

***Satyrium acaciae abdominalis* (Gerhard, [1850]) (Lepidoptera: Lycaenidae): систематическое положение на основе биологических, морфологических и молекулярно-генетических исследований**

***Satyrium acaciae abdominalis* (Gerhard, [1850]) (Lepidoptera: Lycaenidae): the systematic position on the basis of biological, morphological and molecular genetic studies**

**В.В. Тихонов¹, Д.И. Водолажский², Б.В. Страдомский²
V.V. Tikhonov¹, D.I. Vodolazhsky², B.V. Stradomsky²**

¹Музей насекомых, Академическая галерея, Пятигорск 357500 Россия

²Институт аридных зон ЮНЦ РАН, пр. Чехова, 41, Ростов-на-Дону 344006 Россия

¹Pyatigorsk Insect Museum, Academic Gallery, Pyatigorsk 357500 Russia. E-mail: entephria@mail.ru

²Institute of Arid Zones SSC RAS, Chekhov str., 41, Rostov-on-Don 344006 Russia. E-mail: dvodolazhsky@gmail.com; bvstr@yandex.ru

Ключевые слова: *Satyrium acaciae abdominalis*, молекулярно-генетические маркеры, гениталии, стадии развития
Key words: *Satyrium acaciae abdominalis*, molecular genetic markers, genitals, developmental stages

Резюме. Исследование молекулярно-генетических маркеров (COI и ITS2), морфологии и биологических особенностей стадий развития свидетельствует о том, что таксон *abdominalis* Gerhard, [1850] можно рассматривать только как подвид *Satyrium acaciae* (Fabricius, 1787).

Abstract. The study of molecular genetic markers (COI and ITS2), morphological characteristics and biological features of developmental stages reveals that the taxon *abdominalis* Gerhard, [1850] can be considered only as a subspecies of *Satyrium acaciae* (Fabricius, 1787).

Таксон *Thecla Abdominalis* Gerhard, B., [1850] описан по сборам А. Киндерманна из окрестностей Elisabethpol (ныне Гянджа, Азербайджан). Типовой материал утрачен [Hesselbarth et al., 1995]. Долгое время таксон считался формой или подвидом *Satyrium acaciae* (Fabricius, 1787) [Staudinger, 1901; Яхонтов, 1909; 1911; Коршунов, 1972]. Однако, после выхода в свет книги «Die Tagfalter der Türkei» [Hesselbarth et al., 1995], авторы которой придавали *abdominalis* видовой статус, их точка зрения нашла приверженцев практически во всех последующих публикациях [Tuzov et al., 2000; Моргун, Тихонов, 2009; Агабабян, Ханамирян, 2011]. Главным отличием *abdominalis* от *acaciae* считается наличие черного пятна на исподе передних крыльев от анального угла до середины внешнего края, однако при этом отмечается и высокая степень его изменчивости [Hesselbarth et al., 1995]. В связи со спорным таксономическим статусом нами была предпринята попытка уточнить систематическое положение таксона *abdominalis* Gerhard, B., [1850] на основе биологических, морфологических и молекулярно-генетических исследований.

Были исследованы экземпляры *abdominalis* из местности, близкой к типовой (Азербайджан, Шамкир, окрестности Гянджа), в сравнении с южнорусскими популяциями *S. acaciae* из Ростовской области и Ставропольского края.

Сравнительный анализ внешних морфологических

признаков имаго таксонов *acaciae* и *abdominalis* свидетельствует о высокой степени их сходства (Color plate 14: рис. 1, 2). Большинство незначительных габитуальных отличий, включая отмеченное выше черное пятно на исподе передних крыльев, находятся в рамках индивидуальной изменчивости. Ряд более стабильных признаков, таких как более контрастный и яркий рисунок, более длинные «хвостики» на задних крыльях у *abdominalis*, могут свидетельствовать только о подвидовом статусе этого таксона.

Гениталии

Анализ гениталий самцов и самок *S. acaciae abdominalis* и *S. acaciae acaciae* показал их практически полную идентичность как по строению, так и по размерам (Color plate 14: рис. 3, 4).

Самцы. Гениталии обоих таксонов имеют в дорсо-вентральной проекции овальный контур, их общая длина 1.7–1.8 мм. Вальвы свободные, небольшие (около 0.9 мм), по длине почти в два раза короче общей длины гениталий, сужаются к вершине и несут в апикальной трети очень длинные щетинки. Эдегус длиннее общей длины гениталий (2.1–2.2 мм), расширен на самой вершине.

Самки. Антрум имеет вид удлиненной воронки. С дорсальной стороны несут длинную и широкую лопасть.

Стадии развития

Преимагинальные стадии *S. acaciae acaciae* и *S. acaciae abdominalis* практически не имеют различий и представлены на Color plate 15: рис. 5–13.

Кормовые растения. По нашим наблюдениям, в Ростовской области кормовым растением *S. acaciae acaciae* является *Rhus spinosa* L. - Слива колючая (Тёрн). *S. acaciae abdominalis* в окрестностях Шамхира

(Азербайджан) откладывали яйца на *Cerasus incana* (Pall.) Sprach - Вишню серую. Впоследствии оба вида успешно воспитывались на терне. В качестве эксперимента часть гусениц *S. acaciae abdominalis* выкармливались Миндалем низким (*Amygdalus nana* L.).

Яйцо. Самки откладывают яйца по одному или небольшими группами в пазухах ветвей кормового растения. Форма яйца дискообразная, выпуклая. Ячейки на поверхности яйца очень мелкие. Яйцо в той или иной степени прикрыто черными чешуйками с конца брюшка самки. Яйца зимуют с полностью сформированными гусеницами.

Гусеница. Длина гусеницы первого возраста составляет около 1.2 мм. Цвет красновато-коричневый. Вдоль спины и над ногами несет длинные белые щетинки. Голова буровато-черная, блестящая. Гусеницы питаются в начале апреля почками и распускающимися листьями кормового растения.

Передние и задние членики тела гусениц второго возраста имеют красноватый или красно-бурый цвет, средние членики светлые – желтоватые или зеленоватые. Рисунок состоит из светлых продольных полос и наметавшихся поперечных косых штрихов по бокам. На спине и по бокам расположены щетинки и многочисленные черные точки. Голова черная.

Основной цвет тела гусениц третьего возраста преимущественно зеленый, однако зачастую передние и задние членики имеют темно-красные цвет или розовый оттенок. Вдоль спины расположены три светлые полосы, из которых средняя слабоконтрастная. Над ногами расположена светлая линия. Между спинными и боковыми элементами рисунка расположены расплывчатые ряды чередующихся более светлых и темных косых штрихов.

Гусеницы старшего четвертого возраста в большинстве случаев зеленые, изредка красные. Вдоль спины две широко расставленные контрастные белесые полосы, между которыми расположена третья расплывчатая полоса. Над ногами расположена контрастная белая или желтоватая полоса, выше которой беловатые дыхальца. Между дыхальцами и спинным рисунком расположены с каждой стороны по два ряда светлых контрастных косых штрихов. Голова черная. Гусеница покрыта очень короткими светлыми волосками. Перед окукливанием гусеницы укорачиваются, зачастую приобретая красный или бурый цвет.

Куколка. В лабораторных условиях гусеницы окукливались на стенке или сетке садка, на листьях или веточках. Куколка выпуклая, покрыта многочисленными довольно длинными белыми волосками, имеет бурый фоновый цвет с многочисленными, часто сливающимися черными пятнами. Зрелая куколка черная.

Молекулярно-генетические исследования

Нами были проведены исследования митохондриального генетического маркера – участка гена, кодирующего первую субъединицу цитохромоксидазы (COI), а также ядерная нуклеотидная последовательность – internal transcribed spacer 2 (ITS2) по методам, описанным ранее [Wiemers et al., 2010].

Исследованию подвергались экземпляры *S. acaciae acaciae* и *S. acaciae abdominalis* в сравнении с другими представителями рода *Satyrium*: *S. ilicis* (Esper, 1779), *S. pruni* (Linnaeus, 1758), *S. spini* (Denis & Schiffermuller, 1775) и *S. w-album* (Knoch 1782).

Материал: *S. acaciae acaciae*: ♂, Ростовская обл., Родионово-Несветайский р-н, 1 км Ю ст. Большекрепинская, ex pupa 28.05.2011, Б. Страдомский – музейный номер ILL:123, accession №№ GenBank JX112886 (COI), JX122754 (ITS2).

S. acaciae abdominalis: 3♂, Азербайджан, Шамкир, окрестности Гянджа, 900 м, 27.06.2011, В. Тихонов – музейные номера ILL:127, ILL:130, ILL:131, accession №№ GenBank JX112883, JX112884, JX112885 (COI), JX122758, JX122760, JX122761 (ITS2).

S. ilicis: ♂, Волгоградская обл., Калач-на-Дону, 05.06.2007, Г. Кузнецов – музейный номер ILL:128, accession №№ GenBank JX112887 (COI), JX122759 (ITS2).

S. pruni: ♂, Ростовская обл., Родионово-Несветайский р-н, 1 км Ю ст. Большекрепинская, 04.06.2011, Б. Страдомский – музейный номер ILL:124, accession №№ GenBank JX112880 (COI), JX122755 (ITS2).

S. spini: ♂, Ростовская обл., Матвеево-Курганский р-н, р. Ясиновская, 18.06.2011, Б. Страдомский – музейный номер ILL:126, accession №№ GenBank JX112881 (COI), JX122757 (ITS2).

S. w-album: ♂, Ростовская обл., Белокалитвенский р-н, Сервиллинский карьер, 18.06.2004, Б. Страдомский – музейный номер ILL:125, accession №№ GenBank JX112882 (COI), JX122756 (ITS2).

Анализ первичных нуклеотидных последовательностей проводили с использованием программы BioEdit Sequence Alignment Editor версии 7.0.5.3 [Hall, 1999]. Отличия первичных нуклеотидных последовательностей определялись количественно с использованием количественных алгоритмов по параметрической модели Kimura-2 [Kimura, 1980] и графически представлялись в виде ME-кладограммы.

В качестве внешней группы при построении филогенетических моделей использовались нуклеотидные последовательности COI и ITS2 экземпляра *Callophrys rubi* (Linnaeus, 1758) с музейным номером ILL080, резервированных в GenBank под номерами JF810413 (COI), JF813097 (ITS2).

Результаты молекулярно-генетических исследований представлены на рисунке 14 и свидетельствуют о том, что *S. acaciae acaciae* и *S. acaciae abdominalis* образуют отдельные общие ветви на COI- и ITS2-кладограммах, самостоятельные от других изученных представителей рода *Satyrium*. Исследование молекулярных маркеров показало, что внутривидовая вариабельность *S. acaciae abdominalis* составляет около 0.2% по митохондриальному COI-гену и более 0.5% по ядерной нуклеотидной последовательности ITS2. Различия между *S. acaciae acaciae* и *S. acaciae abdominalis* по COI-маркеру выявлены в пределах 0.7-0.8%, а по ITS2-маркеру – 0.8-1.1%. Такой низкий уровень молекулярно-генетических различий между двумя таксонами, особенно при наличии внутривидовой вариабельности, может свидетельствовать лишь о подвидовом статусе *S. acaciae abdominalis*.

Таким образом, принимая во внимание низкий уровень молекулярно-генетических различий между двумя таксонами, близкое сходство биологии развития и идентичность строения генитального аппарата, необходимо признать, что таксон *abdominalis* не следует рассматривать в качестве самостоятельного вида, что делалось в целом ряде работ последнего времени [Hesselbarth et al., 1995; Tuzov et al., 2000;

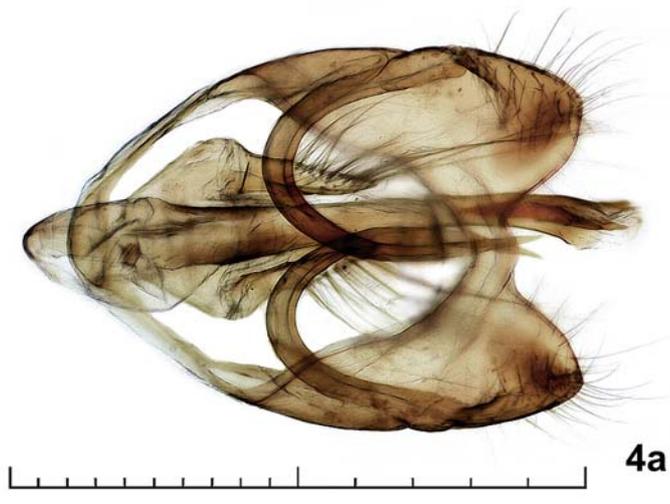
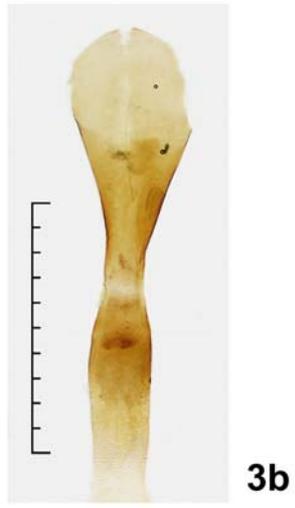
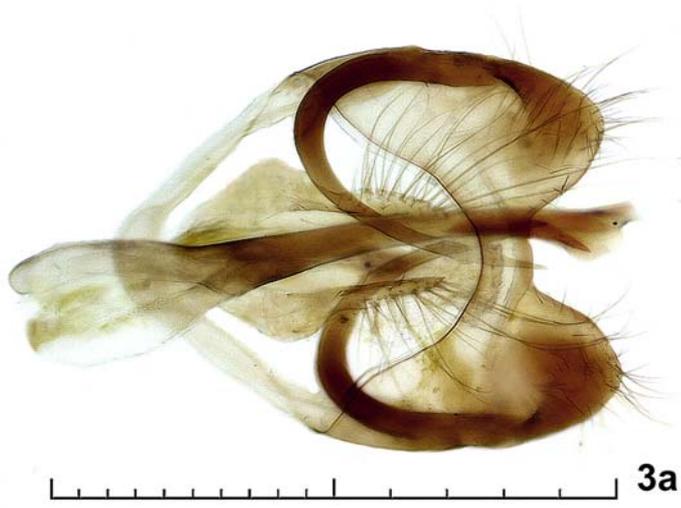
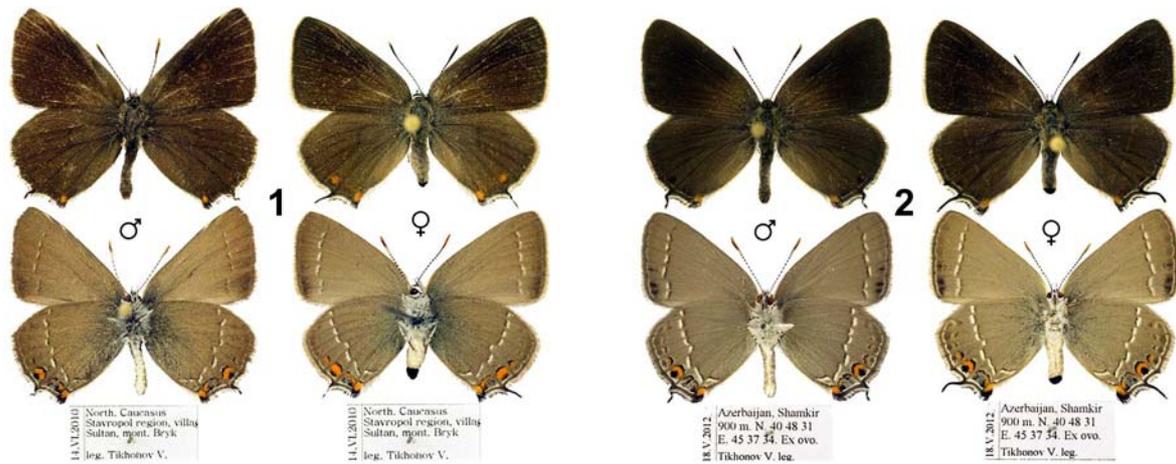


Рис. 1-4. *Satyrium acaciae*, имаго и гениталии.
1, 3 – *S. acaciae acaciae*; 2, 4 – *S. acaciae abdominalis*; 1, 2 – имаго; 3, 4 – гениталии; а – самец; б – самка.
Fig. 1-4. *Satyrium acaciae*, imago and genitals.
1, 3 – *S. acaciae acaciae*; 2, 4 – *S. acaciae abdominalis*; 1, 2 – imago; 3, 4 – genitals; a – male; b – female.

Рис. 5-13. *Satyrium acaciae*, стадии развития.

5 – яйцо; 6 – гусеница L1; 7-8 – гусеница L2; 9 – гусеница L3; 10 – гусеница L4; 11 – окукливание; 12 – куколка; 13 – имаго; а – *S. acaciae acaciae*; б – *S. acaciae abdominalis*.

Fig. 5-13. *Satyrium acaciae*, developmental stages.

5 – ovum; 6 – caterpillar L1; 7-8 – caterpillar L2; 9 – caterpillar L3; 10 – caterpillar L4; 11 – окукливание; 12 – pupation; 13 – imago; а – *S. acaciae acaciae*; б – *S. acaciae abdominalis*.

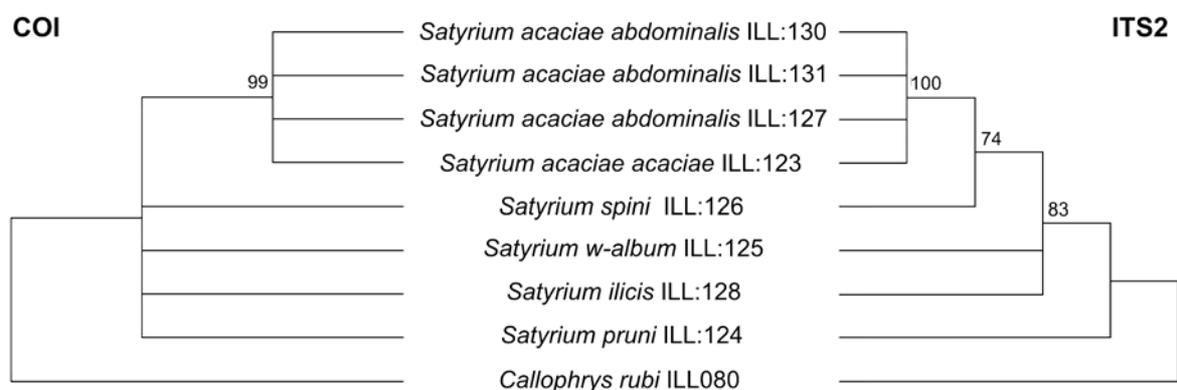


Рис. 14. *Satyrium*: ME-кладограммы, построенные с использованием метода минимальной эволюции при анализе различий нуклеотидных последовательностей ДНК генетических локусов COI и ITS2.

Fig. 14. *Satyrium*: ME-cladograms based on the Minimum Evolution method of analysis of distances for COI and ITS2 DNA sequences.

Моргун, Тихонов, 2009; Агабабян, Ханамирян, 2011 и др.]. Полученные нами данные явно свидетельствуют о том, что *abdominalis* следует считать лишь подвидом *Satyrium acaciae*, что, впрочем, было отмечено и в более ранних работах других авторов [Staudinger, 1901; Яхонтов, 1909; 1911; Коршунов, 1972]. Что касается популяций, именуемых «*S. abdominalis*», но проживающих на более южных территориях (Турция, Иран), чем типовая (Гянджа, Азербайджан), то согласно данным, приведенным в ресурсе BOLD Systems (<http://www.boldsystems.org>), эти особи имеют нуклеотидные последовательности COI-гена, значительно отличающиеся от экземпляров из типовой местности и, по-видимому, не могут быть отнесены к таксону *abdominalis*.

Литература

Агабабян К.А. Ханамирян Г.Г. 2011. Материалы к изучению фауны булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera: Rhopalocera) Мегринского региона Армении // Кавказский энтомол. бюллетень 7(1): 69-77.
Коршунов Ю.П. 1972. Каталог булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera,

Rhopalocera) фауны СССР, II // Энтомол. обозр. 51(2): 352-368.
Моргун Д.В., Тихонов В.В. 2009. Новые таксоны булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea) в фауне России из Дагестана // Кавказский энтомол. бюллетень. 5(2): 273-274.
Яхонтов А.А. 1909 (1908). Заметки о кавказских Lepidoptera-Rhopalocera // Русское энтомол. обозрение. 8(3-4): 282-292.
Яхонтов А.А. 1911. Заметки о дневных бабочках Кавказа по материалам Кавказского Музея. // Известия Кавказского Музея. 5: 291-316.
Hall T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucleic Acids Symp. Ser. 41: 95-98.
Hesselbarth G., Van Oorschot H., Wagener S. 1995. Die Tagfalter der Türkei. Band 1-3. Selbstverlag Sigbert Wagener. 1354 pp.
Kimura M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences // Journ. Mol. Evol. 16: 111-120.
Staudinger O. 1901. Macrolepidoptera // Catalog der Lepidopteren des palaearctischen Faunengebietes. Berlin: Friedlander: 411 pp.
Tuzov V.K., Bogdanov P.V., Churkin S.V., Dantchenko A.V., Devyatkin A.L., Murzin V.S., Samodurov G.D., Zhdanko A.B. 2000. Guide to the Butterflies of Russia and Adjacent Territories. Vol. 2. Libytheidae, Danaidae, Nymphalidae, Riodinidae, Lycaenidae. Sofia — Moscow: 580 pp.
Wiemers M., Stradomsky B.V., Vodolazhsky D.I. 2010. A molecular phylogeny of *Polyommatus* s. str. and *Plebicula* based mitochondrial COI and nuclear ITS2 sequences (Lepidoptera: Lycaenidae) // European Journal of Entomology. 107(3): 325-336.