

Сравнительный анализ последовательностей митохондриальной и ядерной ДНК голубянок подрода *Polyommatus* (s. str.) Latreille, 1804 (Lepidoptera: Lycaenidae: *Polyommatus*)

A comparative analysis of mitochondrial and nuclear DNA sequences in blue butterflies of subgenus *Polyommatus* (s. str.) Latreille, 1804 (Lepidoptera: Lycaenidae: *Polyommatus*)

Д.И. Водолажский¹, М. Вимерс², Б.В. Страдомский³
D.I. Vodolazhsky¹, M. Wiemers², B.V. Stradomsky³

¹Южный научный центр РАН, пр. Чехова, 41, Ростов-на-Дону 344006 Россия

²Кафедра популяционной экологии, Венский университет, Реннвег 14, 1030 Вена Австрия

³Ростовское отделение Русского энтомологического общества, а/я 3318, Ростов-на-Дону 344092 Россия

¹South Scientific Centre RAS, Chekhov str., 41, Rostov-on-Don 344006 Russia. E-mail: vodolazhski@mmbi.krinc.ru

²Department of Population Ecology, University of Vienna, Rennweg 14, 1030 Vienna Austria. E-mail: martin.wiemers@univie.ac.at

³Rostov branch of Russian Entomologic Society, PO Box 3318, Rostov-on-Don 344092 Russia. E-mail: bvstr@yandex.ru

Ключевые слова: Таксономия *Polyommatus* (s. str.), гены COI и ITS2.

Key words: Taxonomy of *Polyommatus* (s. str.), COI and ITS2 genes.

Резюме. С помощью метода байесовских преобразований проведен сравнительный анализ двух несцепленных между собой генетических маркеров голубянок подрода *Polyommatus* (s. str.): митохондриального гена COI и ядерной нуклеотидной последовательности ITS2. Было исследовано 27 экземпляров голубянок *Polyommatus* (s. str.), относящихся к 17 таксонам видового или подвидового статуса. В качестве внешней группы использовали вид *Polyommatus (Plebicula) amandus* (Schneider, [1792]).

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о полной симметричности филогенетических деревьев, полученных для генов COI и ITS2. Модель, полученная для комбинации обоих изученных генов (COI+ITS2), позволила выделить всего лишь шесть таксонов видового ранга.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости изменения таксономического статуса ряда изученных таксонов:

- *Polyommatus icarus* (Rottemburg, 1775) = *P. andronicus* Coutsis et Ghalvalas, 1995 **syn. nov.**;
- *Polyommatus eros boisduvalii* (Herrich-Schäffer, 1844);
- *Polyommatus eros erotides* (Staudinger, 1892) **stat. rev.**;
- *Polyommatus eros menelaos* Brown, 1976 **stat. nov.**;
- *Polyommatus eros orientalis* **comb. nov.**

Кроме того, показано, что таксоны *P. eros sichuanicus*, *P. erotides tartarus* и *P. tsvetajevi* образуют отдельную группу. В этой связи необходимым является объединение этих таксонов в рамках одного вида, валидным названием которого следует признать *Polyommatus amorata* (Alpheraky, 1897) **comb. nov., stat. nov.**, соответствующим описанному С. Алфераки в 1897 *Lycaena Eros* var. *Amorata*. В составе этого таксона видового статуса следует различать три подвида:

- *Polyommatus amorata* (Alpheraky, 1897) = *P. eros sichuanicus* Murayama, 1983 **syn. nov.**;
- *Polyommatus amorata tartarus* (Fruhstorfer, 1916) **comb. nov.**;
- *Polyommatus amorata tsvetajevi* (Kurentzov, 1970) **stat. nov.**

Abstract. A molecular phylogenetic analysis of the genus *Polyommatus* (s.str.) was carried out using two independent genetic markers, the mitochondrial cytochrome c oxidase I (COI) and the nuclear internal transcribed spacer 2 (ITS2). A 710bp section of COI (5') and most of ITS2 (an aligned 638bp) was sequenced for 27 *Polyommatus* specimens belonging to 17 different taxa. The Bayesian method was applied to infer phylogenetic trees in the single gene and combined analyses.

The resulting trees from the single gene analyses are congruent with each other although their resolution differs in parts of the tree. The combined analysis produced separate clusters for most species.

Individuals belonging to *Polyommatus icarus* represent one such cluster in the tree. COI- and ITS2 sequences from different subspecies (*P. icarus icarus*, *P. icarus fuchsia*, *P. icarus juno*) turned out to be similar throughout its range, from the Iberian Peninsula to Transbaikalia. We can confirm that the sequences of *P. andronicus* are identical to *P. icarus*. Because both taxa occur in sympatry, we conclude that the former is a synonym to the latter: *Polyommatus icarus* (Rottemburg, 1775) = *P. andronicus* Coutsis et Ghalvalas, 1995 **syn. nov.**

P. ciloicus and *P. icadius* form separate clusters in the tree which confirms that both are separate species from *P. icarus*. *P. icadius* is recorded from Iran for the first time.

The combined molecular phylogenetic analysis of mitochondrial and nuclear markers helped to clarify the taxonomy of the *P. eros* group. It confirmed earlier results obtained from COI sequences which showed that *P. eroides* and *P. kamtschadalis* are only subspecies of *P. eros*. ITS2 sequences of *P. boisduvalii*, *P. erotides*, *P. menelaos* and *P. eroides orientalis* are identical to *P. eros*. Therefore we suggest to rank these taxa as subspecies of *P. eros*:

- *Polyommatus eros boisduvalii* (Herrich-Schäffer, 1844): «*Lycaena Boisduvalii*» [Herrich-Schäffer, 1844: 121]; «*Lycaena Eros* Var...Boisduvalii, HS.» [Krulikovskiy, 1891: 223 (in Russian)]; «*Polyommatus boisduvali* (Herrich-Schäffer, 1844)»

[Korshunov, 2002: 161, 385 (in Russian)].
 – *Polyommatus eros erotides* (Staudinger, 1892) **stat. rev.:**
 «*Lyc. [aena] Eros O. var. Erotides* Stgr.» [Staudinger, 1892: 319];
 «*Polyommatus ... eros ... sbsp. erotides* Stgr.» [Korshunov, 1972: 363 (in Russian)].
 «*Polyommatus erotides* (Staudinger, 1892)» [Korshunov, 2002: 161, 385 (in Russian)].

– *Polyommatus eros menelaos* Brown, 1976 **stat. nov.:**
 «*Polyommatus menelaos* sp. nov.» [Brown, 1976: 82].

Because *P. eros eroides* is a subspecies of *P. eros*, the taxon «*orientalis*» also becomes a subspecies of *P. eros*:

– *Polyommatus eros orientalis* **comb. nov.:**
 «*Polyommatus eroides* ssp. n. *orientalis*» [Krzywicki, 1983: 401].

P. forsteri from Iran is very similar to *P. eros* in morphology, but these taxa are markedly different in COI- and ITS2 sequences. Therefore we suggest that *P. forsteri* is a distinct species.

The taxa *P. eros sichuanicus*, *P. erotides tartarus* and *P. tsvetajevi* are very similar genetically but form a separate cluster from *P. eros* in the single gene and combined analyses. Therefore we suggest to combine *P. eros sichuanicus*, *P. erotides tartarus* and *P. tsvetajevi* into a distinct species. According to our research the valid species name for this taxon is *Polyommatus amorata* (Alpheraky, 1897) **comb. nov., stat. nov.**, a taxon which was originally described as *Lycaena Eros* var. *Amorata* Alph. nova. Its type series is in the museum of the Zoological Institute in St. Petersburg. We designate the specimen with the following label as lectotype: “Sytschuan Mao-Djoov. 26 VIII” is written on the upperside and “Potanin 1893” on the underside of the label.

The lectotypes of *P. amorata* and “*P. eros sichuanicus*” are very similar morphologically and these taxa appear to have identical areas of distribution. Therefore we propose the following synonymy:

– *Polyommatus amorata* (Alpheraky, 1897) = *P. eros sichuanicus* Murayama, 1983 **syn. nov.**

P. amorata contains two subspecies which appear to have some differences in sequences and wing patterns and are distributed in different areas:

– *Polyommatus amorata tartarus* (Fruhstorfer, 1916) **comb. nov.:**

«*Lycaena tithonus tartarus subsp. nov.*» [Fruhstorfer, 1916: 19];

«*Polyommatus erotides tartarus* (Fruhstorfer, 1916)» [Huang, 1999: 659].

– *Polyommatus amorata tsvetajevi* (Kurentzov, 1970) **stat. nov.:**

«*Lycaena tsvetaevi* sp. n.» [Kurentzov 1970: 137 (in Russian)];

«*Polyommatus tsvetaevi* (Kurentzov, 1970)» [Korshunov, 2002: 161, 385 (in Russian)].

We conclude that the combined analysis of two independent mitochondrial and nuclear genetic markers enabled to resolve the taxonomy of a group of closely related species whose classification had been confused due to the shortage of available morphological characters.

Введение

В настоящее время широко распространена концепция использования в качестве универсального маркера видовой идентификации организмов фрагмента митохондриальной ДНК, кодирующего первую

субъединицу фермента цитохромоксидаза – COI [Hebert et. al, 2003]. Однако показано, что в некоторых случаях при использовании только гена COI в качестве маркера возможно получение как ложноположительных, так и ложноотрицательных таксономических результатов [Wiemers, Fiedler, 2007]. Для получения более надежных и адекватных результатов было предложено использование как минимум двух маркеров для одного биологического объекта. Причем, эти маркеры должны быть несцепленными друг с другом в одной молекуле ДНК, например митохондриальной. В качестве второго маркера, независимого от митохондриального гена COI, признано целесообразным использовать ядерную последовательность ДНК, например такую, как internal transcribed spacer 2 – ITS2 [Лухтанов, Шаповал, 2007].

В этой связи, для более объективной трактовки филогении голубянок подрода *Polyommatus* (s. str.), представленной ранее [Wiemers, 2003; Водолажский, Страдомский, 2008a, b], нами был проведен комбинированный анализ двух маркеров представителей *Polyommatus* (s.str.): митохондриального – COI и ядерного – ITS2.

Материалы и методы

Локализация и характеристики изученных экземпляров *Polyommatus* представлены на карте (рис. 1) и в Приложении 1.

Исследования проведены на базе научной группы молекулярной биологии Южного научного центра РАН (г. Ростов-на-Дону) и кафедры популяционной экологии Венского университета.

Суммарная ДНК выделялась с использованием фенол/хлороформного метода экстракции. Участки генов COI митохондриальной ДНК и ITS2 ядерной ДНК амплифицировали с использованием метода полимеразной цепной реакции (ПЦР).

Получение ПЦР-продуктов генов COI и ITS2 экземпляров серий DB, JC, MW и RU осуществляли с помощью праймеров, описанных Wiemers [2003: 38, 39]. Праймеры, использованные для получения ПЦР-продуктов гена COI экземпляров серии ILL, представлены в работе [Водолажский, Страдомский, 2008a: 125]. Для получения ПЦР-продуктов гена ITS2 экземпляров серии ILL применяли следующие праймеры: прямой (PiF 5'-GGG CCG GCT GTA TAA AAT CAT A -3') и обратный (PiR 5'-AAA AAT TGA GGC AGA CGC GAT A -3').

Параметры методов амплификации и секвенирования, а также определения и анализа первичных нуклеотидных последовательностей, описаны в работах [Wiemers, 2003; Водолажский, Страдомский, 2008a].

Отличия первичных нуклеотидных последовательностей определялись количественно с использованием метода байесовских преобразований [Huelsenbeck, Ronquist, 2001] и графически представлялись в виде дендрограмм.

В качестве внешней группы при построении филогенетических моделей использовали нуклеотидные последовательности *Polyommatus (Plebicula) amandus* (Schneider, [1792]).

Результаты и обсуждение

В данном исследовании с помощью метода байесовских преобразований проведен сравнительный анализ двух несцепленных между собой генетических маркеров бабочек-голубянок подрода *Polyommatus* (s. str.). В качестве маркеров использовали первичную нуклеотидную последовательность митохондриального гена COI, кодирующего первую субъединицу фермента цитохромоксидазы, а также ядерную нуклеотидную последовательность ITS2 – внутренний транскрибируемый спейсер 2 (internal transcribed spacer 2). В исследовании использовано 27 экземпляров голубянок *Polyommatus* (s. str.),

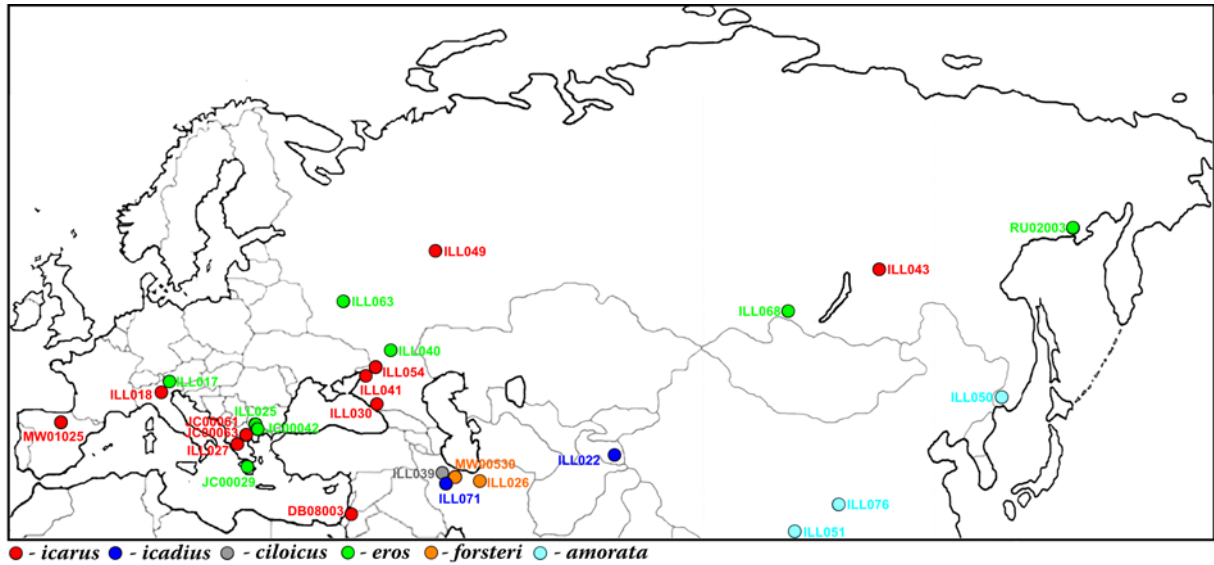


Рис. 1. Локализация изученных экземпляров *Polyommatus* (см. Приложение 1).
Fig. 1. Collecting localities of examined specimens of *Polyommatus* (see Appendix 1).

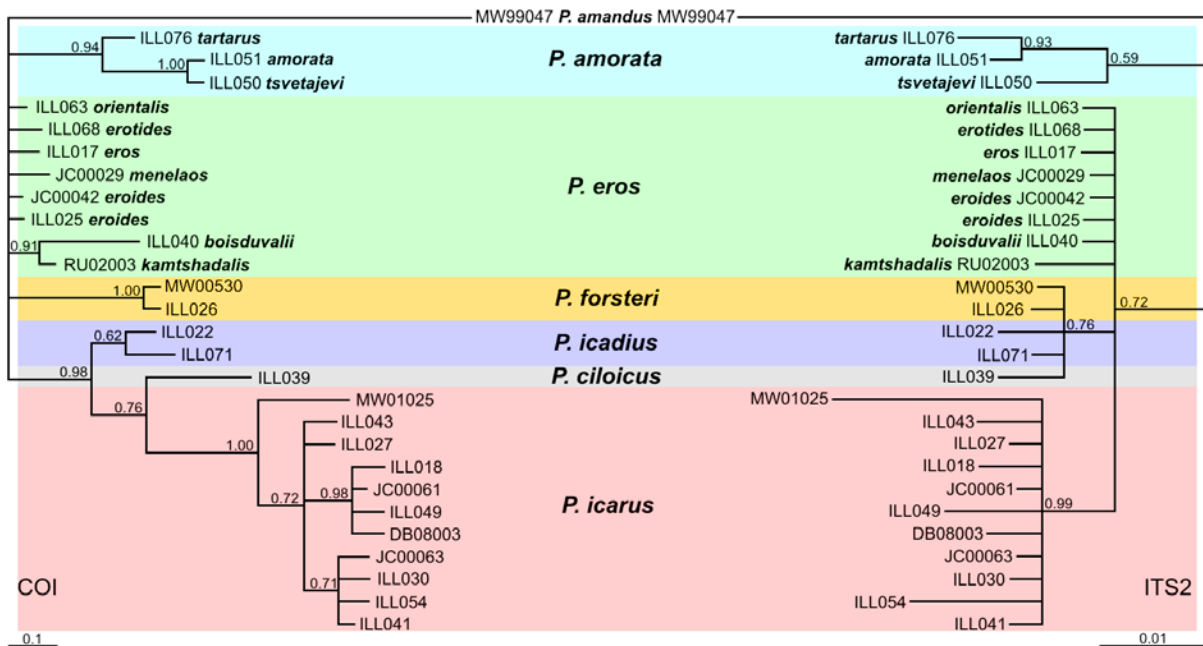


Рис. 2. *Polyommatus* (s. str.): филогенетические деревья, полученные методом байесовских преобразований на основании анализа нуклеотидных последовательностей фрагментов митохондриального гена COI и ядерной нуклеотидной последовательности ITS2.

Fig. 2. Phylogenetic trees of *Polyommatus* (s. str.) inferred from nucleotide sequences of cytochrome c oxidase I (COI) and internal transcribed spacer 2 (ITS2).

COI: Bayesian Inference tree of 28 *Polyommatus* specimens inferred from 709bp of COI.

The 50% majority consensus tree was recovered from 19962 Bayesian trees sampled during two independent runs under the HKY+I+ Γ model for DNA substitution over 1000000 generations. (A total of 10001 trees were sampled in each run of which the first 20 trees were discarded).

ITS2: Bayesian Inference tree of 28 *Polyommatus* specimens inferred from 565bp of ITS2.

The 50% majority consensus tree was recovered from 19882 Bayesian trees sampled during two independent runs under the HKY+I model for DNA substitution under 1000000 generations. (A total of 10001 trees were sampled in each run of which the first 60 trees were discarded).

Posterior probabilities are shown at the nodes of recovered branches.

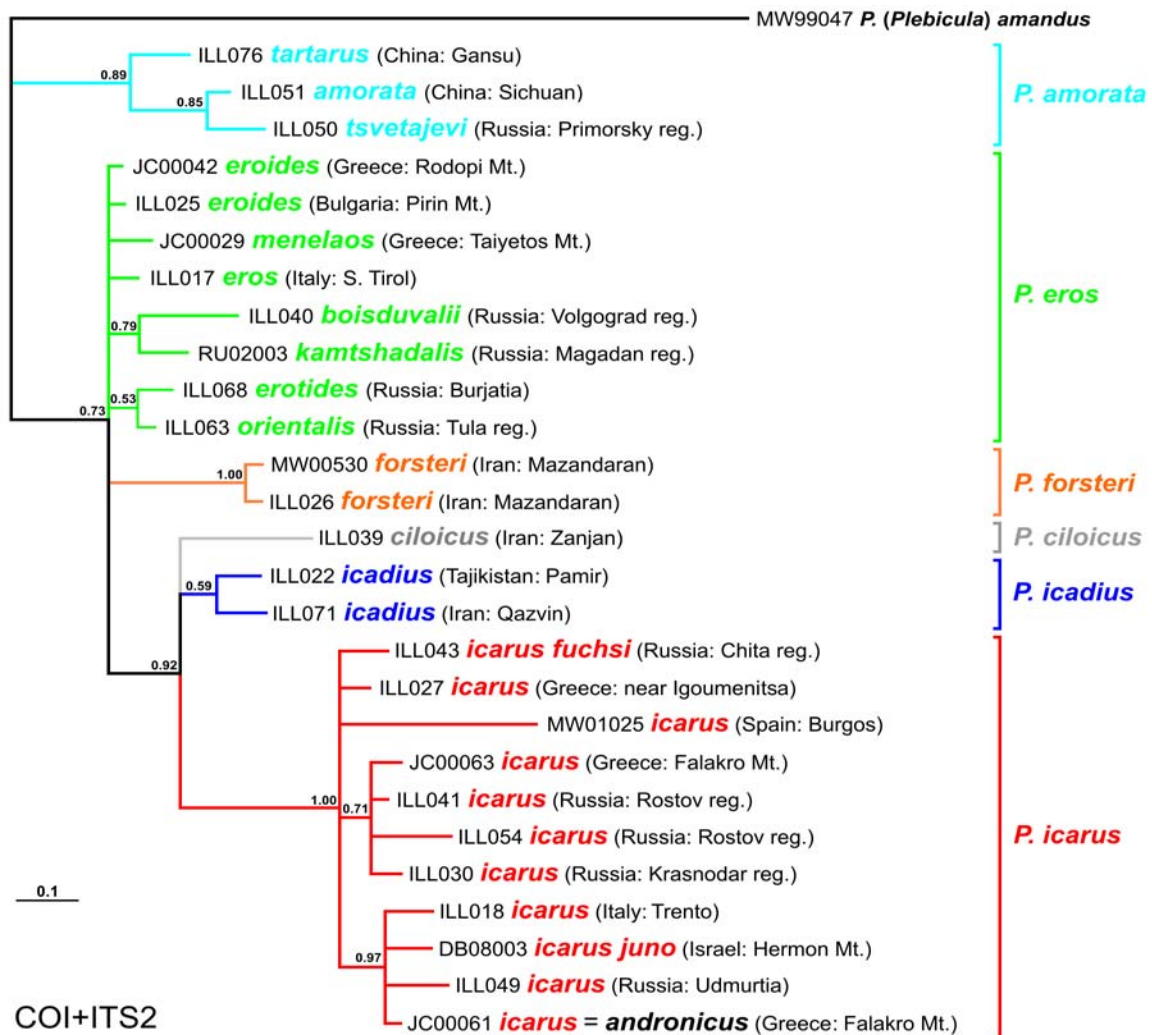


Рис. 3. *Polyommatus* (s. str.): филогенетическое дерево, полученное методом байесовских преобразований на основании анализа объединенных нуклеотидных последовательностей фрагментов митохондриального гена COI и ядерной нуклеотидной последовательности ITS2.

Fig. 3. Phylogenetic tree of *Polyommatus* (s. str.) inferred from the combined data set of two genes (COI+ITS2). The Bayesian Inference tree results from a partitioned analysis, with one partition for each gene and all parameters (except topology and branch lengths) unlinked across partitions, using the HKY+I+Γ substitution model for the COI partition and the HKY+I model for the ITS2 partition. The 50% majority consensus tree was recovered from 19932 Bayesian trees sampled during two independent runs over 1000000 generations. (A total of 10001 trees were sampled in each run of which the first 35 trees were discarded.)

Posterior probabilities are shown at the nodes of recovered branches.



Рис. 4. *Polyommatus amorata*: самцы, верхняя и нижняя сторона.

Fig. 4. *Polyommatus amorata*: males, upperside and underside.

относящихся к 17 таксонам видового или подвидового статуса (приведенная ниже таксономия соответствует современному состоянию):

- *P. andronicus* Coutsis et Ghavalas, 1995;
- *P. boisduvalii* (Herrich-Schäffer, 1844) [Коршунов, 2002: 161, 385];
- *P. ciloicus* Freina et Witt, 1983;
- *P. eroides orientalis* Krziewitzky, 1983;
- *P. eros* (Ochsenheimer, 1808);
- *P. eros eroides* (Frivaldszky, 1835) [Settele et al., 2008: 30; Водолажский, Страдомский, 2008a: 126];
- *P. eros kamtshadalis* (Sheljuzhko, 1933) [Водолажский, Страдомский, 2008b: 238];
- *P. eros sichuanicus* Murayama, 1983;
- *P. erotides* (Staudinger, 1892);
- *P. erotides tartarus* (Fruhstorfer, 1916) [Huang, 1999: 659];
- *P. forsteri* (Pfeiffer, 1938);
- *P. icadius* (Grum-Grshimailo, 1890);
- *P. icarus* (Rottemburg, 1775);
- *P. icarus fuchsi* (Sheljuzhko, 1928);
- *P. icarus junio* Hemming, 1933 [Benyamini, 1993: 181];
- *P. menelaos* Brown, 1976;
- *P. tsvetajevi* (Kurentzov, 1970).

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о полной симметричности филогенетических деревьев, полученных для генов COI и ITS2 (рис. 2). Модель, полученная для комбинации обоих изученных генов (COI+ITS2), позволила выделить ряд отдельных кластеров для изученных видов (рис. 3).

В одну из таких групп объединены экземпляры, характеризующиеся как *P. icarus* и образующие отдельную ветвь на дендрограмме. Высокий уровень однородности последовательностей ДНК генов COI и ITS2 свойственен представителям различных подвидов: *P. icarus icarus*, *P. icarus fuchsia*, *P. icarus junio* на территории практически всего Палеарктического региона (от Пиренейского полуострова до Забайкалья). Необходимо отметить также, что таксон *P. andronicus* характеризуется практически идентичными *P. icarus* последовательностями генов как COI, так и ITS2. На основании этих фактов, а также принимая во внимание симпатричность обитания с *P. icarus*, приходится констатировать, что *Polyommatus icarus* (Rottemburg, 1775) = *P. andronicus* Coutsis et Ghavalas, 1995 **syn. nov.**

Обособленные ветви на дендрограмме образуют такие таксоны, как *P. ciloicus* и *P. icadius*, что позволяет считать их обособленными самостоятельными видами. Причем впервые показано наличие представителей *P. icadius* на территории Ирана.

Комбинированный анализ митохондриального и ядерного маркеров смог в значительной степени упорядочить таксономию группы *P. eros*. Ранее с помощью анализа маркера COI было показано [Водолажский, Страдомский, 2008a, b], что *P. eroides* и *P. kamtshadalis* не могут быть характеризованы как самостоятельные виды, а являются лишь подвидами *P. eros*: *P. eros eroides* и *P. eros kamtshadalis*. Эта концепция была дополнительно подтверждена комбинированным анализом с использованием двух маркеров (COI+ITS2). Кроме того, исследование последовательностей ITS2 показало их идентичность у таких таксонов, как *P. eros*, *P. boisduvalii*, *P. erotides*, *P. menelaos* и *P. eroides orientalis*. Незначительные различия в последовательностях гена COI, выявленные для этих таксонов ранее, полностью

нивелируются результатами комбинированного анализа двух независимых генов. Таким образом, необходимо понизить статус ряда таксонов, подчинив их *P. eros*:

- *Polyommatus eros boisduvalii* (Herrich-Schäffer, 1844): «*Lycaena Boisduvalii*» [Herrich-Schäffer, 1844: 121]; «*Lycaena Eros* Var...Boisduvalii, HS.» [Круликовский, 1891: 223]; «*Polyommatus boisduvalii* (Herrich-Schäffer, 1844)» [Коршунов, 2002: 161, 385].
- *Polyommatus eros erotides* (Staudinger, 1892) **stat. rev.**: «*Лyc.[aena] Eros* O. var. *Erotides* Stgr.» [Staudinger, 1892: 319]; «*Polyommatus ... eros ... sbsp. erotides* Stgr.» [Коршунов, 1972: 363]. «*Polyommatus erotides* (Staudinger, 1892)» [Коршунов, 2002: 161, 385].
- *Polyommatus eros menelaos* Brown, 1976 **stat. nov.**: «*Polyommatus menelaos* sp. nov.» [Brown, 1976: 82].

Кроме того, в связи с понижением статуса таксона *P. eroides* до подвидового *P. eros eroides* необходимо переподчинить таксон «*orientalis*»:

- *Polyommatus eros orientalis* **comb. nov.**: «*Polyommatus eroides* ssp. n. *orientalis*» [Krzewicki, 1983: 401].

Морфологически близкие к представителям *P. eros* экземпляры *P. forsteri* имеют, тем не менее, значимые отличия от *P. eros* в последовательностях как COI, так и ITS2 маркеров. Таким образом, необходимо признать видовой самостоятельность таксона *P. forsteri*.

Таксоны *P. eros sichuanicus* и *P. erotides tartarus* также имеют значительные отличия маркеров COI и ITS2 от *P. eros* и образуют вместе с *P. tsvetajevi* отдельную группу с незначительной внутренней вариабельностью генных маркеров. В этой связи необходимым является объединение этих таксонов в статусе подвидов в рамках одного таксона видового ранга. Наши дополнительные исследования показали, что валидным видовым названием этого таксона следует признать *Polyommatus amorata* (Alpheraky, 1897) **comb. nov., stat. nov.**, соответствующим описанному С. Алфераки в 1897 *Lycaena Eros* var. *Amorata* [Alpheraky, 1897: 113]. Типовая серия бабочек, описанных Алфераки, хранится в музее Зоологического института РАН (г. Санкт-Петербург). В серии нами выделен лектотип *P. amorata* (рис. 4) – самец с 3-мя этикетками: 1. Белая этикетка прямоугольной формы, на одной стороне в черной рамке прописью: Sytschuan Mao-Djoov. 26 VIII. На обороте напечатано: Potanin 1893. 2. Этикетка прямоугольной формы с напечатанной надписью на красном фоне: Lectotype *Lycaena eros amorata* Alpheraky, 1897. 3. Белая этикетка прямоугольной формы с напечатанной надписью: *Polyommatus amorata* (Alpheraky, 1897).

Морфологически с лектотипом *P. amorata* сходен «*P. eros sichuanicus*» (рис. 4), имеющий одинаковый ареал с *P. amorata*. В этой связи необходимо констатировать: *Polyommatus amorata* (Alpheraky, 1897) = *P. eros sichuanicus* Murayama, 1983 **syn. nov.**

Помимо номинативного подвида, в составе *P. amorata* необходимо выделять в подвидовом статусе также следующие таксоны, характеризующиеся определенной спецификой генных маркеров, морфологических признаков и ареалов обитания:

- *Polyommatus amorata tartarus* (Fruhstorfer, 1916) **comb. nov.:**
«*Lycaena tithonus tartarus subsp. nov.*» [Fruhstorfer, 1916: 19];
«*Polyommatus erotides tartarus* (Fruhstorfer, 1916)» [Huang, 1999: 659].
- *Polyommatus amorata tsvetajevi* (Kurentzov, 1970) **stat. nov.:**
«*Lycaena tsvetajevi sp. n.*» [Куренцов А.И. 1970: 137];
«*Polyommatus tsvetaevi* (Kurentzov, 1970)» [Коршунов, 2002: 161, 385].

Таким образом, применение комбинированного анализа несцепленных митохондриальных и ядерных маркеров ДНК может способствовать объективному решению сложных и неоднозначных таксономических вопросов, особенно в случае отсутствия четких морфологических критериев.

Благодарности

Авторы выражают благодарность В.А. Лухтанову (г. Санкт-Петербург) за оказанную методологическую помощь, В. Gottsberger (Австрия) за помощь в проведении лабораторных исследований, а также Д. Benyamini (Израиль), W. ten Hagen (Германия), Л.В. Большакову (г. Тула), А.В. Крюкову (г. Киров), В.С. Окулову (г. Ижевск) и В.К. Тузову (г. Москва) за помощь с набором материала.

Литература

- Водолажский Д.И., Страдомский Б.В. 2008а. Исследование филогенеза подрода *Polyommatus* (s. str) Latreille, 1804 (Lepidoptera: Lycaenidae) с использованием маркеров мтДНК. Часть I // Кавказский энтомологический бюллетень. 4(1): 123-130.
- Водолажский Д.И., Страдомский Б.В. 2008b. Исследование филогенеза подрода *Polyommatus* (s. str) Latreille, 1804 (Lepidoptera: Lycaenidae) с использованием маркеров мтДНК. Часть II // Кавказский энтомологический бюллетень. 4(2): 237-242.
- Коршунов Ю.П. 1972. Каталог булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera: Rhopalocera) Фауны СССР // Энтомологическое обозрение.

- LI(2): 352-368.
- Коршунов Ю.П. 2002. Булавоусые чешуекрылые Северной Азии. М.: Товарищество научных изданий КМК. 424 с.
- Круликовский Л. 1891. Опыт каталога чешуекрылых Казанской губернии. I. Rhopalocera. // Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou. IV: 200-251.
- Куренцов А.И. 1970. Булавоусые чешуекрылые Дальнего Востока СССР. (Определитель). Л.: Наука. 164 с.
- Alpheraky S. 1897. Lepidopteres des provinces chinoises Se-Tchouen et Kham recueillis, en 1893, par M-r G.N.Potanine // Memoires sur les Lepidopteres, rediges par N. M. Romanoff, Saint-Petersbourg. 9: 89 – 149.
- Benyamini D. 1993. The butterflies of Mt Hermon (*Lepidoptera: Rhopalocera and Hesperiiidae*) // Linneana Belgica. XIV(4): 167-204.
- Brown J. 1976. Notes regarding previously undescribed European taxa of the genera *Agrodiaetus* Hübner, 1822 and *Polyommatus* Kluk, 1801 (Lep., Lycaenidae). // Entomologist's Gazette. 27: 77-84.
- Fruhstorfer H. 1916. Neue paläarktische Lycaeniden // Entomologische Rundschau. 33(5): 18-19.
- Hebert P.D., Cywinska A, helley L. Ball S.L., deWaard J.R. 2003. Biological identifications through DNA barcodes // Proceedings of the Royal Society. Ser. B. London. V. 270: 313-321.
- Herrich-Schäffer G. A. W. (1843-1856) [1852]. Systematische Bearbeitung der Schmetterlinge von Europa, zugleich als Text, Revision und Supplement zu Jakob Hübner's Sammlung europäischer Schmetterlinge. G. J. Manz: Regensburg. 6 vols.
- Huang H. 1999. Some new butterflies from China – 1. (Rhopalocera). Lambillionea. XCIX(4): 642-676.
- Huelsbeck J.P., Ronquist F. 2001. MrBayes: Bayesian inference of phylogenetic trees // Bioinformatics Applications. 17: 754-755.
- Krzywicki M. 1983. Eine neue Unterart von *Polyommatus eroides* (Frivaldszky, 1835) aus Polen (*Lepidoptera, Lycaenidae*) // Polskie pismo entomologiczne. 53: 401-404.
- Settle J., Kudrna O., Harpke A., Kuehn I., van Swaay C., Verovnik R., Warren M., Wiemers M., Hanspach J., Hickler T., Kuehn E., van Halder I., Veling K., Vliegenthart A., Wynhoff I., Schweiger O. 2008. Climatic Risk Atlas of European Butterflies. Biorisk 1 (Special Issue). Sofia-Moscow. 710 p.
- Staudinger O. 1892. Lepidopteren des Kentei-Gebirges // Deutsche Entomologische Zeitschrift "Iris". 5: 300-393.
- Wiemers M. 2003. Chromosome differentiation and the radiation of the butterfly subgenus *Agrodiaetus* (Lepidoptera: Lycaenidae: *Polyommatus*) – a molecular phylogenetic approach. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität. Bonn. 203 ss.
- Wiemers M., Fiedler K. 2007. Does the DNA barcoding gap exist? – a case study in blue butterflies (Lepidoptera: Lycaenidae) // Frontiers in Zoology. 4(8). 16 pp.

Приложение 1. Характеристика исследованных экземпляров *Polyommatus*. Appendix 1. List of the studied specimens of *Polyommatus*.

Species	Voucher No.	Locality	COI sequence	ITS2 sequence
<i>P. amandus</i>	MW99047	Turkey: Köşkköy, 1900 m, Erzurum	GenBank: AY557035	GenBank: AY556661
<i>P. amorata</i>	ILL050 ILL051 ILL076	Russia: Suchodol riv, 30 m, Primorsky reg. China: 2500 m., S.-W. Sichuan China: Wudu distr., 2000 m, S. Gansu	Appendix 2 Appendix 2 Appendix 2	Appendix 3 Appendix 3 Appendix 3
<i>P. ciloicus</i>	ILL039	Iran: S.Suleyman 2300 m, Zanjan	GenBank: FJ431282	Appendix 3
<i>P. eros</i>	ILL017 ILL025 ILL040 ILL063 ILL068 JC00029 JC00042 RU02003	Italy: Taufers, 1500 m, S.Tirol Bulgaria: Dibrinishte, 1500-1600 m, Pirin Mt. Russia: Ilovlya, 40 m, Volgograd reg. Russia: Fedyashevo vill., 220 m, Tula reg. Russia: E. Savan, Tissa riv., 1500 m, Burjatia Greece: 1180-1200 m, Taiyetos Mt., Greece: Rodopi Mt., 1200 m, Macedonia Russia: Sokol vill., 300 m, Magadan reg.	GenBank: EU597138 GenBank: EU597146 GenBank: FJ428804 GenBank: FJ435341 Appendix 2 GenBank: AY556854 GenBank: AY556857 Appendix 2	Appendix 3 Appendix 3 Appendix 3 Appendix 3 Appendix 3 GenBank: AY556723 GenBank: AY556726 Appendix 3
<i>P. forsteri</i>	ILL026 MW00530	Iran: Z.Elbur, Alam Kuh, 3600 m, Mazandaran Iran: Takht-e Suleyman, 3500-3700 m, Mazandaran	GenBank: FJ428814 GenBank: AY556938	Appendix 3 GenBank: AY556598
<i>P. icadius</i>	ILL022 ILL071	Tajikistan: Lake Dunkeldy, 4100 m, S.-E. Pamir Iran: Ambarlesh, 2900 m, Qazvin	GenBank: EU597143 Appendix 2	Appendix 3 Appendix 3
<i>P. icarus</i>	DB08003 ILL018 ILL027 ILL030 ILL041 ILL043 ILL049 ILL054 JC00061 JC00063 MW01025	Israel: 2050 m, Hermon Mt. Italy: 500 m, near Trento Greece: Dodoni, 450 m, near Igoumenitsa Russia: Sochi, 100 m, Krasnodar reg. Russia: Dugino, Azov distr., 0 m, Rostov reg. Russia: Nov. Chara, 750 m, Chita reg. Russia: Zav'yalovsky, 130 m, Udmurtia Russia: Belokalitvensky distr., 50 m, Rostov reg. Greece: Falakro Mt., 1650 m, Macedonia Greece: Falakro Mt., 1650 m, Macedonia Spain: Ubierna, 900 m, Burgos	Appendix 2 GenBank: EU597139 GenBank: FJ428819 GenBank: FJ428821 GenBank: FJ428822 GenBank: FJ428818 GenBank: FJ428825 Appendix 2 GenBank: AY556864 GenBank: AY556866 GenBank: AY556949	Appendix 3 Appendix 3 Appendix 3 Appendix 3 Appendix 3 Appendix 3 Appendix 3 Appendix 3 GenBank: AY556731 GenBank: AY556732 GenBank: AY556606

Приложение 2. Последовательности ДНК митохондриального гена COI изученных экземпляров *Polyommatus* (s. str.).

Appendix 2. The COI DNA sequences from the studied specimens of *Polyommatus* (s. str.).

Voucher No. DB08003

```

1 TGGAGTTTGA GCAGGAATAG TAGGAACATC ATTAAGAATT CTAATTTCGA TAGAATTGAG
61 AACCCCTGGA TCAATTAATG GAGATGATCA AATTTATAAT ACTATCGTTA CAGCTCATGC
121 ATTTTATATA ATTTTTTTTA TAGTATATACC CATTATAAAT GGAGGATTTG GAACTGATTT
181 AGTTCCSTTTA ATATTAGGAG CACCTGACAT AGCCTTCCCT CGATTAAATA ATAAAGGATT
241 CTGATTATTA CCTCCATCAT TGATTTCACT AATTTCTAGA AGAATTGTAG AAAATGGGGC
301 AGGAACAGGA TGAACAGTIT ATCCCCCACT TTCACTTAAT ATTGCACACA GAGGATCTTC
361 TGTAGATTTA GCAATTTTCT CTCTCATTTT AGCTGGAATT TCCTCAATTT TAGGAGCAAT
421 TAAATTTTAT ACAAATATCA TTAATATACG AGTAAATAAT TTATCTTTTG ACCTAAATTC
481 ATTATTTTAT TGACGAGTAG GAATACAGAC ATTTATATTA CTTTATCTTT TACCTGTATT
541 AGCTGGAGCA ATTAATATAT TATTAACSTA TCGAAACCTC AATACCTCAT TCCTTGATCC
601 AGCTGGAGGA GGAGATCCA TTTTATATCA ACATTTATTT
    
```

Voucher No. ILL050

```

1 AATCATAAAG ATATTGGAAC ATTATACCTT ATTTTTGGAA TTTGGGCAGG AATAGTAGGA
61 ACATCATTAA GAATTTCTAAT TCGTATAGAA TTAAGAACTC CTGGATCCTT AATTGGAGAT
121 GACCAAAATTT ATAATACTAT TGTTACAGCT CATGCATTTA TTATAATTTT TTTTATAGTT
181 ATACCCATTA TAATCGGAGG GTTTGGTAACT TGATTAGTTC CTTTAATATT GGGGGCACCT
241 GATATAGCCT TCCTCGATT AAATAATATA AGATTTTGTAT TATTACCTCC ATCATTGATA
301 CTAATAATTT CTAGGAGAAT TGTAAGAAAT GGAGCAGGAA CAGGATGAAC AGTTTACCCC
361 CCACTTTTCA CTAATATTGC ACACAGAGGA TCTTCTGTAG ATTTAGCAAT TTTCTCTCTT
421 CATTTAGCTG GAAATTTCTC AATTTTAGGA GCAATTAATT TTATTACAAC TATTTATTAAT
481 ATACGAGTAA ATAATTTATC CTTTGTATCAA ATATCATTAT TTATTTGAGC AGTAGGAATT
541 ACAGCATTAT TATTACTTTT ATCT
    
```

Voucher No. ILL051

```

1 AATCATAAAG ATATTGGAAC ATTATACCTT ATTTTTGGAA TTTGGGCAGG AATAGTAGGA
61 ACATCATTAA GAATTTCTAAT TCGTATAGAA TTAAGAACTC CTGGATCCTT AATTGGAGAT
121 GACCAAAATTT ATAATACTAT TGTTACAGCT CATGCATTTA TTATAATTTT TTTTATAGTT
181 ATACCCATTA TAATCGGAGG GTTTGGTAACT TGATTAGTTC CTTTAATATT GGGGGCACCT
241 GATATAGCCT TCCTCGATT AAATAATATA AGATTTTGTAT TATTACCTCC ATCATTGATA
301 CTAATAATTT CTAGGAGAAT TGTAAGAAAT GGAGCAGGAA CAGGATGAAC AGTTTACCCC
361 CCACTTTTCA CTAATATTGC ACACAGAGGA TCTTCTGTAG ATTTAGCAAT TTTCTCTCTT
421 CATTTAGCTG GAAATTTCTC AATTTTAGGA GCAATTAATT TTATTACAAC TATTTATTAAT
481 ATACGAGTAA ATAATTTATC CTTTGTATCAA ATATCATTAT TTATTTGAGC AGTAGGAATT
541 ACAGCATTAT TATTACTTTT ATCTTTACCT GTATTAGCTG GAGCAATTAC TATATTATTA
601 ACTGATC
    
```

Voucher No. ILL054

```

1 AATCATAAAG ATATTGGAAC ATTATACCTT ATTTTTGGAG TTTGAGCAGG AATAGTAGGA
61 ACATCATTAA GAATTTCTAAT TCGTATAGAA TTAAGAACTC CTGGATCATT GATTGGAGAT
121 GATCAAAATTT ATAATACTAT CGTTACAGCT CATGCATTTA TTATAATTTT TTTTATAGTT
181 ATACCCATTA TAATTTGGAGG GTTTGGTAACT TGATTAGTTC CTTTAATATT AGGAGCACCT
241 GACATAGCCT TCCTCGATT AAATAATATA AGATTTCTGAT TATTACCTCC ATCATTGATA
301 CTAATAATTT CTAGGAGAAT TGTAAGAAAT GGAGCAGGAA CAGGATGAAC AGTTTACCCC
361 CCACTTTTCA CTAATATTGC ACACAGAGGA TCTTCTGTAG ATTTAGCAAT TTTCTCTCTT
421 CATTTAGCTG GAAATTTCTC AATTTTAGGA GCAATTAATT TTATTACAAC TATTTATTAAT
481 ATACGAGTAA ATAATTTATC CTTTGTATCAA ATATCATTAT TTATTTGAGC AGTAGGAATT
541 ACAGCATTAT TATTACTTTT ATCTTTACCT GTATTAGCTG GAGCAATTAC TATATTATTA
601 ACGGATC
    
```

Voucher No. ILL068

```

1 AATCATAAAG ATATTGGAAC ATTATACCTT ATTTTTGGAA TTTGAGCAGG AATAGTAGGA
61 ACATCATTAA GAATTTCTAAT TCGTATAGAA TTAAGAACTC CTGGATCCTT AATTGGAGAT
121 GATCAAAATTT ATAATACTAT TGTTACAGCT CATGCATTTA TTATAATTTT TTTTATAGTT
181 ATACCCATTA TAATCGGAGG ATTTGGTAACT TGATTAGTTC CTTTAATATT AGGGGCACCT
241 GATATAGCCT TCCTCGATT AAATAATATA AGATTTTGTAT TATTACCTCC ATCATTGATA
301 CTAATAATTT CTAGGAGAAT TGTAAGAAAT GGAGCAGGAA CAGGATGAAC AGTTTACCCC
361 CCACTTTTCA CTAATATTGC ACACAGAGGA TCTTCTGTAG ATTTAGCAAT TTTCTCTCTT
421 CATTTAGCTG GAAATTTCTC AATTTTAGGA GCAATTAATT TTATTACAAC TATTTATTAAT
481 ATACGAGTAA ATAATTTATC CTTTGTATCAA ATATCATTAT TTATTTGAGC AGTGGGAATT
541 ACAGCATTAT TATTACTTTT AT
    
```

Voucher No. ILL071

```

1 AATCATAAAG ATATTGGAAC ATTATACCTT ATTTTTGGAA TTTGAGCAGG AATAGTAGGA
61 ACATCATTAA GAATTTCTAAT TCGTATAGAA TTAAGAACTC CTGGATCCTT AATTGGAGAT
121 GATCAAAATTT ATAATACTAT TGTTACAGCT CATGCATTTA TTATAATTTT TTTTATAGTT
181 ATACCCATTA TAATCGGAGG GTTTGGTAACT TGATTAGTTC CTTTAATATT AGGGGCACCT
241 GATATAGCCT TCCTCGATT AAATAATATA AGATTTTGTAT TATTACCTCC ATCATTGATA
301 CTAATAATTT CTAGGAGAAT TGTAAGAAAT GGAGCAGGAA CAGGATGAAC AGTTTACCCC
361 CCACTTTTCA CTAATATTGC ACACAGAGGA TCTTCTGTAG ATTTAGCAAT TTTCTCTCTT
421 CATTTAGCTG GAAATTTCTC AATTTTAGGA GCAATTAATT TTATTACAAC TATTTATTAAT
481 ATACGAGTAA ATAATTTATC CTTTGTATCAA ATATCATTAT TTATTTGAGC AGTAGGAATT
541 ACAGCATTAT TATTACTTTT ATCTTTACCT GTATTAGCTG GAGCAAT
    
```

Voucher No. ILL076

```

1 AATCATAAAG ATATTGGAAC ATTATACCTT ATTTTTGGAA TTTGAGCAGG AATAGTAGGA
61 ACATCATTAA GAATTTCTAAT TCGTATAGAA TTAAGAACTC CTGGATCCTT AATTGGAGAT
121 GATCAAAATTT ATAATACTAT TGTTACAGCT CATGCATTTA TTATAATTTT TTTTATAGTT
181 ATACCCATTA TAATCGGAGG GTTTGGTAACT TGATTAGTTC CTTTAATATT AGGGGCACCT
241 GATATAGCCT TCCTCGATT AAATAATATA AGATTTTGTAT TATTACCTCC ATCATTGATA
301 CTAATAATTT CTAGGAGAAT TGTAAGAAAT GGAGCAGGAA CAGGATGAAC AGTTTACCCC
361 CCACTTTTCA CTAATATTGC ACACAGAGGA TCTTCTGTAG ATTTAGCAAT TTTCTCTCTT
421 CATTTAGCTG GAAATTTCTC AATTTTAGGA GCAATTAATT TTATTACAAC TATTTATTAAT
481 ATACGAGTAA ATAATTTATC CTTTGTATCAA ATATCATTAT TTATTTGAGC AGTAGGAATT
541 ACAGCATTAT TATTACTTTT ATCTTTACCT GTATTAGCTG G
    
```

Voucher No. RU02003

```

1 TGACTTTTTT CTAACAATCA TAAAGATATT GGAACATTAT ACTTTATTTT TGGAAATTTGA
61 GCAGGAATAG TAGGAACATC ATTAAGAATT CTAATTTCGA TAGAATTGAG AACTCCTGGA
121 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGTAA
181 ATTTTATATA TAGTATATACC CATTATAATC GGAGGATTTG GTAAGTATTG AGTTCCSTTTA
241 ATATTAGGGG CACCTGACAT AGCCTTCCCT CGATTAAATA ATATAAGACT CTGATTTATA
301 CCCCACATCAT TGATGCTACT AATTTCTAGA AGAATTTGAG AAAATGGAGC AGGAACAGGA
361 TGAACAGTIT ACCCCCACTT TFCATCTAAT TTTGCACACA GAGGATCTTC TGTAGATTTA
421 GCAATTTTCT CTCTCATT AGCTGGAATT TCTTCAATTT TAGGAGCAAT TAAATTTTAT
481 TCAACTATTA TTAATATACG AGTAATAATC ACTTACTTTT ATCAAAATC ATTTATTTAT
541 TGAGCAGTAG GAATACAGC ATTTATTTA CTTTATCTT TACCTGTATT AGCTGGAGCA
601 ATTAATATAT TATTAACSTA TCGAAACCTC AATACCTCAT TCCTTGATCC AGCTGGAGCA
661 GGAGATCCA TTTTATATCA ACATTTATTT TGGTTTTTTG
    
```

Приложение 3. Последовательности ДНК ядерного гена ITS2 изученных экземпляров *Polyommatus* (s. str.).

Appendix 3. The ITS2 DNA sequences from the studied specimens of *Polyommatus* (s. str.).

Voucher No. DB08003

```

1 CAGGACCATT CCTGTCTGAG GGCCGGCTGT ATAAAAATCAT ATGCCACACT GTTCGTCTGT
61 GCGACGAACA ATTTGACGGTT CCGGACGGTG TCGCCCTGTG GTTTGGGTAC GTCACTGCCC
121 TGCCCGCCCT ACCGTGCGGT CCGTCAAAAT ATGAGACATA AATGTAAATC AACGTACCGT
181 GTCTGTGCGGT GTGTACGGTA GTCGCTCCAG GTCCGGCAGC TGCCGCGCTC CCGCCGACGC
241 CTCCGTGAAG GTGAAAAATTT TGCAGAGCGT ATTTATCGGC AGCGGGGGCT GCACGCGCTG
301 CGAACTGTGT CGTGCACGCG CAGAACCGCC TCGGTGTACA TCCTTTTTTTC TAACGAAGAA
361 AACACCACC TCGAAAAAC CTTTATATTA TATTGAAATA ATAGACAGTA GCGCCGACTCG
421 ACTGTCGGAAG GGCCGCGTGT GCAGCCGACG GTACCCGTTT ATTTGCGTGC CGAGGCGGGA
481 GTCTGTGCGC TGACGGATAT CGCCTCTGCC TCAATTTTTT ATCGTTGGCC TCAGATCAGG
541 GAGGATCACC
    
```

Voucher No. ILL017

```

1 ACTGTTCTGC TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGAGC GTGTCGGCCT TGTGTTTTGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGTAA
121 TATAAAGTTA TTAGCTGTGC GTGTTGTGTC GCGGTGCGGC ACGTGCAGCC GCGAGCGGCG
181 CTCCCGCCCG ACCTGCTGTC AAGGTGAAAA ATTTGCGGAG GCGATTATCG GCGAGCGGGG
241 GTGCAACGCG CGTGCAGCAG TGTCTGTCAG GCGCAGAACG CCGTGGCTGT ACACCTTTTT
301 TCCTAACGAA GAAAAACCCA CCGTGGAAAA CACTGTTATA TTTATTTGAA TAATAGACAG
361 TAGGGCGGCA CGACGTCGCA AGGGCGCTGC GTCCAGCCGC ACGTACCGAT TGAATTCGTT
421 CCGCGAGGCG GAGTGTGTC GCTGACGGA
    
```

Voucher No. ILL018

```

1 ACTGTTCTGC TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGAGC GTGTCGGCCT TGTGTTTTGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGTAA
121 TATAAAGTTA TTAGCTGTGC GTGTTGTGTC GCGGTGCGGC ACGTGCAGCC GCGAGCGGCG
181 CTCCCGCCCG ACCTGCTGTC AAGGTGAAAA ATTTGCGGAG GCGATTATCG GCGAGCGGGG
241 GTCGACGCGC CGTGCAGCAG TGTCTGTCAG GCGCAGAACG CCGTGGCTGT ACACCTTTTT
301 TCCTAACGAG GAAAAACCCA CCGTGGAAAA CACTGTTATA TTTATTTGAA TAATAGACAG
361 TAGGGCGGCA CGACGTCGCA AGGGCGCTGC GTCCAGCCGC GTGACGCGCC ACGTACCGTT
421 CCGGAGGCGG GAGTGTGTC GCTGACGGA
    
```

Voucher No. ILL022

```

1 ACTGTTCTGC TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGAGC GTGTCGGCCT TGTGTTTTGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGTAA
121 TATAAAGTTA TTAGCTGTGC GTGTTGTGTC GCGGTGCGGC ACGTGCAGCC GCGAGCGGCG
181 CCGTCCCGCG CCGACGCTCC GTGAAGTTGC AAAAATTTGCG AGAGCGATTA TCGGCGAGCG
241 GGGCGTGCAC GCGCGTCGAA GCGCGTGCAG TGTGTCGTC ACAGCGCGCA ACGCGCTGCG GTACACTCT
301 TTTTCTCAAC GAAGAAAAACA CCACCGTCGA AAACACTGTT ATTTATTTTG AAATGATAGA
361 CAGTAGGCGC ACTCGACGTC CCGAGGCGGC GTGTCGACG CCGACGTACC GATTGATTT
421 GGTCCGGAG GCGGAGTCTG TCGCTGTGAC GA
    
```

Voucher No. ILL025

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGACG GTGTCGGCCT TGTGTTTGGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGATA
121 TATAACGTTA CTGTGCTGTG GGTGTGTACG GTAGCGCGCT CGCGTCGGCG ACGTGCGCCG
181 CTCCCCCGCG ACGCTCCGTG AAGGTGAAAA ATTTGCGAGA GCGATTATCG GCGAGCGGGG
241 CGTGCAACGCG CGTCAAACCTG TGTCTGCGAC GCGCAGAACG CGCTGCGTGT ACACCTTTTT
301 CCTAACGAAG AAAACACCAC CGTGAAAAAC ACTGTTATAT TATTTGAAAT AATAGACAGT
361 AGGCGGACTC GACGTCGCGA AGGGCGCGTC TCGACGCCGA CGTACCATT GATTTCCGTC
421 GCGGAGGCGG AGTCGTTGCG CTGACGGGA

Voucher No. ILL026

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGACG GTGTCGGCCT TGTGTTTGGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGATA
121 TAATATAACG TTACGTGTGCG TGTGTTGTGT ACGGTAGCGC GCTCCGCTGC GCGACGTGCG
181 CCGCTCCCGC CGCAGCTCCG GTGAAGGTGA AAAATTTGCG AGAGCGATTA TCGGCAGCGC
241 GGGCGTGCAC GCGCGTGAAG CTGTGCTGTC GACGCGCAGA ACGCGCTGCG TGATCACTCT
301 TTTTCTTAAC GAAGAAAAAC CCACCTGCGA AAACACTGTT ATATTATTG AAATGATAGA
361 CAGTAGGCGC ACTCGAGCTC CGAAGGGCGC GTGCTGCGAC CCGACGTACC GATTGATTTG
421 GGTCGCGGAG GCGGAGTGTG TGCCTGACG GA

Voucher No. ILL027

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGACG GTGTCGGCCT TGTGTTTGGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGATA
121 TATAACGTTA CTGTGCTGTG GGTGTGTACG GTAGCGCGCT CGCGTCGGCG ACGTGCGCCG
181 CTCCCCCGCG ACGCTCCGTG AAGGTGAAAA ATTTGCGAGA GCGATTATCG GCGAGCGGGG
241 CGTGCAACGCG CGTCAAACCTG TGTCTGCGAC GCGCAGAACG CGCTGCGTGT ACACCTTTTT
301 TCCTAACGAA GAAAAACCCA CCGTCGAAAA CACTGTTATA TTATTTGAAA TAATAGACAG
361 TAGGCGGACT CGACGTCGGA AGGGCGCGTC GTGACGCCG ACGTACCATT TGATTTCCGT
421 GCGGAGGCGG GAGTCGTTGC GCTGACGGGA

Voucher No. ILL030

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGACG GTGTCGGCCT TGTGTTTGGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGATA
121 TATAACGTTA CTGTGCTGTG GGTGTGTACG GTAGCGCGCT CGCGTCGGCG ACGTGCGCCG
181 CTCCCCCGCG ACGCTCCGTG AAGGTGAAAA ATTTGCGAGA GCGATTATCG GCGAGCGGGG
241 CGTGCAACGCG CGTCAAACCTG TGTCTGCGAC GCGCAGAACG CGCTGCGTGT ACACCTTTTT
301 TCCTAACGAA GAAAAACCCA CCGTCGAAAA CACTGTTATA TTATTTGAAA TAATAGACAG
361 TAGGCGGACT CGACGTCGGA AGGGCGCGTC GTGACGCCG ACGTACCATT TGATTTCCGT
421 GCGGAGGCGG GAGTCGTTGC GCTGACGGGA

Voucher No. ILL039

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGACG GTGTCGGCCT TGTGTTTGGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGATA
121 TAATATAACG TTACGTGTGCG TGTGTTGTGT ACGGTAGCGC GCTCCGCTGC GCGACGTGCG
181 CCGCTCCCGC CGCAGCTCCG GTGAAGGTGA AAAATTTGCG AGAGCGATTA TCGGCAGCGC
241 GGGCGTGCAC GCGCGTGCAG CTGTGCTGTC GACGCGCAGA ACGCGCTGCG TGATCACTCT
301 TTTTCTTAAC GAATAAACA CCACCGTCGA AAACACTGTT ATATTATTG AAATGATAGA
361 CAGTAGGCGC ACTCGAGCTC CGAAGGGCGC GTGCTGCGAC CCGACGTACC GATTGATTTG
421 GGTCGCGGAG GCGGAGTGTG TGCCTGACG GA

Voucher No. ILL040

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGACG GTGTCGGCCT TGTGTTTGGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGATA
121 TATAACGTTA CTGTGCTGTG GGTGTGTACG GTAGCGCGCT CGCGTCGGCG ACGTGCGCCG
181 CTCCCCCGCG ACGCTCCGTG AAGGTGAAAA ATTTGCGAGA GCGATTATCG GCGAGCGGGG
241 CGTGCAACGCG CGTCAAACCTG TGTCTGCGAC GCGCAGAACG CGCTGCGTGT ACACCTTTTT
301 CCTAACGAAG AAAACACCAC CGTGCAAAAA ACTGTTATAT TATTTGAAAT AATAGACAGT
361 AGGCGGACTC GACGTCGCGA AGGGCGCGTC TCGACGCCGA CGTACCATT GATTTCCGTC
421 GCGGAGGCGG AGTCGTTGCG CTGACGGGA

Voucher No. ILL041

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGACG GTGTCGGCCT TGTGTTTGGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGATA
121 TATAACGTTA CTGTGCTGTG GGTGTGTACG GTAGCGCGCT CGCGTCGGCG ACGTGCGCCG
181 CTCCCCCGCG ACGCTCCGTG AAGGTGAAAA ATTTGCGAGA GCGATTATCG GCGAGCGGGG
241 CGTGCAACGCG CGTCAAACCTG TGTCTGCGAC GCGCAGAACG CGCTGCGTGT ACACCTTTTT
301 TCCTAACGAA GAAAAACCCA CCGTCGAAAA CACTGTTATA TTATTTGAAA TAATAGACAG
361 TAGGCGGACT CGACGTCGGA AGGGCGCGTC GTGACGCCG ACGTACCATT TGATTTCCGT
421 GCGGAGGCGG GAGTCGTTGC GCTGACGGGA

Voucher No. ILL043

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGACG GTGTCGGCCT TGTGTTTGGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGATA
121 TATAACGTTA CTGTGCTGTG GGTGTGTACG GTAGCGCGCT CGCGTCGGCG ACGTGCGCCG
181 CTCCCCCGCG ACGCTCCGTG AAGGTGAAAA ATTTGCGAGA GCGATTATCG GCGAGCGGGG
241 CGTGCAACGCG CGTCAAACCTG TGTCTGCGAC GCGCAGAACG CGCTGCGTGT ACACCTTTTT
301 TCCTAACGAA GAAAAACCCA CCGTCGAAAA CACTGTTATA TTATTTGAAA TAATAGACAG
361 TAGGCGGACT CGACGTCGGA AGGGCGCGTC GTGACGCCG ACGTACCATT TGATTTCCGT
421 GCGGAGGCGG GAGTCGTTGC GCTGACGGGA

Voucher No. ILL049

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGACG GTGTCGGCCT TGTGTTTGGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGATA
121 TATAACGTTA CTGTGCTGTG GGTGTGTACG GTAGCGCGCT CGCGTCGGCG ACGTGCGCCG
181 CTCCCCCGCG ACGCTCCGTG AAGGTGAAAA ATTTGCGAGA GCGATTATCG GCGAGCGGGG
241 CGTGCAACGCG CGTCAAACCTG TGTCTGCGAC GCGCAGAACG CGCTGCGTGT ACACCTTTTT
301 TCCTAACGAA GAAAAACCCA CCGTCGAAAA CACTGTTATA TTATTTGAAA TAATAGACAG
361 TAGGCGGACT CGACGTCGGA AGGGCGCGTC GTGACGCCG ACGTACCATT TGATTTCCGT
421 GCGGAGGCGG GAGTCGTTGC GCTGACGGGA

Voucher No. ILL050

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGGCG GTGTCGGCTG TGTGTTTGGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGATA
121 AATATAACGT TACGTGCTGT GGTGTGTGTA CGGTAGCGCG CTCGCGTCCG CGCAGCGCGC
181 CGCTCCCGCG CGACGTTCCG TGAAGGTGAA AAAATTTGCG GAGCGATTAT CGCGAGCGCG
241 GGGGTGCACG CGCGTCGAAC TGTGTCTGCG ACGCGCAGAA CGCGTGTGCT ACACTTTTTT
301 CTTGCAAGAA AAAACACCAC CGTGAAAAAC ACTGTTATAT TATTTGAAAT AATAGACAGT
361 AGGCGGACTC GACGTCGCGA AGGGCGCGTC TCGACGCCGA CGTACCATT GATTTCCGTC
421 GCGGAGGCGG AGTCGTTGCG CTGACGGGA

Voucher No. ILL051

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGGCG GTGTCGGCTG GCTTGTGTTT
61 GGGTACGCTA CGTCCCTGCC GCGCGCTCCG CGTGCCTGCC GTTCAAATAT GAGACATAAA
121 AATAAATAT AACTGTTACG GTGCTGTGTT GTGTACGGTA GCGCGTCCG GTCCGCGACG
181 TGCGCCGCTC CCGCGCGACG TTCCGTGAAG GTGAAAAATT TGCGAGAGCG ATCATCGCGG
241 AGGGGGGCGT GCACGCGCGT CGAACTGTGT CGTCGACGCG CAGAACGCGC TGCTACACT
301 TTTTCTTAA CGAAGAAAAAC ACCACGCTCG AAAACACTGT TATATATTT GAAATAATAG
361 CAGTAGGCGC GACTCGACTG GCGGAGGTCG GCTGCGTGC GCGGACGTAC GATTGATTTG
421 CGTCCGCGGA GCGGAGTGC TTGCGCTGAC GGA

Voucher No. ILL054

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGGCG GTGTCGGCTG TGTGTTTGGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGATA
121 TATAACGTTA CTGTGCTGTG GGTGTGTACG GTAGCGCGCT CGCGTCGGCG ACGTGCGCCG
181 CTCCCCCGCG ACGCTCCGTG AAGGTGAAAA ATTTGCGAGA GCGATTATCG GCGAGCGGGG
241 CGTGCAACGCG CGTCAAACCTG TGTCTGCGAC GCGCAGAACG CGCTGCGTGT ACACCTTTTT
301 TCCTAACGAA GAAAAACCCA CCGTCGAAAA CACTGTTATA TTATTTGAAA TAATAGACAG
361 TAGGCGGACT CGACGTCGGA AGGGCGCGTC GTGACGCCG ACGTACCATT TGATTTCCGT
421 GCGGAGGCGG GAGTCGTTGC GCTGACGGGA

Voucher No. ILL063

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGGCG GTGTCGGCTG TGTGTTTGGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGATA
121 TATAACGTTA CTGTGCTGTG GGTGTGTACG GTAGCGCGCT CGCGTCGGCG ACGTGCGCCG
181 CTCCCCCGCG ACGCTCCGTG AAGGTGAAAA ATTTGCGAGA GCGATTATCG GCGAGCGGGG
241 CGTGCAACGCG CGTCAAACCTG TGTCTGCGAC GCGCAGAACG CGCTGCGTGT ACACCTTTTT
301 CCTAACGAAG AAAACACCAC CGTGCAAAAA CACTGTTATA TTATTTGAAA TAATAGACAG
361 TAGGCGGACT CGACGTCGGA AGGGCGCGTC GTGACGCCG ACGTACCATT TGATTTCCGT
421 GCGGAGGCGG GAGTCGTTGC GCTGACGGGA

Voucher No. ILL068

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGGCG GTGTCGGCTG TGTGTTTGGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGATA
121 TATAACGTTA CTGTGCTGTG GGTGTGTACG GTAGCGCGCT CGCGTCGGCG ACGTGCGCCG
181 CTCCCCCGCG ACGCTCCGTG AAGGTGAAAA ATTTGCGAGA GCGATTATCG GCGAGCGGGG
241 CGTGCAACGCG CGTCAAACCTG TGTCTGCGAC GCGCAGAACG CGCTGCGTGT ACACCTTTTT
301 CCTAACGAAG AAAACACCAC CGTGCAAAAA CACTGTTATA TTATTTGAAA TAATAGACAG
361 TAGGCGGACT CGACGTCGGA AGGGCGCGTC GTGACGCCG ACGTACCATT TGATTTCCGT
421 GCGGAGGCGG AGTCGTTGCG CTGACGGGA

Voucher No. ILL071

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGGCG GTGTCGGCTG TGTGTTTGGG
61 TACGTACAGT CCCTGCCGCG CCTCCCGTGC GGTCCGTTCA AATATGAGAC ATAAATGATA
121 TAATATAACG TTACGTGTGCG TGTGTTGTGT ACGGTAGCGC GCTCCGCTGC GCGACGTGCG
181 CCGCTCCCGC CCGACGCTCC GTGAAGGTGA AAAATTTGCG AGAGCGATTA TCGGCAGAGC
241 GGGCGTGCAC GCGCGTGAAG CTGTGCTGTC GACGCGCAGA ACGCGCTGCG TGATCACTCT
301 TTTTCTTAA GAAGAAAAAC CCACCGTCGA AAAACACTGT ATATATTTG AAATGATAGA
361 CAGTAGGCGC ACTCGACTC CGAAGGGCGC GTGCTGCGAC CCGACGTACC GATTGATTTG
421 GGTCCGCGGA GCGGAGTGTG TGCCTGACG GA

Voucher No. ILL076

1 ACTGTTGCTG TGTGCGACGA ACAATTGACG GTTCCGGGCG GTGTCGGCTG GCTTGTGTTT
61 GGGTACGCTG CGTCCCTGCC GCGCGCTCCG CGTGCCTGCC GTTCAAATAT GAGACATAAA
121 AATGATAAT AACTGTTACG GTGCTGTGTT GTGATCGGTA GCGCGCTCCG GTCGCGGACG
181 TGCGCGCCTC CCGCGCGACG TTCCGTGAAG GTGAAAAATT TGCGAGAGCG ATCATCGCGG
241 AGGGGGGCGT GCACGCGCGT CGAACTGTGT CGTCGACGCG CAGAACGCGC TGCTACACT
301 TTTTCTTAA CGAAGAAAAAC ACCACGCTCG AAAACACTGT TATATATTT GAAATAATAG
361 CAGTAGGCGC GACTCGACTG CCGAAGGGCG GCTGCTGAC GCGGACGTAC CGATTGATTT
421 CGTCCGCGGA GCGGAGTGC TTGCGCTGAC GGA

Voucher No. RU02003

1 CAGGACCAC CCGTCTGAG GCGCGGCTGT ATAAATCAT ATGCCACACT GTTCTGCTGT
61 GCGACGAACA ATTTGACGGTT CCGGACGGTG TCGCGTCTGT GTTTGGGTAC GTCACGCTCC
121 TGCGCGCCTC CCGTGCCTG ATGAGACATA AATGATAATA TATAACGTTA
181 CGTGTGCTGT GGTGTGTACG GTAGCGCGCT CCGCTCGGCG ACGTGCGCCG CTCCCCCGCG
241 ACGTCCCGTG AAGGTGAAAA ATTTGCGAGA GCGATTATCG GCGAGCGGGG CGTGACGCGC
301 CGTCAAACCTG TGTCTGCGAC GCGCAGAACG CGCTGCGTGT ACCTCTTTCC TAGCGAAGAA
361 AACACCACCG TCGAAAAACAC TTGTATATTA TTTGAAATAA TAGACAGTAG GCGGACTCGA
421 GTCGCGAAGG GCGCGTCTG GCGCTCGAC TACCGATTGA TTTGCTGCG GAGGCGGAGG
481 TCCTGCGCCT GACGGATATC ACGTCTGCTT CAATTTTTTA TCGTTGGCTC CAGATCAGGG
541 AGGATCAC