ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертационную работу
Игоря Андреевича Солонкина «Эколого-морфологический анализ популяций боярышницы *Aporia crataegi* L. (Lepidoptera: Pieridae) в разных фазах динамики численности», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальностям 1.5.15. Экология (биологические науки), 1.5.12. Зоология
(биологические науки)

Актуальность темы исследований. Диссертационная работа И.А. Солонкина посвящена изучению фенотипической изменчивости боярышницы *Aporia crataegi* (L.) в разных фазах градационного цикла в природных популяциях Среднего Урала и Западной Сибири с учетом экологических факторов. Изучение изменчивости (географической, сезонной, хронографической) природных популяций животных и путей приспособления видов к изменяющимся природно-климатическим условиям является одной из важнейших задач эволюционной экологии и имеет большое значение в решении вопросов современной теории эволюции.

Надсемейство булавоусых чешуекрылых, к которому относится изучаемый вид белянок, широко распространено от экваториальных лесов до арктических тундр. Видовое разнообразие, выраженная ландшафтно-зональная и биотопическая приуроченность, быстрая реакция на изменение условий окружающей среды колебанием границ видовых ареалов и численностью популяций делают их интересной и перспективной модельной группой в зоогеографических исследованиях и экологическом мониторинге. Не менее перспективны булавоусые чешуекрылые как объект исследований морфологической изменчивости природных популяций. Этому способствует их хорошая таксономическая изученность, разнообразие жизненных циклов, значительная изменчивость крылового рисунка, размерных признаков и копулятивных органов имаго.

Выбор боярышницы в качестве модельного объекта исследования в диссертационной работе И.А. Солонкина вполне обоснован. Это широко распространённый вид, который может давать вспышки массового размножения, мигрировать на огромные расстояния и наносить серьёзный вред древесным и кустарниковым насаждениям. Эколого-демографические параметры популяций боярышницы в ходе градационных циклов изменяются. Совершенно очевидно, что на это влияют условия окружающей среды. Внешние факторы также во многом определяют размерно-весовые признаки особей и изменчивость фенотипических признаков в популяциях. К сожалению, комплексных эколого-морфологических исследований боярышницы, направленных на выявление этих факторов и анализ характера их воздействия, очень немного. В связи с этим актуальность темы диссертации И.А. Солонкина не вызывает сомнения.

Общий отдел ИЭРиЖ
УрО РАН
Вх. № 120
От 06.03 2023 г.

Научная новизна. И.А. Солонкиным впервые проведен комплексный многолетний анализ изменчивости фенотипических признаков имаго модельного вида чешуекрылых (боярышницы) в зависимости от плотности популяции с учётом влияния ряда экологических факторов. К новизне диссертационной работы, несомненно, можно отнести разработку оригинальной системы описания и классификации нарушения жилкования крыльев булавоусых чешуекрылых. На примере боярышницы автору впервые удалось проанализировать изменчивость жилкования крыльев насекомых с применением концептуальных и статистических подходов фенетики.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные в ходе диссертационного исследования новые данные значительно дополняют имеющиеся представления о закономерностях фенотипической изменчивости и эволюционной экологии насекомых. Они с успехом могут быть использованы для мониторинга вспышек массового размножения и разработки мер контроля численности не только модельного вида, но и других насекомых, являющихся вредителями лесного и сельского хозяйства. Результаты работы могут использоваться при проведении учебной полевой практики и написании курсовых и дипломных работ по зоологии беспозвоночных студентов-биологов высших учебных заведений.

Связь работы с научно-исследовательскими программами и темами. Работа выполнена в рамках тем НИР ИЭРиЖ УрО РАН (2013–2018 гг.: № 01201356803; 2018–2020 гг.: № АААА-А18-118021590100-8; 2019–2021 гг.: № АААА-А19-119031890087-7; 2022 г.: № 122021000091-2). В 2020–2022 гг. исследование было поддержано грантом РФФИ (проект № 20-34-90006 «Аспиранты»).

Структура и содержание диссертационной работы, новизна и достоверность полученных результатов

Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы и 11 приложений. Работа изложена на 217 страницах, основной текст содержит 16 таблиц и 44 рисунка. Список литературы включает 380 источников, из них 254 на иностранных языках. Введение содержит все необходимые разделы: актуальность, цели и задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полностью соответствует требованиям, предъявляемым к структуре диссертационных работ.

Глава 1 посвящена обзору литературы по теме исследований. В семи разделах на 25 страницах текста подробно освещены современные представления о фенотипической изменчивости и, в частности, изменчивости жилкования крыльев насекомых, рассмотрены вопросы динамики численности видов и влияния этого фактора на морфофизиологические

особенности особей в популяциях насекомых. Содержание и объем главы свидетельствует о том, что диссертант обладает исчерпывающей информацией о публикациях отечественных и зарубежных авторов по теме исследований и активно их использует в своей работе. Данная глава имеет самостоятельную научную ценность, особо отметим аналитический характер обзора литературы, что выражается в корректном обосновании И.А. Солонкиным цели и задач собственного исследования и сделанном заключении.

Глава 2 «Объект, материалы и методы исследования» традиционно является одной из самых важных в кандидатских диссертациях, т.к. именно здесь представлен объем собранного материала и приведены методы исследований, что позволяет оценить работоспособность и уровень подготовки соискателя. В первом разделе представлен подробный экологический обзор модельного объекта исследований, в котором представлена практически вся накопленная к настоящему времени информация о трофических связях, жизненном цикле, динамике численности, паразитах и патогенах боярышницы.

В разделе 2.2 представлена природно-климатическая характеристика районов, в которых собирался материал. Погодные условия во время весеннего развития преимагинальных стадий боярышницы описаны отдельно в разделе 2.5.

Раздел 2.3 посвящен описанию полевых методов сбора материала, включающего учет и сбор зимовочных гнезд, сбор гусениц и куколок, отлов и учёт имаго. Лично соискателем собрана большая часть коллекционного материала. Сбор и количественные учеты боярышницы на разных стадиях развития проводились общепризнанными и широко используемыми в лепидоптерологии методами. Объем собранного и обработанного материала (1373 зимовочных гнезд, 24690 гусениц и куколок, 12310 экз. имаго) надо признать весьма впечатляющим. Ссылки на авторов и источники, откуда были заимствованы коллекционные материалы или отдельные результаты в работе указаны.

В разделе 2.4 подробно описаны методы камеральной обработки, которая включала измерение площади крыльев и учет нарушений жилкования крыльев. Вся камеральная обработка энтомологического материала была выполнена соискателем самостоятельно в лаборатории. Специально отметим, что И.А. Солонкиным самостоятельно разработана оригинальная методика описания и классификации нарушений жилкования крыльев боярышницы.

В разделе 2.6 изложены методы статистической обработки и анализа данных. Соискатель использовал мощный и самый современный математический аппарат анализа данных, широко применял компьютерные возможности статистической обработки материала.

Более половины объема диссертации составляет изложение и обсуждение полученных соискателем данных, которые представлены в трех главах. Отметим обладающие новизной и наиболее значимые в научном и теоретическом отношении результаты.

Глава 3 состоит их шести разделов, в которых представлена демографическая характеристика исследуемых популяций боярышницы. Соискателем была изучена биология развития преимагинальных стадий развития боярышницы в среднеуральской и новосибирской популяциях, определена заселенность гусеницами кормовых растений и лесных насаждений. Это позволило с высокой степенью достоверности установить, что на Среднем Урале и в Западной Сибири боярышница отдает предпочтение черемухе и яблоне, а развитие на черемухе способствует лучшей выживаемости гусениц в сравнении с яблоней и рябиной. Количественные учеты имаго на трансектах позволили определить характер динамики численности имаго в популяциях. Заметим, что полученные соискателем данные свидетельствуют о сходстве градационных циклов боярышницы на Среднем Урале, северо-востоке Русской равнины и в северных областях Урала.

Особый интерес представляют материалы по смертности особей боярышницы на преимагинальных стадиях развития, которые представлены в разделах 3.4 и 3.5. Выявленные и подробно проанализированные причины смертности гусениц разных возрастов и куколок имеют важное значение для понимания причин колебаний численности не только боярышницы, но и других видов чешуекрылых.

Раздел 3.6 посвящен динамике соотношения полов в популяциях боярышницы. На основе собранного и проанализированного материала соискателем сделан важный вывод о том, что соотношение полов в популяциях вида меняется в ходе градационного цикла: при увеличении численности и в период массового размножения преобладают самки, в период депрессии – самцы.

В пяти разделах главы 4 диссертации подробно охарактеризована изменчивость размерно-весовых признаков имаго боярышницы. Соискателем рассмотрены корреляционные и аллометрические взаимосвязи между площадью переднего крыла, массой тела, груди и брюшка особей. Убедительно доказано, что площадь переднего крыла может рассматриваться в качестве надежной характеристики размеров особей, развивавшихся в различных условиях. Изучение размерно-весовых признаков особей боярышницы, развивающихся на разных кормовых растениях, подтверждает предположение о том, что нехватка или низкое качество кормового субстрата в период личиночного развития ведет к формированию более крупных бабочек, но со сниженным репродуктивным потенциалом. Соискателем установлено, что на размерно-весовые параметры имаго боярышницы определенно влияют погодные условия в период развития преимагинальных стадий и не найдено достоверной связи с плотностью популяции в ходе градационного цикла вида.

Глава 5 диссертационной работы посвящена характеристике изменчивости жилкования крыльев боярышницы и во многом является новаторской. Впервые была получена информация о закономерностях нарушений жилкования боярышницы. Установлено, что

нарушения жилкования распределены крайне неравномерно и на конкретных жилках чаще всего реализуются определенные типы или подтипы нарушений. Частоты встречаемости нарушений жилкования отличаются у особей разных популяций и поэтому могут использоваться для фенетического анализа эпигенетической дифференциации популяционных группировок. Соискателем был сделан интересный вывод о том, что условия окружающей среды в период преимагинального развития могут влиять не только на размер и форму крыльев имаго, но и на особенности их жилкования, в тоже время встречаемость большинства вариантов нарушений жилкования не зависят от плотности популяции.

Список литературы в диссертации детально отражает многочисленные исследования по эволюционной экологии и морфологической изменчивости насекомых в мировой литературе. Он включает 380 источников, в том числе 254 на иностранных языках, из них не менее трети опубликованы за последние пять лет.

Замечания и вопросы по диссертации

В процессе знакомства с диссертацией возникли следующие вопросы и замечания:

1. Раздел 2.3. Соискателю следовало бы более чётко охарактеризовать объем материала, описать период и последовательность его сбора. Подразделы 2.3.1–2.3.5 можно было бы предварить общим описанием, какие виды полевых работ проводились, с какой целью и в какой период исследований, каков общий объем собранного материала, в том числе отдельно для каждой популяции, каков объем материала, собранного коллегами. В разделе 2.2. указано, что сбор материала в д. Фомино проводился в 2001–2021 гг., однако из подраздела 2.3.5 следует, что материал 2001–2012 гг. был собран коллегами и студентами, а собственные сборы соискателя, вероятно, охватывают период 2013–2021 гг. Конечно, все можно найти во Введении и в таблицах Приложения, но читателю сложно «вытягивать» эту информацию из разных разделов диссертации и соединять её воедино, чтобы получить цельное представление о проделанной соискателем работе. Следовало бы пояснить, во всяком случае в разделе 2.3.2, почему не проводился маршрутный учёт имаго новосибирской популяции боярышницы. Очевидно, это связано с тем, что период лёта имаго уральской и новосибирской популяции во многом перекрывается и полевые учёты трудно проводить одновременной в разных географических точках, но сообщить об этом необходимо.
2. Раздел 2.5. На мой взгляд, его следовало бы объединить с разделом 2.2.
3. Структура главы 3 кажется нам не совсем удачной. Материал представлен довольно рыхло и разрозненно, что затрудняет быстро сформировать цельную картину демографической ситуации с боярышницей на Среднем Урале и в Западной

Сибири. На мой взгляд, следовало бы в одном разделе описать заселенность гусеницами боярышницы кормовых растений и лесных насаждений и обсудить сходство и различие между обеими популяциями по этому аспекту. Далее по такому же принципу в отдельном разделе надо было бы охарактеризовать смертность и количество гусениц в зимовочных гнездах. Наконец, отдельный раздел следовало бы посвятить характеристике динамики численности и соотношению полов имаго в популяциях боярышницы.

4. Разделы 3.5 и 3.6, в которых обсуждаются причины смертности боярышницы на преимагинальных стадиях развития, по объему и значимости заслуживают выделения в отдельную главу. Полученные интереснейшие результаты, к сожалению, очень слабо представлены в выводах.
5. Не упомянуты в выводах результаты изучения динамики соотношения полов в популяциях боярышницы, которые имеют важное значение для выявления закономерностей многолетней динамики численности не только изучаемого вида, но и других чешуекрылых.
6. В диссертационной работе часто звучит термин «эруптивный». На мой взгляд, в отношении боярышницы употреблять его не совсем корректно. Считаю, что этот термин, который в общем-то родом из вулканологии и астрономии, можно использовать обоснованно только в случае апериодических взрывных и в какой-то мере неожиданных вспышек численности видов. Среди булавоусых чешуекрылых таковыми являются, например, адмирал *Vanessa atalanta* (на севере европейской части России подобная вспышка наблюдалась в 2018 г.), репейница *V. cardui* (2009 г., 2019 г., 2022 г.), многоцветница *Nymphalis xanthomelas* (2013 г.). У боярышницы градационный цикл включает период постепенного увеличения численности популяции, 1–3 летний период массового размножения и заканчивается периодом депрессии. Многолетние наблюдения за популяционной динамикой вида в разных частях ареала позволяют утверждать, что подобные колебания численности являются периодическими и вполне предсказуемыми. Исследования И.А. Солонкина в общем подтверждают это.

Заключение о соответствии диссертации требованиям Положения о присуждении ученой степени кандидата биологических наук

Диссертационная работа И.А. Солонкина вносит значимый вклад в развитие эволюционной экологии чешуекрылых. Полученные результаты представляют интерес для энтомологов, специализирующихся на изучении чешуекрылых, и специалистов, занимающихся проблемами теории эволюции. Так как изучаемый модельный объект (боярышни-

ца) является потенциальным вредителем лесных насаждений и сельскохозяйственных культур, итоги исследований могут быть использованы при разработке рациональных подходов к ведению лесного и сельского хозяйства, для прогнозирования и мониторинга численности популяций вида в условиях изменения климата и антропогенной трансформации природных сообществ и ландшафтов. Целесообразно использовать полученные результаты при организации учебного процесса в вузах и средних специальных учебных заведениях по биологическим и сельскохозяйственным направлениям.

Достоверность результатов исследования подтверждается анализом огромного объема материала (1373 зимовочных гнезд, 24690 гусениц и куколок, 12310 экз. имаго боярышницы) собранного в двух регионах, использованием в качестве теоретической и методической базы трудов ведущих отечественных и зарубежных специалистов в области эволюционной экологии, морфологической изменчивости и популяционной биологии насекомых, применением современных математических методов изучения изменчивости внешних признаков. Соискателем в диссертации указаны все необходимые ссылки на авторов и источники, откуда была заимствована часть исследованных материалов.

Обоснованность научных положений и выводов диссертационной работы убедительно подтверждается сопоставлением полученных результатов с данными отечественных и зарубежных исследователей морфологической изменчивости насекомых, широким обсуждением проблемы на региональных, всероссийских и международных конференциях, а также поддержкой гранта РФФИ (проект № 20-34-90006 «Аспиранты»).

Основные научные результаты диссертации И.А. Солонкина опубликованы в 17 научных работах, из них 6 – в изданиях из Перечня ВАК, в том числе 4 – в научных журналах, индексируемых в международных базах Web of Science и Scopus. Содержание диссертации соответствует содержанию опубликованных соискателем работ по теме исследований.

Тема диссертационной работы соответствует заявленным специальностям 1.5.15. Экология (биологические науки), 1.5.12. Зоология (биологические науки).

Диссертация написана хорошим грамотным языком, является логичным, законченным, самостоятельным исследованием, имеющим научную новизну и практическую значимость. Приведенные таблицы и рисунки оформлены с соблюдением необходимых требований, соответствуют тексту и хорошо читаемы. Полученные результаты соответствуют цели и задачам исследования. Выводы логически вытекают из полученных результатов. Они корректны и обоснованы, подводят итог большой и интересной работе. Текст автореферата соответствует тексту диссертации, он хорошо структурирован, материалы изложены логично, доступно. Вопросы, возникшие в процессе ознакомления с диссертацией, не умаляют значимость и высокую оценку представленного диссертационного исследования.

Диссертация «Эколого-морфологический анализ популяций боярышницы *Aporia crataegi* L. (Lepidoptera: Pieridae) в разных фазах динамики численности» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям Положением о присуждении ученых степеней (пп. 9-11, 13, 14), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 20.03.2021 г. № 426, а ее автор, Солонкин Игорь Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальностям 1.5.15. Экология (биологические науки), 1.5.12. Зоология (биологические науки).

2.03.2023 г.

Доктор биологических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник отдела экологии животных Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук
Докторская диссертация защищена по специальности 03.02.05. Энтомология.
167982 г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28. Тел.: (8212) 43-19-69
E-mail: tatarinov.a@ib.komisc.ru

Татаринов Андрей Геннадьевич

Подпись (и) А. Г. Татаринова
заверяю
Ведущий документовед Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук"
О.Л. Заболоцкая
«02» марта 2023 г.