

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЯЙЦЕЕДОВ РОДА *TRICHOGRAMMA* ПРОТИВ ЗВЕЗДЧАТОГО ПИЛИЛЬЩИКА-ТКАЧА *ACANTHOLYDA POSTICALIS*

Ю.А. Сергеева[✉], С.О. Долмонева, С.А. Родин, А.А. Загоринский

ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства»
(ФБУ ВНИИЛМ), Россия, 141202, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, д. 15

sergeeva@vniilm.ru

Приведены экспериментальные результаты применения неспециализированной заводской трихограммы против звездчатого пилильщика-ткача в Ростовской и Волгоградской областях. Опробованы разные нормы расхода, способы внесения биоматериала и ранний срок расселения трихограммы. Определено, что возобновления нового поколения заводской трихограммы в опытных участках не произошло, это подтверждено и в лабораторном опыте. Проанализирована эффективность внесения трихограммы при разных уровнях численности звездчатого пилильщика-ткача в сравнении с природным уровнем паразитизма на контрольных участках. Установлен период действия паразитоида на популяцию фитофага, выявлена высокая эффективность применения заводской трихограммы против звездчатого пилильщика-ткача. Целесообразно проведение исследований по подбору эффективных норм расхода и сроков внесения трихограммы в очаги фитофага.

Ключевые слова: защита леса, звездчатый пилильщик-ткач, трихограмма, эффективность

Ссылка для цитирования: Сергеева Ю.А., Долмонева С.О., Родин С.А., Загоринский А.А. Экспериментальное применение яйцеедов рода *Trichogramma* против звездчатого пилильщика-ткача *Acantholyda posticalis* // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2025. Т. 29. № 4. С. 79–93.
DOI: 10.18698/2542-1468-2025-4-79-93

Звездчатый пилильщик-ткач *Acantholyda posticalis* (Matsumura 1912) (*Hymenoptera* : *Pamphiliidae*) — широко распространенный вредитель сосны, одной из основных лесобразующих пород в России. Повреждение сосняков звездчатым пилильщиком-ткачом вызывает их ослабление и усыхание. Вспышки массового размножения звездчатого пилильщика-ткача в России периодически возникают на юго-востоке европейской части, в Южном Зауралье, Западной Сибири, Забайкалье. Средняя площадь очагов размножения звездчатого пилильщика-ткача в лесах страны составляет 18,7 тыс. га (минимальная — 4,0 тыс. га в 1989 г., максимальная — 46,2 тыс. га в 2003 г.) [1]. Начиная с 1990 г. очаги массового размножения этого фитофага были впервые зафиксированы на севере Тверской области, во Владимирской области и Республике Марий-Эл [2, 3], а также в Эстонии и Финляндии [4, 5]. В связи с этим вероятно обнаружение очагов пилильщика-ткача в Ленинградской, Новгородской, Псковской областях и в Карелии [4].

Для защиты леса от звездчатого пилильщика-ткача используют химические пестициды [6, 7], однако их применение не всегда допустимо. Например, под запрет попадают водоохранные зоны, другие категории защитных лесов, территории вблизи населенных пунктов и на особо охраняемых природных территориях (ООПТ). Вследствие растянутого лёта имаго звездчатого пилильщика-ткача и откладывания самками яиц в течение месяца, в древостое находятся одновременно и взрослые особи, и яйца, и личинки разных возрастов, поэтому при химической обработке часть популяции всегда выживает. Кроме того, личинка звездчатого пилильщика-ткача обитает в паутином гнезде, которое защищает ее от прямого контакта с инсектицидом. Все это ограничивает эффективность химических обработок, а биологических препаратов для защиты от личинок пилильщиц-ткачей в настоящее время не существует [4].

В условиях интенсивного воздействия человека на окружающую природную среду повышаются требования к качеству мероприятий по сохранению лесов, их биологического разнообразия и повышению устойчивости [8]. Целям защиты леса от вредных насекомых соответствуют биологические методы, позволяющие

минимизировать ущерб для лесных экосистем и их компонентов, наносимый в случае применения других методов. Опыт защиты растений доказал целесообразность и эффективность именно методов биологического контроля [9]. Так, действенным методом защиты леса от вредителей является использование паразитических насекомых для сдерживания роста их численности [10, 11]. Паразитические яйцееды рода *Trichogramma* (трихограмма) широко используются в практике защиты сельскохозяйственных культур на площади более 30 млн га сельскохозяйственных угодий в 30 странах [12]. Существует множество примеров защиты угодий с помощью трихограмм, в частности виноградников, полей помидоров, кукурузы, сахарного тростника, сои, хлопка в Китае, Бразилии, Индии, Африканских странах, клюквы — в США. Трихограмма представляет собой эффективное средство биологической борьбы против европейского кукурузного стеблевого мотылька (кукурузной огневки) по всей Европе и в Северной Америке [13–16]. Против вредителей лесов в некоторых странах применение яйцеедов рода *Trichogramma* носит пока лишь исследовательский характер, хотя в большинстве случаев результаты работ демонстрируют их успешность и перспективность [17–25].

Известно, что в популяциях звездчатого пилильщика-ткача яйцееды рода трихограмма считаются одним из действенных факторов смертности вредителя — отмечалась зараженность яиц этим энтомофагом до 90 % [26]. Есть положительные результаты единично проведенного опыта по переносу зараженных трихограммой яиц из действующего очага в нарастающий [27]. В 2020 г. специалистами ФБУ ВНИИЛМ впервые было выполнено производственное применение неспециализированной заводской трихограммы против звездчатого пилильщика-ткача в Самарской области. Зараженность яиц звездчатым пилильщиком-ткачом в местах выпуска яйцееда составила 0...52,2 % на разных участках (в среднем 46,7 %), однако работы были проведены без выделения контрольного участка, т. е. уровень природного паразитизма не был учтен. Выпуск был выполнен в конце срока лёта имаго фитофага, поэтому в полном объеме оценить эффективность трихограммы на популяцию ткача не удалось. Тем не менее была показана принципиальная возможность применения заводской трихограммы против звездчатого пилильщика-ткача [28, 29].

В настоящее время в России производством энтомофагов, главным образом трихограммы, занимаются около 20 биофабрик: филиалы ФГБУ «Россельхозцентр» по Белгородской

области, Ставропольскому краю, республикам Татарстан и Кабардино-Балкария [30], а также частные производства [31].

Для развития экологически безопасного способа защиты лесных насаждений, расширения арсенала биологических средств по профилактике возникновения и ликвидации очагов звездчатого пилильщика-ткача выполнено экспериментальное применение неспециализированной заводской трихограммы, нарабатываемой в условиях биофабрики (далее — заводской трихограммы) против вредителей сельскохозяйственных культур.

Цель работы

Цель работы — оценка эффективности использования неспециализированной заводской трихограммы против звездчатого пилильщика-ткача для защиты леса.

Материалы и методы

Работа выполнена на основе биоматериала (1 кг яиц зерновой моли *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789) (*Lepidoptera* : *Gelechiidae*) (ситотроги), зараженных тремя видами трихограмм: *T. euproctidis*, *T. evanescens*, *T. cacoecia*), предоставленного ООО «Ситотрога». В 1 г зараженных яиц ситотроги содержится 65...70 тыс. особей трихограммы обоих полов при соотношении 1♀ : 1♂. Доставку биоматериала к местам выпуска осуществляли в автомобильном холодильнике и термоконтейнере с поддержанием температуры +7...9°C.

На участках расселения трихограммы наблюдался массовый лет имаго не только звездчатого, но и красноголового пилильщика-ткача *Acantholyda erythrocephala* (Linnaeus, 1758) (*Hymenoptera* : *Pamphiliidae*). Звездчатый и красноголовый пилильщики-ткачи имеют сходную биологию и общих энтомофагов [4], поэтому при проведении полевых работ яйца красноголового пилильщика-ткача также подлежали сбору и анализу, поскольку после выпуска трихограмма начнет заражать и их.

До начала выпуска трихограммы на опытных участках были собраны ветви с яйцами пилильщиков-ткачей, в лабораторных условиях проведено их заражение заводской трихограммой. Для этого были взяты две навески по 0,3 г зараженных яиц ситотроги — из партии, выпущенной в природу. К находящимся в стеклянных садках ветвям с яйцами пилильщиков-ткачей обоих видов выпускали имаго трихограммы. Срок развития собранных яиц ткачей после откладки самками составлял 3–4 сут.

Т а б л и ц а 1

Характеристика опытных участков и нормы внесения трихограммы**Characteristics of trial plots and application rates of trichogramma**

Номер опытного участка	Расположение участка	Квартал; выдел	Краткое такса- ционное описа- ние	Пло- щадь, га	Среднее число личинок пилильщика-ткача на 1 м ²		Норма расхода трихограммы	
					звездча- того	красно- голового	всего, г	в сред- нем, г/га
I	Ростовская область Шолоховское лесничество Вешенское участковое лесничество	60; 8	10С, 23, 0,5, III	6,9	4	5	250	36
II		61; 2	10С, 19, 0,5, III	49,0	3	5	250	5
Кон- трольный участок		59; 1	10С, 20, 0,4, IV	15,0	2	4	—	—
III	Волгоградская область Иловлинское лесничество Иловлинское участковое лесничество	84; 20	10С, 40, 1, III	46,0	116	7	500	11
Кон- трольный участок	Не входит в лесной фонд (полезащитная лесополоса)	—	10С, 30, 1, III	6,0	—	—	—	—

Ежедневно энтомофага подкармливали 15%-м раствором меда. После гибели яйцеда яйца ткачей содержали в садках 20 сут. для выведения имаго трихограммы нового поколения.

Расселение трихограммы проведено в 2023 г.: 3 мая в Ростовской области и 4 мая в Волгоградской области — в самом начале периода откладки яиц самками ткачей.

При распределении норм расхода трихограммы на опытных участках мы ознакомились с нормами, рекомендуемыми в сельском хозяйстве (2–5 г/га), при 2–3-х кратных выпусках указанного количества. Однако высота растений и, соответственно, зона поиска для паразитоида в лесу существенно больше. Из литературных источников известно, что ввиду слабой поисковой способности трихограммы требуется внесение большего количества паразитоида при низкой численности вредителя [32, 33]. Так, нормы расхода трихограммы против еловой листовёртки в Канаде составляли от 15 до 350 г/га [18, 19].

Норма расхода трихограммы была дифференцирована по участкам. В Ростовской области при низкой численности организма-мишени (угроза объедания 10...15 %) использовали как завышенную (1,2 млн самок на 1 га), так и заниженную нормы расхода (165 тыс. самок на 1 га) в насаждениях со сходными параметрами и запасу вредителя в них. В Волгоградской области в лесных культурах с полнотой 1 и угрозой объедания личинками звездчатого пилильщика-ткача 100 % хвои, внесли более 380 тыс. самок трихограммы на 1 га. В качестве кон-

троля выбрали участки сосновых древостоев на удалении не менее 500 м от мест выпуска (табл. 1). В таксационном описании указаны: состав, возраст, полнота, бонитет; все участки являются лесными культурами. Приведено число реактивированных личинок по данным филиала ФБУ «Рослесозащита» — «ЦЗЛ Волгоградской области».

Оценка угрозы объедания сосны звездчатым пилильщиком-ткачом проведена на основе среднего числа реактивированных личинок на 1 м² и возраста насаждений по таблице, разработанной В.Е. Федоряком [34].

Расселение трихограммы выполнено в первой половине дня, при ясной сухой погоде, температуре воздуха 22...24 °С и скорости ветра 10...12 м/с с порывами до 20 м/с. Внесение зараженных яиц ситотроги выполняли рассеиванием через каждые 20 м по 1–2 г в каждой точке выпуска. Начало маршрута с подветренной стороны. В Волгоградской области для сохранности биоматериала использовали специальные контейнеры (100 шт.), выполненные из лиственных пород, имеющие отверстия для вылета (рис. 1). В каждый контейнер помещали 1,5 г биоматериала и подвешивали на ветвях (рис. 2), располагали по ходовым линиям с расстоянием 40 м между ними и вывешивали через каждые 20 м по ходовой линии. Развешивание контейнеров проведено на площади 6 га.

Для оценки эффективности применения заводской трихограммы на опытных участках 29



а



б

Рис. 1. Зараженные трихограммой яйца ситотроги в транспортировочной трубе (а) и подготовленные контейнеры (б)

Fig. 1. Trichogramma-infested eggs of *Sitotroga* spp. in transport tube (а) and prepared containers (б)



Рис. 2. Размещение контейнеров с трихограммой в насаждении

Fig. 2. Placement of Trichogramma containers in the plantation

и 30 мая 2023 г. проводился сбор кладок яиц звездчатого и красноголового пилильщикоткачей. Кладки собраны в каждом экспериментальном участке непосредственно в местах внесения зараженных трихограммой яиц ситотроги, а также на расстоянии до 500 м от места внесения.

В эти же сроки выполнен сбор ветвей с яйцами ткачей на контрольных участках — как для получения данных по зараженности популяций вредителей природной трихограммой, так и для выведения имаго.

В Волгоградской области сбор выполняли способом случайной выборки хвои с яйцами

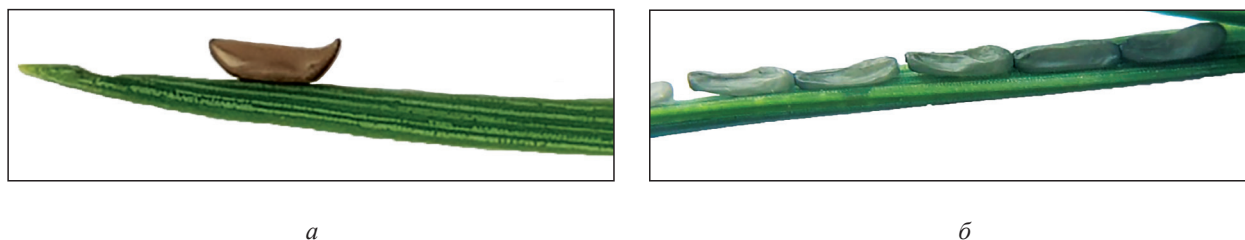


Рис. 3. Вид яиц звездчатого пилильщика-ткача (а) и красноголового пилильщика-ткача (б) после отрождения личинок

Fig. 3. View of eggs of pine web-spinning sawfly (a) and pine falsefly (b) after hatching of larvae



Рис. 4. Вид яиц звездчатого пилильщика-ткача (а) и красноголового пилильщика-ткача (б), зараженных трихограммой

Fig. 4. View of pine web-spinning sawfly's eggs (a) and pine falsefly (b) infested with *Trichogramma* spp

ткача в нижних частях крон, а также срезкой трех ветвей из средней части кроны (на трех модельных деревьях) на участке выпуска и на контрольном. В Ростовской области проводили срезку ветвей из нижней, средней и верхней частей крон — с трех деревьев на каждом участке, где расселяли трихограмму, а также на удалении 100, 200, 300 и 400 м от них.

Все собранные кладки ткачей и ветви были этикетированы, помещены в мешки и контейнеры, доставлены в лабораторию биологических методов защиты леса ФБУ ВНИИЛМ, где была проведена выборка хвои с яйцами ткача и под биноклем определена их зараженность трихограммой (рис. 3, 4). По данным зараженности яиц пилильщико-

ткачей на модельных деревьях опытного и контрольного участков получены средние показатели эффективности выпуска заводской трихограммы.

Эффективность с поправкой на контрольный вариант вычислена по формуле Шнайдера — Орелли [35]

$$C_n = \left(\frac{T - S}{100 - S} \right) 100,$$

где C_n — эффективность (процент гибели вредителя);

T — доля (%) погибших особей вредителя на опытном участке;

S — доля (%) погибших особей вредителя в контрольном варианте.

Достоверность различий доли зараженных трихограммой яиц пилильщиков-ткачей на ветвях модельных деревьев в опытных участках и в контрольных вариантах оценивалась по t -критерию Стьюдента [36] при числе степеней свободы 16 ($n + n - 2$).

Результаты и обсуждение

В лабораторном опыте установлено, что за неимением альтернативных хозяев заводская трихограмма заразила яйца ткачей, в результате 100 % яиц звездчатого и 91,7 % красноголового пилильщиков-ткачей погибли (табл. 2).

Однако вследствие отсутствия физиологической приспособленности к несвойственным заводской трихограмме видам фитофагов, в яйцах ткачей не произошло развития личинок паразитоида, поскольку не только каждый вид трихограммы, но и ее географическая форма имеет свой круг насекомых-хозяев [33]. Одновременно определили срок отрождения трихограммы из зараженных яиц ситотроги — через 36 ч. Срок жизни трихограммы в лабораторных условиях составил 8...10 сут.

На участках расселения трихограммы в Ростовской области угроза объедания сосны звездчатым пилильщиком-ткачом составляла 10 %, в Волгоградской области — 290 %. Оценочные учеты имаго в кронах показали, что доля красноголового пилильщика-ткача в общем комплексе пилильщиков-ткачей не превысила 10 % в Волгоградской области и составила 60 % в Ростовской области.

Гибель яиц звездчатого пилильщика-ткача в местах выпуска заводской трихограммы в Волгоградской области составила: 26,4...54,1 % (в контрольном варианте: 8,5...14,5 %), в Ростовской области: кв. 60 — 8,3...16,7 %, кв. 61 — 0...33,3 % (в контрольном варианте: 4,5...14,3 %) (табл. 3 и 4).

Сравнением вычисленного (фактического) t -критерия Стьюдента с табличным коэффициентом установлена достоверность различий в зараженности трихограммой яиц ткачей на опытных участках и в контрольном варианте при числе степеней свободы 16 ($n + n - 2$) (табл. 5).

Из приведенных в табл. 5 данных следует, что в Ростовской области на участке I при низкой численности звездчатого пилильщика-ткача с угрозой объедания 10 % использование завышенной нормы расхода трихограммы (36 г/га) показало низкую эффективность (3,9 % с поправкой на контрольный вариант). Доля зараженных яиц на участке II (со сходной угрозой объедания) при использовании заниженной (5 г/га) нормы расхода показало эффективность с поправкой на контрольный вариант 28,5 %.

Т а б л и ц а 2

Состояние яиц пилильщиков-ткачей после заражения трихограммой в лабораторных условиях

Condition of pine web-spinning sawfly eggs after *Trichogramma* infestation under laboratory conditions

Насекомое-хозяин	Число яиц в опыте, шт.	Состояние яиц, %		
		Здоровые	Погибшие	Отродилась трихограмма
Звездчатый пилильщик-ткач	41	0	100	0
Красноголовый пилильщик-ткач	60	1,7	98,3	0

На основе статистической обработки установлено, что при низкой численности звездчатого пилильщика-ткача в насаждении различия с контрольным вариантом по участкам I и II не достоверны независимо от нормы внесения. В то время как разница с контрольным вариантом по доле зараженных яиц красноголового пилильщика-ткача на этих участках является существенной, с уровнем вероятности 95 %. Очевидно, на эффективность трихограммы влияет также способ откладки яиц пилильщиками-ткачами: у звездчатого — одиночно, у красноголового — группами. Известно, что у трихограммы, являющейся полифагом, поисковая способность невысока. Лишь после встречи с первыми яйцами хозяина активность паразитического яйцеда усиливается и увеличивается тщательность поиска, т. е. при групповой откладке яиц обнаружение хозяина облегчается [33].

Из литературных данных известно, что увеличение активности трихограммы происходит при повышении концентрации яиц вредителя, повышение или понижение нормы выпусков не дает должного эффекта [33]. Трихограмма может показать высокую эффективность лишь при значительной плотности хозяина [32].

В Волгоградской области на участке III результаты зараженности звездчатого пилильщика-ткача показали, что при угрозе объедания около 300 %, достоверность различий в обработанном трихограммой и контрольном участке существенна, при вероятности 80 %. Средняя доля зараженных яиц относительно общего их запаса за период лёта ткачей, составляет по звездчатому 35 % в местах выпуска и 12 % в контрольном варианте; по красноголовому — 26 % и 11 % соответственно. При этом различия в зараженности красноголового пилильщика-ткача на этом участке с контролем не достоверны.

Т а б л и ц а 3

**Зараженность трихограммой яиц пилильщиков-ткачей по учетам
на модельных деревьях в Ростовской области**

**Trichogramma infestation of pine web-spinning sawfly's eggs according to counts
on model trees in Rostov region**

Номер опытного участка	Номер дерева	Ярус кроны	Состояние яиц по видам пилильщиков-ткачей							
			Звездчатый пилильщик-ткач				Красноголовый пилильщик-ткач			
			здоровые		зараженные		здоровые		зараженные	
			шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
I	1	Верхний	2	66,7	1	33,3	4	80,0	1	20,0
		Средний	2	100	0	0	5	71,4	2	28,6
		Нижний	1	100	0	0	7	70,0	3	30,0
		Итого:	5	83,3	1	16,7	16	72,7	6	27,3
	2	Верхний	6	100	0	0	8	100	0	0
		Средний	1	100	0	0	7	70,0	3	30,0
		Нижний	4	80,0	1	20,0	7	70,0	3	30,0
		Итого:	11	91,7	1	8,3	22	78,6	6	21,4
	3	Верхний	2	86,7	1	33,3	4	80,0	1	20,0
		Средний	5	100	0	0	5	83,3	1	16,7
		Нижний	3	100	0	0	9	81,2	2	18,2
		Итого:	10	90,9	1	9,1	18	81,8	4	18,2
II	1	Верхний	0	0	0	0	1	25,0	3	75,0
		Средний	0	0	0	0	5	100	0	0
		Нижний	2	66,7	1	33,3	4	57,1	3	42,9
		Итого:	2	66,7	1	33,3	10	62,5	6	37,5
	2	Верхний	0	0	0	0	6	66,7	3	33,3
		Средний	0	0	0	0	5	71,4	2	28,6
		Нижний	2	66,7	1	33,3	2	66,7	1	33,3
		Итого:	2	66,7	1	33,3	13	68,4	6	31,6
	3	Верхний	0	0	0	0	7	70,0	3	30,0
		Средний	0	0	0	0	7	77,8	2	22,2
		Нижний	0	0	0	0	6	85,7	1	14,3
		Итого:	0	0	0	0	20	76,9	6	23,1
Контрольный вариант	1	Верхний	9	100	0	0	3	76,5	1	23,5
		Средний	7	87,5	1	12,5	5	83,3	1	16,6
		Нижний	6	100	0	0	4	100	0	0
		Итого:	22	95,5	1	4,5	12	85,7	2	14,3
	2	Верхний	0	0	0	0	6	85,7	1	14,3
		Средний	0	0	0	0	6	100	0	0
		Нижний	0	0	0	0	5	83,3	1	16,7
		Итого:	0	0	0	0	17	63,2	2	11,8
	3	Верхний	2	66,7	1	33,3	0	0	0	0
		Средний	2	100	0	0	4	100	0	0
		Нижний	2	100	0	0	3	75,0	1	25,0
		Итого:	6	85,7	1	14,3	7	87,5	1	12,5

Т а б л и ц а 4

**Зараженность трихограммой яиц пилильщиков-ткачей по учетам
на модельных деревьях в Волгоградской области**

**Trichogramma infestation of pine web-spinning sawfly's eggs based
on counts on model trees in Volgograd Oblast**

Номер дерева	Номер ветви	Состояние яиц по видам пилильщиков-ткачей							
		Звездчатый пилильщик-ткач				Красноголовый пилильщик-ткач			
		здоровые		зараженные		здоровые		зараженные	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Участок внесения трихограммы в контейнерах									
1	1	37	82,2	8	17,8	4	100	0	0
	2	59	69,4	26	30,6	2	50,0	2	50,0
	3	64	63,4	37	36,6	0	0	0	0
Итого:		160	69,3	71	30,7	6	75,0	2	25,0
Участок внесения трихограммы распылением									
2	1	26	70,3	11	29,7	3	100	0	0
	2	24	77,4	7	22,6	3	75,0	1	25,0
	3	28	73,7	10	26,3	0	0	0	0
Итого:		78	73,6	28	26,4	6	85,7	1	14,3
3	1	14	40,0	21	60,0	1	20,0	4	80,0
	2	28	49,1	29	50,9	6	60,0	4	40,0
	3	3	50,0	3	50,0	17	89,5	2	10,5
Итого:		45	45,9	53	54,1	24	70,6	10	29,4
Контрольный вариант									
1	1	42	84,0	12	16,0	25	82,8	3	17,2
	2	99	86,1	5	13,9	2	100	0	0
	3	66	85,7	8	14,3	2	100	0	0
Итого:		207	85,5	35	14,5	29	90,6	3	9,4
2	1	14	87,5	2	12,5	0	0	0	0
	2	32	94,1	2	5,9	0	0	0	0
	3	51	91,1	5	8,9	0	0	0	0
Итого:		97	91,5	9	8,5	0	0	0	0
3	1	113	91,9	10	8,1	19	66,7	2	33,3
	2	0	0	3	100	24	92,3	2	7,7
	3	13	92,9	1	7,1	0	0	2	100
Итого:		126	90,0	14	10,0	43	87,8	6	12,2

Эффективность трихограммы при способе выпуска в контейнерах была на 3–4 % ниже, чем при рассеивании — по обоим видам ткачей (табл. 6).

Анализ биоматериала в контейнерах, собранных в даты учетов эффективности трихограммы, показал, что лишь 50 % имаго яйцеедов отродилось из зараженных яиц ситотроги в результате слеживания и слипания. Однако доли зараженных яиц практически равны на участках с разными способами внесения.

Следовательно, нормы расхода трихограммы могут быть скорректированы к уменьшению.

Проведены учеты по оценке расселения трихограммы от мест выпуска на трех ветвях в верхнем, среднем и нижнем ярусах кроны (табл. 7).

Полученные данные показали, что расселения трихограммы из мест выпуска не произошло. Из собранных яиц ткачей на участках внесения заводской трихограммы не отмечено отрождения имаго этого энтомофага, следовательно, заражение яиц ткачей происходило только в период присутствия яйцееда в древостое, энтомофаг действует как «живой инсектицид» и расчет на дальнейшее развитие и распространение трихограммы в опытных участках не оправдался. В связи с этим доля паразитизма на опытных участках, рассчитанная относительно общего запаса яиц в древостое, не отвечает на вопрос об эффективности действия заводской трихограммы.

Т а б л и ц а 5

Средняя эффективность трихограммы и достоверность различий зараженности на опытных участках и в контроле

Trichogramma efficacy and reliability of differences in infestation in experimental plots and in the control

Опытный участок	Всего яиц, шт.		Средняя доля паразитированных яиц, %		Достоверность различий ($t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ при уровне вероятности P)	
	Звездчатый пилильщик- ткач	Красноголовый пилильщик- ткач	Звездчатый пилильщик- ткач	Красноголовый пилильщик- ткач	Звездчатый пилильщик- ткач	Красноголовый пилильщик- ткач
Ростовская область						
Контрольный вариант	30	41	6,7	12,2	—	
I	29	72	10,3	22,2	0,71 > 0,69 $P_{0,5}$	2,2 > 2,1 $P_{0,05}$
С поправкой на контрольный вариант			3,9	11,4		
II	3	61	33,3	29,5	0,36 > 0,26 $P_{0,8}$	2,5 > 2,1 $P_{0,05}$
С поправкой на контрольный вариант			28,5	19,7		
Волгоградская область						
Контрольный вариант	488	81	11,9	11,1	—	
III	435	49	34,9	26,5	1,39 > 1,34 $P_{0,2}$	0,63 > 0,5 $P_{0,6}$
С поправкой на контрольный вариант			26,1	17,3		

Т а б л и ц а 6

Зараженность трихограммой яиц пилильщиков-ткачей по учетам в нижней части кроны в зависимости от способа внесения

Trichogramma infestation of pine web-spinning sawfly's eggs as measured in the lower part of the crown, depending on the method of application

Номер по порядку	Способ внесения трихограммы	Состояние яиц по видам пилильщиков-ткачей							
		Звездчатый пилильщик-ткач				Красноголовый пилильщик-ткач			
		здоровые		зараженные		здоровые		зараженные	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
1	Рассеивание	143	57,9	99	42,1	27	71,1	11	28,9
2	В контейнерах	99	60,9	39	39,4	18	75,0	6	25,0
Контрольный вариант	–	1037	85,3	178	14,7	49	87,5	7	12,5

Т а б л и ц а 7

Зараженность трихограммой яиц пилильщиков-ткачей на удалении от места выпуска

Trichogramma infestation of pine web-spinning sawfly's eggs at a distance from the release site

Номер по порядку	Удаление от места выпуска, м	Состояние яиц по видам пилильщиков-ткачей							
		Звездчатый пилильщик-ткач				Красноголовый пилильщик-ткач			
		здоровые		зараженные		здоровые		зараженные	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
1	100	16	88,9	2	11,1	56	87,5	8	12,5
2	200	11	91,7	1	8,3	20	95,2	1	4,8
3	300	7	87,5	1	12,5	47	92,2	4	7,8
4	400	27	96,4	1	3,6	53	85,5	9	14,5
5	200	47	90,4	5	9,6	5	100	0	0
6	400	33	89,2	4	10,8	7	87,5	1	12,5
Примечание. По номерам 5 и 6 учет проведен методом случайной выборки яиц ткачей в нижней части кроны.									

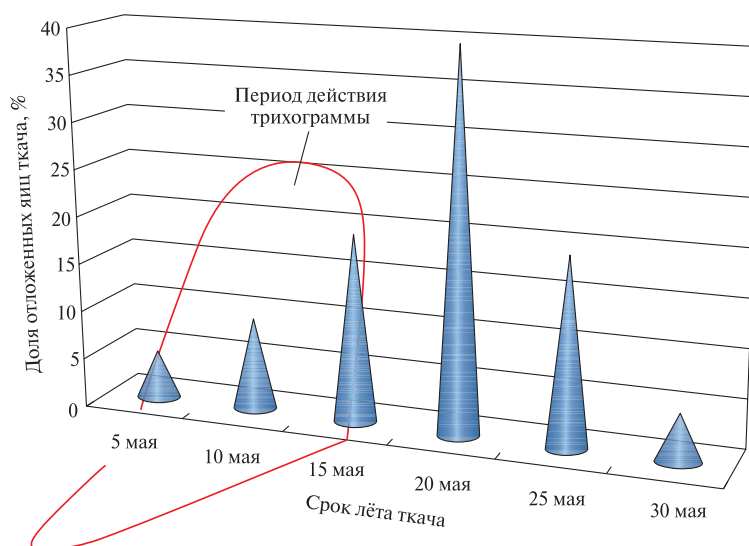


Рис. 5. Схема действия трихограммы на популяцию звездчатого пилильщика-ткача после выпуска

Fig. 5. Scheme of trichogramme action on the population of pine web-spinning sawfly after release

На основе анализа литературных данных о периоде лёта звездчатого пилильщика-ткача [37, 38] составлена схема действия заводской неспециализированной трихограммы на часть популяции звездчатого пилильщика-ткача в ранний срок выпуска (рис. 5).

Как следует из рис. 5, при выпуске, проведенном в начале лёта организма-мишени, только 25 % яиц ткача могли попасть под действие выпущенной трихограммы. Расчет показал (см. табл. 5), что погибло практически 100 % яиц вредителя, имевшихся в насаждениях в период присутствия энтомофага в древостое (8...10 сут.). Следовательно, расселение заводской трихограммы оказалось высоко эффективным, что позволяет продолжить исследования по ее применению для защиты сосняков от звездчатого пилильщика-ткача.

Применение трихограммы позволит осуществлять меры защиты леса как для профилактики роста численности звездчатого пилильщика-ткача, так и по ликвидации уже сформировавшихся очагов. Это позволит исключить использование пестицидов для защиты сосняков от звездчатого пилильщика-ткача до 50 %, а также даст возможность проводить работы по ограничению численности звездчатого пилильщика-ткача в водоохранных зонах, в других категориях защитных лесов, вблизи населенных пунктов и на особо охраняемых природных территориях.

Выводы

1. Экспериментальное применение неспециализированной заводской трихограммы пока-

зало высокую эффективность использования паразитоида для ограничения численности звездчатого пилильщика-ткача.

2. Период действия трихограммы на популяцию звездчатого пилильщика-ткача ограничен сроком присутствия паразитоида в древостое, развития следующих поколений яйцееда не происходит.

3. Целесообразность применения трихограммы при низкой численности звездчатого пилильщика-ткача требует более глубоких исследований.

4. Для использования яйцеедов рода *Trichogramma* практике защиты леса следует продолжить исследования по подбору эффективных норм расхода, сроков и кратности внесения трихограммы в очаги звездчатого пилильщика-ткача.

5. Установлена возможность использования трихограммы против красноголового пилильщика-ткача.

Благодарности

Авторы признательны специалистам Волгоградского филиала ФБУ «Рослесозащита» за помощь в организации полевых исследований.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ФБУ ВНИИЛМ на проведение прикладных научных исследований № 053-00006-23-00.

Список литературы

- [1] Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Российской Федерации за 2022 год. Пушкино: ФБУ «Рослесозащита», 2023. 327 с.

- [2] Коломиец Н.Г. Звездчатый пилильщик-ткач. Новосибирск: Наука, 1967. 136 с.
- [3] Гниненко Ю.И., Маслов А.Д., Федотов М.А., Чернышов А.Я., Каупуш К.Р. Звездчатый пилильщик-ткач и меры борьбы с ним в Тверской обл. // Лесное хозяйство, 2003. № 3. С. 43–44.
- [4] Гниненко Ю.И., Серый Г.А., Бондаренко Е.Ю. Звездчатый пилильщик-ткач: вредоносность, лесопатологические обследования в очагах и меры защиты. Пушкино: Изд-во ВНИИЛМ, 2015. 60 с.
- [5] Voolma K., Hiiesaar K., Williams I. H., Ploomi A., Jõgar K. Cold hardiness in the pre-imaginal stages of the great web-spinning pine-sawfly *Acantholyda posticalis* // Agricultural and Forest Entomology, 2016, no. 18, pp. 432–436. <http://dx.doi.org/10.1111/afe.12172>
- [6] Ляшенко Л.И., Андреева Г.И. Димилин против вредителей леса // Защита растений, 1979. № 6. С. 21–23.
- [7] Давиденко Л.К. Перспективные препараты в борьбе со звездчатым пилильщиком-ткачом // Надзор за вредителями и болезнями леса и совершенствование мер борьбы с ними: Тезисы докл. науч.-техн. совещ. Пушкино, 17-19 сентября 1981 г. М.: Изд-во ВНИИЛМ, 1981. С. 52–54.
- [8] Мартынюк А.А. О концептуальных подходах к новой редакции Лесного кодекса Российской Федерации // Лесохозяйственная информация, 2020. № 2. С. 5–24. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2020.2.01
- [9] Беднова О.В. Биологический метод защиты леса. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023. 140 с.
- [10] Воронцов А.И. Перспективы использования энтомофагов для защиты леса // Биологическая и интегрированная борьба с вредителями в лесных биоценозах: материалы симп., 3–8 сентября 1989 г., Боржоми. М.: б. и., 1989. С. 20–26.
- [11] Цанков Г. Исследование и применение энтомофагов в биологической борьбе с вредителями лесных биоценозов // Биологическая и интегрированная борьба с вредителями в лесных биоценозах: материалы симп., 3–8 сентября 1989 г., Боржоми. М.: б. и., 1989. С. 7–21.
- [12] Ramzan S., Ahsin M., Maan N.A., Ali I. Use of *Trichogramma chilonis* as biological control / Agriculture Research Institute (AARI), Faisalabad. URL: <https://agrihunt.com/articles/pesticide-industry/use-of-trichogramma-chilonis-as-biological-control/> (дата обращения 28.03.2024).
- [13] Thomson L., Bennett D., Glenn D.A., Hoffmann A. Developing *Trichogramma* as a pest management tool // Predators and parasitoids. Eds. O. Koul, G.S. Dhaliwal, 2003, 208 p. DOI:10.1201/9780203302569.ch4
- [14] Smith S.M. Biological control with *Trichogramma*: advances, successes, and potential of their use // Annual review of entomology, 1996, no. 41 (1), pp. 375–406. DOI:10.1146/annurev.ento.41.1.375
- [15] Liu F.-H., Smith S.M. Measurement and Selection of Parasitoid Quality for Mass-Reared *Trichogramma minutum* Riley Used in Inundative Release // Biocontrol Science and Technology, 2000, no. 10 (1), pp. 3–13. doi.org/10.1080/09583150029332
- [16] Xu W., Wen X.Y., Hou Y.Y., Desneux N., Ali A., Zang L.S. Suitability of Chinese oak silkworm eggs for the multigenerational rearing of the parasitoid *Trichogramma leucaniae* // PLoS One, 2020, v. 15(4), p. e0231098. DOI:10.1371/journal.pone.0231098
- [17] Smith S.M., Strom K.B. Oviposition by the forest tent caterpillar (Lepidoptera:Lasiocampidae) and acceptability of its eggs to *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) // Environmental Entomology, 1993, v. 22, no. 6, pp. 1375–1382. DOI:10.1093/ee/22.6.1375
- [18] Smith S.M., Carrow J.R., Laing J.E. Inundative release of the egg parasitoid, *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), against forest insect pests such as the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae) the Ontario project 1982–1986. Ottawa: The Entomological Society of Canada, 1990, 87 p.
- [19] Smith S.M., Hubbes M., Carrow J.R. Ground release of *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) against the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae) // The Canadian Entomologist, 1987, v. 119, no. 3, pp. 251–263. DOI:10.4039/Ent119251-3
- [20] Martel V., Johns R., Jochems-Tanguay L., Jean F. The Use of UAS to Release the Egg Parasitoid *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Against an Agricultural and a Forest Pest in Canada // J. of Economic Entomology, 2021, v. 114, no. 5, pp. 1867–1881. DOI:10.1093/jeet/toaa325
- [21] Roques A. The larch cone fly in the French Alps // Dynamics of forest insect population. Patterns, Causes, Implications / Ed. by A.A. Berryman. Boston: Springer MA, 1988, pp. 2–28.
- [22] Zang L.-S., Wang S., Zhang F., Desneux N. Biological Control with *Trichogramma* in China: History, Present Status, and Perspectives // Annual Review of Entomology, 2020, v. 66, pp. 463–484. DOI:10.1146/annurev-ento-060120-091620
- [23] Xu Y.X., Li B.Q. Alternative hosts of *Trichogramma dendrolimi* Matsumura in different habitats (Hymenoptera: Trichogrammatidae) // Entomologia Sinica, 1994, v. 1(3), pp. 259–263. DOI: 10.1111/j.1744-7917.1994.tb00252.x
- [24] Philip M. M., Orri D. B. Operational Considerations for Augmentation of *Trichogramma exiguum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for Suppression of *Rhyacionia frustrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in *Pinus taeda* Plantations // J. of Economic Entomology, 2008, v. 101, no. 2, pp. 421–429. DOI: 10.1603/0022-0493(2008)101[421:ocfaot]2.0.co;2
- [25] Kenis M., Kloosterman K.. European parasitoids of the pine false webworm (*Acantholyda erythrocephala* (L.)) and their potential for biological control in North America // Proceedings: Integrated management and dynamics of forest defoliating insects / Eds. A.M. Liebholt, M.L. McManus, I.S. Otvos, S.L.C. Fothergill. Victoria, British Columbia, Canada, 1999, pp. 65–73.
- [26] Гниненко Ю.И., Симонова Т.И. Роль патогенов и энтомофагов звездчатого и красноголового пилильщика-ткачей в очагах массового размножения // ИзВУЗ Лесной журнал, 2001. № 5–6. С. 16–23.
- [27] Гниненко Ю.И. Роль яйцедов в очагах ткача-пилильщика в Казахстане // II Всесоюз. науч.-технич. конф. «Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов»: тез. докл. Ч. 1. М., 1991. С. 103–104.
- [28] Гниненко Ю.И., Раков А. Г., Гимранов Р. И., Гниненко А. Ю. Опыт производственного применения трихограммы в очагах массового размножения звездчатого пилильщика-ткача // Мониторинг и

- биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: материалы III Всерос. конф. с междунар. участием. Красноярск, 11–15 апреля 2022 г. М.: Изд-во Института леса СО РАН, 2022. С. 47–48.
- [29] Гниненко Ю.И., Раков А.Г., Гимранов Р.И. Первый опыт широкомасштабного применения трихограммы для защиты леса от звездчатого пилильщика-ткача в России // Совет ботанических садов стран СНГ при международной ассоциации академий наук: информ. бюлл. Вып. 16 (39). Пушкино: Изд-во ВНИИЛМ, 2022. С. 81–87. DOI: 10.35102/cbgcis.2022.34.81.011
- [30] Энтомофаги: производство и применение в России. URL: <https://agriecomission.com/base/entomofagi-proizvodstvo-i-primeneniye-v-rossii?ysclid=lmg7h51grt284617704> (дата обращения 25.03.2024).
- [31] Нехимическая защита / АГРО XXI–2022. URL: <https://finance.rambler.ru/economics/48628853-nehimicheskaya-zaschita/?ysclid=lnwtsgop44435522179> (дата обращения 25.03.2024).
- [32] Крушев Л.Т. Биологические методы защиты леса от вредителей. М.: Лесная пром-сть, 1973. 192 с.
- [33] Щепетильникова В.А. Применение трихограммы в СССР // Биологические средства защиты растений. М.: Колос, 1974. С. 138–158.
- [34] Федоряк В. Е. Звездчатый ткач. Алма-Ата: Кайнар, 1970. 60 с.
- [35] Гниненко Ю.И., Сергеева Ю.А. Оценка эффективности применения инсектицидов для защиты лесов. Пушкино: Изд-во ВНИИЛМ, 2015. 40 с.
- [36] Гар К.А. Методы испытания токсичности и эффективности инсектицидов (под ред. Э.Э Савдарга). М.: Изд-во с/х литературы, журн. и плакатов, 1963. 288 с.
- [37] Серый Г.А. К биологии звездчатого пилильщика-ткача *Acantholyda posticalis* (Matsumura, 1912) (Hymenoptera, Pamphiliidae) в условиях Волгоградской области // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье, 2017. Вып. 14. С. 57–66.
- [38] Малый Л.П. Биологические и экологические особенности звездчатого пилильщика-ткача (*Acantholyda stellata* Christ) в Белоруссии и меры борьбы с ним: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Гомель, 1972. 21 с.

Сведения об авторах

Сергеева Юлия Анатольевна — канд. биол. наук, зав. лабораторией биологических методов защиты леса Отдела защиты леса — Центра приоритетных биотехнологий в защите леса, ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ), sergeeva@vniilm.ru

Долмонега Сергей Октавианович — ст. науч. сотр. лаборатории биологических методов защиты леса Отдела защиты леса — Центра приоритетных биотехнологий в защите леса, ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ), dolmonego@vniilm.ru

Родин Сергей Анатольевич — д-р. с.-х. наук, академик РАН, и. о. директора ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ), rodin@vniilm.ru

Загоринский Андрей Александрович — науч. сотр. лаборатории биологических методов защиты леса Отдела защиты леса — Центра приоритетных биотехнологий в защите леса, ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ), zagorinsky@mail.ru

Поступила в редакцию 02.05.2024.

Одобрено после рецензирования 06.02.2025.

Принята к публикации 04.06.2025.

EXPERIMENTAL APPLICATION OF EGG PARASITIDS *TRICHOGRAMMA* GENUS AGAINST PINE WEB-SPINNING SAWFLY *ACANTHOLYDA POSTICALIS*

Yu.A. Sergeeva, S.O. Dolmonego, S.A. Rodin, A.A. Zagorinsky

All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, 15, Institutskaya st., 141202, Pushkino, Moscow reg., Russia

sergeeva@vniilm.ru

An experimental application of a non-specialized *Trichogramma* sp. produced at the factory (factory *Trichogramma*) was carried out to develop an environmentally safe method of protecting forest plantations, expanding the arsenal of biological means to prevent the occurrence and elimination of foci of the pine web-spinning sawfly. The release of the *Trichogramma* sp. was carried out at the beginning of the egg-laying period by females' pine web-spinning sawfly in the Rostov and Volgograd regions on the basis of biomaterial (grain moth eggs infected with *Trichogramma*) provided by a private manufacturer. Different consumption rates and methods of applying biomaterial have been tested (uniform ground dispersion and placement in containers). The death of the eggs of pine web-spinning sawfly in the places of application of the factory *Trichogramma* was at the experimental site in the Volgograd region: 26,4...54,1 % (in the control: 8,5...14,5 %). In the Rostov region, 8,3...16,7 %, and 0...33,3 % in different plots (in the control: 4,5...14,3 %). Based on statistical processing of data, it was found that with a low pest population in the Rostov region, where the threat of pine defoliating by the pest is 10 %, differences with the control in trichogram efficiency are not reliable when using both overestimated and underestimated biomaterial consumption rates. At the experimental site in the Volgograd region, with a threat of defoliating of about 300 %, the reliability of differences in the effectiveness of the *Trichogramma* sp. in the treated and control areas is significant. The resumption of a new generation of the factory *Trichogramma* was not noted in the experimental sites, which was confirmed in laboratory experience. Calculation of the stock of eggs of the pine web-spinning sawfly in experimental sites during the operation of the factory *Trichogramma* and its comparison with experimental data on the effectiveness of its application showed that 100 % of the pest eggs available in the plantations at that time died. Therefore, the use of a factory *Trichogramma* against a pine web-spinning sawfly has shown high efficiency. It is advisable to conduct research on the selection of effective consumption rates and timing of the introduction of a *Trichogramma* sp. into the foci of the phytophage.

Keywords: forest protection, pine web-spinning sawfly, *Trichogramma*, efficiency

Suggested citation: Sergeeva Yu.A., Dolmonego S.O., Rodin S.A., Zagorinskiy A.A. *Eksperimental'noe primeneniye yaytseedov roda Trichogramma protiv zvezdchatogo pilil'shchika-tkacha Acantholyda posticalis* [Experimental application of egg parasitoids *Trichogramma* genus against pine web-spinning sawfly *Acantholyda posticalis*]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2025, vol. 29, no. 4, pp. 79–93. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-4-79-93

References

- [1] *Obzor sanitarnogo i lesopatologicheskogo sostoyaniya lesov Rossiyskoy Federatsii za 2022 god* [Review of the sanitary and forest pathology status of the forests of the Russian Federation for 2022]. Pushkino: FBU «Roslesozashchita», 2023, 327 p.
- [2] Kolomiets N.G. *Zvezdchatyy pilil'shchik-tkach* [Pine web-spinning sawfly]. Novosibirsk: Nauka, 1967, p. 136.
- [3] Gninenko Yu.I., Maslov A.D., Fedotov M.A., Chernyshov A.Ya., Kaupush K.R. *Zvezdchatyy pilil'shchik-tkach i mery bor'by s nim v Tverskoy obl.* [Pine web-spinning sawfly and measures to combat it in the Tver region]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 2003, no. 3, pp. 43–44.
- [4] Gninenko Yu.I., Seryy G.A., Bondarenko E.Yu. *Zvezdchatyy pilil'shchik-tkach: vreditel'stvo, lesopatologicheskie obsledovaniya v ochagakh i mery zashchity* [Pine web-spinning sawfly: its hazard, forest pathology surveys in its mass outbreaks, and protection operations]. Pushkino: VNIILM, 2015, 60 p.
- [5] Voolma K., Hiiesaar K., Williams I. H., Ploomi A., Jõgar K. Cold hardiness in the pre-imaginal stages of the great web-spinning pine-sawfly *Acantholyda posticalis*. *Agricultural and Forest Entomology*, 2016, no. 18, pp. 432–436. <http://dx.doi.org/10.1111/afe.12172>
- [6] Lyashenko L.I., Andreeva G.I. *Dimilin protiv vreditel'ey lesa* [Dimilin against forest pests]. *Zashchita rasteniy* [Plant Protection], 1979, no. 6, pp. 21–23.
- [7] Davidenko L.K. *Perspektivnye preparaty v bor'be so zvezdchatym pilil'shchikom-tkachom* [Promising drugs in the fight against pine web-spinning sawfly]. *Nadzor za vreditelyami i boleznyami lesa i sovershenstvovanie mer bor'by s nimi: Tezisy dokl. nauch.-tekhn. soveshch.* [Surveillance of forest pests and diseases and improvement of measures to combat them: Abstracts of the report of a scientific and technical meeting]. Pushkino, September 17–19, 1981. Moscow: VNIILM, 1981, pp. 52–54.
- [8] Martynyuk A.A. *O kontseptual'nykh podkhodakh k novoy redaktsii Lesnogo kodeksa Rossiyskoy Federatsii* [Concept approaches to the Russian Federation forest code new version]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry information], 2020, no. 2, pp. 5–24. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2020.2.01.

- [9] Bednova O.V. *Biologicheskiiy metod zashchity lesa* [Biological method of forest protection]. Moscow: MGTU im. N.E. Bauman, 2023, 140 p.
- [10] Vorontsov A.I. *Perspektivy ispol'zovaniya entomofagov dlya zashchity lesa* [Prospects for the use of entomophages for forest protection]. *Biologicheskaya i integrirovannaya bor'ba s vreditelyami v lesnykh biotsenozakh: mater. simpoz., [Biological and integrated pest control in forest biocenoses: simpos. mater.]* September 3–8, 1989, Borjomi. Moscow, 1989, pp. 20–26.
- [11] Tsankov G. *Issledovanie i primeneniye entomofagov v biologicheskoy bor'be s vreditelyami lesnykh biotsenozov* [Research and application of entomophages in biological control of pests of forest biocenoses]. *Biologicheskaya i integrirovannaya bor'ba s vreditelyami v lesnykh biotsenozakh: mater. simpoz. Biologicheskaya i integrirovannaya bor'ba s vreditelyami v lesnykh biotsenozakh: mater. simpoz. [Biological and integrated pest control in forest biocenoses: simpos. mater.]*, September 3–8, 1989, Borjomi. Moscow, 1989, pp. 7–21.
- [12] Ramzan S., Ahsin M., Maan N.A., Ali I. Use of *Trichogramma chilonis* as biological control / Agriculture Research Institute (AARI), Faisalabad. Available at: <https://agrihunt.com/articles/pesticide-industry/use-of-trichogramma-chilonis-as-biological-control/> (accessed 28.03.2024).
- [13] Thomson L., Bennett D., Glenn D.A., Hoffmann A. Developing *Trichogramma* as a pest management tool. *Predators and parasitoids*. Eds. O. Koul, G.S. Dhaliwal, 2003, 208 p. DOI:10.1201/9780203302569.ch4
- [14] Smith S.M. Biological control with *Trichogramma*: advances, successes, and potential of their use. *Annual review of entomology*, 1996, no. 41 (1), pp. 375–406. DOI:10.1146/annurev.ento.41.1.375
- [15] Liu F.-H., Smith S.M. Measurement and Selection of Parasitoid Quality for Mass-Reared *Trichogramma minutum* Riley Used in Inundative Release. *Biocontrol Science and Technology*, 2000, no. 10 (1), pp. 3–13. doi.org/10.1080/09583150029332
- [16] Xu W., Wen X.Y., Hou Y.Y., Desneux N., Ali A., Zang L.S. Suitability of Chinese oak silkworm eggs for the multigenerational rearing of the parasitoid *Trichogramma leucaniae*. *PLoS One*, 2020, v. 15(4), p. e0231098. DOI:10.1371/journal.pone.0231098
- [17] Smith S.M., Strom K.B. Oviposition by the forest tent caterpillar (Lepidoptera: Lasiocampidae) and acceptability of its eggs to *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Environmental Entomology*, 1993, v. 22, no. 6, pp. 1375–1382. DOI:10.1093/ee/22.6.1375
- [18] Smith S.M., Carrow J.R., Laing J.E. Inundative release of the egg parasitoid, *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), against forest insect pests such as the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae) the Ontario project 1982–1986. Ottawa: The Entomological Society of Canada, 1990, 87 p.
- [19] Smith S.M., Hubbes M., Carrow J.R. Ground release of *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) against the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae). *The Canadian Entomologist*, 1987, v. 119, no. 3, pp. 251–263. DOI:10.4039/Ent119251-3
- [20] Martel V., Johns R., Jochems-Tanguay L., Jean F. The Use of UAS to Release the Egg Parasitoid *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Against an Agricultural and a Forest Pest in Canada. *J. of Economic Entomology*, 2021, v. 114, no. 5, pp. 1867–1881. DOI:10.1093/jee/toaa325
- [21] Roques A. The larch cone fly in the French Alps // *Dynamics of forest insect population. Patterns, Causes, Implications* / Ed. by A.A. Berryman. Boston: Springer MA, 1988, pp. 2–28.
- [22] Zang L.-S., Wang S., Zhang F., Desneux N. Biological Control with *Trichogramma* in China: History, Present Status, and Perspectives. *Annual Review of Entomology*, 2020, v. 66, pp. 463–484. DOI: 10.1146/annurev-ento-060120-091620
- [23] Xu Y.X., Li B.Q. Alternative hosts of *Trichogramma dendrolimi* Matsumura in different habitats (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Entomologia Sinica*, 1994, v. 1(3), pp. 259–263. DOI: 10.1111/j.1744-7917.1994.tb00252.x
- [24] Philip M. M., Orri D. B. Operational Considerations for Augmentation of *Trichogramma exiguum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for Suppression of *Rhyacionia frustrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in *Pinus taeda* Plantations. *J. of Economic Entomology*, 2008, v. 101, no. 2, pp. 421–429 DOI: 10.1603/0022-0493(2008)101[421:ocfaot]2.0.co;2
- [25] Kenis M., Kloosterman K.. European parasitoids of the pine false webworm (*Acantholyda erythrocephala* (L.)) and their potential for biological control in North America. *Proceedings: Integrated management and dynamics of forest defoliating insects* / Eds. A.M. Liebhold, M.L. McManus, I.S. Otvos, S.L.C. Fosbroke. Victoria, British Columbia, Canada, 1999, pp. 65–73.
- [26] Gninenko Yu.I., Simonova T.I. *Rol' patogenov i entomofagov zvezdchatogo i krasnogolovogo pilil'shchikov-tkachey v ochagakh massovogo razmnozheniya* [Role of pathogenes and parasites of saw flies in the centers of mass reproduction]. *Russian Lesnoy zhurnal*, 2001, no 5–6, pp. 16–23.
- [27] Gninenko Yu.I. *Rol' yaysedov v ochagakh tkacha-pilil'shchika v Kazakhstane* [The role of egg parasitoid in the pine web-spinning sawfly foci in Kazakhstan]. II Vsesoyuznaya nauch.-prakt. konf. «Okhrana lesnykh ekosistem i ratsional'noe ispol'zovanie lesnykh resursov»: tez. dokl. [II All-Union scientific-practical conf. «Protection of forest ecosystems and rational use of forest resources»: report summary] Part 1. Moscow, 1991, pp. 103–104.
- [28] Gninenko Yu.I., Rakov A. G., Gimranov R. I., Gninenko A. Yu. *Opyt proizvodstvennogo primeneniya trikhogrammy v ochagakh massovogo razmnozheniya zvezdchatogo pilil'shchika-tkacha* [Experience of industrial application of *Trichogramma* in foci of mass reproduction of the pine web-spinning sawfly]. *Monitoring i biologicheskie metody kontrolya vreditely i patogenov drevesnykh rasteniy: ot teorii k praktike: mater. III Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem [Monitoring and biological methods of control of pests and pathogens of woody plants: from theory to practice: Proc. III All-Russian Conf. with international participation]*. Moscow, April 11–15, 2022, Moscow–Krasnoyarsk, 2022, pp. 47–48.

- [29] Gninenko Yu.I., Rakov A.G., Gimranov R.I. *Pervyy opyt shirokomasshtabnogo primeneniya trikhogrammy dlya zashchity lesa ot zvezdchatogo pilil'shchika-tkacha v Rossii* [The first experience of large-scale use of Trichogramma to protect forests from the stellar sawfly-weaver in Russia]. *Sovet botanicheskikh sadov stran SNG pri mezhdunarodnoy assotsiatsii akademiy nauk: Inform. byull. Vyp. 16 (39)* [Council of Botanical Gardens of the CIS Countries under the International Association of Academies of Sciences: newsletter issue 16 (39)]. Pushkino: VNIILM, 2022, pp. 81–87. DOI: 10.35102/cbgcis.2022.34.81.011
- [30] *Entomofagi: proizvodstvo i primeneniye v Rossii* [Entomophages: production and application in Russia]. Available at: <https://agriecommission.com/base/entomofagi-proizvodstvo-i-primeneniye-v-rossii?ysclid=lmg7h51rrr284617704> (accessed 25.03.2024).
- [31] *Nekhimicheskaya zashchita AGRO XXI–2022* [Non-chemical protection AGRO XXI–2022]. Available at: <https://finance.rambler.ru/economics/48628853-nehimicheskaya-zashchita/?ysclid=lnwtsgop44435522179> (accessed 25.03.2024).
- [32] Krushev L.T. *Biologicheskie metody zashchity lesa ot vreditel'ey* [Biological methods of protecting forests from pests]. Moscow: Forest industry, 1973, 192 p.
- [33] Shchepetil'nikova V.A. *Primeneniye trikhogrammy v SSSR. Biologicheskie sredstva zashchity rasteniy* [Application of Trichogramma in the USSR]. *Biologicheskie sredstva zashchity rasteniy* [Biological plant protection products]. Moscow: Kolos, 1974, pp. 138–158.
- [34] Fedoryak V.E. *Zvezdchatyy tkach* [The pine web-spinning sawfly]. Alma-Ata: Kaynar, 1970, 60 p.
- [35] Gninenko Yu.I., Sergeeva Yu.A. *Otsenka effektivnosti primeneniya insektitsidov dlya zashchity lesov* [Assessment of insecticide application efficiency in forest protection]. Pushkino: VNIILM, 2015, 40 p.
- [36] Gar K.A. *Metody ispytaniya toksichnosti i effektivnosti insektitsidov (pod red. E.E. Savzdarga)* [Methods for testing the toxicity and effectiveness of insecticides (edited by E.E. Savzdarg)]. Moscow: Publishing house of agricultural literature, journal and posters, 1963, 288 p.
- [37] Seryy G.A. *K biologii zvezdchatogo pilil'shchika-tkacha Acantholyda posticalis (Matsumura, 1912) (Hymenoptera, Pamphiliidae) v usloviyakh Volgogradskoy oblasti*. [The biology of pine web spinning sawfly *Acantholyda posticalis* (Matsumura, 1912) (Hymenoptera, Pamphiliidae) in the conditions of the Volgograd province]. *Entomologicheskie i parazitologicheskie issledovaniya v Povolzh'e* [Entomological and parasitological studies in the Volga region], 2017, iss. 14, pp. 57–66.
- [38] Malyy L. P. *Biologicheskie i ekologicheskie osobennosti zvezdchatogo pilil'shchika-tkacha (Acantholyda stellata Christ) v Belorussii i mery bor'by s nim* [Biological and ecological features of the pine web-spinning sawfly (*Acantholyda stellata* Christ) in Belarus and measures to combat it]. Abstract Dis. Cand. Sci. (Biol.). Gomel, 1972, 21 p.

Acknowledgments

The authors are grateful to the specialists of the Volgograd branch of FBU 'Roslesozashchita' for their assistance in the organisation of field studies.

The work was carried out under the theme of the state task of FBU VNIILM for applied scientific research No. 053-00006-23-00.

Authors' information

Sergeeva Yuliya Anatol'evna — Cand. Sci (Biology), Head of the Laboratory of Biological Methods of Forest Protection of the Forest Protection Department – Center for Priority Biotechnologies in Forest Protection, All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, sergeeva@vniilm.ru

Dolmonego Sergey Oktavianovich — Senior Research Scientist at the Laboratory of Biological Methods of Forest Protection of the Forest Protection Department – Center for Priority Biotechnologies in Forest Protection, All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, dolmonego@vniilm.ru

Rodin Sergey Anatol'evich — Dr. Sci. (Agriculture), Full member of the Russian Academy of Sciences, Acting Director of the All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, info@vniilm.ru

Zagorinskiy Andrey Aleksandrovich — Research Scientist at the Laboratory of Biological Methods of Forest Protection of the Forest Protection Department – Center for Priority Biotechnologies in Forest Protection, All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, zagorinsky@mail.ru

Received 02.05.2024.

Approved after review 06.02.2025.

Accepted for publication 04.06.2025.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest