

Молекулярно-генетические исследования некоторых популяций и подвидов *Hipparchia semele* (Linnaeus, 1758) и *Satyrus ferula* (Fabricius, 1793) (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae)

Molecular-genetic studies of some populations and subspecies of *Hipparchia semele* (Linnaeus, 1758) and *Satyrus ferula* (Fabricius, 1793) (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae)

**Б.В. Страдомский¹, Г.В. Кузнецов², В.В. Тихонов³, Р.В. Яковлев⁴
B.V. Stradomsky¹, G.V. Kuznetsov², V.V. Tikhonov³, R.V. Yakovlev⁴**

¹Институт аридных зон ЮНЦ РАН, пр. Чехова, 41, Ростов-на-Дону 344006 Россия

²Ул. Борьбы, 4–24, Волгоград 400006 Россия

³Северо-Кавказский федеральный университет, ул. Пушкина, 1, Ставрополь 355009 Россия

⁴Алтайский государственный университет, Ленина 61, Барнаул 656049 Россия

¹Institute of Arid Zones of Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Chekhov str., 41, Rostov-on-Don 344006 Russia. E-mail: bvstr@yandex.ru

²Borba str., 4–24, Volgograd 400006 Russia. E-mail: gen-mash@mail.ru

³North-Caucasus Federal University, Pushkin str., 1, Stavropol 355009 Russia. E-mail: entephria@mail.ru

⁴Altai State University, Lenin str., 61, Barnaul 656049 Russia. E-mail: yakovlev_asu@mail.ru

Ключевые слова: Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae, *Hipparchia*, *Satyrus*, подвиды, молекулярно-генетические маркеры.

Key words: Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae, *Hipparchia*, *Satyrus*, subspecies, molecular-genetic markers.

Резюме. Исследование молекулярных маркеров COI (мДНК) и EF-1a (яДНК) свидетельствует о том, что таксоны *Hipparchia pellucida* (Stauder, 1924) и *H. volgensis* (Mazochin-Porshnjakov, 1952) можно рассматривать только как подвиды *H. semele* (Linnaeus, 1758). Кроме того, результаты молекулярно-генетического анализа показали, что дагестанские популяции, ранее считавшиеся *Satyrus amasinus* Staudinger, 1861, являются *Satyrus ferula* (Fabricius, 1793).

Abstract. The study of molecular genetic markers COI (mDNA) and EF-1a (nDNA) reveals that the taxa *Hipparchia pellucida* (Stauder, 1924) and *H. volgensis* (Mazochin-Porshnjakov, 1952) can be considered only as subspecies of *H. semele* (Linnaeus, 1758). In addition, the study of molecular genetic markers COI and EF-1a reveals that the Dagestan populations belong to *Satyrus ferula* (Fabricius, 1793), rather than to *S. amasinus* Staudinger, 1861.

Hipparchia semele описан Линнеем в 1758 году из Швеции. С тех пор было выделено несколько его подвидов. Статус некоторых из них впоследствии был поднят до видового.

Штаудер [Stauder, 1924] устанавливает в качестве подвида и публикует в виде триномена «*Satyrus semele* L. ss. n. *pellucida*». Различия в окраске и форме крыльев обнаружены им в ходе сравнения самцов из Тертера

(Азербайджан) и бабочек из Восточной Пруссии и с запада России.

Яхонтов [1935] обращает внимание не только на своеобразие окраски крымских и кавказских *semele*, но и на различия в форме андрокониального пятна и строении гениталий. На этом основании он выделяет новый подвид «*cotys* sbsp. n.» и пишет, что «...морфологические различия между обыкновенными *semele* и крымско-кавказской формой настолько существенны, что им можно было бы придать значение видовых признаков» [Яхонтов, 1935: 139]. В этой же работе автор отмечает близость нового подвида к греческому «*sentis* Fruhst.» и малоазиатскому «*mersina* Stgr.». Позже таксон *pellucida* был повышен в статусе до вида [de Lattin, 1949].

Мазохин-Поршняков [1952], сравнивая бабочек из Сталинграда (ныне Волгоград) с *H. semele* из Юго-Западной Германии и Крыма, описывает новый подвид «*Satyrus semele volgensis* Mazochin-Porshnjakov, sbsp. n.». На основании окраски крыльев, строения андрокониальных чешуек и генитального аппарата он делает вывод о промежуточном положении нового подвида между западноевропейскими и крымско-кавказскими популяциями. Цветовые различия нижней стороны крыльев у разных подвидов автор объясняет экологическими причинами, а именно покровительственной окраской.

Кундра [Kudrna, 1977] провел ревизию рода *Hipparchia* Fabricius, 1807, в результате которой подвиду *H. semele volgensis* был придан статус вида. Эта позиция впоследствии была принята многими авторами.

Первое упоминание бабочек из группы *Satyrus ferula* (Fabricius, 1793) для Дагестана было дано А. Беккером в 1875 году. В списке бабочек для селения Ахты опубликован «*S. Bryce*» [Becker, 1875]. Поскольку название вида приведено без авторов, то оно может относиться как к *S. ferula* (= *Bryce* Hübner, [1800]), так и к *S. amasinus* Staudinger, 1861 (= *Bryce* Herrich-Schäffer, [1852]). В классической работе по дневным бабочкам Кавказа Некрутенко [1990] для восточных склонов Большого Кавказа приводит этот вид в виде триномена «*Satyrus ferula amasinus* Stgr.». Объясняет он свою позицию тем, что в центральной части Малой Азии имеется клинальная изменчивость от фенотипа *amasinus* до фенотипа *ferula*. Разделение этих таксонов в качестве хороших видов приведено в книге по бабочкам Турции [Hesselbarth et al., 1995], где на основании личного сообщения Б. Ауссема (B. Aussem) рассмотрены их отличия в строении хориона и гениталий. Кавказские и закавказские

популяции в этой книге отнесены к *S. amasinus*. Авторы последующих публикаций считали бабочек из Дагестана *S. amasinus* [Львовский, Моргун, 2007; Богданов, 2008; Пыина, Моргун, 2011; Tshikolovets, Nekrutenko, 2012].

На Западном Кавказе Щуровым [1995, 2002] относительно недавно обнаружены популяции сатиры, определенные им как «*Satyrus virbius* (H.-S.)». Позднее бабочки из этих популяций были отнесены к *S. ferula* [Богданов, 2008].

Нами были проведены молекулярно-генетические исследования с целью оценки адекватности произведенных различными авторами таксономических перестановок.

Материал и методы

Данные об использованном в работе материале представлены в таблице 1.

Обработку образцов тканей, амплификацию участков гена первой субъединицы цитохромоксидазы (COI) мДНК и гена Elongation factor 1-alpha (Ef-1a)

Таблица 1. Исследованный материал (*Satyrus* spp., *Hipparchia* spp.): музейные номера и присвоенные номера ГенБанка.
Table 1. List of material (*Satyrus* spp., *Hipparchia* spp.) with voucher codes and GenBank accession numbers.

Таксон Taxon	Местонахождение / Localities	Музейный номер / Voucher number	COI GenBank accession numbers	Ef-1a GenBank accession numbers
<i>S. ferula</i>	Россия, Ростовская обл., Белокалитвинский р-н, Сервилинский карьер Russia, Rostov Region, Belaya Kalitva District, Servilinskiy Quarry	ILS01	KY000505	KY000513
<i>S. ferula</i>	Россия, Краснодарский кр., Новороссийский р-н, пос. Верхнебаканский Russia, Krasnodar Region, Novorossiysk District, Verkhnebakanskiy vill.	ILS02	KY000506	–
<i>S. ferula</i>	Россия, Татарстан, Лениногорский р-н, заказник «Степной» Russia, Tatarstan, Leninogorsk District, zakaznik "Stepnoy"	ILS03	KY000507	KY000514
<i>S. ferula</i>	Россия, Волгоградская обл., Камышинский р-н, Щербакловская балка Russia, Volgograd Region, Kamyshin District, Shcherbakovskaya Gully	ILS04	KY000508	KY000515
<i>S. ferula</i>	Россия, Волгоградская обл., Камышинский р-н, Щербакловская балка Russia, Volgograd Region, Kamyshin District, Shcherbakovskaya Gully	ILS05	KY000509	KY000516
<i>S. ferula</i>	Россия, Оренбургская обл., пос. Кувандык Russia, Orenburg Region, Kuvandyk vill.	ILS06	KY000510	–
<i>S. ferula</i>	Россия, Крым, Феодосия, г. Тепе-Оба Russia, Crimea, Feodosia, Tepe-Oba Mt.	ILS07	KY000511	KY000517
<i>S. ferula</i>	Россия, Дагестан, бархан Сарыкум Russia, Dagestan, barkhan Sarykum	ILS12	KY000512	KY000518
<i>S. amasinus</i>	Азербайджан, Нахичевань, пос. Нуснус Azerbaijan, Nakhchivan, Nusnus vill.	ILS18	KY000504	–
<i>H. pellucida</i>	Россия, Краснодарский кр., Новороссийский р-н, пос. Верхнебаканский Russia, Krasnodar Region, Novorossiysk District, Verkhnebakanskiy vill.	ILS14	KY000496	KY000500
<i>H. pellucida</i>	Грузия, Вашлованский заповедник Georgia, Vashlovani Nature Reserve	ILS16	KY000497	KY000501
<i>H. volgensis</i>	Россия, Волгоград, пос. Горная Поляна Russia, Volgograd, Gornaya Polyana vill.	ILS15	KY000498	KY000502
<i>H. volgensis</i>	Россия, Волгоград, пос. Горная Поляна Russia, Volgograd, Gornaya Polyana vill.	ILS17	KY000499	KY000503

яДНК, а также секвенирование амплифицированных фрагментов проводили аналогично процедурам, описанным ранее [Воделажский, Страдомский, 2008].

Для получения ПЦР-продуктов COI использовали прямой праймер (5'-GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G-3') и обратный праймер (5'-TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA-3'), для Ef-1a – прямой праймер (5'-TAC CAT CGA GAA GTT CGA GAA G-3') и обратный праймер (5'-GCC ACC CCT TGA ACC AGG GCA T-3').

Анализ первичных нуклеотидных последовательностей проводили с использованием программы BioEdit Sequence Alignment Editor.

Полученные последовательности ДНК использовали для построения дендрограмм с применением алгоритма Minimum Evolution с помощью программы MEGA6 [Tamura et al., 2013] и графически представляли в виде МЕ-кладограмм.

В работе также использовали следующие последовательности, представленные в Генбанке (GenBank): *S. actaea* voucher EW20-12 COI – DQ338871, Ef-1a – DQ339029; *H. semele* voucher EW24-25 COI – DQ338868, Ef-1a – DQ339023; *H. parisatis* voucher CP10-06 COI DQ338867, Ef-1a – DQ339022.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования молекулярных маркеров таксонов рода *Hipparchia* представлены на кладограммах (рис. 1, 2). По результатам исследования последовательностей гена COI каких-либо обособленных ветвей на кладограмме, кроме внешней

группы, не выявлено. Таксоны *semele*, *pellucida* и *volgensis* группируются в произвольном порядке, образуя общую выборку без вычленения того или иного таксона в отдельную кладу.

Аналогичную картину можно наблюдать и при анализе кладограммы, построенной для участка ядерного гена Ef-1a, где отмечается последовательное чередование таксонов *pellucida*, *semele*, *volgensis* и опять *pellucida* и *volgensis*.

Таким образом, необходимо заключить, что таксоны *semele*, *pellucida* и *volgensis* образуют общие неделимые выборки как по COI, так и по Ef-1a генам, то есть являются одним видом *H. semele*. В то же время отмеченные выше некоторые морфологические отличия, присущие географически изолированным популяциям, позволяют считать обсуждаемые таксоны отдельными подвидами.

Следовательно, необходимо признать действующими следующие сочетания:

– *Hipparchia semele pellucida* (Stauder, 1924), **stat. rev.**;

– *Hipparchia semele volgensis* (Mazochin-Porshnjakov, 1952), **stat. rev.**

Следующие изученные таксоны – *S. ferula* и *S. amasinus*. Молекулярно-генетические исследования (анализ митохондриального гена COI) (рис. 3) показали, что *S. amasinus* из Нахичевани, которая находится достаточно близко к типовому местонахождению таксона в Турции, выступает в качестве внешней группы к кладе, объединяющей весьма географически широкий спектр популяций вида *S. ferula*. В том числе в эту кладу входит и дагестанский экземпляр. Исследование гена

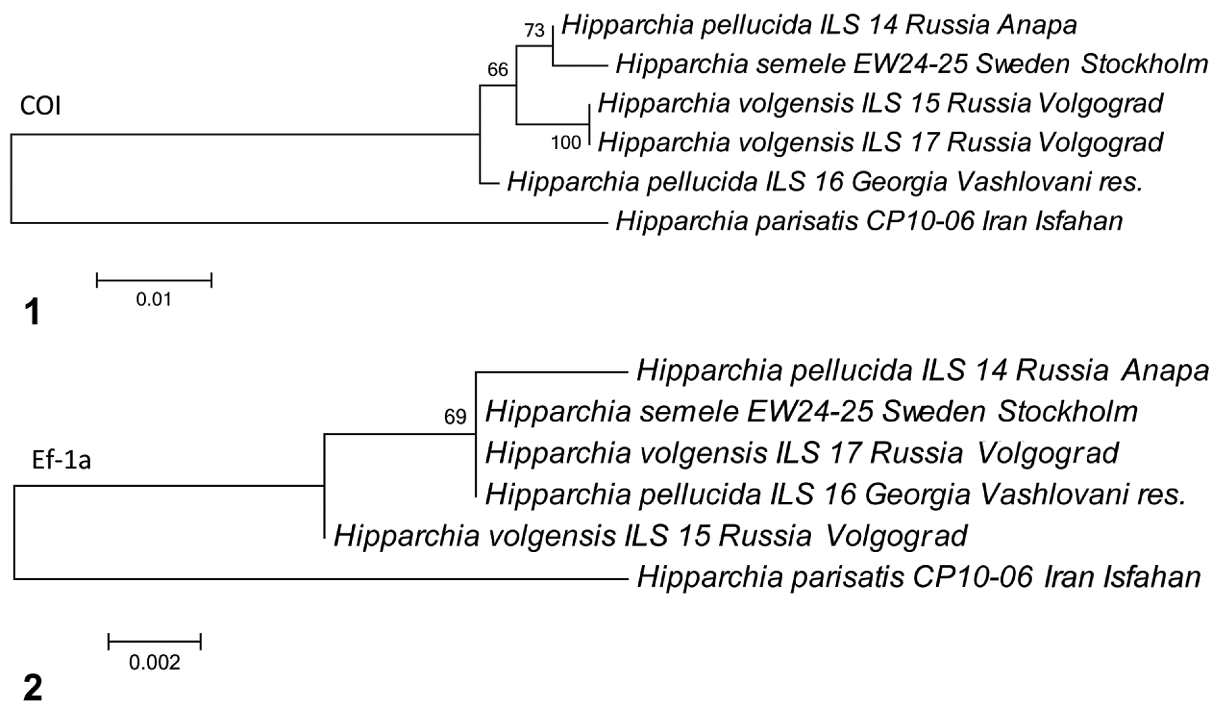


Рис. 1–2. *Hipparchia* spp.: МЕ-кладограммы, построенные на основе последовательностей ДНК.

Figs 1–2. *Hipparchia* spp.: ME-cladogram based on the Minimum Evolution method of analysis of distances for DNA sequences.

1 – COI; 2 – Ef-1a.

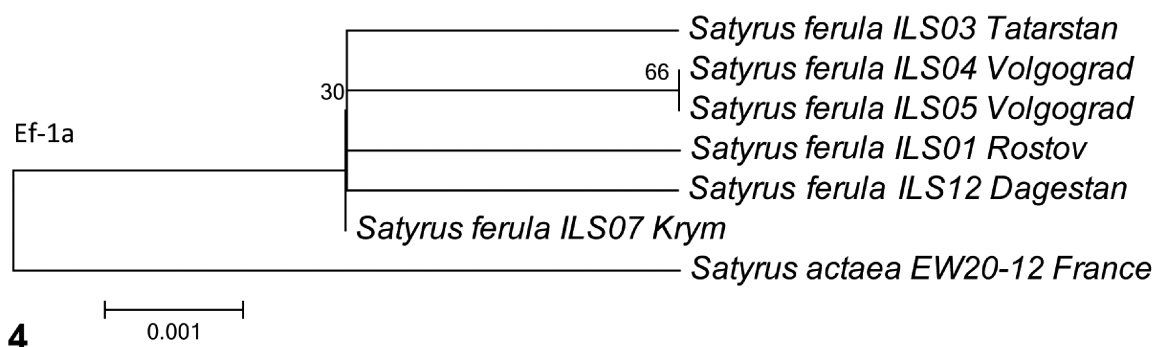
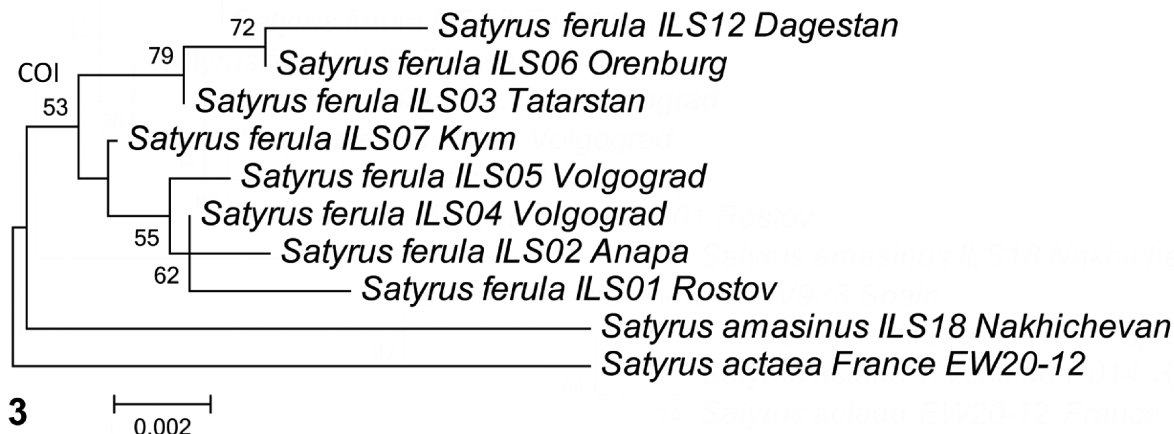


Рис. 3–4. *Satyrus* spp.: МЕ-кладограммы, построенные на основе последовательностей ДНК.

Figs 3–4. *Satyrus* spp.: ME-cladogram based on the Minimum Evolution method of analysis of distances for DNA sequences.

3 – COI; 4 – Ef-1a.

Ef-1a также свидетельствует о том, что дагестанский экземпляр входит в одну кладу с другими популяциями *S. ferula* (рис. 4).

Таким образом, очевидным представляется отнесение дагестанских популяций к виду *S. ferula*, а их идентификацию как *S. amasinus* необходимо признать ошибочной.

Благодарности

Авторы выражают благодарность В.В. Золотухину (Ульяновск) и Г.М. Шембергера (Анапа) за предоставленный материал.

Литература

- Богданов П.В. 2008. Классификация сатирид рода *Satyrus* Latreille, 1816 (Lepidoptera, Satyridae) фауны Палеарктики. В кн.: Труды Государственного Дарвиновского Музея. Вып. 12. М.: Государственный Дарвиновский Музей: 174–207.
- Водолажский Д.И., Страдомский Б.В. 2008. Исследование филогенеза подрода *Polyommatus* (s. str.) Latreille, 1804 (Lepidoptera: Lycaenidae) с использованием маркеров мтДНК. Часть I. *Кавказский энтомологический бюллетень*. 4(1): 123–130.
- Львовский А.Л., Моргун Д.В. 2007. Булавоусые чешуекрылые Восточной Европы. М.: Товарищество научных изданий КМК. 443 с.
- Мазохин-Поршняков Г.А. 1952. Новая раса *Satyrus semele* L. (Lepidoptera) из Нижнего Поволжья. *Зоологический журнал*. 26(2): 288–291.
- Некрutenko Ю.П. 1990. Дневные бабочки Кавказа. Семейства Papilionidae, Satyridae, Danaidae. Киев: Наукова думка. 215 с.
- Щуров В.И. 1995. Новые местообитания локально распространенных на Кавказе сатирид (Lepidoptera, Satyridae), рекомендуемые для введения заповедного режима. В кн.: Безопасность и экология горных территорий. Тезисы докладов II международной конференции (Владикавказ, 25–30 сентября 1995 г.). Владикавказ: 205–207.
- Щуров В.И. 2002. Дополнения к фауне чешуекрылых (Insecta, Lepidoptera) Северо-Западного Кавказа. Фауна полуострова Абрау и прилегающих территорий. В кн.: Биоразнообразие полуострова Абрау. М.: Изд-во Московского университета: 69–83.
- Яхонтов А.А. 1935. Наши дневные бабочки. М.: Государственное учебно-педагогическое издательство. 160 с.
- Becker A. 1875. Reise nach dem Magi Dagh, Schalbus Dagh und Basardjusi. *Bulletin de la Société impériale des naturalistes de Moscou*. 49: 116–138.
- Hesselbarth G., van Oorschot H., Wagener S. 1995. Die Tagfalter der Türkei unter Berücksichtigung der angrenzenden Länder. Bd. 2. Bocholt: Selbstverlag Wagener. 1354 p.
- Ilyina E.V., Morgun D.V. 2011. Ecological and Faunistic Review of Butterflies (Lepidoptera, Hesperioidea et Papilionoidea) of Dagestan: Part 2. *Entomological Review*. 91(4): 450–466.
- Kudrna O. 1977. A revision of the genus *Hipparchia* Fabricius. Farington – Oxon: E.W. Classey Books. 204 p.
- Lattin G. de. 1949. Über die Artfrage in der *Hipparchia semele* L.-Gruppe (Vorläufige Mitteilung). *Entomologische Zeitschrift*. 59: 113–118, 124–126, 131–132.
- Stauder H. 1924. Neue Palaeartenformen II. *Mitteilungen der Münchner Entomologischen Gesellschaft*. 14(1–5): 64.
- Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipski A., Kumar S. 2013. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*. 30: 2725–2729.
- Tshkolovets V.V., Nekrutenko Y.P. 2012. The Butterflies of Caucasus and Transcaucasia (Armenia, Azerbaijan, Georgia and Russian Federation). Kyiv – Pardubice: Tshkolovets Publications. 423 p.