

Гниненко Юрий Иванович,
Заведующий лабораторией защиты леса от
инвазивных и карантинных организмов
Всероссийский научно-исследовательский институт
лесоводства и механизации лесного хозяйства,
г. Пушкино Московской обл.

Чилахсаева Екатерина Александровна,
научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский институт
лесоводства и механизации лесного хозяйства,
г. Пушкино Московской обл.

Хегай Иван Валерьевич, директор,
Ботанического сада имени Э. Гареева
Национальной академии наук Кыргызской Республики,
г. Бишкек Республика Кыргызстан

ВЫБОР ЭНТОМОФАГОВ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ В ПРОГРАММАХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЛЕСА

Аннотация: Предложены подходы к определению возможности использования энтомофагов в качестве агентов биологической защиты леса. Показано значение особенностей их биологии при оценке успешности возможного выращивания в контролируемых условиях производства. Описаны пути оценки перспективности конкретных видов энтомофагов и даны придержки для количественной оценки биологических свойств энтомофагов.

Abstract: Approaches to determining the possibility of using entomophages as agents of biological protection of forests are proposed. The importance of the features of their biology in assessing the success of possible cultivation under controlled production conditions is shown. The ways of assessing the prospects of specific types of entomophages are described and the prerequisites for quantifying the biological properties of entomophages are given.

Ключевые слова: энтомофаги, количественная оценка биологических особенностей, биологическая защиты леса.

Keywords: entomophages, quantitative assessment of biological features, biological protection of forests.

Введение. Роль энтомофагов в динамике численности фитофагов хорошо известна и для большинства вредителей леса комплекс паразитоидов и хищников весьма полно изучен [3, 15,19 и мн. др.]. Вместе с тем, важные особенности биологии большинства энтомофагов остаются слабо изученными, что препятствует их использованию в качестве агентов биологической защиты леса.

Для многих вредителей леса предпринимались попытки использования энтомофагов с целью снижения численности особей [1,10]. Однако в большинстве случаев такие попытки имели характер незаконченных или неполных экспериментов. В России в настоящее время в практике защиты леса энтомофаги практически не используются.

В советское время был опыт использования яйцееда *Telenomus verticillatus* Kief. в очагах массового размножения соснового коконопряда *Dendrolimus pini* [8,12,13] и яйцееда *Telenomus*



tetratomus (syn. *gracilis*) Thoms. в очагах сибирского коконопряда *Dendrolimus sibiricus* [2,4], а также большого зеленого красотела *Calosoma sycophanta* L. в лесных полосах каменной степи (Воронежская обл.) для их защиты от гусениц непарного шелкопряда *Lymantria dispar* L [8,13].

В 1959 г. В.О. Болдаруев и З.Н. Позмогова [4] применили яйцееда в очагах сибирского коконопряда в Бурятии. На площади 111 га они дважды в сезон выпустили порядка 0.5 млн. особей теленомуса. Специальные производственные испытания теленомуса показали, что при норме выпуска 12-24 тыс. самок на 1 га зараженность яиц достигала 55-98% [3]. В контрольном участке уровень зараженности оказался не выше 5%. По итогам исследований В.О. Болдаруевым [2,3] были разработаны оригинальные методы применения теленомуса стройного (*T. tetratomus*) против сибирского коконопряда.

Позднее особого успеха добились грузинские коллеги при успешном выполнении работ по защите ельников Боржомского ущелья от большого елового лубоеда *Dendroctonus micans*, с использованием хищного жука *Rhyzohagus grandis* Gill [14 и др.]. Эта работа была выполнена на большой площади и выпуски энтомофагов продолжались в течение нескольких лет. Такой подход позволил сохранить еловые леса в этой части Грузии.

Однако эти работы не носили системного характера и только для защиты ельников Боржомского ущелья были проведены работы по выращиванию энтомофага в лабораторных условиях по специально разработанной технологии.

Одной из причин того, что энтомофаги не находят широкого применения в практике защиты леса в России, является то, что особенности биологии большинства из них не полностью изучены и многие энтомофаги, несмотря на то, что в природе они весьма эффективны, не могут успешно размножаться в условиях контролируемой среды при их производстве. Кроме того, использование энтомофагов требует более высокого уровня квалификации практиков защиты леса, так как эти технологии эффективны тогда, когда они являются частью единой системы управления развитием очагов. К сожалению, такие системы в настоящее время не разработаны ни для одного из российских регионов.

Появление ряда инвазивных вредителей в лесах разных стран потребовало разработки методов защиты от них с использованием их энтомофагов, которых интродуцировали из мест естественного распространения инвайдеров. Это потребовало поиска эффективных энтомофагов, детального изучения их биологии и разработки технологии их производства. Такие работы успешно выполнены для защиты от ясеневой узкотелой изумрудной златки [9,20 и др.] в США, по защите каштана посевного от восточной каштановой орехотворки в странах, куда вредитель проник [17,18 и др.] и в ряде других случаев. Интродукция торимуса для защиты каштана успешно проведена и в России [7].

Разрабатывая технологии применения энтомофагов для защиты ельников от короеда-типографа [6,16], мы столкнулись с необходимостью выбора перспективных для использования энтомофагов из довольно большого числа хищников и паразитоидов, связанных с этим ксилофагом и обитающих в лесах России.

Целью настоящего исследования являлась разработка методики оценки возможности использования конкретного вида энтомофага на основе двух основных его качеств: эффективности регулирования в природных условиях и возможность успешно размножаться в условиях искусственного выращивания.

Методика оценки энтомофага. Ранее мы высказали мнение о том, что искусственно создать эпизоотию болезни в популяции фитофага можно только с помощью такого патогена, который может вызывать массовые заболевания в природных условиях [5,6]. Также и энтомофаги могут быть эффективны только те, которые в природных условиях эффективно регулируют численность вредителя. Например, для сибирского и соснового коконопрядов известно очень большое число связанных с ними энтомофагов, но только яйцееды из рода



Telenomus способны прекратить вспышку их массового размножения и такие случаи известны на большей части ареалов этих двух видов [4,13 и др.]. У короеда-типографа также имеется несколько энтомофагов, которые в природных условиях способны уничтожать существенную часть особей и влиять на ход его массового размножения.

При оценке перспективности энтомофага мы использовали принцип балльной оценки свойств насекомых, разработанный А.Д. Орлинским для проведения анализа фитосанитарного риска инвазивных организмов [11]. Но поскольку задача у нас другая, то подход А.Д. Орлинского мы модифицировали применительно к решению именно нашей задачи. Частично такой подход к оценке энтомофагов опубликован в диссертации И.В. Хегая (2019), но в этой работе остались не раскрытыми основные методические подходы к решению проблемы.

При оценке перспективности использования того или иного энтомофага в качестве агента биологической защиты мы использовали два блока данных о каждом из известных энтомофагов. В первом блоке (категоризация энтомофага) использовали данные об особенностях биологии хищника или паразитоида. Желательно, чтобы энтомофаг мог развиваться в течение нескольких поколений в год, мог уничтожать вредителя в разных стадиях его развития, чтобы он обитал на большей части ареала короеда и чтобы он был активным энтомофагом хотя бы в части очагов массового размножения хозяина.

Во втором блоке рассматривали особенности энтомофага, влияющие на его разведение в условиях контролируемой среды. При этом учитывали ранее предпринимавшиеся попытки его лабораторного разведения, возможности быстрого получения исходного материала для наращивания необходимого количества особей, возможность хранить энтомофагов до начала выпуска, способность переносить транспортировку от места производства в защищаемый участок леса. Очень важно, чтобы энтомофаг в природных условиях мог эффективно уничтожать целевого фитофага, но при этом в условиях искусственной среды при его производстве мог питаться доступными и дешевыми кормами.

Начиная оценку каждого вида энтомофагов, следует первоначально провести подготовительный этап, при котором надо установить основные таксономические характеристики анализируемого насекомого. Если решено проверить перспективность энтомофага, видовая принадлежность которого не определена, или определена неточно, то результат такой работы не будет иметь значения, так как его невозможно будет распространить на весь вид энтомофага.

Подготовительный этап – оценка таксономической характеристики вида

На данном этапе определяется четкость таксономических характеристик вида и устанавливается, нужны ли дополнительные работы по его идентификации (таблица 1).

Таблица 1

Оценка таксономических характеристик насекомого энтомофага

Номер вопроса	Вопрос	Краткий ответ	К какому пункту переходить
1	Является ли организм ясной таксономической единицей и может быть адекватно отличен от других единиц того же уровня?	Да	3
		Нет	2
2	Возможна ли попытка по-новому определить таксономическую единицу таким образом, чтобы удовлетворить критерии пункта 1, возможно ли это?	Да	Остановка принятия решения до получения результатов
		Нет	Конец попытки и отказ от дальнейшей работы с этим энтомофагом



3	Возможно ли четко определить зону, на которую может быть распространен данный анализ?	Да Нет	4 Конец попытки и отказ от дальнейшей работы с этим энтомофагом
4	Имеется ли согласие экспертов на продолжение работы с данным видом?	Да Нет	Принятие решения о продолжении работы с данным видом. Прекращение работы с данным видом

В том случае, если исследуемый нами энтомофаг является четкой таксономической единицей и нет необходимости проводить дополнительные работы по ее описанию с целью четкой идентификации и возможно четко определить зону (часть или весь ареал вида), на которую возможно распространить полученные результаты анализа, можно переходить к следующему этапу: категоризация энтомофага.

На данном этапе оценки организма необходимо определить как широту географического распространения вида (таблица 2), так и оценить основные его биологические особенности.

Таблица 2

Оценка широты распространения

Номер вопроса	Вопрос	Краткий ответ	К какому пункту переходить
1	Обитает ли выбранный вид энтомофага в очагах массового размножения вредителя?	Да Нет	2 3
2	Обитает ли выбранный вид энтомофага на всем ареале вредителя?	Да Нет	Переход к количественной оценке вида 3
3	Является ли выбранный энтомофаг инвазивным организмом для данной территории?	Да Нет	Конец анализа до установления безопасности его интродукции Переход к количественной оценке вида

В результате этого этапа анализа должно быть установлено, что вид не является инвазивным и насколько он широко распространен в ареале вредителя, против которого его планируется использовать. Определение категории (инвазивный или аборигенный) энтомофага важно потому, что если хотя бы на части ареала (в первую очередь на части ареала вредоносности) целевого фитофага энтомофаг не обитает, то, скорее всего, его нельзя будет успешно использовать или вероятность его использования в части ареала, где он отсутствует, нуждается в дополнительных тщательных исследованиях.

После того, как установлено, что вид обитает в природном ареале фитофага (желательно, чтобы он обитал на большей части этого ареала), следует приступить к оценке биологических особенностей вида.

На данном этапе анализа необходимо оценить основные биологические особенности энтомофага, которые окажут наибольшее влияние на успешность его лабораторного разведения (таблица 3) и последующего применения для защиты леса.



Таблица 3

Балльная оценка особенностей биологии энтомофага			
№ вопроса	Биологический показатель	Характеристика признака	Балльная оценка (от 1 до 10)
1	Сколько фаз развития вредителя уничтожает энтомофаг (яйцо, личинка, куколка, имаго)?	1 фаза 2 фазы 3 фазы Все фазы	1 2-3 4-6 7-10
2	Насколько велико разнообразие выбираемого энтомофагом корма?	Вид является: монофагом олигофагом полифагом	1 от 2 до 7 от 8 до 10
3	Сколько поколений развивается в год?	Не более 1 в год 1-2 поколения 3-4 поколения Более 4 поколений	1 2-3 4-6 от 7 до 10
4	Имеется ли диапауза?	Имеется облигатная диапауза Имеется факультативная диапауза Нет	1 2-8 9-10
5	Плодовитость самок	Несколько яиц Несколько десятков яиц Несколько сотен яиц	1-3 4-7 8-10
6	Продолжительность размножения *	Короткая Средняя Длительная	1-3 4-7 8-10

* – как долго вид имеет способность к размножению (короткая – в течение нескольких суток; среднее – в течение месяца; длительная – в течение нескольких месяцев).

Таким образом, данный этап позволяет оценивать перспективность быстрого получения большого числа особей энтомофага при его искусственном разведении.

На этом этапе почти по каждому пункту предусмотрено не жёсткая оценка, а даётся некий люфт в присвоении баллов. Это связано с тем, у некоего вида может быть, например, плодовитость 10-20 яиц, тогда как у другого 30-50. Возможность присуждать баллы в таком случае позволяет экспертам более обоснованно оценивать вид.

Затем необходимо перейти к этапу оценки возможности лабораторного разведения энтомофага. На этом этапе оценки перспективности использования энтомофага в качестве агента биологической защиты леса оценивается возможность его разведения в условиях контролируемой среды, возможность хранения особей перед выпуском и ряд других показателей. Особое значение, на наш взгляд, при разработке технологии разведения энтомофага является наличие работающих технологий, ранее разработанных другими исследователями, а также наличие технологий применения исследуемого энтомофага (таблица 4). При этом мы исходим из того, что в мире к настоящему времени накоплен богатый опыт использования энтомофагов и если ранее уже были попытки разведения или применения энтомофага, то, скорее всего, ранее исследователи также обратили внимание на



перспективность этого энтомофага. Кроме того, в других странах могут существовать уже работающие технологии производства и применения конкретных видов энтомофагов.

Таблица 4

Балльная оценка «технологичности» энтомофага

№ вопроса	Показатель	Характеристика показателя	Балльная оценка (от 1 до 10)
1	Ранее предпринятые попытки лабораторного выращивания	Отсутствуют Единичные эксперименты Имеются работающие технологии Имеются работающие производства	1 2-4 5-7 8-10
2	Возможность быстрого получения исходного количества энтомофага для запуска производства	Возможно только круглогодичное поддержание численности в лаборатории Получить необходимое число особей возможно несколькими путями	1 2-4
3	Возможность хранения полученных особей перед выпуском	Отсутствует Возможно хранить короткое время Возможно хранить долгое время	1-2 3-5 6-10
4	Возможность выпуска в природу разных стадий развития энтомофага	Возможно выпускать только одну стадию развития Возможно выпускать несколько стадий развития энтомофага	1 2
5	Требуется для выпуска энтомофага разработка специальных технологий и техники	Энтомофаг может быть выпущен только при наличии специально разработанной технологии и техники Технологии и техника имеются	1 2

Эта оценка показывает, насколько тот или иной энтомофаг технологичен в производстве и использовании для проведения работ по защите леса.

После проведения всех этих оценок необходимо провести итоговую количественную оценку энтомофага (таблица 5).

Таблица 5

Итоговая количественная оценка энтомофага
как перспективного агента биологической защиты леса

Особенности биологии (ОБ)			Технологичность энтомофага (ТЭ)		
№ вопроса по схеме	Оценка в баллах		№ вопроса по схеме	Оценка в баллах	
	максимальная	минимальная		максимальная	минимальная
1	10	1	1	10	1
2	10	1	2	4	1
3	10	1	3	10	1
4	10	1	4	2	1
5	10	1	5	2	1
6	10	1	-	-	-
ΣОБ	60	6	ΣТЭ	28	5



Потенциальная перспективность энтомофага (ПП) рассчитывается по формуле:

$$ПП = (\Sigma ОБ \times \Sigma ТЭ) / 100, \text{ где}$$

Используя эту формулу видно, что в том случае, если некий оцениваемый вид энтомофага имеет наивысшие баллы по всем вопросам, то его потенциальная перспективность (ПП) будет равна $(60 \times 28) / 100$, или 16.8. в том же случае, если все баллы у оцениваемого вида имеют наименьший показатель, то его ПП будет равен $(6 \times 5) / 100$, или 0.3. таким образом у самого перспективного вида энтомофагов потенциальная перспективность равно коэффициенту 16.8, а у вида с самыми низкими оценочными баллами – 0.3.

Важно также подчеркнуть, что проводя анализ перспективности энтомофагов следует привлекать к балльной оценке не одного, а по возможности максимальное число экспертов. Это позволит получить оценку, максимально свободную от личностных предпочтений и особенностей экспертов. В этом случае полученные каждым экспертом итоговые оценки потенциальной перспективности суммируются и полученную сумму делят на число экспертов, получая среднее значение коэффициента, которое и следует применять при принятии окончательного решения о том, стоит ли использовать конкретный вид паразитоида или хищника в качестве агента биологической защиты.

Список литературы:

1. Арцимович С.А. Яйцеед-трихограмма в борьбе с сосновым шелкопрядом. //Лесное хозяйство. 1941, №4. С. 50-52.
2. Болдаруев В.О. Экологические основы, пути и способы хозяйственного использования паразитов сибирского шелкопряда. // Уч. зап. Красноярского пед. ин-та, Красноярск, 1959. – Т. 15.
3. Болдаруев В.О. Динамика численности сибирского шелкопряда и его паразитов. – Улан-Удэ: Бурятское книжное изд-во, 1969. – 164 с.
4. Болдаруев В.О., Позмогова З.Н. Биологическая борьба с сибирским шелкопрядом в Бурятии. / Материалы по проблеме сибирского шелкопряда. Новосибирск, 1960. – С. 11 – 19.
5. Гниненко Ю.И. Возможности и перспективы развития биологической защиты леса // Биологическая защита растений на пути инноваций. УкрНДСКР, Черновцы, 2012. – С. 8- 11.
6. Гниненко Ю.И. Возможности и место биологических методов в системе защиты леса от стволовых вредителей / Материалы конференции «Биологическая защита растений: успехи, проблемы, перспективы. Roznan, Poland, May 14-17, 2013. Рр. 12-14.
7. Гниненко Ю. И., Раков А. Г., Гниненко А. Ю., Гимранов Р. И., Чернова У. А., Чилахсаева Е. А., Ширяева Н. В. Опыт интродукции торимуса *Torymus sinensis* Kamijo – специализированного паразитоида восточной каштановой орехотворки в России. // Сибирский лесной журнал, 2023, № 1 – С. 111-118.
8. Крушев Л.Т. Биологические методы защиты леса от вредителей. – М.: Лесная промышленность, 1973.–192 с.
9. Лелито, Д., Уатт Т. Массовое производство перепончатокрылых паразитоидов для биологической борьбы с ясеневой узкотелой изумрудной златкой в США. / Ясеневая узкотелая изумрудная златка – распространение и меры защиты в США и России / под общ. ред. Ю. Гниненко. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2016. – С. 78 – 87.
10. Мейер Н.Ф. Трихограмма. М.-Л.: Сельхозиздат, 1941. – 174 с.
11. Орлинский А.Д. Перспективы применения анализа фитосанитарного риска в России // Защита и карантин растений. 2002. – № 10. – С. 26-35. Рывкин Б.В. Энтомофаги и защита леса. Минск. Гос. изд-во сельхоз. литературы БССР, 1968. – 148 с.
12. Рывкин В.В., Биологический метод борьбы с вредными насекомыми в лесу. М.-Л., Гослесбумиздат, 1952, – 76 с.



13. Рывкин В.В. Энтомофаги и защита леса, Минск, Государственное изд-во с-х литературы БССР, 1963. – 145 с.
14. Тварадзе, М. С. Технология применения большого ризофага для борьбы с дендроктоном / М. С. Тварадзе // Боржоми: Биологическая и интегрированная борьба с вредителями в лесных биоценозах, 1989. – С. 53–58.
15. Харитонова, Н. З. Энтомофаги короедов хвойных пород / Н. З. Харитонова. – М.: Издательство «Лесная промышленность», 1972. – 128 с.
16. Хегай И.В. Биологические основы применения энтомофагов для защиты ели от короеда-типографа в центральной части зоны хвойно-широколиственных лесов европейской России. Автореферат канд. диссер., СПб, ВИЗР, 2019, 24 с.
17. Kamijo K. Two new species of *Torymus* (Hymenoptera, Torymidae) reared from *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in China and Korea. Kontyu, 50: – 1982. – P. 505-510.
18. Moriya S. The use of *Torymus sinensis* (Hymenoptera, Torymidae) for controlling the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in Japan. / Moriya S., Inoue K., Mabuchi M. //FFTC-NARC International Seminar on “The use of parasitoids and predators to control agricultural pests”: – 1990. – P. 21.
19. Skuhravý, V. Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.) a jeho kalamity / V. Skuhravý // Agrospoj, Praha, 2002. – 196 p.
20. Ulyshen M., Duan J., Bauer L. and Fraser I. Suitability and Accessibility of Immature *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) Stages to *Tetrastichus planipennisi* (Hymenoptera: Eulophidae) / J. Econ. Ent. – 2010. – 103: 1080-1085.

