

Научная статья


УДК 630\*411

DOI: 10.37482/0536-1036-2023-3-69-83

## Применение *Ooencyrtus kuvanae* Howard против непарного шелкопряда

**Ю.А. Сергеева** , канд. биол. наук, ст. науч. сотр.; Researcher ID: [AAC-4718-2020](https://orcid.org/0000-0002-6597-029X),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6597-029X>

**С.О. Долмонево**, руководитель группы вирусных технологий;  
Researcher ID: [AAQ-9259-2021](https://orcid.org/0000-0002-0054-4572), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0054-4572>

Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, ул. Институтская, д. 15, г. Пушкино, Московская обл., Россия, 141202; [sergeeva.vniilm@gmail.com](mailto:sergeeva.vniilm@gmail.com) , [dolmonego@vniilm.ru](mailto:dolmonego@vniilm.ru)

Поступила в редакцию 23.03.21 / Одобрена после рецензирования 26.06.21 / Принята к печати 28.06.21

**Аннотация.** Непарный шелкопряд *Lymantria dispar* – один из наиболее широко распространенных насекомых-вредителей на территории РФ. В европейской части России на яйцах *L. dispar* паразитируют *Anastatus japonicus* Ashmead и *Ooencyrtus kuvanae* Howard, интродуцированный в 1988 г. из Северной Кореи. Для ограничения численности непарного шелкопряда с помощью яйцеедов *O. kuvanae* требуется определить нормы их выпуска и эффективность, как для профилактики возникновения, так и для оценки возможности ликвидации очагов вредителя. Опытный выпуск яйцеедов *O. kuvanae* (237,5 тыс. особей) выполнен в 2019 г. в Оренбургской области в очагах непарного шелкопряда, которые охватывали пойму р. Урал на территории 3 лесничеств. Среднее число кладок на дерево на участках выпуска оэнциртуса варьировало от 1 до 20. Учет эффективности был проведен через 48–52 дня после выпуска, в период отрождения 3-го поколения *O. kuvanae*. Осуществлены сбор кладок и их лабораторный анализ. Эффективность выпусков составила до 82,9–90,3 % на участках с плотностью 107–268 тыс. яиц *L. dispar* на 1 га и не превышала 47,3 % на участках с плотностью вредителя 3800 тыс. яиц/га. На основе соотношения выпущенных на 1 га яйцеедов и абсолютной численности уничтоженных яиц *L. dispar* предложен коэффициент для расчета оптимального количества выпуска *O. kuvanae* на 1 га. Применение *O. kuvanae* для регулирования численности непарного шелкопряда следует планировать в начале формирования его очагов. Использование энтомофага в действующих очагах массового размножения непарного шелкопряда при средней численности более 1,5 кладок на дерево не позволяет снизить запас фитофага до хозяйственно неопасного уровня. Возможно применять *O. kuvanae* в системе интегрированных профилактических мероприятий: снизить численность непарного шелкопряда истребительными обработками химическими или биологическими инсектицидами и затем приступить к выпуску энтомофагов.

**Ключевые слова:** защита леса, биологическая защита растений, непарный шелкопряд, яйцееды, оэнциртус, анастатус, эффективность выпуска яйцеда, норма выпуска яйцеда, Оренбургская область

**Благодарности:** Исследование выполнено при финансировании Федеральным агентством лесного хозяйства (Рослесхоз) в рамках государственного задания ФБУ ВНИИЛМ на 2019 г. по теме «Разработка технологии массового разведения и применения яйцеедов для защиты леса от шелкопрядов непарного и монашенки»

(AAAA-A17-117041010010-8). Авторы признательны специалистам Министерства лесного и охотничьего хозяйства Оренбургской области и Оренбургского филиала ФБУ «Рослесозащита» за помощь в организации полевых исследований.

**Для цитирования:** Сергеева Ю.А., Долмонево С.О. Применение *Ooencyrtus kuvanae* Howard против непарного шелкопряда // Изв. вузов. Лесн. журн. 2023. № 3. С. 69–83. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-3-69-83>

Original article

### Application of *Ooencyrtus kuvanae* Howard Against Gypsy Moth

**Yuliya A. Sergeeva**<sup>✉</sup>, Candidate of Biology, Senior Research Scientist;

Researcher ID: [AAC-4718-2020](https://orcid.org/0000-0002-6597-029X), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6597-029X>

**Sergey O. Dolmonego**, Head of Virus Technologies Group;

Researcher ID: [AAQ-9259-2021](https://orcid.org/0000-0002-0054-4572), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0054-4572>

All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (FBU VNIILM), ul. Institutskaya, 15, Pushkino, Moscow region, 141202, Russian Federation; [sergeeva.vniilm@gmail.com](mailto:sergeeva.vniilm@gmail.com)<sup>✉</sup>, [dolmonego@vniilm.ru](mailto:dolmonego@vniilm.ru)

Received on March 23, 2021 / Approved after reviewing on June 26, 2021 / Accepted on June 28, 2021

**Abstract.** The gypsy moth, *Lymantria dispar*, is one of the most widespread pest-insects in the Russian Federation. *Anastatus japonicus* Ashmead and *Ooencyrtus kuvanae* Howard are parasites that live on the eggs of *L. dispar*. They can be found in the European part of Russia, where the insects were imported from North Korea in 1988. The usage of *O. kuvanae* to limit the gypsy moth populations requires recognition of the release rates and effectiveness in preventing mass pest outbreaks, as well as for the evaluation of the possibility of elimination. An experimental release of *O. kuvanae* (237 500 specimens) was conducted in 2019 during a gypsy moth outbreak in the Orenburg region, which covered the basin of the Ural River within the territory of three forestries. The average number of clutches of *O. kuvanae* varied from 1 to 20 clutches per tree. The control of efficiency was made 48–52 after the release, during the incubation period of the 3ed generation of *O. kuvanae*. The clutches were collected and experimentally analyzed. The release rate of *L. dispar* ranged 82.9–90.3 % at the locations with a density of 107–268 thousand eggs/ha and did not exceed 47.3 % at the locations with a density of 3800 thousand eggs/ha. A coefficient for estimation of the optimal number of *O. kuvanae* specimens per 1 ha was proposed based on the proportion of the released egg parasitoids per 1 ha and the absolute number of the destroyed eggs of *L. dispar*. The regulation of the gypsy moth's population by *O. kuvanae* should be done at the biggening of the foci formation. The usage of the entomophage in the active reproductive foci of the gypsy moth, with an infestation rate higher than 1.5 clutches per tree, cannot reduce the phytophage numbers to a harmless level. The application of *O. kuvanae* can be a part of an integrated system of preventive measures: chemical or biological pesticide treatments to reduce gypsy moth populations, and after initiate the release of the entomophages.

**Keywords:** forest protection, biological protection of plants, gypsy moth, egg parasitoid, *Ooencyrtus kuvanae*, *Anastatus japonicus* Ashmead, egg parasitoid release efficiency, egg parasitoid release rate, Orenburg region

**Acknowledgments:** The study was funded by the Federal Forestry Agency (Rosleskhoz) as part of the federal assignment of the FBU VNIILM for 2019 on "Development of a Technology for Mass Breeding and the Use of Egg Parasitoid to Protect Forests from Gypsy and Nun



Silkworms" (AAAA-A17-117041010010-8). The authors are grateful to the specialists of the Ministry of Forestry and Hunting of the Orenburg region and the Orenburg branch of the Federal State Institution "Roslesozashchita" for assistance in the organization of field studies.

**For citation:** Sergeeva Yu.A., Dolmonego S.O. Application of *Ooencyrtus kuvanae* Howard Against Gypsy Moth. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2023, no. 3, pp. 69–83. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-3-69-83>

### Введение

Использование в практике защиты леса энтомофагов согласуется со сложившейся в мире концепцией перехода к использованию экологически безопасных средств борьбы с вредными организмами и позволяет предотвращать ущерб от насекомых-вредителей без отрицательного влияния на другие компоненты лесных экосистем. Биологическая защита растений с применением яйцеедов представляет наибольший интерес, поскольку обеспечивает подавление самой ранней стадии развития вредителя (в фазе яйца), исключая отрождение личинок или гусениц фитофага, и, следовательно, объедание древостоев [13]. Непарный шелкопряд *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758; Lepidoptera: Erebidae) – один из наиболее широко распространенных вредителей на территории РФ, очаги его массового размножения отмечались в 52 субъектах страны [11]. По данным ежегодных обзоров санитарного и лесопатологического состояния лесов в Российской Федерации Рослесозащиты, минимальная площадь очагов по стране – 200 тыс. га; площадь очагов, превышающая 1 млн га, регистрировалась в 1977–1978, 1991 и 1994, 1996–1997, 2013–2015 гг. Высказаны предположения, что в результате процессов климатических изменений в ближайшие годы может начаться процесс расширения ареалов непарного шелкопряда и зона его воздействия существенно расширится [15].

Наиболее значимыми для динамики численности непарного шелкопряда видами яйцеедов являются анастатус *Anastatus japonicus* (Ashmead, 1904; Hymenoptera: Eupelmidae) и оэнциртус *Ooencyrtus kuvanae* (Howard, 1910; Hymenoptera: Encyrtidae) [20]. *A. japonicus* аборигенно обитает в европейской части России, северная граница зоны его распространения проходит по условной линии, соединяющей города Брянск, Орел, Липецк, Тамбов, Пензу, Самару и Оренбург. Особенности биологии анастатуса (развивается в 1 поколении в год, плодовитость – 40–60 яиц, короткий период заражения эмбриональной стадии яиц, низкая расселительная способность – несколько метров в год) и инертность на изменение плотности популяции хозяина [10, 12] не позволяют использовать этот вид для ограничения численности непарного шелкопряда в России. Однако есть успешный пример применения *A. japonicus* в программах защиты садов личи [23].

В 1987 г. в России из Северной Кореи интродуцирован яйцеед *O. kuvanae* (Howard, 1910; Hymenoptera: Encyrtidae). Паразитоид был размножен в отделе био-метода Всероссийского центра карантина растений, и в период с 1988 по 1994 г. его акклиматизировали на территории ряда республик и областей бывшего СССР. Эффективность в местах расселения оказалась различной, максимальная – в Грузии (90–95 %), Новороссийске (92 %) и Молдавии (70 %), отмечена перезимовка

оэнциртуса в Москве [6, 7]. В ряде стран, куда ранее интродуцировали *O. kuvanae*, его эффективность в местах обитания составляла 10–60 % [16–19, 22, 24]. В России через 20 лет после интродукции оэнциртуса отмечена его существенная роль в динамике численности непарного шелкопряда в Краснодарском крае, где при низкой плотности фитофага зараженность яиц достигала 57,5–91,6 % [2, 8]. В наружном слое кладок паразитировано 17,6–36,5 % яиц, в 3-м и 4-м слоях кладок паразитоиды отсутствовали [8].

Целью работы является оценка возможности использования яйцеда *O. kuvanae* для ограничения численности непарного шелкопряда, как для профилактики возникновения очагов вредителя, так и для оценки возможности их ликвидации. В этой связи необходимо определить нормы выпуска и эффективность яйцеда при разных уровнях плотности популяции непарного шелкопряда.

Проведение профилактических мероприятий регламентировано п. 18 «Правил ликвидации очагов вредных организмов» (приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 09.11.2020 г. № 913): «Мероприятия по уничтожению или подавлению численности вредных организмов производятся следующими методами: <...> з) выпуск энтомофагов»; и п. 18 подп. б «Правил осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов» (приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 09.11.2020 г. № 912): «Профилактическими биотехническими мероприятиями являются: охрана местообитаний, выпуск, расселение и интродукция насекомых-энтомофагов». Применение интродуцированного энтомофага *O. kuvanae* согласуется с подходом Европейско-средиземноморской организации по защите растений к использованию агентов биологической борьбы [14]. В соответствии со стандартом [21], *O. kuvanae* включен в «Позитивный перечень», т. е. безопасность его использования против непарного шелкопряда считается доказанной.

#### Объекты и методы исследования

Для выполнения опытных работ по применению *O. kuvanae* проведена лабораторная наработка его культуры (237,5 тыс. особей). Опытный выпуск яйцедов осуществлен в 2019 г. в Оренбургской области в очагах непарного шелкопряда, которые охватывали пойму р. Урал на территории Краснохолмского, Илекского и Ташлинского лесничеств. Заселенность древостоев непарным шелкопрядом была неравномерная.

До начала выпуска *O. kuvanae* в природу на опытных участках выборочно собраны кладки вредителя для лабораторного анализа их зараженности естественными популяциями энтомофагов. Кладки непарного шелкопряда (20 шт.) с каждого участка смешивали, очищали от пушка, случайной выборкой отбирали 3 пробы по 100 яиц и просматривали их под биноклем.

Выпуск оэнциртуса в очагах непарного шелкопряда проведен 23–28 июля, в период откладки яиц бабочками фитофага. Работы выполнены в первой половине дня, в теплую ясную безветренную погоду. Равномерное расселение по ходовым линиям осуществлено по диагонали участка – рядом с деревьями с кладками высыпаны зараженные яйца и вытряхнуто имаго яйцедов.

Учет эффективности выполнен 16 и 17 сентября, т. е. через 48–52 дня после выпуска. На опытных участках осмотр деревьев, подсчет и сбор кладок проводили по неповешенной ходовой линии, расположенной по мысленной диагонали древостоя, расстояние между осматриваемыми деревьями – 2–5 м, или осмотр проводили через каждые 2–3 дерева. Для определения необходимой выборки руководствовались широко используемыми рекомендациями [1, 3, 4]. Ошибка выборки составляет не более 15 %.

Для оценки зараженности оэнциртусом кладок вредителя их разделяли на неповрежденные и поврежденные яйцеедом. Это возможно установить визуально – по характерным вылетным отверстиям оэнциртуса. Одновременно осуществлен подсчет числа яиц в кладках.

Выполнен лабораторный анализ собранных яиц. Кладки яиц с одного учетного пункта помещали в отдельный пакет и этикетировали. Долю уничтоженных энтомофагами яиц выявляли для выборок со всех участков. Каждую выборку перемешивали, разрушая кладки, помещали в мешок из мелкоячеистой ткани и очищали от пушка с помощью пылесоса. Очищенные яйца взвешивали, отсчитывали 3 раза по 100 яиц из общей массы и снова взвешивали. Устанавливали средний вес 100 яиц по 3 навескам, общее число яиц в выборке и среднее число яиц в кладке для каждого участка. Затем брали 3 навески из 1000 яиц с каждого учетного пункта.

Каждую выборку по 1000 яиц анализировали под биноклем, определяя число здоровых яиц (с гусеницей внутри); яиц, из которых вылетели яйцееды (оэнциртус); в которых находится личинка или куколка оэнциртуса; погибших и высохших (в результате дополнительного питания самок оэнциртуса); неоплодотворенных; в которых находится личинка аборигенного яйцееда *Anastatus japonicus* (яйцо, зараженное анастатусом, легко отличить от зараженного оэнциртусом по темным крапчатым включениям на оболочке яйца). Данные по 3 выборкам усредняли и получали процент уничтоженных оэнциртусом яиц на учетном пункте.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Среднее число кладок вредителя на дерево на участках выпуска оэнциртуса варьировало от 1 до 20, что дало возможность провести исследования, направленные на определение эффективных норм выпуска энтомофагов при разной численности вредителя (табл. 1).

Анализ яиц непарного шелкопряда перед выпуском яйцеедов показал зараженность яиц фитофага аборигенным яйцеедом анастатусом (табл. 2). Доля паразитированных анастатусом яиц составляла порядка 1–3 %.

Результаты оценки встречаемости кладок непарного шелкопряда с вылетными отверстиями оэнциртуса в местах его расселения через 48–52 дня после выпуска приведены в табл. 3.

В Кардаиловском и Краснохолмском участках лесничества в кварталах 48 и 110 при низкой численности непарного шелкопряда эффективность выпусков оэнциртуса по доле зараженных кладок составила порядка 80 %. При этом большинство кладок (от числа зараженных – 91,7 %) были полностью уничтожены яйцеедом.

Таблица 1

**Объемы выпуска яйцееда *Ooencyrtus kuvanae* в Оренбургской области**  
**Release volumes of the egg parasitoid *Ooencyrtus kuvanae* in the Orenburg region**

Квартал/выдел	Площадь, га	Среднее число кладок непарного шелкопряда на дерево, шт.	Выпущено яйцеедов, шт.	
			на участок	в среднем на 1 га
<i>Краснохолмское лесничество</i>				
<i>Кардашловское участковое лесничество</i>				
48/2	11,0	1,0	4500	409
48/6	3,6	2,0	5000	1389
59/1	21,0			238
<i>Краснохолмское участковое лесничество</i>				
110/62	5,6	1,0	5000	893
111/29	1,0	2,0		790
111/19	1,3			
111/6	23,0	2,5	10 000	
<i>Городищенское участковое лесничество</i>				
192/8	4,9	2,0	6000	1224
<i>Илекское лесничество</i>				
<i>Илекское участковое лесничество</i>				
113/7	4,9	20,0	21 000	4285
113/5, 6, 9, 10, 18	10,9	12,0	8000	734
372/6	6,7	15,0	8000	1194
<i>Ташлинское лесничество</i>				
<i>Кинделинское участковое лесничество</i>				
16/12	12,0	9,1	5000	417
16/27	3,1		10 000	
17/34	3,4	12,6		2941
17/43	6,6	9,0		1515
76/17	6,0	5,8	4000	666
80/4	9,1	9,6	20 000	2198
21/40	11,0	10,7	20 000	1818
33/16	4,0	10,4	6000	1500
85/2, 3	14,1	8,5	10 000	709
25/34	5,1	10,1	15 000	2941
22/17	8,5	10,5	10 000	1176
87/7	25,0	10,0		400
114/9	6,2	6,2		1612
70/11	7,3	5,0		1370
<i>Ташлинское участковое лесничество</i>				
95/19	7,8	4,0	5000	641

Таблица 2

**Результаты анализа кладок яиц непарного шелкопряда в Оренбургской области  
(до выпуска *O. kuvanae*)**  
**Results of analysis of gypsy moth egg clutches from the Orenburg region  
(before the release of *O. kuvanae*)**

Место сбора кладок (участковое лесничество/квартал/выдел)	Доля яиц, %		
	здоровых	неоплодотворенных и погибших	паразитированных анастатусом
Кардаиловское/48/2	95	2	3
Краснохолмское/111/29	97	1	2
Илекское/113/7		2	1
Кинделинское/16/12	95	3	2
Кинделинское/17/34	96		1

Таблица 3

**Встречаемость кладок непарного шелкопряда, паразитированных яйцеедом  
*O. kuvanae*, в Оренбургской области**  
**Occurrence of parasitized clutches of gypsy moth by egg parasitoid *O. kuvanae*  
in the Orenburg region**

№	Квартал/выдел	Среднее число яиц в кладке	Число проанализированных кладок	Доля зараженных кладок, %
			шт.	
<i>Краснохолмское лесничество</i>				
<i>Кардаиловское участковое лесничество</i>				
1	48/2	214	71	84,5
2	48/6	268	36	77,8
3	59/1	285	81	35,8
<i>Краснохолмское участковое лесничество</i>				
4	110/62	263	30	76,7
5	111/6, 19, 29	324	121	30,6
<i>Илекское лесничество</i>				
<i>Илекское участковое лесничество</i>				
6	113/7	475	405	30,3
7	3/5, 6, 9, 10, 18	412	289	19,0
8	372/6	422	197	14,7
<i>Ташлинское лесничество</i>				
<i>Кинделинское участковое лесничество</i>				
9	16/12	290	437	12,2
10	16/27	308	41	35,5
11	17/34, 43	450	480	32,9
12	76/17	353	55	14,4
13	80/4	433	60	11,6

Окончание табл. 3

№	Квартал/выдел	Среднее число яиц в кладке	Число проанализированных кладок	Доля зараженных кладок, %
			шт.	
14	21/40	389	36	16,7
15	33/16	386	12	8,3
16	85/2, 3	402		
17	25/34	463	282	18,4
18	22/17	449	12	16,7
19	87/7	374		25,0
20	114/9	357		16,0
21	70/11	314	15	25,0
<i>Ташлинское участковое лесничество</i>				
22	95/19	295	20	35,0

При сроке развития яйцеда в лаборатории 21–23 дн. (возможно, в природе несколько дольше) в ходе опыта должно было реализоваться 2-е поколение и начать отрождаться 3-е. Судя по состоянию кладок, их большая доля оказалась зараженной 1-м поколением яйцеда. Следует отметить, что кладки разрушены в результате деятельности личинок жуков малашек (семейство: Melyridae, подсемейство: Malachiinae). Предположительно, деятельность личинок жуков позволила имаго оэнциртуса заразить все слои кладок. В ряде работ [5, 9] жуки малашки указаны в качестве хищников по отношению к яйцам непарного шелкопряда. Однако в лабораторных условиях нами установлено, что личинки не питаются яйцами этого фитофага, возможно, они используют кладки непарного шелкопряда в качестве укрытий.

В квартале 59 Кардаиловского участкового лесничества при расселении 5 тыс. яйцеедов на 21 га при средней численности кладок 2 шт./дер. 35 % кладок были паразитированы. В квартале 111 Краснохолмского участкового лесничества (2–2,5 кладки на дерево) расселение 20 тыс. особей на 31 га показало 30 % зараженных кладок.

В Илекском участковом лесничестве эффективность применения яйцеда при высокой численности кладок вредителя (20 шт./дер.) составила при выпуске 4 тыс. особей на 1 га 30 % зараженных кладок. На 2 других участках уменьшение нормы выпуска до 1 тыс. яйцеедов на 1 га (при сопоставимой численности вредителя) показало встречаемость зараженных кладок в 15–19 % случаев. При проведении учетов повсеместно отмечено наличие имаго яйцеедов на кладках. То есть произошло отрождение 3-го поколения энтомофагов, и при благоприятных погодных условиях их деятельность продолжалась.

В Ташлинском лесничестве расселение оэнциртуса проведено на площади 129 га, выпущено 155 тыс. особей. Эффективность выпуска по зараженным кладкам при численности порядка 10 кладок непарного шелкопряда на дерево составила 8,3–35,5 %.

Результаты лабораторного анализа кладок яиц непарного шелкопряда, собранных в местах выпуска яйцеедов, приведены в табл. 4.



Таблица 4

**Результаты лабораторного анализа кладок непарного шелкопряда  
в местах выпуска *O. kuvanae*  
Results of laboratory analysis of gypsy moth clutches in the release locations  
of *O. kuvanae***

Квартал/выдел	Доля яиц, %					
	здоровых	паразитированных оэнциртусом		погибших	неоплодот- воренных	зараженных анастатусом
		вылетели имаго	личинка или куколка в яйце			
<i>Краснохолмское лесничество</i>						
<i>Кардаиловское участковое лесничество</i>						
48/2	5,2	74,9	8,0	7,4	1,8	2,7
48/6	14,6	67,8	8,7	6,0	1,4	1,5
59/1	68,4	22,3	4,3	3,0	1,0	1,0
<i>Краснохолмское участковое лесничество</i>						
110/62	13,8	65,6	9,2	8,1	1,4	1,9
111/6, 19, 29	46,9	36,0	7,4	5,8	1,6	2,3
<i>Илекское лесничество</i>						
<i>Илекское участковое лесничество</i>						
113/7	49,9	37,1	7,1	3,1	1,7	1,1
113/5, 6, 9, 10, 18	80,5	12,1	2,9	1,8	1,0	1,7
372/6	79,1	11,0	3,8	2,0	2,4	
<i>Ташлинское лесничество</i>						
<i>Кинделинское участковое лесничество</i>						
16/12	80,4	7,9	3,7	3,2	2,6	2,2
16/27	57,9	27,2	5,5	4,0	3,3	2,1
17/34, 43	63,0	21,3	6,8	4,6	2,9	1,4
76/17	80,5	8,8	3,9	2,9	2,1	1,8
80/4	80,2	7,4	4,1	2,2	5,1	1,0
21/40	75,1	10,2	6,7	3,3	2,1	2,6
33/16	77,0	11,4	5,9	2,2	1,8	1,7
85/2, 3	74,6	9,3	7,4	2,9	2,6	3,2
25/34	75,6	12,3	4,4	2,8		2,3
22/17	77,9	12,0	3,5	1,5	1,9	3,2
87/7	67,6	18,4	6,1	2,2	2,9	2,8
114/9	70,3	12,1	8,7	4,1	2,4	2,4
70/11	68,2	16,3	5,2	5,0	2,2	3,1
<i>Ташлинское участковое лесничество</i>						
95/19	44,9	36,7	7,8	4,8	1,9	3,9

На основе полученных данных о зараженности яиц в выборках и в соответствии с запасом яиц вредителя по каждому опытному участку получены данные по эффективности *O. kuvanae*, а также соотношение числа выпущенных яйцеедов и общей численности яиц непарного шелкопряда на 1 га (рассчита-

но как произведение числа кладок на дерево, числа яиц в кладке и количества стволов на 1 га) и вычислено отношение числа уничтоженных яиц непарного шелкопряда к 1 особи энтомофага на опытных участках (табл. 5).

Таблица 5

**Результаты эффективности *O. kuvanae* против непарного шелкопряда  
в Оренбургской области**  
**Results of the effectiveness of *O. kuvanae* against the gypsy moth in the Orenburg  
region**

Квартал/выдел	Число яиц непарного шелкопряда	Погибло яиц	Эффективность выпуска, %	Число яиц непарного шелкопряда, уничтоженных 1 яйцеедом, шт.
	на 1 га, тыс. шт.			
<i>Краснохолмское лесничество</i>				
<i>Кардаилловское участковое лесничество</i>				
48/2	107,0	96,6	90,3	236
48/6	268,0	221,1	82,5	159
59/1	285,0	84,4	29,6	354
<i>Краснохолмское участковое лесничество</i>				
110/62	157,8	130,8	82,9	147
111/6, 19, 29	349,9	172,2	49,2	218
<i>Илекское лесничество</i>				
<i>Илекское участковое лесничество</i>				
113/7	3800,0	1797,4	47,3	419
113/5, 6, 9, 10, 18	1977,6	332,2	16,8	453
372/6	2532,0	425,4		356
<i>Ташлинское лесничество</i>				
<i>Кинделинское участковое лесничество</i>				
16/12	1319,5	195,3	14,8	469
16/27	1401,0	514,2	36,7	159
17/34, 43	2835,0	927,1	32,7	464
76/17	1023,7	159,7	15,6	240
80/4	2078,4	284,7	13,7	130
21/40	2081,1	420,4	20,2	231
33/16	2007,2	391,4	19,5	261
85/2, 3	1708,5	334,9	19,6	472
25/34	2338,2	455,9	19,5	155
22/17	2357,3	400,7	17,0	341
87/7	499,3	133,3	26,7	333
114/9	1106,7	275,6	24,9	171
70/11	785,0	208,0	26,5	152
<i>Ташлинское участковое лесничество</i>				
95/19	590,0	290,9	49,3	454

На графике рис. 1 показана зависимость эффективности применения яйцеда от количества яиц насекомого-хозяина, приходящихся на 1 *O. kuvanae*.

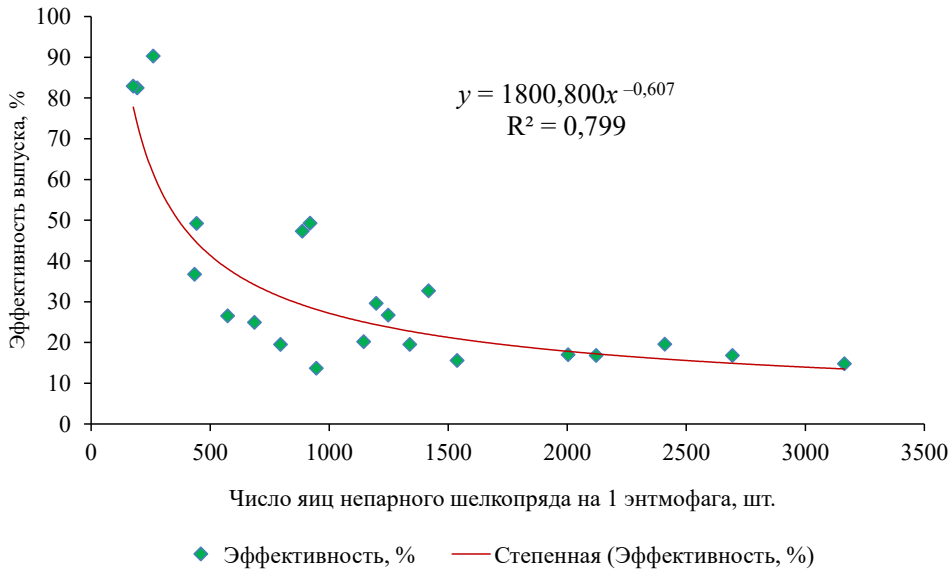


Рис. 1. Эффективность выпуска *O. kuvanae* при разной численности непарного шелкопряда  
Fig. 1. Release efficiency of *O. kuvanae* with different amounts of gypsy moth

Полученные результаты еще раз подтверждают целесообразность применения биологического средства защиты леса на основе оэнциртуса при низкой численности насекомого-хозяина. В противном случае необходимо существенно увеличивать норму расхода яйцеда.

Анализ абсолютной численности оэнциртуса в насаждении показывает, что за 2 поколения количество яйцеедов в насаждениях возрастает в 200–400 раз. Так, при численности непарного шелкопряда (в квартале 113, выделе 7 Илекского лесничества) 20 кладок/га было выпущено более 4 тыс. особей, эффективность составила 47,3 %, в результате число яйцеедов на 1 га древостоя на момент проведения учетов составляло порядка 1,7 млн особей.

Соотношение выпущенных на 1 га яйцеедов и их абсолютной численности, рассчитанной по результатам анализа яйцекладок непарного шелкопряда, показало, что число уничтоженных яиц фитофага в среднем составляет 290 шт. (минимально – 130, максимально – 472), и это постоянная величина – константа при  $R^2 = 0,0115$  (рис. 2).

В соответствии с методическим руководством [12], оптимальное количество *O. kuvanae*, необходимое для расселения на определенной территории, рассчитывается по формуле

$$x = \frac{apc}{50},$$

где  $a$  – среднее число яйцекладок непарного шелкопряда на ствол дерева;  $p$  – среднее число яиц в яйцекладке;  $c$  – число стволов на 1 га.



Рис. 2. Средняя эффективность 1 особи *O. kuvanae* при разных уровнях численности вредителя и эффективности применения яйцееда (номер участка соответствует номеру в табл. 3)

Fig. 2. Average efficiency of an individual *O. kuvanae* at different levels of infestation and application efficiency of the egg parasitoid (the trail plot number corresponds to the number in Table 3)

В соответствии с расчетом нормы выпуска оэнциртуса по этой формуле, например, в квартале 48 выделе 2 Кардаиловского участкового лесничества требуется 2 тыс. особей на 1 га. Однако в результате экспериментальных полевых работ установлено, что выпуск лишь 409 особей на 1 га обеспечил за 2 поколения эффективность 90,3 %.

Исходя из полученных данных и полученной линии тренда диаграммы (рис. 2), для ряда «число зараженных яиц на 1 яйцееда» установлен коэффициент, который предлагаем использовать при расчете оптимального количества выпуска яйцеедов на 1 га, если в зоне выпуска возможно развитие как минимум 2 поколений энтомофага:

$$x = \frac{arc}{250}.$$

### Заключение

Выпуски *Ooencyrtus kuvanae* для регулирования численности непарного шелкопряда следует планировать в самом начале формирования его очагов. В программе успешного применения яйцееда в лесах юга и центрально-черноземной зоны России следует вести тщательный лесопатологический надзор за непарным шелкопрядом с обязательным анализом его яйцекладок. При достижении численности кладок уровня 0,1–0,3 кладки на 1 дерево в конкретной популяции и отсутствии природного паразитизма яиц или если он не пре-

вышает нескольких процентов, следует планировать на ближайшие 2–3 года выполнение профилактических работ по выпуску выращенного в лаборатории оэнциртуса.

Использование энтомофагов в действующих очагах массового размножения непарного шелкопряда при средней численности кладок на дерево более 1,5 не позволяет снизить запас фитофага до хозяйственно неопасного уровня. Возможно применять *O. kuvanae* в системе интегрированных профилактических мероприятий, снижая численность непарного шелкопряда истребительными обработками химическими или биологическими инсектицидами и только потом приступая к выпуску энтомофагов. Против непарного шелкопряда применение оэнциртуса целесообразно в районах, где отсутствует аборигенно обитающий *Anastatus japonicus* или его эффективность не превышает 20 %. При назначении профилактических мер с использованием *O. kuvanae* необходимо учитывать показатели зараженности кладок непарного шелкопряда яйцеедом *A. japonicus*.

Использование яйцеедов в лесозащитной практике позволит расширить ассортимент биологических средств защиты леса на основе энтомофагов и обеспечит его надежную защиту от формирующихся очагов непарного шелкопряда.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Воронцов А.И., Голубев А.В., Мозолева Е.Г. Наставления по надзору, учету и прогнозу хвое- и листогрызущих насекомых в европейской части РСФСР / Минлесхоз РСФСР. М., 1988. 84 с.

Vorontsov A.I., Golubev A.V., Mozolevskaya E.G. *Regulations on Supervision, Registration and Forecasting of Needle- and Leaf-Eating Insects in the European Part of the RSFSR*. Moscow, Ministry of Forestry of the RSFSR Publ., 1988. 84 p. (In Russ.).

2. Гниненко Ю.И., Щуров В.И., Серый Г.А. Новая вспышка численности непарного шелкопряда *Lymantria dispar* (LINNAEUS, 1758) в лесах западной части Северного Кавказа // Изв. СПбЛТА. 2010. № 192. С. 59–64.

Gninenko Yu.I., Shchurov V.I., Seryi G.A. New Outbreak of Gypsy Moth *Lymantria dispar* (LINNAEUS, 1758) in the Forests of the Western Part of the North Caucasus. *Izvestiya SPbFTU*, 2010, no. 192, pp. 59–64. (In Russ.).

3. Знаменский В.С., Лямцев Н.И., Новикова Е.П. Рекомендации по надзору за непарным шелкопрядом. М.: ВНИИЛМ, 1982. 45 с.

Znamensky V.S., Lyamtsev N.I., Novikova E.P. *Recommendations on Supervision of Gypsy Moths*. Moscow, VNIILM Publ., 1982. 45 p. (In Russ.).

4. Знаменский В.С., Лямцев Н.И., Новикова Е.Н. Методическое руководство по надзору за главнейшими листогрызущими вредителями дубрав. М.: ВНИИЛМ, 1986. 62 с.

Znamensky V.S., Lyamtsev N.I., Novikova E.P. *Manual on Supervision of the Main Leaf-Eating Pests of Oak Forests*. Moscow, VNIILM Publ., 1986. 62 p. (In Russ.).

5. Иванцова Е.А., Вострикова Ю.В. Энтомофаги непарного шелкопряда в лесоаграрных ландшафтах Нижнего Поволжья // Науч. альм. 2015. № 7(9). С. 970–973.

Ivancova E.A., Vostrikova Yu.V. *The Natural Enemies of the Gypsy Moth in the Forest-Agrarian Landscapes of the Lower Volga Region*. *Nauchnyj al'manah = Science Almanac*, 2015, no. 7(9), pp. 970–973. (In Russ.). <https://doi.org/10.17117/na.2015.07.970>

6. Ижевский С.С., Волков О.Г. Расселение оэнциртуса – интродуцированного яйцееда непарного шелкопряда в России и других странах СНГ // Лесоведение. 1995. № 1. С. 88–92.

Izhevskij S.S., Volkov O.G. Distribution of *Ooencyrtus* – an Introduced Gypsy Moth's Egg Parasite in Russia and Other CIS Countries. *Lesovedenie = Russian Journal of Forest Science*, 1995, no. 1, pp. 88–92. (In Russ.).

7. Ижевский С.С., Волков О.Г., Зеленов Н.Н., Тряпицын В.А. Успешная интродукция в Россию паразита непарного шелкопряда – ооэнциртуса *Ooencyrtus kuvanae* (How.) // Защита и карантин растений. 2010. № 6. С. 42–45.

Izhevskij S.S., Volkov O.G., Zelenev N.N., Tryapitsyn V.A. Successful Introduction to Russia of the Gypsy Moth Parasite *Ooencyrtus kuvanae* (How.). *Zashchita i karantin rasteniy*, 2010, no. 6, pp. 42–45. (In Russ.).

8. Кобзарь В.Ф., Данилов Р.Ю., Кобзарь М.И. Непарный шелкопряд *Lymantria dispar* (L.) в Краснодарском крае: мониторинг и прогнозирование изменения плотности популяции // Изв. СПбЛТА. 2012. № 200. С. 42–50.

Kobzar V.F., Danilov R.Yu., Kobzar M.I. Gypsy Moth *Lymantria dispar* (L.) in the Krasnodar Territory: Monitoring and Forecasting Changes in Population Density. *Izvestiya SPbFTU*, 2012, no. 200, pp. 42–50. (In Russ.).

9. Колыбин В.А., Зелинская Л.М. Эколого-физиологические особенности популяции непарного шелкопряда (*Porthetria dispar* L.) в Нижнем Приднепровье. Сообщ. II. Паразиты и болезни // Вестн. зоологии. 1971. № 1. С. 26–31.

Kolybin V.A., Zelinskaya L.M. Ecological and Physiological Characteristics of the Gypsy Moth (*Porthetria dispar* L.) in the Lower Dniester Basin. Volume II. Parasites and Diseases. *Vestnik zoologii*, 1971, no. 1, pp. 26–31. (In Russ.).

10. Лямцев Н.И. Роль яйцеда *Anastatus japonicus* в регуляции численности непарного шелкопряда // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: материалы Всерос. конф. с междунар. участием, Москва, 18–22 апр. 2016 г. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. С. 125–126.

Lyamtsev N.I. Role of Egg Parasite *Anastatus japonicus* in Regulation of Gypsy Moth Population. *Monitoring and Biological Control Methods of Woody Plant Pests and Pathogens: From Theory to Practice. Proceedings of the All-Russian Conference with International Participation, Moscow, 18–22 April 2016*. Krasnoyarsk, KSC SB RAS Publ., 2016. pp. 125–126. (In Russ.).

11. Лямцев Н.И. Прогнозирование массовых размножений непарного шелкопряда, угрозы повреждения дубрав и необходимости защитных мероприятий. Пушкино: ВНИИЛМ, 2018. 84 с.

Lyamtsev N.I. *Forecasting Mass Reproduction of Gypsy Moth, Risks for Oak Forests Damaging and Necessity in Prevention Activities*. Pushkino, VNIILM Publ., 2018. 84 p. (In Russ.).

12. Методическое руководство по применению интродуцированного яйцеда оэнциртуса куванэ против непарного шелкопряда. Режим доступа: [http://www.agrozo.ru/base\\_gvc/karantin/document/17.html](http://www.agrozo.ru/base_gvc/karantin/document/17.html) (дата обращения: 05.04.23).

Manual on Application of Introduced Egg Parasitoid *Ooencyrtus kuvanae* Against Gypsy Moth. *Information and Consulting Service of the Agro-Industrial Complex of Russia*. Online source. (In Russ.).

13. Надыкта В.Д., Исмаилов В.Я. Биологическая защита растений и экологическая безопасность. Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/journal/199910/199910006.pdf> (дата обращения: 05.04.23).

Nadykta V.D., Ismailov V.Ya. Biological Plant Protection and Environmental Safety. *Federal Scientific Center for Biological Plant Protection*. Online source. (In Russ.).

14. Орлинский А.Д. Подход ЕОКЗР к оценке агентов биологической борьбы перед их импортом и выпусками в природу // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: материалы II Всерос. конф. с междунар. участием, Москва, 22–26 апр. 2019 г. М.; Красноярск: ИЛ СО РАН, 2019. С. 128–129.

Orlinskiy A.D. Approach of EPPO on Evaluation of Biological Control Agents Before Their Import and Release into the Wild. *Monitoring and Biological Control Methods of Woody Plant Pests and Pathogens: From Theory to Practice. Proceedings of the 2ed All-Rus-*

sian Conference with International Participation, Moscow, 22–26 April 2019. Moscow-Krasnoyarsk, KSC SB RAS Publ., 2019, pp. 128–129. (In Russ.).

15. Туткина С.Н., Попов И.О., Семенов С.М., Ясюкевич В.В. Изменение распространения в России и соседних странах непарного шелкопряда и шелкопряда-монашенки (*Lymantria dispar* L. и *Lymantria monacha* L., Lymantriidae, Lepidoptera) под влиянием наблюдаемого и ожидаемого в XXI веке изменения климата // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2013. Т. 25. С. 375–394.

Titkina S.N., Popov I.O., Semenov S.M., Yasyukevich V.V. Distributional Changes in Russia and Neighboring Countries of Gypsy Moth and Nun Moth (*Lymantria dispar* L. и *Lymantria monacha* L., Lymantriidae, Lepidoptera) Under the Influence of Current and Expected Climate Changes in the 21st Century. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*, Moscow, 2013, no. 25, pp. 375–394. (In Russ.).

16. Милановић С., Михажловић Ј. Прилог познавању неких фактора који утичу на ефективност јајних паразитоида губара // Шумарство. 2012. № 1-2. С. 41–47.

Milanović S., Mihajlović J. A Contribution to the Study of Some Factors Which Affect the Effectiveness of the Gypsy Moth Egg Parasitoids. *Shumarstvo*, 2012, no. 1-2, pp. 41–47. (In Serbian).

17. Blackburn L.M., Hajek A.E. *Gypsy Moth Larval Necropsy Guide*. Gen. Tech. Rep. NRS-179. USA, Pennsylvania, Newtown U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, 2018. 30 p. <https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-179>

18. Brown M.W. Literature review of *Ooencyrtus kuvanae* (Hym.: Encyrtidae), an egg parasite of *Lymantria dispar* (Lep.: Lymantriidae). *Entomophaga*, 1984, vol. 29, no. 3, pp. 249–265. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF02372112.pdf>

19. Campbell R.W. The Gypsy Moth and Its Natural Enemies. *Agriculture Information Bulletin 381*, USDA Publ., 1975.

20. Crossman S.S. Two Imported Egg Parasites of the Gypsy Moth, *Anastatus bifasciatus* Fonsc. and *Schedius kuvanae* Howard. *Journal of Agricultural Research*, 1925, no. 30, pp. 643–675.

21. *EPPO Standards, PM 6/3. List of Biological Control Agents Widely Used in the EPPO Region*. France, Paris, 2020. 38 p.

22. Fraval A., Villemant G. La lutte biologique contre le bombyx disparate *Porthetria dispar* (L.) (Lep. Lymantriidae) au Maroc. *Proceedings of the Meeting Integrated Protection in Cork-Oak Forests*. Bull. OILB/SROP Publ., 1995, vol. 18, no. 6, pp. 83–86.

23. Li D.-S., Liao C., Zhang B.-X., Song Z.-W. Biological Control of Insect Pests in Litchi Orchards in China. *Biological Control: Theory and Applications in Pest Management*, 2014, vol. 68, pp. 23–36. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.06.003>

24. Zúbrik M., Novotný J. Egg Parasitization of *Lymantria dispar* (Lep., Lymantriidae) in Slovakia. *Biologia*, 1997, no. 52(2), pp. 343–350.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest