды с учетом первого, второго и сестринских поколений, выловленные с начала лета по 2 декаду июля;

n – число деревьев, уничтоженных перезимовавшими жуками;

n_1 – число деревьев, которые могли бы быть уничтожены первым поколением жуков;

n_2 – число деревьев, которые могли бы быть уничтожены жуками второго и сестринских поколений жуков.

1) Число деревьев, уничтоженных перезимовавшими жуками, определяем по формуле:

$$n = \frac{S}{300}$$

где:

S – число выловленных жуков с начала лета до 10 июня;

300 – коэффициент, показывающий, что одно дерево могут уничтожить 300 жуков.

2) Число деревьев, которые могли бы быть уничтожены первым поколением жуков, определяем по формуле:

$$n_1 = \frac{10S}{300},$$

где:

S – число выловленных жуков с начала лета до 2 декады июля;

10 – коэффициент плодовитости и выживаемости потомства;

300 – коэффициент, показывающий, что одно дерево могут уничтожить 300 жуков.

3) Число деревьев, которые могли бы быть уничтожены жуками второго и сестринских поколений жуков возможно определить по формуле:

$$n_2 = \frac{10S \times 1,5}{300},$$

где:

1,5 – коэффициент выживания жуков.

S – число выловленных жуков с начала лета по 2 декаду июля;

10 – коэффициент плодовитости и выживаемости потомства;

300 – коэффициент, показывающий, что одно дерево могут уничтожить 300 жуков.

Этим набором формул можно пользоваться для полной и объективной оценки эффективности вывешивания ловушек с пищевыми феромонами для уменьшения численности стволовых вредителей в конкретных участках леса.

Учет эффективности работ по выпуску хищных энтомофагов

Определение результатов применения энтомофагов проводится на основе ГОСТ Р 57062-2016 «Биологические средства защиты леса. Энтомофаги. Определение эффективности применения».

Эффективность применения энтомофага – это измеряемый результат, достигнутый в конкретном участке в результате применения энтомофага. Этот результат можно оценить несколькими путями. Например, возможно подсчитать изменения числа заселённых ксилофагами деревьев или установить изменение средней категории состояния деревьев на учетной площади.

Для того, чтобы установить биологическую эффективность применения энтомофагов для регулирования численности особей короеда-типографа необходимо перед выпусками энтомофагов подобрать, кроме рабочих, контрольный участок. Оценить эффективность выпуска хищных энтомофагов подсчётами только на рабочих участках довольно трудно.

На каждом рабочем участке и в контроле перед выпуском следует провести учет состояния древостоя и получить среднюю категорию состояния деревьев на каждом участке. При этом необходимо, чтобы в контрольном участке средняя категория состояния не отличалась от категорий состояния рабочих участков. Если некоторые рабочие участки имеют категорию состояния, отличающуюся более чем на 20% от большинства остальных участков, то для них необходимо подобрать дополнительный контрольный участок с близким состоянием деревьев.

Рассмотрим такие гипотетические примеры:

1) перед выпуском энтомофагов на рабочем участке по результатам подсчёта 200 деревьев число заселённых типографом деревьев было равно 5, а осенью в год выпуска оно оказалось равным: 5, 6, 10 и 20

Используем формулу:

$$\mathcal{E} = \frac{Ч_1}{Ч_2} \times 100,$$

где:

Ч₂ – число заселённых типографом деревьев после выпуска;

Ч₁ – число заселённых типографом деревьев до выпуска.

Тогда рассчитанная биологическая эффективность окажется равной, соответственно 100%, 83,3%, 50,0% и 25,0 %.

Такая оценка кажется вполне объективной, ведь если число заселённых деревьев на участке не изменилось, значит, эффективность действительно была равна 100%.

2) возможно оценить эффективность выпуска энтомофагов также используя такой показатель, как средняя категория состояния деревьев на участке до и после выпуска. Ведь если категория состояния древостоя не изменилась или изменилась очень незначительно, значит, основная цель выпуска достигнута – стволовые не смогли ухудшить санитарное состояние древостоя.

Предположим, что до выпуска средняя категория состояния древостоя на участке была равна 1,3. А осенью в год выпуска она оказалась равной 1,3; 1,6; 2,3 и 3,4.

Используя эту же формулу, только принимая, что $Ч_2$ – это средняя категория состояния осенью после выпуска, а $Ч_1$ – средняя категория состояния древостоя на участке до выпуска, получаем рассчитанную биологическую эффективность, равную, соответственно, 100%; 81,2%; 56,5% и 38,2%.

Полученные результаты показывают, что использование средней категории состояния древостоя также позволяет оценить эффективность выпуска энтомофагов.

Однако эта формула совершенно не учитывает те процессы в лесных сообществах, которые объективно происходят в них, не взирая на то, выпускаем или не выпускаем мы энтомофагов. Ведь если мы верно оценили ситуацию и начали выпуски в качестве профилактики формирования очагов стволовых, тогда мы изначально предполагаем, что в окружающих лесах их численность будет возрастать. Тогда использование предлагаемой формулы совершенно оправдано. Но если мы пришли в участок леса, вокруг которого очаги ксилофага находятся в стадии активного формирования и выпуском энтомофагов предотвратили ожидаемый существенный рост их численности, то результаты наших выпусков, определенные по предлагаемой формуле, будут занижены. Но в случае, если прогноз о вероятном развитии очагов оказался неверным и в лесу, в силу разных причин, численность стволовых вредителей не увеличилась, тогда примененная нами формула исказит действительно полученный результат.

Рассмотрим в качестве примера оба вышеописанных случая. Для этого необходимо подобрать контрольный участок. Его подбор является весьма сложным и часто трудным делом. Это связано с несколькими причинами. Во-первых, контрольный участок должен быть идентичным или очень похожим по лесорастительным условиям и по таксационным показателям на те участки, которые мы планируем защитить с помощью выпуска энтомофагов. Подобрать такой участок довольно сложно, ведь

он должен быть расположен не на территории соседнего лесничества, так как там могут быть совершенно иные условия для ксилофагов.

Трудность в выборе такого участка, даже если удалось найти идентичный по условиям и таксационным характеристикам участок, состоит в том, что мы заранее обрекаем его на гибель. Ведь если прогноз развития очагов верен, а мы в этом конкретном участке не планируем проводить работы по его защите, тогда это необходимо каким-то образом обосновать, что далеко не всегда возможно.

Предполагаем, что все-таки такой участок нами найден и моделируем ситуацию, когда очаг массового размножения типографа (или иного стволового вредителя) развивается, и в лесу нарастает численность его особей и ущерб, который они наносят древостоям.

В этом случае предполагаем, что имеем следующие показатели изменения числа заселенных деревьев:

- до начала выпуска в контрольном участке – 5;
- осенью года выпуска в контрольных участках – 13, 28, 38 и 54;
в рабочих участках, где проведен выпуск энтомофагов:
- до начала выпуска число заселенных деревьев также было равно 5;
- осенью число заселенных деревьев, как указано выше, было равно 5, 6, 10 и 20.

Для оценки биологической эффективности проведенных выпусков возможно использовать предлагаемую нами формулу (1):

$$M_n = 100 \times \left(\frac{K_2 - K_1}{K_2} - \frac{P_2 - P_1}{P_2} \right) \quad (1),$$

где:

M_n – эффективность проведенных мер защиты;

P_1 – среднее число заселенных деревьев на участке выпуска до его осуществления;

P_2 – среднее число заселенных деревьев на участке выпуска осенью года его осуществления;

K_1 – среднее число заселенных деревьев на контрольном участке до выпуска энтомофагов в опытном участке;

K_2 – среднее число заселенных деревьев на контрольном участке осенью года выпуска.

По результатам наших предполагаемых учетов биологическая эффективность будет равной: 61,5%, 65,5%, 36,8% и 19,4%.

Чтобы более наглядно показать, как влияет разное число заселенных деревьев в контрольном участке на оценку эффективности выпуска

энтомофагов в опытном участке, рассмотрим случай, когда в опытном участке число заселенных деревьев не изменилось (в нашем случае оно равно 5), а в нескольких контрольных участках оно было различным и составляло, как мы приняли выше, 13, 28, 38 и 54.

В этом случае эффективность выпуска M_n оказывается равной, соответственно: 61,5%, 82,1%, 86,8% и 94,4%.

Из приведенного гипотетического примера видно, что полученный в опытном участке результат, когда не появилось ни одного нового заселенного дерева, довольно существенно различается, если в контрольных участках очаг ксилофагов развивался с разной интенсивностью и чем выше доля новых заселенных деревьев в контроле, тем выше оценка эффективности проведенной работы по выпуску энтомофагов.

Разбор такого примера показывает, что использование контрольных участков существенно влияет на оценку эффективности и ставит ее объективность в зависимость от выбора контрольного участка. Ведь можно так подобрать контрольный участок, что эффективность окажется завышенной или заниженной вне зависимости от реально полученного уровня защиты древостоя в местах выпуска энтомофагов.

Кроме того, подбор контрольного участка в реальной ситуации является довольно трудным делом. Во-первых, условия в опытных и в контрольных участках должны быть максимально близкими как по условиям произрастания, так и по показателям развития очага. И он не должен быть расположен территориально далеко от опытных, но при этом выпускаемые энтомофаги не должны иметь возможности в массе перелетать на его территорию. Во-вторых, оставляя в качестве контроля некий участок леса, мы сознательно обрекаем деревья на нем на гибель, что скажется на общем состоянии древостоев в лесничестве.

Поэтому мы всё же считаем, что объективно оценить реальную эффективность проведенного выпуска возможно без использования контрольных участков.

Для подтверждения этого рассмотрим другой гипотетический пример. При этом мы считаем необходимым провести два учета числа заселенных деревьев на каждом рабочем участке (участке, где производится выпуск энтомофагов): весной перед выпуском и осенью в год выпуска. Предполагаем, что до выпуска на всех рабочих участках число заселенных деревьев было равно 5. Осенние же учеты показали, что число заселенных деревьев оказалось равным (как мы приняли выше) 5, 6, 10 и 20.

Для оценки хозяйственной эффективности выпусков предлагаем использовать формулу:

$$M_n = 100 \times \frac{P_1}{P_2}$$

где:

M_n – эффективность проведенных мер защиты;

P_1 – среднее число заселенных деревьев на участке выпуска до его осуществления;

P_2 – среднее число заселенных деревьев на участке выпуска осенью года его осуществления.

В результате подсчетов по этой формуле получаем, что эффективность выпусков оказалась равной 100,0%, 83,3%, 50,0% и 25,0%.

Полученные результаты весьма объективны, ведь если на рабочем участке не появилось ни одного нового заселенного дерева, то это значит, что проведенный выпуск обеспечил полную его защиту. И чем большее число деревьев стволовые вредители смогли заселить, тем ниже уровень защиты, что и показывают полученные значения.

После выпуска энтомофагов (муравьежуков, долготелок и др. хищников) осенью года выпуска проводят первый учет результатов. При этом также определяют среднюю категорию состояния деревьев.

Хозяйственную эффективность, то есть степень уменьшения числа заселенных ксилофагами деревьев, определяют по формулам:

- несколько измененной формулой Аббота:

$$M_n = \left(1 - \frac{P}{K}\right) \times 100,$$

где:

M_n – эффективность применения хищных энтомофагов;

P – число заселенных деревьев на участке после обработки;

K – число заселённых деревьев на участке после обработки.

- несколько измененной формулой Хендерсона-Тилтона

$$M_n = \left(1 - \frac{K_1 P_2}{K_2 P_1}\right) \times 100,$$

где:

M_n – эффективность применения хищных энтомофагов;

P_1 – средняя категория состояния деревьев на обработанном участке до обработки;

P_2 – средняя категория состояния деревьев на обработанном участке после обработки;

K_1 – средняя категория состояния деревьев в контроле до обработки;

K_2 – средняя категория состояния деревьев в контроле после обработки.

Если фактически полученная биологическая эффективность оказалась до 25%, результат считается неудовлетворительным, если она составляет от 25,1 до 50,0% – результат оценивается как удовлетворительный, если она составляет от 50,1 до 75% – результат признается хорошим и при эффективности свыше 75% – результат считается отличным.

Для того, чтобы показать, как работают предлагаемые формулы, представим гипотетический случай, когда в контрольном участке до обработки средняя категория состояния деревьев (K_1) была равна 1,5, а после обработки (K_2) оказалась равной 3,4. При этом в рабочем участке до обработки средняя категория состояния (P_1) была равна 1,6, а после обработки (P_2) оказалась равна 1,7.

Тогда по формуле Аббота хозяйственная эффективность проведенного выпуска оказывается равной:

$$M_n = \left(1 - \frac{P}{K}\right) \times 100,$$

$$\text{или } \left(1 - \frac{1,6}{3,4}\right) \times 100 = 53\%$$

А по формуле Хендерсона-Тилтона хозяйственная эффективность составила:

$$M_n = \left(1 - \frac{K_1 P_2}{K_2 P_1}\right) \times 100,$$

$$\text{или } \left(1 - \frac{1,5 \times 1,7}{3,1 \times 1,6}\right) \times 100 = 48,6\%$$

Таким образом, обе формулы дают близкий результат и могут быть использованы для оценки результатов выпуска хищных энтомофагов.

Предлагаемая нами система формул для установления реальной биологической эффективности проведенных работ в ельниках должна пройти производственную проверку и по ее итогам будет возможно принять к дальнейшему использованию такие формулы, которые наиболее удобны в употреблении и объективно оценивают результаты.

Схема действий по профилактике формирования очагов массового размножения стволовых вредителей состоит из следующих важнейших элементов (рис. 4).

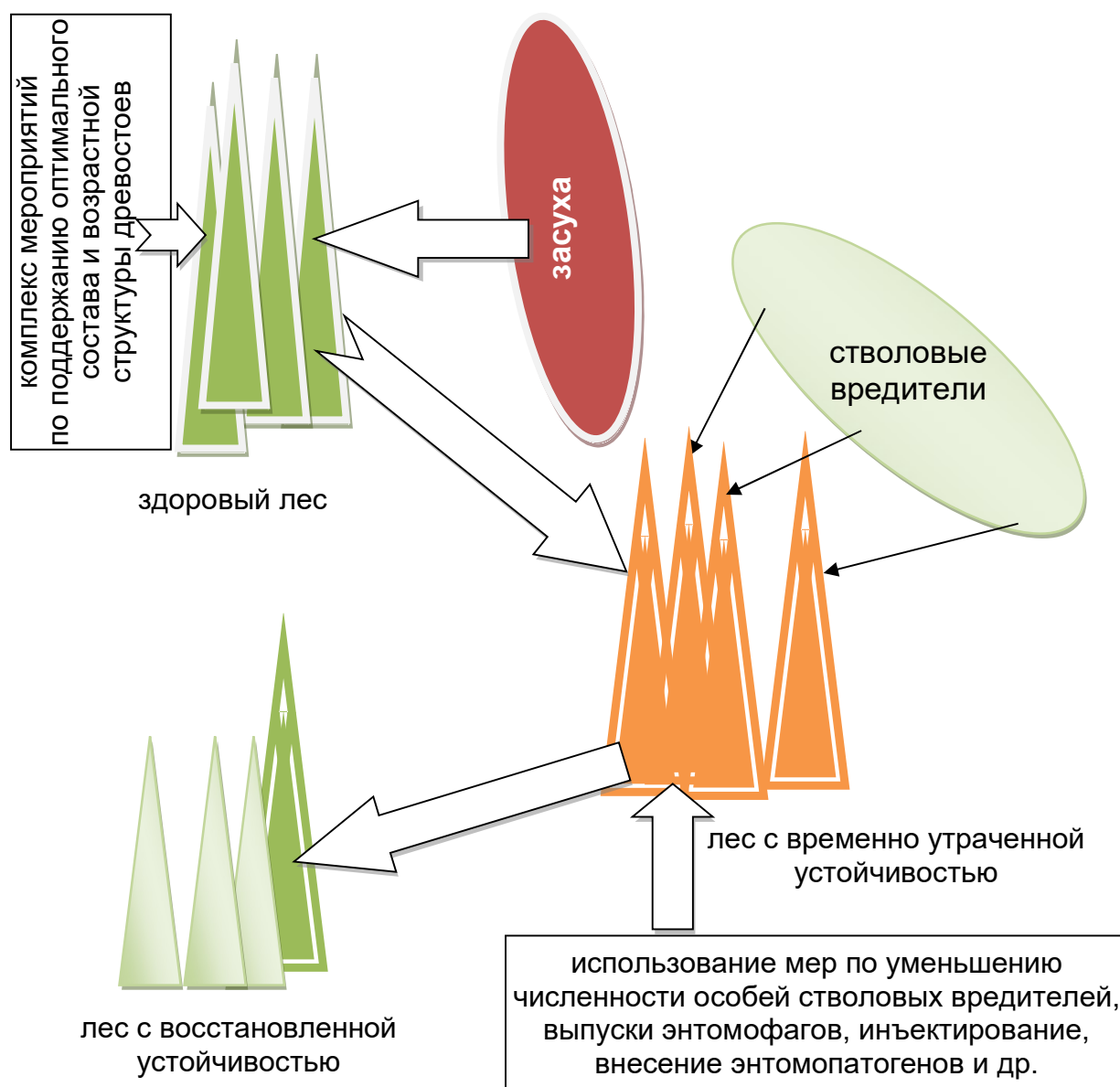


Рисунок 4. Схема воздействия на древостой ослабляющих факторов и мер профилактики

Заключение

Предлагаемая комплексная технология защиты ельников от короеда-типографа предусматривает использование всех возможных методов защиты при соблюдении основного принципа ведения хозяйства в лесах – недопущения накопления потенциальной кормовой базы, то есть старых ельников.

К сожалению, такие высокоэффективные приёмы управления развитием очагов типографа, как своевременная вырубка свежезаселенных деревьев, в рамках действующего лесного законодательства трудно осуществима, если вообще возможна. Кроме того, основой управления развитием очагов типографа является выполнение на постоянной основе таких работ, как вылов части особей в популяциях с помощью ловушек, регулярный выпуск энтомофагов и своевременная уборка всех усыхающих от разных причин деревьев.

Настоящая технология нуждается в производственной проверке в течение нескольких лет. По итогам такой проверки все полученные результаты будут проанализированы и на основе этого анализа будут внесены необходимые правки, дополнения и изменения с тем, чтобы в результате была подготовлена технология, прошедшая производственную апробацию.

Список литературных источников

1. Астафьев, Р.Ф. О повреждении леса короедами и о мерах борьбы с ними в лесах Владимирской губернии в 1892 г. / Р. Ф. Астафьев // Приложение к Лесному журналу. Вып. 5. 1893. – С. 34–55.
2. Виткевич, В.Н. Метеорологические условия 1938 и 1939 гг. / В.Н. Виткевич // Лесное хозяйство. № 10. 1940. – С. 16–24.
3. Гардеев, А.Ф. Проблемы борьбы с короедом-типографом на территории Смоленской области / А. Ф. Гардеев // Комплексные меры по подавлению вспышки массового размножения короеда-типографа. – Пушкино, 2001. – С. 19–20.
4. Горшин, С.Н. Заражённость, фаутиность и качественная производительность елово-пихтовых насаждений Семитского лесничества Татарской республики / С.Н. Горшин // Известия Казанского института с.-х. и лесоводства. Казань, 1931. – С. 151-190.
5. Губанов, И.А. и др. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные) / И.А. Губанов, К.В. Киселева, В.С. Новиков, В.Н. Тихомиров. – М.: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2002. – Т.1. – С. 119.
6. Жигунов, А.В. Массовое усыхание лесов на северо-западе России / А.В. Жигунов, Т.А. Семакова, Д.А. Шабунин // Материалы научной конференции, посвященной 50-летию Института леса Карельского научного центра РАН. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. – С. 42–52.
7. Зиновьев, Г.А. К фауне короедов лесов Кунгурского и Кишертского районов Молотовской области / Г.А. Зиновьев // Изв. Естеств. науч. ин-та при Молотовском ун-те. Т. 13, № 7, 1956. – С. 581–598.
8. Катаев, О. А. Вторичные вредители хвойных древостоев Калининградской области и меры борьбы с ними: автореф. дис. канд. биол. наук / Олег Александрович Катаев. – Л.: ЛТА, 1952. – 19 с.
9. Каупуш, К.Р. Лесопатологическая обстановка в лесах Тверской области в 2000 году / К.Р. Каупуш // Комплексные меры по подавлению вспышки массового размножения короеда-типографа. – Пушкино, 2001. – С. 20–22.
10. Коломиец, Н.Г. Паразиты и хищники ксилофагов Сибири / Н.Г. Коломиец, Д.А. Богданова. – Новосибирск, 1980. – 280 с.
11. Коротнев, Н.И. Короеды русских лесов и меры борьбы с ними: экология короедов (Восточной Европы, Кавказа и Сибири) / Н.И. Коротнев. – М.: Новая Деревня, 1926. – 188 с.
12. Котов, А.С. О состоянии еловых лесов Калужской области и мероприятия по стабилизации в них лесопатологических процессов / А.С. Котов // Комплексные меры по подавлению вспышки массового размножения короеда-типографа. – Пушкино, 2001. – С. 17–19.
13. Кухта, В.Н. Короеды ели европейской и мероприятия по регулированию их численности / В.Н. Кухта, А.И. Блинцов, А.А. Сазанов. – Минск, 2014. – 337 с.
14. Липаткин, В.А. Факторы, обусловившие массовое размножение короеда-типографа в Подмосковье / В.А. Липаткин, Е.Г. Мозолевская // Комплексные меры по подавлению вспышки массового размножения короеда-типографа. – Пушкино, 2001. – С. 22–28.
15. Любомирский, Засыхание еловых насаждений / Любомирский // Лесной журнал, вып. 10. 1882. – С. 623–625.

16. Марченко, Я.Н. Применение агрегационных феромонов для мониторинга за короедом-типографом в лесах Белоруссии / Я.Н. Марченко, Г.А. Красько, А.А. Куцый // Пушкино: Сборник «Биологическая и интегральная защита леса». Тез. док. междуна. симпоз. (7–11 сент. 1998 г.), 1998. – С. 70–71
17. Маслов, А.Д. Усыхание еловых лесов от засух на европейской территории СССР / А.Д. Маслов // Лесоведение, № 6, 1972. – С. 77–87.
18. Маслов, А.Д. Размножение стволовых вредителей ели в очагах корневой гнили / А.Д. Маслов // Защита леса от вредителей и болезней: сборник трудов ВНИИЛМ. – М. Лесная промышленность, 1973. – С. 84–101.
19. Маслов, А.Д. Вспышка массового размножения короеда-типографа под влиянием засух 1972–1975 гг. / А.Д. Маслов // Новейшие достижения лесной энтомологии. – Вильнюс, 1981. – С. 99–105.
20. Маслов, А.Д. Усыхание еловых насаждений от короеда-типографа и интеграция защитных мероприятий / А.Д. Маслов // Комплексные меры по подавлению вспышки массового размножения короеда-типографа. – Пушкино, 2001. – С. 5–12.
21. Маслов, А.Д. Методические рекомендации по надзору, учёту и прогнозу массовых размножений стволовых вредителей и санитарного состояния лесов / А.Д. Маслов. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2006. – 68 с.
22. Маслов, А.Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов / А.Д. Маслов. – Пушкино, 2010. – 130 с.
23. Маслов, А.Д. Влияние температуры и влажности на стволовых вредителей леса. – Пушкино: ФГУ ВНИИЛМ, 2008. – 26 с.
24. Матусевич, Л.С. Популяционные показатели короеда-типографа (*Ips typographus* L.) в ельниках зоны хвойно-широколиственных лесов / Л.С. Матусевич. – М.: МГУЛ, 1994. – 141 с.
25. Никитский, Н.Б. Иллюстрированный справочник жуков-ксилофагов – вредителей леса и лесоматериалов Российской Федерации / Н.Б. Никитский, С.С. Ижевский, О.В. Волков, М.М. Долгин. – Тула: Гриф и К., 2005. – 220 с.
26. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Московской области в 2010 году и прогноз лесопатологической ситуации на 2011 год. – Пушкино, 2011. – 107 с.
27. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Московской области в 2013 году и прогноз лесопатологической ситуации на 2014 год. – Пушкино, 2013. – 187 с.
28. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Архангельской области и Ненецкого автономного округа за 2013 год и прогноз на 2014 год. ФБУ «Российский центр защиты леса» ЦЗЛ Архангельской области. – Архангельск, 2014. – 192 с.
29. Пятницкий, Г.К. Материалы к познанию короедов ельников Пошехонского уезда Ярославской губернии / Г. К. Пятницкий // Защита растений от вредителей. Т. VI, 1930. – С. 595–629.
30. Разумова, Л.А. Агрометеорологические особенности засух 1972 г. на европейской территории СССР по сравнению с засухами прошлых лет / Л.А. Разумова // Л.: Гидрологический научный ин-т центра СССР, 1975. – С. 3–28.
31. Рысин, Л.П. Еловые леса России / Л.П. Рысин, Л.И. Савельева. – М.: Наука, 2002. – 335 с.
32. Савельева, Л.И. Типы хвойных лесов Подмосковья / Л.И. Савельева // Динамика хвойных лесов Подмосковья. М.: Наука, 2000. – С. 33–66.

33. Скугравы, В. Вспышки массового размножения короеда-типографа в Европе во второй половине XX в. / В. Скугравы // Лесохоз. информ. № 2, 2004. – С. 48–58.
34. Смирнов, С.И. Пути оптимизации системы управления лесами в связи с массовым усыханием ели европейской в Российском Полесье / С.И. Смирнов // Комплексные меры защиты по подавлению вспышки массового размножения короеда-типографа. – Пушкино, 2001. – С. 15–17.
35. Сокановский, Б.В. К систематике и распространению короедов (Coleoptera, Ipsidae) СССР и сопредельных стран / Б.В. Сокановский // Энтомологическое обозрение, Т. 39, вып. 3, 1960. – С. 674–678.
36. Тимофеев, В.П. Отмирание ели в связи с недостатком влаги в почве / В. П. Тимофеев // Лесное хозяйство, № 9, 1939. – С. 6-15.
37. Тимофеев, В.П. Борьба с усыханием ели / В. П. Тимофеев. – Гослестехиздат, 1944. – 48 с.
38. Тимофеев, В.П. Повреждение леса и животный мир / В. П. Тимофеев // Климатические повреждения. – М., 1964. – С. 482–492.
39. Турский, М. Из поездки в некоторые леса средней и южной России / М.К. Турский // Лесной журнал, вып. 5, 1884а. – С. 239–325. Тучина и др., 2014.
40. Фомин, М. О короедах и вредителях леса в Нижегородской губернии / М. Фомин // Лесовод, 1926. – С. 74–75.
41. Харитонов, Д.Е. К фауне короедов Пермского лесничества / Д.Е. Харитонов // Известия Биол. НИИ и биол. станции при Пермском гос. ун-те, Т. 3, 1924. – С. 199–204.
42. Харитонов, Н.З. Энтомофаги короедов хвойных пород / Н.З. Харитонов. – М.: Издательство «Лесная промышленность», 1972. – 128 с.
43. Чертовский, В.Г. Еловые леса европейской части СССР / В. Г. Чертовский. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 176 с.
44. Чубуков, Л.А. Погода лета 1938 г. на Европейской территории Союза / Л.А. Чубуков // Метеорология и гидрология, № 7, 1940. – С. 17–23.
45. Шевырëв, И.Я. Деятельность короедов в Духовщинском лесничестве Смоленской губернии в 1882–1883 годах по данным 1887 года / И. Я. Шевырëв // Лесной журнал, вып. 5, 1888. – С. 74–75.
46. Шевырëв, И.Я. Опустошительное размножение короедов в Средней России с 1882 по 1894 гг. и попытки борьбы с ним / И.Я. Шевырëв // Сельское хозяйство и лесоводство, Ч. 183, № 3, 1896. – С. 523–545.
47. Шевырëв, И.Я. Загадка короедов / И.Я. Шевырëв. – С-Петербург, 1910. – 106 с.
48. Яновский, В.М. Температурный преферендум большого листовенничного короеда и его энтомофагов в зависимости от состояния дерева // Защита леса от вредных насекомых и болезней : Всесоюзная научно-техническая конференция. Доклады. Т. 2. – М., 1971. – С. 186–190.
49. Meydan, M. *Rhizophagus depressus* (Rhizophagidae: Coleoptera)'un Laboratuvar şartlarında üretimi ve Biyolojik Mücadele uygulamalarında kullanılması olanakları üzerine araştırmalar / M. Meydan, T. Göktürk, Y. Aksu // Karadeniz teknik üniversitesi orman fakültesi, ladin sempozyumu, bildiriler kitabı, Trabzon, 2005a, 1. Cilt. – P. 214–221.
50. Meydan, M. *Thanasimus formicarius* (Coleoptera: Cleridae)'un Laboratuvar Şartlarında Üretimi ve Biyolojik Mücadele Uygulamalarında Kullanılması Olanakları Üzerine Araştırmalar / M. Meydan, T. Göktürk, Y. Aksu // "Karadeniz teknik üniversitesi orman fakültesi ladin sempozyumu ", Trabzon, 2005b, 1. Cilt. – P. 206–213.
51. Skuhřavý, V. Lýkořrout smřkový (*Ips typographus* L.) a jeho kalamity / V. Skuhřavý // Agrospoj, Praha, 2002. – 196 p.

Оглавление

Введение.....	3
Очаги массового размножения короеда-типографа	5
Развитие волн усыхания еловых лесов в Московской области.....	7
Основные факторы, регулирующие численность типографа	17
Комплексная защита ели от короеда-типографа.....	19
Применение пестицидов методом наземного опрыскивания или внутривидового инъектирования.....	24
Учеты эффективности проведенных профилактических работ по защите леса	27
Заключение.....	44
Список литературных источников	45

**Технология комплексной защиты ельников
от короеда-типографа
с применением энтомофагов и феромонов**

Производственно-практическое издание

Ответственный за выпуск канд. биол. наук Ю.И. Гниненко
Корректор Е.Б. Кузнецова
Компьютерная верстка Л.М. Харина
Оформление обложки Л.М. Харина

Подписано в печать 20.05.2021.
Формат 60х90 1/16.
Объем 3.0 печ. л.
Тираж 300 экз.

Отпечатано в Всероссийском научно-исследовательском институте
лесоводства и механизации лесного хозяйства.
Московская область, г. Пушкино, ул. Институтская, д. 15