

РАЗРАБОТКА ФЕРОМОННЫХ КОМПОЗИЦИЙ УСАЧЕЙ РОДА *MONOCHAMUS* И ОЦЕНКА ИХ АТТРАКТИВНОЙ АКТИВНОСТИ

Усеня В.В.¹, Масалов Н.В.², Асташко Д.А.²,
Блинова Н.С.¹, Адамович Ю.И.², Тегленков Е.А.¹

¹ГНУ «Институт леса НАН Беларуси»

(г. Гомель, Беларусь)

²Белорусский государственный университет

(г. Минск, Беларусь)

Приведены результаты исследований по синтезу основных компонентов феромонных композиций для мониторинга численности усачей рода *Monochamus*. На основании натурных испытаний в хвойных насаждениях различных вариантов синтетических феромонных композиций установлено, что перспективными для привлечения усачей рода *Monochamus* являются образцы «МОНВАБОЛ 11» и «МОНВАБОЛ 12».

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь лесистость территории составляет 39,8%. В видовом составе лесов преобладают хвойные породы (59,4%), в том числе сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) – 50,0% и ель европейская (*Picea abies* (L.) Karst) – 9,4%.

Усачи рода *Monochamus* способны причинять существенный материальный ущерб в результате повреждения значительного количества деревьев в сосновых и еловых насаждениях и снижения качества заготовленной древесины хвойных пород. В результате своей жизнедеятельности они причиняют деревьям существенный физиологический вред, в том числе обуславливающий их гибель, а также являются техническими вредителями древесины, повреждающими неокоренные лесоматериалы хвойных пород во время их заготовки, хранения и транспортировки. Кроме нанесения непосредственного материального ущерба, ряд видов усачей является переносчиками сосновой древесной нематоды *Bursaphelenchus xylophilus*, способной вызывать значительную гибель деревьев хвойных пород [1].

Шесть видов усачей рода *Monochamus* включены в Единый перечень карантинных объектов ЕЭС (утвержден решением Совета Евразийской экономической комиссии от 30.11.2016 г. № 158), как «карантинные вредные организмы, ограниченно распространенные на территории Евразийского экономического союза» [2, 3], из которых в Беларуси встречаются четыре вида: чёрный сосновый усач *Monochamus galloprovincialis* (Olivier), чёрный бархатно-пятнистый усач *Monochamus saltuarius* (Gebler), малый еловый усач *Monochamus sutor* (Linnaeus) и большой чёрный еловый усач *Monochamus urussovii* (Fischer v. Waldheim). Постановлением Министерства сельского хо-

зайства и продовольствия Республики Беларусь № 29 от 17 октября 2016 г. (вступило в силу с 22 января 2017г.) вышеуказанные виды отнесены к особо опасным вредителям лесных насаждений [4].

Одним из наиболее эффективных способов контроля численности данных опасных стволовых энтомовредителей является применение ловушек с феромонным диспенсером. Разработка и использование феромонов позволит осуществлять мониторинг за распространением и контроль численности усачей рода *Monochamus*.

Цель работы – разработка и экспериментальная оценка аттрактивной активности феромонных композиций для мониторинга численности усачей рода *Monochamus*.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В научно-исследовательской лаборатории элементоорганического синтеза Белорусского государственного университета проведены исследования по синтезу действующих веществ феромонов усачей рода *Monochamus* (2-ундецилоксиэтанол, цис-вербенол, ипсидиенол и ипсенол, и α -пинен).

2-метил-3-бутен-2-ол (диметилвинилкарбинол) и этанол – коммерчески доступные соединения.

Лабораторные образцы действующих веществ феромонов усачей рода *Monochamus* получали по следующим методикам.

Синтез соединения **1** основан на реакции Вильямсона: моноалкоголят этилен гликоля вводят в реакцию с 1-бромундеканом (рисунок 1).

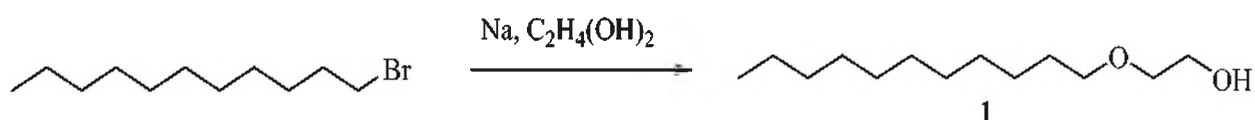


Рисунок 1 – Синтез соединения **1**

α -Пинен (**5**) получали двукратной фракционной перегонкой скипидара при атмосферном давлении. Собирали фракцию с температурой кипения 155-157 °С. Чистота полученного α -пинена (**5**) более 95%.

Цис-Вербенол (**2**) получали окислением α -пинена (**5**) кислородом воздуха в присутствии в качестве катализатора пиколината кобальта, с последующим доокислением реакционной смеси хромовым ангидридом. Полученный грязный полупродукт (**6**) переводили в бисульфитное производное (**7**) с целью очистки от посторонних примесей. Чистый вербенон (**6**) получали перегонкой бисульфитного производного (**7**) с водяным паром в присутствии основания. Целевой вербенол (**2**) получали восстановлением кетона (**7**) борогидридом натрия в присутствии солей церия (рисунок 2).

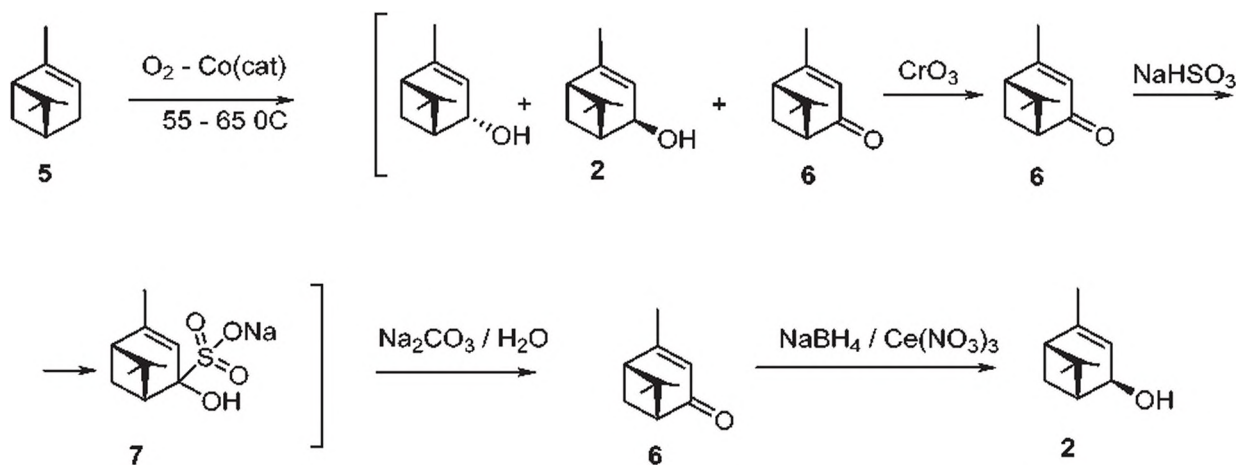


Рисунок 2 – Синтез цис-вербенола (2)

Для получения ипсдиенола (3) и ипсенола (4) использовали общий метод, разработанный на кафедре органической химии БГУ [5] для наработки мультиграммовых количеств этих соединений. Метод основан на использовании циклопропанола (8) в качестве ключевого промежуточного продукта, который получали циклопропанованием по Кулинковичу [6] соответствующего сложного эфира (9) этилмагнийбромидом. Соединение (9) переводили в мезилат и последний вводили в реакцию циклопропил-аллильной изомеризации под действием безводного бромид магния в эфире. Полученный таким образом аллилбромид (10) – является универсальным строительным блоком для синтеза ипсенола (4), ипсдиенола (3), а также других ненасыщенных соединений схожей структуры (рисунок 3).

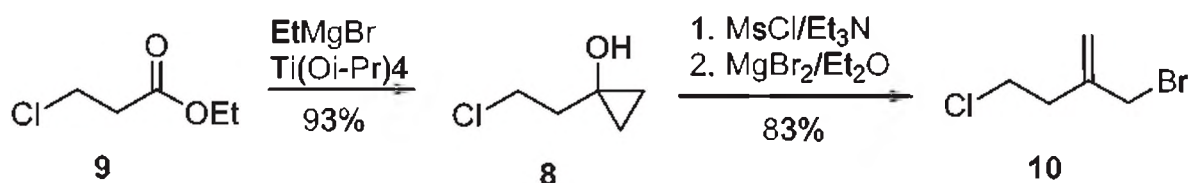


Рисунок 3 – Синтез ключевого интермедиата (10)

На завершающем этапе синтеза для построения углеродного скелета молекул целевых феромонов (3, 4) использовали реакцию Барбье, что позволило с высоким выходом получить соединения (11а, б), которые были переведены в соответствующие пивалоаты (12а, б). Дегидрогалогенирование и гидролиз последних приводит к ипсдиенолу (3) и ипсенолу (4) (рисунок 4) [7, 8].

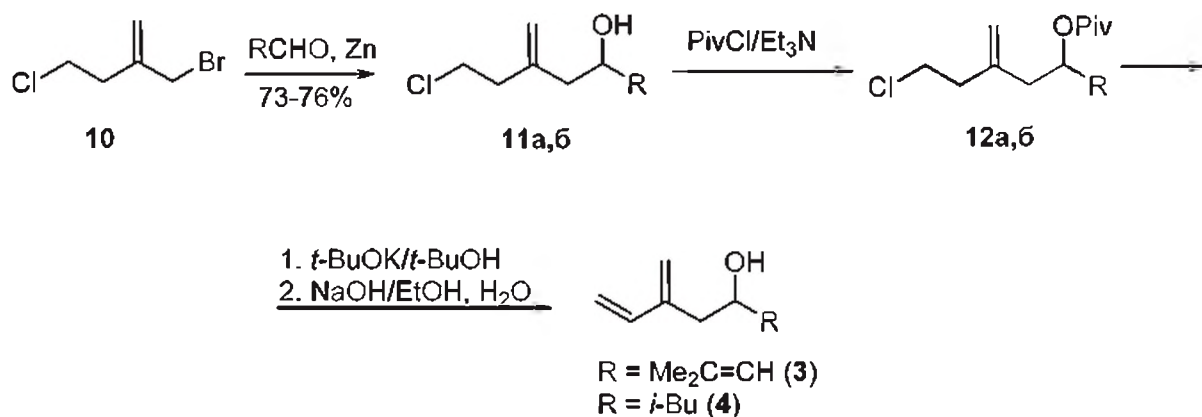


Рисунок 4 – Получение ипсдиенола (3) и ипсенола (4)

Натурные испытания аттрактивной активности феромонных композиций усачей рода *Monochamus* выполнены в 2018 году в сосновых и еловых насаждениях в лесном фонде Гомельского ГПЛХО. Использовались пластиковые ловушки барьерного типа, установленные на расстоянии 50-70м. К ловушкам прикреплялись феромонные диспенсеры, представляющие собой носитель (вискозная губка), пропитанный определенной феромонной композицией усачей рода *Monochamus* и помещенный в полиэтиленовую оболочку. С целью исключения возможности выползания жуков по стенкам, а также замедления разложения пойманных насекомых, в приемник ловушки заливалась подсолонная мыльная вода.

Ловушки вывешивались по маршрутному ходу в хвойных насаждениях, вдоль стены леса и крепились с помощью шпагата на сухостойных деревьях или на перекладине между ними таким образом, чтобы приемник ловушки находился на высоте 1,3-1,5 м от поверхности почвы. Ловушки выставлялись линией, состоящей из 6 ловушек с вариантами феромонных композиций и контроля, и нумеровались отдельно по каждому участку: № 1 – МОНВАБОЛ 8 (М8), № 2 – МОНВАБОЛ 11 (М11), № 3 – МОНВАБОЛ 11м (М11м), № 4 – МОНВАБОЛ 12 (М12), № 5 – МОНВАБОЛ 13 (М13), № 6 – МОНВАБОЛ 13м (М13м); № 7 – контроль без феромонного диспенсера. Критерием оценки аттрактивной активности вариантов феромонов являлось количество отловленных экземпляров усачей за период лета. Учет вредителей проводился через 7-10 суток. Анализ содержимого приемников ловушек осуществлялся в лабораторных условиях. Ловушки находились в хвойных насаждениях с 31 мая по 27 июля 2018 года.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научно-исследовательской лабораторией элементоорганического синтеза Белорусского государственного университета с целью определения наиболее аттрактивных феромонных композиций в природно-климатических и лесорастительных условиях Республики Беларусь из наработанных лабораторных образцов действующих веществ феромонов усачей рода *Monochamus* изго-

товлены и переданы в ГНУ «Институт леса НАН Беларуси» для натуральных испытаний 6 вариантов феромонных композиций «МОНВАБОЛ», состав которых представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав феромонных композиций «МОНВАБОЛ»

Вариант	Ипсдиенол, мг	Ипсенол, мг	Вербенол, мг	ДМВК, мг	Моногамол, мг	α - Пинен, мг	Этанол, мг
МОНВАБОЛ 8	20	20	-	-	100	20	10
МОНВАБОЛ 11	20	20	30	1,2	100	20	10
МОНВАБОЛ 12	-	40	-	-	100	20	10
МОНВАБОЛ 13	20	20	30	4,2	100	-	-
МОНВАБОЛ 11М	20	20	-	1,2	100	20	10
МОНВАБОЛ 13М	20	20	30	-	100	-	-
Примечание: ДМВК - диметилвинилкарбинол							

Усачи рода *Monochamus* относятся к числу вторичных вредителей леса и очаги их массового размножения формируются на несвоевременно разработанных гарях и буреломно-ветровальных участках лесных насаждений, в очагах корневой губки и хвоегрызущих насекомых, местах лесозаготовок и на складах древесины [9-11].

В связи с этим, учитывая особенности биологии и местообитания усачей рода *Monochamus*, подобраны опытные участки в хвойных насаждениях для натуральных испытаний аттрактивной активности 6 вариантов синтетических феромонных композиций «МОНВАБОЛ». В Хальчанском лесничестве ГЛХУ «Жлобинский лесхоз» ловушки размещались в усыхающих еловых насаждениях, поврежденных короедом типографом, в которых планировалось проведение сплошной санитарной рубки. В усыхающем основном насаждении Демидовского лесничества Наровлянского спецлесхоза, где отпад по числу деревьев составлял более 30%, имелись деревья IV, V, VI категорий санитарного состояния. В июле 2016 года сосновые насаждения на участках в кварталах 9 и 11 Романовского лесничества ГОЛХУ «Мозырский опытный лесхоз» повреждены буреломом. В кварталах 38 и 3 данного лесничества опытные участки находились возле мест сплошных санитарных вырубок усыхающих сосняков, поврежденных короедом, где при проведении рубок в 2017-2018 гг. работниками лесничества наблюдалось большое количество усачей на складываемой древесине сосны. На протяжении срока проведения натуральных испытаний выставлено 56 ловушек (включая контроль): Наровлянский спецлесхоз – 14 шт., Мозырский опытный лесхоз – 28 шт., Жлобинский лесхоз – 14 шт.

Характеристика насаждений, в которых вывешивались ловушки, представлена в таблице 2, а результаты испытаний аттрактивной эффективности феромонных композиций – в таблице 3.

Таблица 2 – Лесоводственно-таксационная характеристика сосновых и еловых насаждений

Местонахождение опытного объекта	Тип леса	Состав	Воз- раст, лет	Пол- нота	Средние		Бо- нитет
					высо- та, м	диаметр, см	
Жлобинский лесхоз							
Хальчанское л-во квартал 183, выдел 3	Е. черничный	8Е2С	88	0,7	25	26	I
Хальчанское л-во квартал 196, выдел 4	Е. кисличный	7Е3С	88	0,7	26	28	I
Мозырский опытный лесхоз							
Романовское л-во квартал 9, выдел 13	С. черничный	8С2Б+Ос	70	0,8	24	28	I
Романовское л-во квартал 11, выдел 43	С. черничный	10С+Б	85	0,7	27	32	I
Романовское л-во квартал 38, выдел 17	С. орляковый	10С+Б+Д	104	0,6	28	36	I
Романовское л-во квартал 3, выдел 6	С. орляковый	10С+Б+Д	82	0,7	25	28	I
Наровлянский спецлесхоз							
Демидовское л-во квартал 56, выдел 19	С. вересковый	10С	60	0,7	15	18	III

Таблица 3 – Результаты испытаний аттрактивной активности феромонных композиций «МОНВАБОЛ»

Лесничество, квартал, выдел	Кол-во лову- шек	Кол-во жуков усачей рода <i>Monochamus</i> , отловленных ловушками с вариантами феромонных композиций, экз.						Все- го, экз.	
		М8	М11	М11м	М12	М13	М13м		контроль
Хальчанское л-во квартал 183, выдел 3	7	1	9	7	2	1	4	0	24
Хальчанское л-во квартал 196, выдел 4	7	5	2	2	8	5	2	0	24
Романовское л-во квартал 9, выдел 13	7	1	3	0	0	1	6	0	11
Романовское л-во квартал 11, выдел 43	7	0	6	0	2	2	2	0	12
Романовское л-во квартал 38, выдел 17	7	2	9	1	2	3	0	0	17
Романовское л-во квартал 3, выдел 6	7	2	1	3	2	1	4	0	13
Демидовское л-во квартал 56, выдел 19	14	4	17	7	15	11	7	0	61
ИТОГО		15	47	20	31	24	25	0	162
Экземпляр / на 1 ловушку		1,88	5,88	2,50	3,88	3,00	3,13	0	3,38

Ловушек с феромонными композициями вывешено 48 шт., контрольных – 8 шт., т.е. в общей сложности с каждым вариантом феромонной компози-

ции выставлено по 8 ловушек. Отловлено 162 экземпляра усачей рода *Monochamus* (таблица 3).

Установлено, что варианты феромонных композиций «МОНВАБОЛ 11» и «МОНВАБОЛ 12» имеют достаточно высокую аттрактивную активность в отношении жуков усачей (47 и 31 экземпляр соответственно).

Результаты натуральных испытаний аттрактивности феромонных композиций «МОНВАБОЛ» в сосновых насаждениях свидетельствуют о том, что все варианты в различной степени привлекали жуков черного соснового усача (*M. galloprovincialis*) (103 экземпляра). Следует отметить, что образцом феромона МОНВАБОЛ 11 отловлено наибольшее количество (31 экземпляр) жуков данного вида. На всех опытных участках хвойных насаждений в ловушки попадали единичные экземпляры малого черного елового усача. Черный бархатно-пятнистый усач в ловушках не обнаружен (таблица 4).

Таблица 4 – Количество усачей рода *Monochamus*, отловленных ловушками с вариантами феромонных композиций, экз.

Виды усачей рода <i>Monochamus</i>	Количество отловленных жуков усачей, экз.							Всего, экз.
	М8	М11	М11м	М12	М13	М13м	контроль	
Чёрный сосновый усач (<i>M. galloprovincialis</i>)	6	31	11	21	15	19	0	103
Малый черный еловый усач (<i>M. sutor</i>)	3	5	0	0	3	1	0	12
Большой черный еловый усач (<i>M. urussovi</i>)	6	11	9	10	6	5	0	47

В еловых насаждениях Хальчанского лесничества Жлобинского лесхоза отловлено 47 экземпляров большого черного елового усача (*M. urussovi*). Наилучшую аттрактивную активность проявили варианты феромона М11, М11м и М12 – 11, 9 и 10 экземпляров жуков соответственно. Необходимо также отметить, что во время проведения натуральных испытаний в ловушки с вариантами феромонов М11, М11м влетало большое количество жуков короеда типографа (22430 и 7740 экземпляров соответственно), что значительно затрудняло анализ содержимого приемников ловушек и учет жуков усачей. Образец феромона М12 жуков короеда типографа не привлекал, но ловушками с данным вариантом феромона отловлено 10 экземпляров *M. urussovi*. Следовательно, вариант МОНВАБОЛ 12 можно рассматривать как наиболее перспективный для использования в еловых лесах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время эффективным способом контроля численности насекомых вредителей в сосновых и еловых насаждениях является применение ловушек с феромонным диспенсером.

В научно-исследовательской лаборатории элементоорганического синтеза БГУ синтезированы различные варианты феромонных композиций «МОНВАБОЛ» для мониторинга усачей рода *Monochamus*.

Результаты натуральных испытаний аттрактивной активности феромонных композиций в хвойных насаждениях свидетельствуют о том, что варианты «МОНВАБОЛ 11» и «МОНВАБОЛ 12» являются перспективными композициями для привлечения усачей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Павлов, В.С. Лесохозяйственное значение усачей рода *Monochamus* на Северо-Западе РФ: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Павлов В.С.- Санкт-Петербург. – 2009. – 21 с.

2. Единый перечень карантинных субъектов Евразийского экономического союза, - 12 с. [Электронный ресурс]. URL:https://docs.eaeunion.org/ria/ruru/010549/ria_22042015 (дата обращения 21.03.2019)

3. Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза (в ред. Решения Совета Евразийской экономической комиссии от 30.03.2018, № 25) [Электронный ресурс]. URL:<https://ggiskzr.by/images/Karantin2025.pdf> (дата обращения 21.03.2019)

4. Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь № 29 от 17 октября 2016 г. Об установлении перечня особо опасных вредителей, болезней растений и сорняков и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь/ Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/blr162950.pdf> (дата обращения 21.03.2019)

5. Matyushenkov, E.A. Transformations of carboxylic acid esters into 2-substituted allyl halides through tertiary cyclopropyl sulfonates. Application in the synthesis of (±)-Ipsenol and (±)-Ipsdienol, Components of *Ips Tipographus* spark beetle pheromone / E.A. Matyushenkov, O.G. Kulinkovich // Russian Journal of Organic Chemistry – 2006 – Vol. 42 – №. 4 – P. 509-513

6. Кулинкович, О.Г. Реакция этилмагнийбромида с эфирами карбоновых кислот в присутствии тетраизопропоксититана / О.Г. Кулинкович, С.В. Свиридов, Д.А. Василевский // ЖОрХ – 1989 – Т. 25 – № 10 – С. 2245-2246.

7. Kovalenko, V.N. Improved Synthesis of Optically Active Ipsdienol / V.N. Kovalenko, K.N. Prokhorevich // Russian Journal of Organic Chemistry – 2016 – Vol. 52 – N 5 – P. 757-758

8. Kovalenko, V.N. Stereoselective synthesis of (R)- and (S)-Ipsdienols, pheromone components of bark beetles of the *Ips* family / V.N. Kovalenko, E.A. Matyushenkov // Russian Journal of Organic Chemistry – 2012 – Vol. 48 – N 9 – P. 1168-1172

9. Александрович, О.Р. Каталог жесткокрылых (Coleoptera, Insecta) Беларуси / О.Р. Александрович, И.К. Лопатин, А.Д. Писаненко, В.А. Цинкевич,

С.М. Снитко. Минск: Фонд фундаментальных исследований Республики Беларусь. – 1996. – 103 с.

10. Никитский, Н.Б. Жуки – ксилофаги – вредители древесных растений России. Т. 2 / Н.Б. Никитский, С.С. Ижевский. М.: Изд-во «Лесная промышленность». – 2005. – 120 с.

11. Лесная энтомология: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Е. Г. Мозолевская, А.В. Селиховкин, С.С. Ижевский и др.; под ред. Е.Г. Мозолевской. – М.: Издательский центр «Академия». – 2010. – 416 с.

DEVELOPMENT OF PHEROMONIC COMPOSITIONS BY AGREUS OF THE GENUS OF *MONOCHAMUS* AND EVALUATION OF THEIR ATTRACTIVE ACTIVITY

*Usenya V.V., Masalov N.V., Astashko D.A., Blinova N.S.,
Adamovich Yu.I., Teglenkov E.A.*

*The results of studies on the synthesis of the main components of pheromone compositions for monitoring the number of barkbeetles of the genus *Monochamus* are presented. On the basis of field tests in coniferous plantations of various variants of synthetic feromonic compositions, it has been established that the samples «MONVABOL 11» and «MONVABOL 12» are promising for attracting barkbeetles of the genus *Monochamus*.*

Статья поступила в редколлегию 01.04.2019 г.



УДК 595.768.24: 630*174.755

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОРВЕДА-ТИПОГРАФА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЕГО ЧИСЛЕННОСТИ И СОСТОЯНИЯ ЕЛЬНИКОВ

Шелухо В.П.

*Брянский государственный инженерно-технологический университет
(г. Брянск, Российская Федерация)*

На основе исследования развития очагов массового размножения короеда-типографа в ельниках Брянской области установлено, что основной причиной их возникновения являются периодически повторяющиеся засухи. Показано, что состояние популяций насекомого жестко регулируется внутренними механизмами и полностью зависит от состояния древостоя, являющегося его кормовой базой. Все лесозащитные мероприятия, в связи с этим, должны быть направлены в итоге на повышение его жизнеспособности и скорейшее удаление ослабленных деревьев. Сделан вывод о том, что наиболее информативными показателями, позволяющими объективно оценивать и прогнозировать лесопатологическую ситуацию, являются среднесвешенная категория санитарного состояния древостоя кормовой породы, плотность поселения короеда на деревьях и энергия его размножения.