

УДК 595.78

ПЯДЕНИЦЫ (LEPIDOPTERA, GEOMETRIDAE) БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА: УТОЧНЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА И РЕЗУЛЬТАТЫ МОЛЕКУЛЯРНОГО ДНК-БАРКОДИНГА

© 2021 г. И. А. Махов, * В. А. Лухтанов **

Зоологический институт РАН
 Университетская наб., 1, С.-Петербург, 199034 Россия
 *e-mail: maakhov@mail.ru, **e-mail: lukhtanov@mail.ru

Поступила в редакцию 30.09.2021 г.

После доработки 28.10.2021 г.

Принята к публикации 28.10.2021 г.

В работе приводятся дополнения к фаунистическому списку пядениц Байкальского региона. Для семи видов уточнено распространение в его пределах; семь видов – *Chlorissa obliterated* (Walker, 1863), *Scotopteryx acutangulata* (Inoue, 1941), *Entephria byssata* (Aurivillius, 1891), *Minoa lutea* Schwingenschuss, 1954, *Eupithecia sophia* Butler, 1878, *Idaea dimidiata* (Hufnagel, 1767) и *Scopula flaccidaria* (Zeller, 1852) – впервые приводятся для Байкальского региона, и один вид, *Charissa beljaevi* Erlacher, Marrero et Erlacher, 2017 – впервые для России. Установлена новая комбинация для *Nebula korschunovi* **comb. n.** Впервые создана библиотека ДНК-баркодов пядениц Байкальского региона, которая включает 631 нуклеотидную последовательность фрагмента гена *COI* для 312 видов (86 % состава фауны). Анализ ДНК-баркодов и морфологии особей, для которых баркоды были получены, приводит к следующим результатам: 1) добавляет один вид (*Chlorissa obliterated*) к фауне региона; 2) выявляет 28 опубликованных в литературе и в публичных базах данных случаев ошибочной видовой идентификации, ассоциированных с нуклеотидными последовательностями; 3) позволяет однозначно делимитировать морфологически слабо дифференцированные виды-двойники трех пар: пара *Macaria alternata* ([Denis et Schiffermüller], 1775) и *M. shanghaiaria* Walker, 1861; пара *Isturgia murinaria* ([Denis et Schiffermüller], 1775) и *I. kaszabi* Vojnits, 1974, и пара *Chlorissa viridata* (Linnaeus, 1758) и *Ch. obliterated*; 4) показывает глубокую (3 % и более) генетическую дифференциацию байкальских и/или восточноазиатских популяций пяти видов, что свидетельствует о необходимости их таксономической ревизии.

Ключевые слова: Geometridae, пяденицы, фауна, Байкальский регион, Иркутская область, Республика Бурятия, ДНК-баркодинг.

DOI: 10.31857/S0367144521040080

Пяденицы – одно из наиболее богатых видами семейств чешуекрылых, насчитывающее в мировой фауне около 24 000 описанных видов и распространенное всемирно, за исключением полярных регионов (Yamamoto, Sota, 2007; Van Nieukerken et al., 2011; Murillo-Ramos et al., 2019).

Фауна пядениц России насчитывает около 1125 видов из 330 родов (Беляев, Миронов, 2019). Многие регионы России, однако, до сих пор изучены недостаточно, в особенности это касается удаленных северных и северо-восточных территорий со слабо развитой дорожной сетью. Данная работа посвящена одному из таких регионов – Байкальскому, который включает территории двух административных субъектов, примыкающих к оз. Байкал: Иркутской области и Республики Бурятия.

В последние годы первый автор данной работы вместе с коллегами проводил инвентаризацию фауны сем. Geometridae Байкальского региона. Несмотря на то, что фаунистические списки региона неоднократно публиковались и обновлялись (Вийдалепп, 1987; Васильева, 1989; Белова, 2000; Берлов, Берлов, 2006; Гордеева, Гордеев, 2007), за последние 10 лет нами был обнаружен ряд видов, не отмеченных на этой территории ранее, а также подтверждено обитание нескольких видов, указания которых считались сомнительными. Кроме того, более 20 видов пядениц, известных из региона по литературным источникам, были исключены из фаунистического списка после проверки коллекционного материала. Наиболее полный опубликованный список видов региона, включающий 350 видов, можно найти в Каталоге чешуекрылых России (Беляев, Миронов, 2019). Всего с учетом находок последних лет (Makhov, Beljaev, 2019; Махов, 2021; Makhov, 2021) для региона отмечено 353 вида.

В данной работе приводятся дополнения к фаунистическому списку пядениц Байкальского региона, которые основаны на исследованиях первого автора, проведенных в 2019–2021 гг. преимущественно в ранее не исследованных районах Иркутской обл. и Бурятии, а также на анализе коллекций Зоологического института РАН и других научных учреждений России.

Помимо этого, в статье публикуются результаты молекулярного ДНК-баркодирования пядениц Байкальского региона. ДНК-баркодирование – метод молекулярной идентификации видов, основанный на анализе и сравнении нуклеотидных последовательностей коротких, как правило, видоспецифичных участков генов (Hebert et al., 2003a). Многие специалисты сходятся во мнении, что использование этого метода в сочетании с анализом данных по морфологии, биологии и экологии позволяет существенно повысить надежность видовой идентификации (Silva-Brandão et al., 2009; Rajaei et al., 2013; Rubio et al., 2013; Stadie et al., 2014; Feizpour et al., 2018; Wanke et al., 2019).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Основой работы стали сборы первого автора за период 2009–2021 гг., а также материалы личных коллекций Э. Я. Берлова, В. Г. Шиленкова, А. В. Косарева (Иркутск), А. В. Филиппова (Улан-Удэ) и С. А. Князева (Омск). Помимо этого, были изучены коллекционные фонды следующих институтов и учреждений: Зоологический институт РАН (С.-Петербург), Институт систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск), Бурятский научный центр СО РАН (Улан-Удэ), Биолого-почвенный факультет Иркутского государственного университета (Иркутск).

Сбор материала и его обработка. Бабочки собирались с конца марта по начало октября с использованием световой ловушки, оборудованной ртутной лампой Sylvania HSL-BW 250W E40, запитанной от бензинового электрогенератора FUBAG TI 1000, и переносным экраном из белой ткани.

Фотографии гениталий получены с помощью стереомикроскопа Nikon SMZ25, фотокамеры Nikon DS-Ri2 и программного обеспечения NIS-Elements BR на базе ресурсного центра «Таксон» Зоологического института РАН (С.-Петербург).

Составление списка новых для региона видов. При составлении аннотированного списка видов была использована система типизации ареалов, предложенная К. Б. Городковым (1984, 1985, 1986, 1992). В списке после названия вида и характеристики типа его ареала приведено распространение в Байкальском регионе с использованием условных обозначений: БР – Байкальский регион (вид отмечен как в Иркутской обл., так и в Бурятии); ИО – вид отмечен только в Иркутской обл. (Предбайкалье); РБ – вид известен только из Бурятии.

Виды, отмеченные впервые для всего Байкальского региона, помечены восклицательным знаком; виды, впервые зарегистрированные в одном из входящих в него субъектов, отмечены звездочкой (*). В разделе «Материал» приведены данные этикеток изученных экземпляров и место их депонирования (в квадратных скобках): БНЦ – Бурятский научный центр Сибирского отделения РАН, Улан-Удэ; БПФ – Биолого-почвенный факультет Иркутского государственного университета, Иркутск; ЗИН – Зоологический институт РАН, С.-Петербург; ИСЭЖ – Институт систематики и экологии животных Сибирского отделения РАН, Новосибирск.

ДНК-баркодинг. Выделение ДНК проводилось с помощью колонок и набора реактивов DNeasy Blood & Tissue Kit (QIAGEN, Germany) в соответствии с протоколом производителя. Элюция ДНК проводилась с использованием 150-µl элюирующего буфера. Амплификация фрагмента гена субъединицы I цитохромоксидазы I (*COI*) длиной 658 пар нуклеотидов производилась с использованием прямого праймера LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') и обратного праймера HCO2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3') (Folmer et al., 1994) при следующих условиях: 95 °C – 3 мин, 95 °C – 30 сек, 50 °C – 45 сек, 72 °C – 1 мин (с 34 повторами шагов 2–4), 72 °C – 10 мин.

Секвенирование полученных ПЦР-продуктов выполнено в Центре молекулярных и клеточных технологий Научного парка Санкт-Петербургского государственного университета и в компании Евроген (Москва). Для части образцов (181 проба) амплификация и секвенирование фрагмента гена *COI* осуществлялись в Канадском центре ДНК-баркодинга (Canadian Centre for DNA Barcoding, Biodiversity Institute of Ontario, University of Guelph) по стандартным методикам (deWaard et al., 2008).

Анализ ДНК-баркодов. Расчет оптимальной модели эволюции и вычисления нескорректированных генетических *p*-дистанций (отношения числа замен в двух сравниваемых сиквенсах к общему числу нуклеотидов в изучаемой последовательности (Hebert et al., 2003)) были выполнены в программе MEGA7 (Kumar et al., 2015). Нуклеотидные последовательности были выравнены в программе BioEdit (Hall, 1999). Байесовский анализ был выполнен с использованием программы MrBayes v.3.2.7 (Ronquist et al., 2012), для каждого набора последовательностей было выполнено два прогона по 10 000 000 генераций с четырьмя цепями (одна холодная и три горячих). Полученные филогенетические реконструкции были визуализированы с помощью программы FigTree v.1.4.4 (<http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>). В ряде случаев при проведении сравнений использовались не индивидуальные ДНК-баркоды, а гаплогруппы, под которыми понимались совокупности сиквенсов, близких по нуклеотидному составу и образующих на филогенетическом древе отдельные клады.

Дополнение и уточнение списка региональной фауны

Подсем. ENNOMINAE

***Gnophopsodos ravistriolaria** (Wehrli, 1922). Южносибирский альпийский – БР. Ранее не указывался для ИО.

Материал. *Иркутская обл.*: Слюдянский р-н, 20 км Ю Слюдянки, пик Черского, 1850 м над ур. м., 16.VII.1984, 1 ♂ (leg. С. Синёв) [ЗИН].

Charissa beljaevi Erlacher, Marrero et Erlacher, 2017. Южносибирский монтанный – ?БР. Гениталии ♂ – рис. 1, 1, 2).

Материал. «Irkut» [р. Иркут], 1 ♂ (сборщик неизвестен) [ЗИН].

Замечание. Вид впервые приводится для фауны России. Фото этого самца приведено в предыдущей работе (Makhov, 2021: 82, fig. 10H), где он был ошибочно определен как *Ch. (Pterygnophos) ochrofasciata*.

Apocheima cinerarius (Erschoff, 1874). Центральноазиатский аридный – юг РБ.

Материал. *Бурятия*: Тарбагатайский р-н, долина р. Селенга, 6 км С пос. Тарбагатай (51°32'37" N, 107°21'41" E), 19.V.2021, 1 ♂ (leg. И. Махов) [ЗИН].

Замечание. Редкий, вероятно, залетный вид, впервые обнаруженный в регионе Т. В. Гордеевой (БНЦ) в 2018 г. (личное сообщение).

Подсем. GEOMETRINAE

! **Chlorissa obliterated** (Walker, 1863). Сибирско-восточноазиатский суббореальный – юг РБ.

Материал. *Бурятия*: Джидинский р-н, долина р. Цагатуй, 15 км С улуса Гэгэтуй, 11.VII.2016, 1 ♂; кордон Малый Тасархай, 8.VII.2016, 3 ♂; там же, 7.VII.2016, 3 экз. Прибайкальский р-н, долина р. Селенга, о. Сенокосный, 26.VI.2016, 2 ♂; окр. пос. Мостовка, 28.VI.2015, 6 ♂; там же, 25.VI.2016, 1 экз. (И. Махов) [ЗИН]. Иволгинский р-н, г. Улан-Удэ, станция Комушка, разнотравный луг, 23.VI.1996, 1 ♀. Селенгинский р-н, долина р. Уда, 3–4 км выше пос. Гартоп, восточнее с. Курба, ильмовники, мезофитные луга, 26–27.VI.2016, 2 ♂ (GenBank: ОК156233, ОК641942). Заиграевский р-н, окр. пос. Онохой, Добо-Енхор, ильмовники, 15.VII.2008, 2 ♂ (GenBank: ОК641946); там же, 2–3.VI.2009, 2 ♂ (GenBank: ОК641944, ОК641945) (leg. Т. Гордеева) [БНЦ].

Подсем. LARENTIINAE

***Acasis appensata** (Eversmann, 1842). Трансевразийский температурный – БР. Ранее этот вид не приводился для ИО.

Материал. *Иркутская обл.*: Иркутский р-н, Садоводческое некоммерческое товарищество (СНТ) Лаврентьево (52°08'41" N, 104°18'05" E): 11, 13 и 16.VI.2012, 4 ♂; 15.VI.2013, 1 ♂; окр. садоводства Родник (52°17'59" N, 104°29'35" E), 13.VI.2016, 1 ♀. Эхирит-Булагатский р-н, окр. пос. Усть-Ордынский (52°44'30" N, 104°44'19" E), 8.VI.2016, 1 ♂, 1 ♀ (leg. И. Махов); «Иркутск», 1 ♀ (сборщик неизвестен) [ЗИН]; окр. г. Иркутск, ст. Мельниково (52°15'53" N, 104°14'44" E), 6.VI.1941, 1 ♀; 9.VI.1941, 3 ♂; там же, 13 и 14.VI.1941, 2 ♂; там же, 24.VI.1940, 1 ♀ (leg. А. Быков) [БПФ].



Рис. 1. Geometridae, гениталии самцов.

1, 2 – *Charissa beljaevi* Erlacher, Marrero et Erlacher; 3, 4 – *Scotopteryx acutangulata* Inoue;
5–7 – *Entephria byssata* Aurivillius; 8–10 – *Minoa lutea* Schwingenschuss.

1, 3, 5, 8 – генитальный сегмент вентрально (1, 3, 5) и латерально (8); 2, 4, 7, 9, 10 – эдеагус дорсально (2) и латерально (4, 7, 9, 10); 6 – отделенная вальва.

Масштабные линейки – 1 мм.

! *Scotopteryx acutangulata* (Inoue, 1941). Сибирско-восточноазиатский суббореальный – РБ.

Материал. *Бурятия*: Селенгинский р-н, окр. оз. Гусиное (51°14'07" N, 106°31'47" E), 8.VII.2020, 2 ♀. Кяхтинский р-н, долина р. Чикой, 6 км ЗСЗ пос. Октябрьск (50°14'05" N, 106°58'50" E), 11.VIII.2019, 1 ♂ (leg. И. Махов) (гениталии – рис. 1, 3, 4) [ЗИН].

! **Entephria byssata** (Aurivillius, 1891). Трансевразиатский аркто-гольцовый – БР.

Материал. *Иркутская обл.*: Слюдянский р-н, пик Черского, 2090 м над ур. м., 21.VII.1984, 1 ♂, 1 ♀ (leg. С. Ю. Синёв) (гениталии ♂ – рис. 1, 5–7); «Хамар Дабан 25.VII», 4 ♂, 4 ♀; «Jrkut», 4 ♂, 2 ♀ (сборщик неизвестен) [ЗИН].

! **Minoa lutea** Schwingenschuss, 1954. Вид отмечен в Крыму, на Северном Кавказе, в Закавказье и Турции, а также на Алтае – ИО.

Материал. *Красноярский край*: «Саянские горы 24/V.1918 Кожанчиковь, р. Казир-Сук [р. Казыреуг]», 2 ♂; там же, 30.V.1918, 1 ♀ [ЗИН]. *Иркутская обл.*: Иркутский р-н, пос. Большие Коты (51°54'12" N, 105°04'08" E), 6.VII.2010, 1 ♂; СНТ «Лаврентьево» (52°08'41" N, 104°18'05" E), 13–16.VI.2018, 1 ♀ (leg. И. Махов); Глазунова падь (52°23'11" N, 104°15'47" E), 9.V.1914, 1 ♂ (leg. С. Родионов); «Jrkutzk [Иркутск] 28/6.78. Niels.», 1 ♀; «Jrkutzk 28/5.80. Hns.», 1 ♂; «Jrkutzk 9/6.80. Hns.», 1 ♀; «Иркутская губер.», 1 ♀ [ЗИН].

З а м е ч а н и е. Недавно показано (Rajaei et al., 2021), что *Minoa lutea* заслуживает видового статуса и вид был восстановлен из синонимии с *Minoa murinata* (Scopoli, 1763). Несмотря на отсутствие выраженной дифференциации по митохондриальным ДНК-баркодам, *M. lutea* хорошо диагностируется по небольшому (по сравнению с *M. murinata*) корнутусу и некоторым менее заметным признакам гениталий. В упомянутой работе *M. lutea* впервые приводится для России (Республика Алтай и Северный Кавказ). Изучение гениталий экземпляров *M. lutea* из Прибайкалья подтвердило их определение (гениталии ♂ на рис. 1, 8–10).

***Asthena amurensis** (Staudinger, 1897). Сибирско-дальневосточный суббореальный – БР. Обитание в ИО подтверждается недавней находкой.

Материал. *Иркутская обл.*: Иркутский р-н, СНТ «Лаврентьево» (52°08'41" N, 104°18'05" E), 20.VI.2019, 1 ♀ (leg. И. Махов) [ЗИН].

З а м е ч а н и е. В базе данных BoLD зарегистрированы 2 экз. с Алтая (Акташ), полностью идентичные по *COI* прибайкальским экземплярам *A. amurensis* и ошибочно определенные как *A. albulata* (Hufnagel, 1767). ДНК-баркоды *A. amurensis* и истинной *A. albulata* различаются на 8 %.

***Eupithecia denotata** (Hübner, 1813). Евро-кавказско-сибирский температурный – БР. Ранее не указывался для РБ.

Материал. *Бурятия*: Прибайкальский р-н, долина р. Селенга, окр. пос. Ильинка, о. Сенокосный (52°08'12" N, 107°19'36" E), 27.VI.2016, 1 ♀ (leg. И. Махов) [ЗИН].

***Eupithecia fennoscandica** Knaben, 1949. Евро-сибирский аркто-альпийский – БР. Ранее не указывался для РБ.

Материал. *Бурятия*: Окинский р-н, Восточный Саян, верховья р. Архат (51°52'23" N, 101°33'51" E), 2000 м над ур. м., 20.VI.2018, 1 ♂ (leg. И. Махов) [ЗИН].

***Eupithecia groenblomi** Urbahn, 1969. Трансевразиатский температурный – БР. Ранее не указывался для РБ.

Материал. *Бурятия*: Кабанский р-н, пос. Речка Выдриная (51°28'36" N, 104°51'32" E), 18.VII.2014, 1 ♀ (leg. И. Махов) [ЗИН].

Eurithecia lanceata (Hübner, 1825). Субтрансевразийский бореальный – БР.

Материал. *Бурятия*: Заиграевский р-н, юго-восточный макросклон хр. Улан-Бургасы, падь с ручьем Хара-Ацагат, 20 км СВ пос. Онохой, 1.V.2017, 1 ♀ (leg. Т. В. Гордеева) [БНЦ].

З а м е ч а н и е. В Каталоге чешуекрылых России (Беляев, Миронов, 2019) вид не отмечен для РБ, хотя ранее приводился Васильевой (1989) для Тункинской долины.

! Eurithecia sophia Butler, 1878. Сибирско-дальневосточный суббореальный – ИО.

Материал. *Иркутская обл.*: Ольхонский р-н, Байкало-Ленский заповедник, берег оз. Байкал, мыс Большой Солонцовый, 31.VII.2005, 1 ♀ (leg. О. Берлов) [ЗИН].

З а м е ч а н и е. Приведенный экземпляр ранее был упомянут как «*Eurithecia* sp. 1. (*sophia* species group)» (Берлов, Берлов, 2006: 106).

***Horisme falcata** (A. Bang-Naas, 1907). Южносибирский температурный – БР. В ИО ранее не отмечался.

Материал. *Иркутская обл.*: Эхирит-Булагатский р-н, окр. пос. Усть-Ордынский (52°44'30" N, 104°44'19" E), 22.VIII.2020, 3 ♂, 1 ♀. Ольхонский р-н, окр. пос. Сахюрта (53°01'52" N, 106°51'42" E), 21.VIII.2020, 1 ♂ (leg. И. Махов) [ЗИН].

Подсем. STERRHINAE

! Ideae dimidiata (Hufnagel, 1767). Субциркумтемператный азиодизъюнктивный – ?ИО. Впервые приводится для БР.

Материал. *Иркутская обл.*: «Лиственичное, Иркутская Область, Попова, 1953», 1 ♀ (leg. Попова) [ЗИН].

З а м е ч а н и е. Оригинальная этикетка приведенного экземпляра, очевидно, относится к пос. Листвянка, расположенному на берегу оз. Байкал. Возможно, этикетка ошибочна и упомянутый экземпляр собран в другом месте, так как *Ideae dimidiata* ранее никогда не приводился для исследуемой территории. Однако этот вид известен в Забайкальском крае (Беляев, Миронов, 2019), поэтому его распространение в Байкальском регионе исключить нельзя.

***Ideae sylvestriaria** (Hübner, 1799). Трансевразийский температурный – БР. Ранее не указывался для ИО.

Материал. *Иркутская обл.*: Ольхонский р-н, Тажеранская степь (52°57'07" N, 106°45'01" E), 23.VII.2019, 1 ♀ (leg. И. Махов) [ЗИН].

! Scopula flaccidaria (Zeller, 1852). Центральноазиатский аридный – ?ИО. Ранее не приводился на БР.

Материал. *Иркутская обл.*: «Лиственичное, Иркутская Область, Попова, 1953», 2 ♂ (leg. Попова); “Jrkut! [р. Иркут]”, 1 ♂ [ЗИН].

З а м е ч а н и е. Изученные самцы соответствуют инфраподвидовому таксону *Acidalia flaccidaria* var. *albidaria* Staudinger, 1901, который одни авторы (Вийдалепп, 1988; Viidalepp, 1996) считают подвидом *S. flaccidaria*, а другие – самостоятельным видом (Hausmann, 2004).

**Scopula permutata* (Staudinger, 1897). Сибирско-туранский суббореальный – БР. Ранее не приводился для ИО.

З а м е ч а н и е. Вид был известен только с юга РБ, однако на сайте Lepiforum (http://lepiforum.org/wiki/page/Scopula_permutata) представлена самка *S. permutata* из коллекции Р. Мюллера (Rando Müller), собранная в окрестностях пос. Голоустное (берег оз. Байкал). Пока это единственный известный экземпляр из ИО.

Результаты ДНК-баркодирования

Нами был обработан 631 образец прибайкальских пядениц, принадлежащих к 312 видам. Все полученные баркоды сибирских представителей сем. Geometridae депонированы в базе данных GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) и доступны по номерам: MW792274–MW792412, MZ148325–MZ148361, OK073093–OK073273, OK156183–OK156397, OK205231–OK205252, OK314959–OK314981, OK641942–OK641962.

Впервые ДНК-баркоды получены для следующих видов пядениц: *Phigalia djakonovi* Molt., *Aspitates curvaria* Ev., *Pseudobaptria corydalara* Graes., *Xanthorhoe aridela* Prt., *Euphyia coagulata* Prt., *Solitanea defricata* Pglr., *Zola terranea* Butl., *Rheumaptera neocervinalis* Inoue, *Horisme scotosiata* Wil., *Asthena corculina* Butl., *Eupithecia insignioides* Wehrli, *Eu. nobilitata* Stgr., *Cleta jacutica* Viid., *Holarctias rufinularia* Stgr., *Scopula aequifasciata* Chr., *S. agutsaensis* Vsl. и *S. impersonata* Wlk.

97 % изученных ДНК-баркодов оказались видоспецифичными, т. е. отличными по нуклеотидному составу от баркодов близких видов. В большинстве случаев эти различия превышали уровень в 2–3 % (различия наблюдались более чем в 13–17 нуклеотидных позициях из 658 изученных).

Выявлено 10 пар видов, в которых баркоды не позволяют достоверно идентифицировать вид, либо полностью (или почти полностью) совпадая у двух близких таксонов, либо частично перекрываясь у части популяций (табл. 1). У пяти пар из этих десяти такая ситуация была описана ранее для европейских популяций (Hausmann et al., 2011, 2013; Hausmann, Viidalepp, 2012; Mutanen et al., 2012; Skou, Sihvonen, 2015; Müller et al., 2019). Четырнадцать видов из этих 10 пар распространены в Байкальском регионе. Тем не менее, с учетом данных по географическому распространению (табл. 1), только 10 видов, населяющих Байкальский регион, невозможно делимитировать на основании их ДНК-баркодов.

Показано, что байкальские популяции ряда видов (табл. 2) резко дифференцированы по ДНК-баркодам от популяций из Европы, Турции, с Дальнего Востока и из Канады и представлены специфическими гаплогруппами. При этом байкальские популяции *Yezognophos vittaria* Thnb., *Aspitates gilvaria* Den. et Schiff., *A. taylorae* Butl., *Perizoma hydrata* Tr. и *Eupithecia pernotata* Gn. демонстрируют значительную степень дивергенции митохондриальных ДНК-баркодов (генетическая дистанция с известными гаплогруппами превышает 2.7–3.0 %). Это выше стандартных дистанций для баркодов в 2–3 %, которые используются в качестве критерия для разграничения аллопатричных видов (Hebert et al., 2003b).

Таблица 1. Пары видов прибайкальских пядениц с идентичными ДНК-баркодами. Случаи, выявленные в данном исследовании, помечены звездочкой

Видовая пара	Замечание
<i>Chlorissa viridata</i> (Linnaeus, 1758) <i>Ch. cloraria</i> (Hübner, 1813)	<i>Ch. cloraria</i> в Байкальском регионе не отмечен (Василенко, 2006), поэтому делимитация <i>Ch. viridata</i> в регионе возможна по ДНК-баркоду.
* <i>Xanthorhoe sajanaria</i> (Prout, 1914) <i>X. derzhavini</i> (Djakonov, 1931)	<i>X. derzhavini</i> в Байкальском регионе не отмечен, поэтому делимитация <i>X. sajanaria</i> в регионе возможна по ДНК-баркоду.
<i>Epirrhoe tartuensis</i> Möls, 1965 <i>E. rivata</i> (Hübner, 1813)	<i>E. rivata</i> в Байкальском регионе не отмечен, поэтому делимитация <i>E. tartuensis</i> в регионе возможна по ДНК-баркоду.
<i>Thera obeliscata</i> (Hübner, 1787) <i>Th. variata</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	Оба вида встречаются в Байкальском регионе, поэтому не могут быть делимитированы по баркодам.
<i>Minoa murinata</i> (Scopoli, 1763) <i>M. lutea</i> Schwingenschuss, 1954	<i>M. murinata</i> в Байкальском регионе не отмечен (смотреть раздел «Дополнение и уточнение списка региональной фауны»), поэтому делимитация <i>M. lutea</i> в регионе возможна по ДНК-баркоду.
* <i>Eupithecia gelidata</i> Möschler, 1860 <i>Eu. nanata</i> (Hübner, 1813)	<i>Eu. nanata</i> в Байкальском регионе не отмечен, поэтому делимитация <i>Eu. gelidata</i> в регионе возможна по ДНК-баркоду.
* <i>Eupithecia innotata</i> (Hufnagel, 1767) <i>Eu. ochridata</i> Schütze et Pinker, 1968	Оба вида встречаются в Байкальском регионе, поэтому не могут быть делимитированы по баркодам.
* <i>Idaea dohlmanni</i> (Hedemann, 1881) <i>I. serpentata</i> (Hufnagel, 1767)	<i>I. serpentata</i> может быть обнаружен на западе Иркутской области, поэтому баркоды не могут быть использованы для делимитации этих видов в Байкальском регионе.
<i>Scopula ternata</i> Schrank, 1802 <i>S. frigidaria</i> (Möschler, 1860)	Было высказано предположение, что идентичные баркоды у этих видов могут быть следствием спорадической межвидовой гибридизации и последующей митохондриальной интрогрессии (Hausmann et al., 2013). Оба вида встречаются в Байкальском регионе, поэтому не могут быть делимитированы по баркодам.

Морфологически сходные виды, делимитированные на основании анализа ДНК-баркодов

Macaria alternata ([Denis et Schiffermüller], 1775) – ***Macaria shanghaiaria*** Walker, 1861.

Виды внешне очень сходны как по строению гениталий, так и по окраске крыльев (особенно облетанные экземпляры), из-за чего делимитация этой пары видов затруднена, особенно в зоне их симпатрии. Полученные нами ДНК-баркоды *M. alternata* и

Таблица 2. Новые гаплогруппы пядениц, выявленные в ходе анализа ДНК-баркодов сибирских представителей семейства. Min. d – минимальная генетическая дистанция до другой известной гаплогруппы этого вида

Вид	ID в базе данных GenBank	Min. d, %	Местонахождение ближайшей гаплогруппы
<i>Yezognophos vittaria</i> (Thunberg, 1788)	OK156256, OK156257	3.0	Финляндия (Müller et al., 2019: 206)
<i>Aspitates gilvaria</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	OK314973	3.2	Эстония (Skou, Sihvonen, 2015: 410)
<i>A. taylorae</i> (Butler, 1893)	OK156194	2.9	Канада (deWaard et al., 2011; Hebert et al., 2016)
<i>Ectropis crepuscularia</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	OK156241 – OK156255	1.2	Россия, Приморский край (Müller et al., 2019: 468)
<i>Pseudentephria lamata</i> (Staudinger, 1897)	OK073213	1.5	Россия, Алтай (BoLD: GWORZ676-10)
<i>Perizoma hydrata</i> (Treitschke, 1829)	OK073166, OK073266, OK073133, OK073179	5.0	Грузия, Турция (BIN BoLD: AAC3711)
<i>Eupithecia pernotata</i> Guenée, 1858	OK073201, OK156296	3.2	Финляндия (Mutanen et al., 2016)
<i>Scopula immorata</i> (Linnaeus, 1758)	MZ148352	1.2	Германия (BIN BoLD: AAC9960)
<i>S. immutata</i> (Linnaeus, 1758)	OK073115	1.2	Россия, Прибайкалье (данные авторов)

M. shanghaiaria (GenBank: OK156338, OK156339, OK156340, OK073272) демонстрируют четкую молекулярную дифференциацию, различаясь 21 фиксированной нуклеотидной заменой (табл. 3) (минимальная *p*-дистанция – 3.2 %).

Isturgia murinaria ([Denis et Schiffermüller], 1775) – ***Isturgia kaszabi*** Vojnits, 1974.

I. murinaria и *I. kaszabi* демонстрируют слабые и неустойчивые отличительные признаки во внешнем строении имаго. Также слабые, но устойчивые морфологические различия в строении гениталий обоих полов были показаны нами ранее (Makhov, 2021). Полученный нами ДНК-баркод (OK156332) для малоизвестного *I. kaszabi* показывает, что эти виды различаются 12 заменами (табл. 4) (*p*-дистанция – 1.8 %), хотя в данном случае замены трудно интерпретировать как фиксированные, так как изучен только 1 экз. *I. kaszabi*.

Chlorissa viridata (Linnaeus, 1758) – ***Chlorissa obliterated*** (Walker, 1863).

Ранг *Ch. obliterated* был понижен Леро (Leraut, 2009) до подвида *Ch. viridata* (Linnaeus, 1758), однако впоследствии его видовой статус был восстановлен (Беляев, 2016; Müller et al., 2019). Ранее этот вид ошибочно указывался из Байкальского региона под названием *Ch. viridata* (L.) (Гордеева, Гордеев, 2007: 129). Действительно, он едва ли морфологически отличим от *Ch. viridata* / *Ch. chloraria*, но хорошо дифференцирован генетически (табл. 5). Виды различаются 11 фиксированными заменами

Таблица 3. Нуклеотидные замены в гене *COI* у пары видов *Mascaria alternata* (Denis et Schiffmüller) – *M. shanghaiensis* Walker. Единичные (нефиксированные) замены указаны в скобках

Вид	Номер сайта																						
	34	46	88	106	118	139	154	157	166	214	220	391	394	424	427	448	487	542	544	589	592	619	628
<i>Mascaria alternata</i>	G	T	G	T	C	C	C	C	G	G	G(A)	C	C	C	T	T	C	T(C)	G	C	G	T	G(A)
<i>M. shanghaiensis</i>	A	C	A	C	T	T	T	A	A	A	C	T	T	T	C	C	T	C	A	T	A	C	A

Таблица 4. Нуклеотидные замены в гене *COI* у видов рода *Isturgia* Hübner. Единичные (нефиксированные) замены указаны в скобках

Вид	Номер сайта															
	88	103	118	187	268	271	397	403	421	508	512	535				
<i>I. murinaria</i> (Denis et Schiffmüller)	C(G)	T	T	C	C	T	C	T	A	A	G	T				
<i>I. kaszabi</i> Vojnits	T	C	C	T	T	C	T	A	T	T	T	C				

Таблица 5. Нуклеотидные замены в гене *COI* у видов рода *Chlorissa* Stephens. Единичные (нефиксированные) замены указаны в скобках

Вид	Номер сайта															
	43	133	271	316	352	412	433	446	493	499	547	562	607	611	631	
<i>Ch. viridata</i> (L.) / <i>Ch. chloraria</i> (Hübner.)	A	C(T)	C	G	T	G	A	G(A)	G	A	C(T)	A	T	T(C)	G	
<i>Ch. oblitterata</i> (Walk.)	G	T	T	A	C	A	A	A	A	G	T	T	A	C	A	

(*p*-дистанция – 1.7 %). Таким образом, достоверная регистрация *Ch. obliterata* в регионе стала возможной лишь благодаря использованию ДНК-баркодирования.

Примеры возможной синонимии и изменения таксономического статуса

Hemistola zimmermanni (Hedemann, 1879), ***H. intermedia*** Djakonov, 1926 и ***H. veneta*** (Butler, 1879).

Дьяконов (1926) описал из окрестностей Минусинска *H. intermedia*, близкий к *H. zimmermanni* (Hedemann, 1879), указав в качестве диагностического признака более короткие гребни антенн. Позже Верли (Wehrli, 1929) предположил, что *H. intermedia* может быть лишь формой *H. zimmermanni* либо не полностью дифференцированным от *H. chrysoprasaria* молодым видом. Е. А. Беляев вместе с В. Г. Мироновым считают (Беляев, 2016; Беляев, Миронов, 2019), что *H. intermedia* заслуживает видового статуса. Молекулярно-генетический анализ мог бы внести ясность в этот вопрос. Среди бабочек, собранных первым автором этой работы в Иркутской обл., Бурятии и Забайкальском крае, нет экземпляров с укороченными гребнями антенн. Анализ их баркодов ($n = 10$, GenBank: MZ148328–MZ148335, OK073174, OK156317) показал, что бабочки в этой выборке генетически гомогенны по *COI* (максимальная внутригрупповая нескорректированная *p*-дистанция – 1.7 %). На основе полученных нами баркодов и последовательностей, доступных в базах данных GenBank и BoLD, было построено Байесово дерево (рис. 2). Интересующая нас клада (выделена зеленым) объединяет все образцы *H. zimmermanni* из Сибири и ряд образцов из Китая, которые определены как *H. veneta* (Butler, 1879). Мы изучили изображения этих пядениц, доступные в базе BoLD, и пришли к выводу, что они определены неверно и в действительности относятся к *H. zimmermanni* (в трактовке Хана и Сю: Han, Xue, 2009). Клада, сестринская к (*H. chrysoprasaria* + *H. siciliana* + *H. zimmermanni* + *H. parallelaria*), также обозначена как *H. veneta* (единственный образец: QMA5415-13). *Hemistola zimmermanni*, *H. chrysoprasaria*, *H. siciliana* и *H. veneta* довольно близки между собой, и можно было ожидать, что настоящий *H. veneta* кластеризуется с тремя первыми видами. Однако на полученном дереве *H. veneta* (QMA5415-13) ответвляется еще до *H. parallelaria*, который определенно принадлежит к другой видовой группе. Бабочка на фото *H. veneta* QMA5415-13 довольно потертая, поэтому трудно сказать, к какому виду она относится. В связи с этим вопрос о синонимии *H. zimmermanni* и *H. veneta* остается открытым и требует изучения типового материала. В выделенной зеленым цветом кладе обнаруживаются лишь одна хорошо поддержанная (апостериорная вероятность = 1) подклада: Dnv19+MF050060.1 и одна подклада со средним значением поддержки (апостериорная вероятность = 0.93); поддержки остальных подклад слабые. Образцы, формирующие два упомянутых значительно поддержанных кластера, не соответствуют признакам предполагаемого *H. intermedia*, поэтому мы склонны считать, что в Иркутской обл., Бурятии и Забайкальском крае распространен только *H. zimmermanni*.

Nebula mongoliata (Staudinger, 1897) и ***Nebula korschunovi*** (Viidalepp, 1976), comb. n.

Мы получили баркоды нескольких бабочек, отвечающих признакам рода *Nebula* Guand, 1846, собранных в разных местах в пределах Байкальского региона (см. «Материал»). Эти экземпляры различаются по размеру, форме крыльев и окраске; часть их

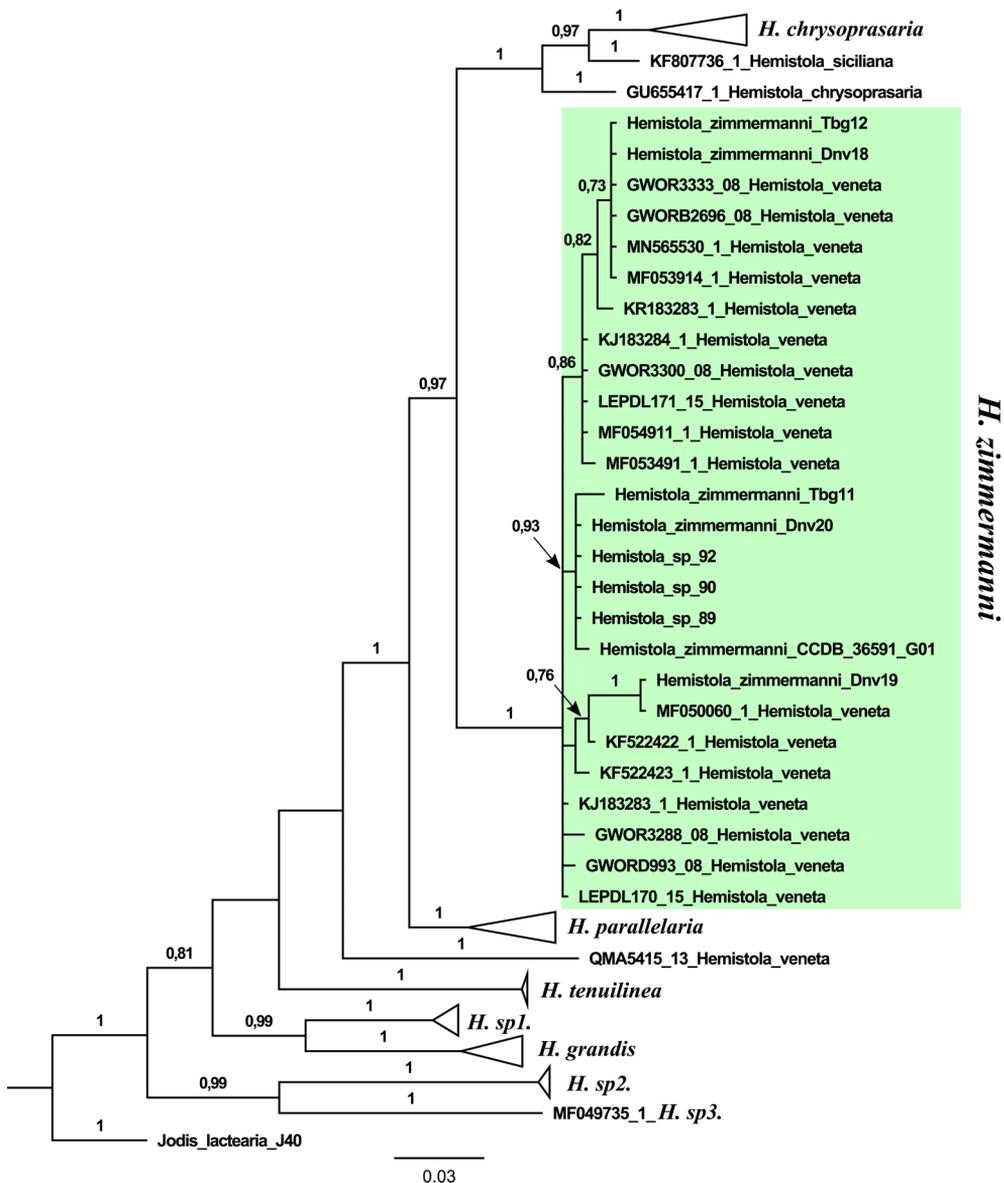


Рис. 2. Байесовское дерево *Hemistola*, основанное на анализе гена *COI*. Числа над ветвями указывают Байесовскую апостериорную вероятность. Поддержки ниже 0.7 не показаны.

соответствует описанию *Cidaria mongoliata* Staudinger, 1897, а часть – *Coenotephria korschunovi* Viidalepp, 1976. Анализ ДНК показал их генетическую гомогенность по *COI*, а изучение гениталий не выявило значимых различий, которые можно было бы трактовать как видовые. Это ставит вопрос о синонимизации *Coenotephria korschunovi* с *N. mongoliata*, но для этого необходим генетический анализ особей *C. korschunovi* из типовой местности (Хакасия). Кроме того, остается неясным статус *Nebula egenata*

(Prout, 1914), описанного из Сибири (р. Иркут) без приведения изображения, который также может оказаться синонимом *N. mongoliata*.

Материал. *Красноярский край*: Минусинский р-н, окр. Минусинска, 21.VI.1936, 1 ♀ (leg. Кожанчиков) [ЗИН]. *Иркутская обл.*: Иркутский р-н, окр. пос. Б. Коты (51°54'12" N, 105°04'08" E), 30.VII.2016, 1 ♂; там же, 2.VIII.2016, 1 ♀ [ИСЭЖ]; там же, 3.VIII.2016, 1 ♂, 1 ♀ (GenBank: OK156360) (leg. И. Махов) [ЗИН]. *Бурятия*: Тарбагатайский р-н, долина р. Селенга, 6 км С пос. Тарбагатай (51°32'37" N, 107°21'41" E), 20.V.2021, 1 ♂ (GenBank: OK314970). Джидинский р-н, долина р. Джиды, 7 км ЮЗ пос. Петропавловка (50°32'44" N, 105°15'38" E), 9.VIII.2020, 1 ♂ (GenBank: OK073226) (leg. И. Махов) [ЗИН]. Иволгинский р-н, окр. Улан-Удэ, 17.V.1997, 1 ♂ (GenBank: OK073260). Заиграевский р-н, окр. пос. Онохой, Добо-Енхор, 14–15.VI.2012, 1 ♀ (GenBank: OK073188) (leg. Т. Гордеева) [БНЦ].

З а м е ч а н и е. Таксон *korschunovi* был описан как отдельный вид в составе рода *Coenotephria* Prout 1914 (Вийдалепп, 1976). Позже он был приведен Я. Вийдалеппом как *Lampropteryx albigirata korschunovi* (Viidalepp, 1996: 27). Беляев (2016: 623) справедливо отмечает, что морфологически он не соответствует *C. albigirata*. Однако впоследствии трактовка этого таксона в составе рода *Lampropteryx* Stephens, 1831 была поддержана в первом и втором изданиях Каталога чешуекрылых России (Миронов и др., 2008: 217; Беляев, Миронов, 2019: 266), где он вновь рассматривается в качестве самостоятельного вида. Мы согласны, что отнесение *C. korschunovi* к роду *Coenotephria* неверно: в гениталиях самца щетинки (hamuli) на лабидах нечленистые, тогда как у *Coenotephria* щетинки двучлениковые. Более того, в описании *C. korschunovi* и иллюстрации к нему отражены важные детали строения гениталий самца, которые не характерны и для представителей рода *Lampropteryx*: эдеагус S-образной формы, везика лишена корнутусов, в то время как у видов *Lampropteryx* эдеагус более или менее прямой, а везика несет группу корнутусов. Окраска и рисунок крыльев у изученного голотипа (этикетки: «Хакассия, 8.8.69. Бирикчуль. det. Viidalepp 197[?]', «препараат К-342♂ Viidalepp», ИСиЭЖ СО РАН, Новосибирск) также не соответствуют признакам *Lampropteryx*. По совокупности признаков *C. korschunovi* в большей степени соответствует роду *Nebula*. Таким образом, мы предлагаем рассматривать этот вид как *Nebula korschunovi* **comb. n.**

Asthena anseraria (Herrich-Schäffer, 1855) и ***Asthena corculina*** Butler, 1878.

Некоторые авторы (Хуе, Scoble, 2002; Choi, 2012; Kim et al., 2018) считают *A. corculina* подвидом *A. anseraria*, другие рассматривают *A. anseraria* и *A. corculina* как самостоятельные виды (Беляев, 2016; Беляев, Миронов, 2019). Впервые полученный нами баркод забайкальского экземпляра *A. corculina* (GenBank: OK073094) отличается от европейских *A. anseraria* на 1.0–1.34 %, что скорее свидетельствует в пользу подвидового статуса *A. corculina*. Однако между этими таксонами существует обширная дизъюнкция в Сибири от Южного Урала до Забайкалья, из области которой их находки неизвестны. Указания *A. corculina* для Иркутской обл. (Берлов, Берлов, 2006: 105) ошибочны и относятся к *A. amurensis* (Staudinger, 1897) (проверены их изображения, доступные на сайте <http://catocala.narod.ru/geom090.html>). Таким образом, возможно, что *A. anseraria* и *A. corculina* – аллопатричные виды с незначительной генетической дифференциацией по *COI*. Требуются дальнейшие исследования.

Признаки возможной митохондриальной интрогрессии

Cleta jacutica Viidalepp, 1976.

Полученный нами ДНК-баркод саянского экземпляра *Cleta* (GenBank: OK073236) полностью совпал с баркодами экземпляров из западной Монголии и Крыма (BoLD: GWOSU212-11; GBLAD323-14), определенными как *C. perpusillaria*. В то же время изученный нами баркод якутского образца *Cleta* (GenBank: MZ148325) отличается от баркодов этих бабочек на 4.2 %. По строению гениталий (форма вальвы и юксты: рис. 3, 1–8, отмечены стрелками) экземпляры из Бурятии, с Алтая и из Якутии (см. «Материал») однозначно соответствуют признакам *C. jacutica*. Таким образом, можно предположить возможный генетический обмен между восточными популяциями *C. perpusillaria* и южными популяциями *C. jacutica* (путем межвидовой гибридизации с последующей митохондриальной интрогрессией). Требуется дальнейшее изучение вопроса на более обширном материале.

М а т е р и а л. Республика Алтай. Кош-Агачский р-н, хр. Чихачева: оз. Киндыктыкуль, 2550 м над ур. м., 24.VII.2001, 1 ♂ (leg. В. Ковтунович) (гениталии – рис. 3, 7, 8); 13 км В пос. Кокоря (49°57'09" N, 89°11'02" E), 11–12.VII.2017, 1 ♂ (leg. С. Князев). Бурятия: Окинский р-н, 6,5 км ЮЮЗ пос. Самарта, 2000 м (52°02'06" N, 101°06'26" E), 18.VII.2019, 5 ♂ (leg. И. Махов) (гениталии – рис. 3, 1, 2). Тункинский р-н, окр. пос. Монды, 2000 м над ур. м., 14.VII.1965, 1 ♂ (leg. К. Б. Городков) (гениталии – рис. 3, 3, 4) [ЗИН]. Баунтовский р-н, 43 км С пос. Багдарин, окр. оз. Талой, 18.VII.2007, 2 ♂ (leg. Т. Гордеева) (гениталии – рис. 3, 5, 6) [БНЦ]. Якутия: Момский р-н, хр. Черского, окр. с. Хонуу, тубдиспансер, 6.VII.2013, 1 ♂ (leg. С. Ноговицына) [ИСЭЖ].

Помимо этого вида, еще у 6 номинальных видов пядениц в Прибайкалье (*Alcis deversata* Stgr., *A. extinctaria* Ev., *Aspitates gilvaria* Den. et Schiff., *Ectropis crepuscularia* Den. et Schiff., *Thalera chlorosaria* Graes., *Scopula immutata* L.) в пределах одной популяции обнаружены два типа резко дифференцированных митохондриальных ДНК-баркодов. Этот феномен может означать, что симпатрично встречающиеся дифференцированные баркоды представляют нераспознанные криптические виды. Кроме того, это может объясняться вторичным слиянием популяций, которые долгое время эволюционировали в условиях географической изоляции и накопили генетические различия, или же интрогрессией от другого вида посредством межвидовой гибридизации. Тестирование этих альтернативных гипотез возможно с использованием дополнительных ядерных генетических маркеров, что недавно было сделано для *Alcis deversata*, *A. extinctaria* и *Thalera chlorosaria* (Makhov et al., 2021).

Выявление опубликованных в литературе и в публичных базах данных случаев ошибочной видовой идентификации

Мы использовали функцию Identification Engine, реализованную на платформе BoLD Systems (https://www.BoLDsystems.org/index.php/IDS_OpenIdEngine) и инструмент BLAST, реализованный в Генетическом банке (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>), для сравнения всех полученных нами сиквенсов с имеющимися в публичном доступе. Во многих случаях наши определения не совпали с опубликованными, и мы проверили исходные данные для образцов, баркоды которых в публикациях оказались наиболее сходными с нашими. Были изучены изображения ваучерных экземпляров и данные об их местонахождении. В результате было выявлено 28 ошибочных определений, которые приведены в табл. 6.

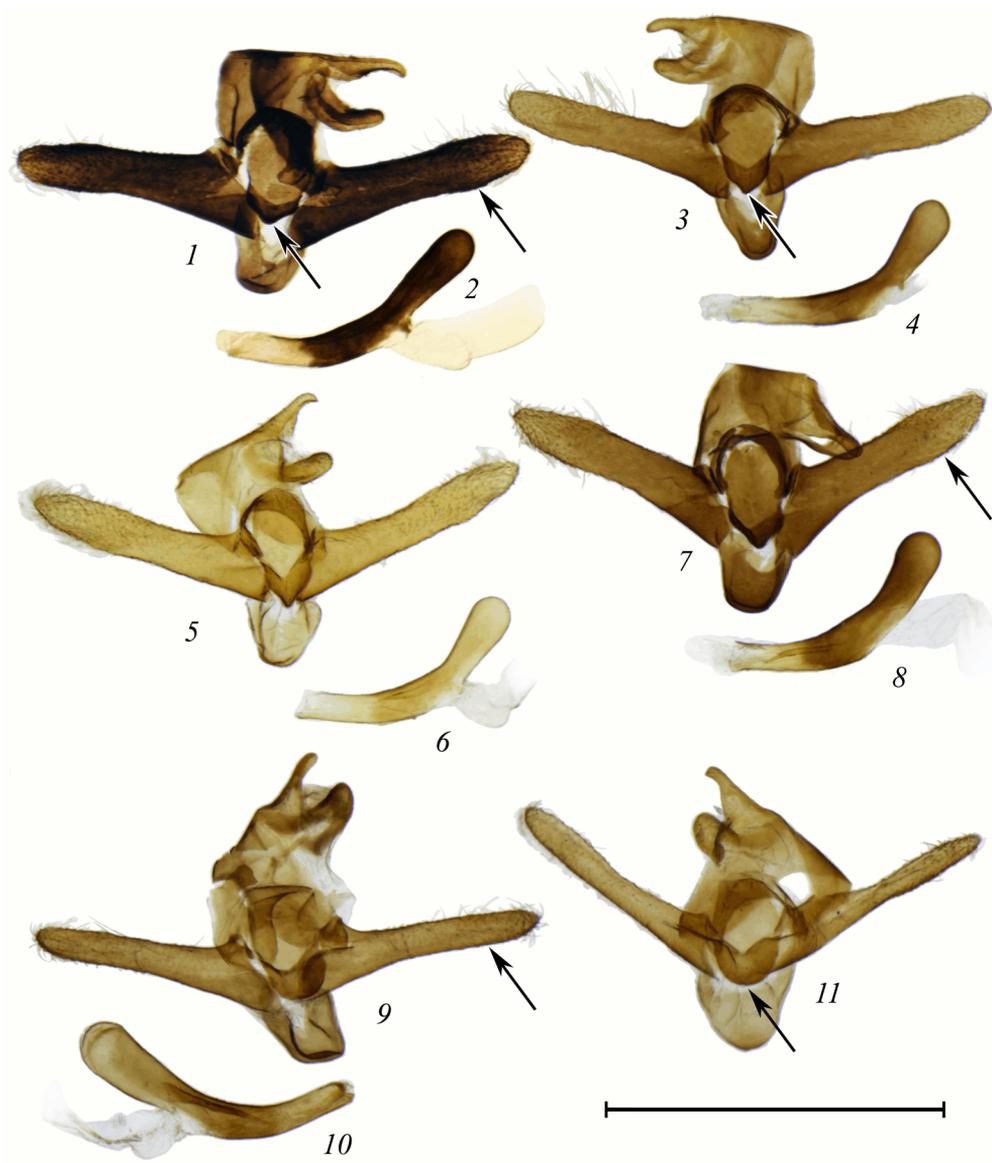


Рис. 3. *Cleta* Duponchel, гениталии самцов.

1–8 – *Cleta jacutica* Viidalepp; 9–11 – *C. perpusillaria* Eversmann, 1847. 1, 3, 5, 7, 9, 11 – генитальный сегмент вентрально; 2, 4, 6, 8, 10 – эдеагус, латерально. Стрелками указаны отличительные признаки *C. jacutica* и *C. perpusillaria* (пояснения в тексте).

Масштабная линейка – 1 мм.

Таблица 6. Исправления ошибочных определений видов сем. Geometridae в базах данных BoLD Systems и GenBank по результатам анализа ДНК-баркодов экземпляров из Прибайкалья. В квадратных скобках указаны номера баркодов, размещенных нами в базе GenBank

Определение в базе данных	Идентификационный номер	Исправленное определение
« <i>Eilicrinia parvula</i> »	BIN BoLD: AAC9618	<i>Eilicrinia unimacularia</i> Püngeler, 1914 [OK073217]
« <i>Heterophleps fusca</i> » Опубликовано в: Hao et al., 2020	GenBank: MF054615, MF053586, MF053511, MF051923, MF051469, MF051212, MF050531, MF050364, MF049553 BIN BoLD: AAC0759	<i>Astegania honesta</i> (Prout, 1908) [OK156196]
« <i>Jankowskia athleta</i> » Опубликовано в: Jin et al., 2018	GenBank: KJ183296. BoLD: GWOSU218-11, PEMOD896-20, GWOR3243-08, GWOR3183-08, GWOR3241-08, GWOR3234-08, GWOR3220-08, GWOR3382-08, GWORK1468-15, GWOUG191-20	<i>Jankowskia bituminaria</i> (Lederer, 1853) [OK156333]
« <i>Jankowskia fuscaria</i> »	BoLD: GWORB2820-08, GWORB2819-08, GWORB2770-08, GWORD914-08	
« <i>Lomaspilis marginata</i> »	ID в ограниченном доступе	<i>Calcaritis pallida</i> Hedemann, 1881 [OK156204].
« <i>Dysgonia obscura</i> »	GenBank: MF053212	
« <i>Macaria signaria</i> »	BoLD: GWOTL956-13	<i>Macaria continuaria</i> (Eversmann, 1852) [OK156348, OK156349]
« <i>Macaria wauaria</i> »	BoLD: GWORA2085-09, PEMOD953-20, PEMOD892-20	<i>Macaria circumflexaria</i> (Eversmann, 1848) [OK073215]
« <i>Macaria</i> sp.»	BoLD: PEMOD911-20, PEMOD888-20, GWORL1150-16, GWORL1126-16, GWOUG225-20, GWOSU217-11, GWOSU221-11, GWOSU262-11, GWOSU229-11, GWOSR373-11	<i>Chiasmia saburraria</i> (Eversmann, 1851) [OK073259].
« <i>Isturgia</i> sp.»	BoLD: GWORB2823-08, GWORB2880-08, GWORB2845-08	
« <i>Comibaena cassidara</i> »	BoLD: GWOTL766-13	<i>Comibaena amoenaria</i> (Oberthür, 1880)
« <i>Comibaena quadrinotata</i> » Опубликовано в: Hao et al., 2020	GenBank: MF052099	[OK073119, OK073237]

Таблица 6 (продолжение)

Определение в базе данных	Идентификационный номер	Исправленное определение
« <i>Hemistola veneta</i> » Опубликовано в: Jin et al., 2018; Hao et al., 2020	BoLD: GWOR3333-08, GWORB2696-08, GWOR3300-08, LEPDL171-15, GWOR3288-08, GWORD993-08, LEPDL170-15 GenBank: MN565530, MN565531, MN565532, MN565533, MF053914, KR183283, KJ183284, MF054911, MF053491, MF050060, KF522422, KF522423, KJ183283	<i>Hemistola zimmermanni</i> (Hedemann, 1879) [MZ148328– MZ148335]
« <i>Pelurga comitata</i> » Опубликовано в: Hao et al., 2020	GenBank: MF050952	<i>Pelurga taczanowskiaria</i> (Oberthür, 1880) [OK073120]
« <i>Paracolax tristalis</i> » Опубликовано в: Hao et al., 2020	GenBank: MF052802	<i>Xenortholitha propinguata</i> (Kollar, 1844) [OK156397]
« <i>Pelurga comitata</i> » Опубликовано в: Hao et al., 2020	GenBank: MF050723, MF049687, MF049691, MF049831	
« <i>Lampropteryx</i> sp.»	BoLD: GWOR3199-08, GWORD994-08, GWOR3124-08, GWOR3132-08, GWOR3147-08, GWOR3161-08, PEMOD910-20	
« <i>Xenortholitha exacra</i> »	BoLD: GWOTL950-13	
« <i>Asthena albulata</i> »	BoLD: GWOSN889-11, GWOSN888-11	<i>Asthena amurensis</i> (Staudinger, 1897) [OK156197, OK156198]
« <i>Eupithecia irriguata</i> »	BoLD: GWOR3313-08	<i>Eupithecia carophilata</i> Staudinger, 1897 [OK073178, OK156281].
	BoLD: GWOR3434-08, GWOR3331-08	<i>Eupithecia dissertata</i> (Püngeler, 1905) [OK073110]
« <i>Eupithecia extensaria</i> »	BoLD: GWORD947-08, GWOR3253-08	<i>Eupithecia impolita</i> Vojnits, 1980 [OK073230]

Таблица 6 (продолжение)

Определение в базе данных	Идентификационный номер	Исправленное определение
« <i>Eupithecia pimpinellata</i> »	BoLD: GWORB2698-08, GWOR3175-08	<i>Eupithecia uliata</i> Staudinger, 1897 [OK073148, OK156302]
« <i>Horisme nigrovittata</i> »	BoLD: LEALT331-16, GWORZ671-10, LEALT757-16, GWORD1034-08	<i>Horisme falcata</i> (A. Bang-Haas, 1907) [OK073146, OK073218]
« <i>Idaea foedata</i> »	BoLD: GWOR3245-08, GWORE2071-09, GWORE2069-09, GWORM629-09	<i>Idaea falckii</i> (Hedemann, 1879) [MZ148339]
« <i>Idaea effusaria</i> » Опубликовано в: Hao et al., 2020; Xie, 2020	GenBank: MF055524; MF054782; MF053001; MF051919; MF051844; MF051555; MF053413; MF049550, MN646772	<i>Idaea nitidata</i> (Herrich-Schäffer, 1861) [OK073137]
« <i>Scopula subpunctaria</i> »	BoLD: INSSD484-20, PEMOD887-20, GWORB2781-08, GWORB2776-08, GWORB2772-08, GWOUG229-20, GWOR3378-08, GWOR3284-08, GWOR3259-08	<i>Scopula dignata</i> (Guenée, 1858) [MZ148350]
« <i>Scopula beckeraria</i> »	BoLD: GWOR3323-08; GWORB2711-08; GWOR3330-08	<i>Scopula permutata</i> (Staudinger, 1897) [MZ148354]

Проведенная нами проверка определений показывает, что часть ошибок обусловлена плохим состоянием экземпляров, не позволяющим точно диагностировать вид по внешним признакам (например, *Eupithecia irriguata*, *Eu. pimpinellata*, *Scopula subpunctaria*, *Idaea effusaria*). Так, мы проанализировали полный митохондриальный геном “*I. effusaria*”, полученный Си (Xie, 2020), и обнаружили, что его локус *COI* соответствует баркоду *I. nitidata*, т. е. весь опубликованный митогеном принадлежит не *I. effusaria*, а *I. nitidata*. Часть ошибок, по-видимому, связана с тем, что авторы определений имели дело лишь с изображениями видов (их ваучерных экземпляров), которые представляли мало знакомую им фауну (Jin et al., 2018; Hao et al., 2020). В единичных случаях можно предполагать операционные ошибки (путаница ваучеров и их номеров), как в случаях с неверным определением до уровня семейства: *Dysgonia obscura* (Erebidae) – *Calcaritis pallida* (Geometridae), *Paracolax tristalis* (Erebidae) – *Xenortholitha propinguata* (Geometridae) (Hao et al., 2020).

С учетом представленных дополнений фауна пядениц Байкальского региона насчитывает 361 вид из 146 родов.

Создана библиотека ДНК-баркодов пядениц Байкальского региона, которая включает 631 нуклеотидную последовательность фрагмента гена *COI* для 312 видов. Для 17 видов ДНК-баркоды получены впервые; для 298 видов впервые получены ДНК-баркоды популяций, обитающих в Байкальском регионе. 97 % изученных ДНК-баркодов оказались видоспецифичными, т. е. отличными от баркодов близких видов. В большинстве случаев эти различия превышали уровень в 2–3 % (т. е. наблюдались более чем в 13–17 нуклеотидных позициях из 658 изученных). Показано, что надежная видовая идентификация возможна для трех пар видов, *Macaria alternata* и *M. shanghaiaria*, *Isturgia murinaria* и *I. kaszabi*, а также *Chlorissa viridata* и *Ch. obliterated*, которые не имеют устойчивых диагностических признаков в окраске и рисунке крыльев и в строении гениталий обоих полов. Использование созданной библиотеки ДНК-баркодов делает возможным идентификацию 302 видов региональной фауны, причем эти определения можно производить не только по имаго, но и по любым преимагинальным стадиям, а также по фрагментам тела насекомого.

Выявлено 10 пар видов, в которых баркоды не позволяют достоверно идентифицировать вид, полностью (или почти полностью) совпадая у двух близких таксонов либо частично перекрываясь у некоторых популяций. Тем не менее, показано, что с учетом данных по географическому распространению только 10 видов, населяющих Байкальский регион, невозможно делимитировать на основании ДНК-баркодов.

Показано, что у 6 номинальных видов пядениц в Прибайкалье (*Alcis deversata* Stgr., *A. extinctaria* Ev., *Aspitates gilvaria* Den. et Schiff., *Ectropis crepuscularia* Den. et Schiff., *Thalera chlorosaria* Graes., *Scopula immutata* L.) обнаруживается два типа дифференцированных баркодов (= митохондриальных гаплогрупп) в одной популяции. Необходимо дальнейшее изучение этих популяций с целью тестирования двух альтернативных гипотез: пары симпатричных гаплогрупп представляют 1) нераспознанные криптические виды и 2) отражают внутривидовой полиморфизм.

В ходе анализа полученных ДНК-баркодов и их сравнения с доступными сиквенсами в базах данных сети Интернет было выявлено и исправлено 28 ошибочных определений видов по нуклеотидным последовательностям. Выявление таких ошибок представляется критически важным, так как, попадая в базы генетических данных BoLD и GenBank, они существенно затрудняют работу с нуклеотидными последовательностями, например, при их включении в филогенетический анализ или при проведении молекулярной экспресс-идентификации видов, основанной на сравнении ДНК-баркода неопределенного экземпляра с библиотеками ранее полученных баркодов.

Девять видов региональной фауны значительно отличаются по ДНК-баркодам от популяций этих видов в других частях Голарктики. У 5 из 9 видов (*Yezognophos vittaria*, *Aspitates gilvaria*, *A. taylorae*, *Perizoma hydrata* и *Eupithecia pernotata*) выявленные митохондриальные линии демонстрируют значительную генетическую дистанцию (2–3 %) с гаплогруппами, которые были установлены для этих видов ранее. Эти данные свидетельствуют о необходимости таксономических ревизий комплексов, в

которые входят виды с новыми гаплогруппами, с целью проверки гипотезы о том, что носители этих гаплогрупп относятся к еще не описанным видам.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы искренне благодарят Е. А. Беляева (Владивосток) и В. Г. Миронова (С.-Петербург) за помощь в определении ряда видов и ценные консультации. Авторы также признательны О. А. Аненхонову (Улан-Удэ), М. К. Дементьевой, Е. В. Софроновой, А. П. Софронову, В. В. Чепиноге (Иркутск), Д. В. Казакову (Тюмень) за плодотворное сотрудничество и организацию полевых исследований; Э. Я. Берлову, В. Г. Шиленкову, А. В. Косареву (Иркутск), А. В. Филиппову (Улан-Удэ) и С. А. Князеву (Омск) за предоставленные материалы по пяденицам.

Авторы также благодарны Т. В. Гордеевой за возможность работы с коллекционным фондом БНЦ СО РАН (Улан-Удэ), С. В. Василенко за помощь в обработке материала коллекции ИСиЭЖ СО РАН (Новосибирск) и Е. Ю. Городиловой (ресурсный центр «Развитие молекулярных и клеточных технологий» Санкт-Петербургского государственного университета) за секвенирование образцов ДНК.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Сбор материала выполнен в рамках гостем № АААА-А19-119020690101-6 и № АА-АА-А19-119020790106-0. Молекулярные исследования и ДНК-баркодинг выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 19-14-00202 Зоологическому институту РАН).

Молекулярные исследования выполнены с использованием оборудования Центра коллективного пользования оборудованием «Хромас» Ресурсного парка Санкт-Петербургского государственного университета (препарирование образцов и секвенирование ДНК) и Центра коллективного пользования оборудованием «Таксон» Зоологического института РАН (фотографирование препаратов генитальных структур).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белова Н. А. 2000. Высшие разноусые чешуекрылые Байкальского заповедника. Красноярск: Поликом, 144 с.
- Беляев Е. А. 2016. Сем. Geometridae – Пяденицы. В кн.: А. С. Лелей (ред.). Аннотированный каталог насекомых Дальнего Востока России. Т. 2. Чешуекрылые. Владивосток: Дальнаука, с. 518–666.
- Беляев Е. А., Миронов В. Г. 2019. Geometridae. В кн.: С. Ю. Синёв (ред.). Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России. Издание 2-е. СПб.: Зоологический институт РАН, с. 235–281.
- Берлов О. Э., Берлов Э. Я. 2006. Материалы к фауне и экологии пядениц (Geometridae) Прибайкалья. Труды государственного природного заповедника «Байкало-Ленский». Иркутск: РИО НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, выпуск 4, с. 102–110.
- Василенко С. В. 2006. Пяденицы (Lepidoptera, Geometridae) лесостепной зоны Западно-Сибирской равнины. Евразийский энтомологический журнал **5** (3): 215–219.
- Василенко С. В. 2014. Обзор видов *Euphyia* Hübner, 1816 (Lepidoptera: Geometridae, Larentiinae) азиатской части России. Евразийский энтомологический журнал **13** (2): 154–160.
- Васильева Т. Г. 1989. К фауне пядениц (Lepidoptera, Geometridae) Южного Прибайкалья. В кн.: В. Г. Шиленков, А. С. Плешанов, Е. П. Бессолицына, Л. Н. Дубешко, Н. А. Никулина (ред.). Насекомые и паукообразные Сибири. Иркутск: Иркутский государственный университет, с. 104–115.
- Вийдалепп Я. Р. 1976. Список пядениц (Lepidoptera, Geometridae) фауны СССР. I. Энтомологическое обозрение **55** (4): 842–852.

- Вийдалепп Я. Р. 1987. К фауне пядениц Эвенкийского автономного округа и зоны БАМ. В кн.: А. С. Рожков (ред.). Насекомые зоны БАМ. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, с. 74–82.
- Вийдалепп Я. Р. 1988. Фауна пядениц гор Средней Азии. М.: Наука, 240 с.
- Гордеева Т. В., Гордеев С. Ю. 2007. Семейство Geometridae – пяденицы. В кн.: Л. Л. Убугунов, В. В. Дубатов (ред.). Чешуекрылые Бурятии. Новосибирск: Сибирское отделение РАН, с. 95–148.
- Городков К. Б. 1984. Типы ареалов насекомых тундры и лесных зон европейской части СССР. В кн.: К. Б. Городков (ред.). Ареалы насекомых европейской части СССР. Атлас. Л.: Наука, с. 3–20.
- Городков К. Б. 1985. Трехмерная климатическая модель потенциального ареала и некоторые ее свойства. Ч. I. Энтомологическое обозрение **64** (2): 295–310.
- Городков К. Б. 1986. Трехмерная климатическая модель потенциального ареала и некоторые ее свойства. Ч. II. Энтомологическое обозрение **65** (1): 81–95.
- Городков К. Б. 1992. Типы ареалов двукрылых (Diptera) Сибири. В кн.: Э. П. Нарчук (ред.), Систематика, зоогеография и кариология двукрылых насекомых (Insecta: Diptera). СПб.: Зоологический институт РАН, с. 45–55.
- Дьяконов А. М. 1926. К познанию фауны Geometridae Минусинского края. Ежегодник Государственного музея имени Н. М. Мартыанова **4** (1): 1–78.
- Махов И. А. 2021. Дополнения ко второму изданию Каталога чешуекрылых России по трем восточносибирским регионам. Часть 1. Энтомологическое обозрение **100** (2): 375–389. doi: 10.31857/S0367144521020088
- Мионов В. Г., Беляев Е. А., Василенко С. В. 2008. Geometridae. В кн.: С. Ю. Синёв (ред.). Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, с. 190–226.
- Choi S.-W. 2012. Taxonomic review of the genus *Asthena* Hübner (Lepidoptera: Geometridae) in Korea. Entomological Research **42**: 151–157. doi: 10.1111/j.1748-5967.2012.00450.x
- deWaard J. R., Hebert P. D. N., Humble L. M. 2011. A comprehensive DNA barcode library for the looper moths (Lepidoptera: Geometridae) of British Columbia, Canada. PLoS ONE **6** (3): e18290. doi:10.1371/journal.pone.0018290
- deWaard J. R., Ivanova N. V., Hajibabaei M., Hebert P. D. N. 2008. Assembling DNA barcodes: analytical protocols. In: C. C. Martin (ed.). Environmental Genomics. (Methods in Molecular Biology 410). Totowa, New Jersey: Humana Press, p. 275–283. doi: 10.1007/978-1-59745-548-0_15
- Feizpour S., Fekrat L., Namaghi S., Stadie D., Rajaei H. 2018. Combination of morphological characters and DNA-barcoding confirms *Problepsis cinerea* (Butler, 1886) (Geometridae: Sterrhinae: Scopulini) as a new genus and species for the fauna of Iran. Integrative Systematics: Stuttgart Contributions to Natural History **1** (1): 47–57. doi: 10.18476/insy.v01.a6
- Folmer O., Black O., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Molecular Marine Biology and Biotechnology **3**: 294–299.
- Hajibabaei M., Singer G. A. C., Hebert P. D. N., Hickey D. A. 2007. DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. Trends in Genetics **23**: 167–172. doi: 10.1016/j.tig.2007.02.001
- Hall T. A. 1999. BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucleic Acids Symposium Series **41**: 95–98.
- Han H., Xue D. 2009. Taxonomic review of *Hemistola* Warren, 1893 from China, with descriptions of seven new species (Lepidoptera: Geometridae, Geometrinae). Entomological Science **12**: 382–410. doi: 10.1111/j.1479-8298.2009.00341.x
- Hao M., Jin Q., Meng G., Yang C., Yang Sh., Shi Zh., Tang M., Liu Sh., Li Y., Li J., Zhang D., Su X., Shih Ch., Sun Y., Wilson J.-J., Zhou X., Zhang A. 2020. Using full-length metabarcoding and DNA barcoding to infer community assembly for speciose taxonomic groups: a case study. Evolutionary Ecology **34** (9). doi: 10.1007/s10682-020-10072-y
- Hausmann A. 2004. Sterrhinae. In: A. Hausmann (ed.). The Geometrid Moths of Europe. Vol. 2. Stenstrup: Apollo Books, 600 p.
- Hausmann A., Godfray H. C. J., Huemer P., Mutanen M., Rougerie R., van Nieuwerkerken E. J., Ratnasingham S., Hebert P. D. N. 2013. Genetic patterns in European geometrid moths revealed by the Barcode Index Number (BIN) System. PLoS ONE **8** (12): e84518.d. doi: 10.1371/journal.pone.0084518
- Hausmann A., Haszprunar G., Hebert P. D. N. 2011. DNA Barcoding the Geometrid Fauna of Bavaria (Lepidoptera): Successes, Surprises, and Questions. PLoS ONE **6** (2): e17134. doi: 10.1371/journal.pone.0017134
- Hausmann A., Viidalepp J. 2012. Subfamily Larentiinae 1. In: A. Hausmann (ed.). The Geometrid Moths of Europe. Vol. 3. Stenstrup: Apollo Books, 743 p.
- Hebert P. D. N., Cywinska A., Ball S. L., de Waard J. R. 2003a. Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences **270**: 313–321. doi: 10.1098/rspb.2002.2218

- Hebert P. D. N., Ratnasingham S., deWaard J. R. 2003b. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **270**: S96–S99. doi: 10.1098/rsbl.2003.0025
- Hebert P. D. N., Ratnasingham S., Zakharov E. V., Telfer A. C., Levesque-Beaudin V., Milton M. A., Pedersen S., Janetta P., deWaard J. R. 2016. Counting animal species with DNA barcodes: Canadian insects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **371** (1702): 20150333. doi:10.1098/rstb.2015.0333
- Jin Q., Hu X. M., Han H. L., Chen F., Cai W.-J., Ruan Q.-Q., Liu B., Luo G.-J., Wang H., Liu X., Ward R. D., Wu Ch.-Sh., Wilson J.-J., Zhang A.-B. 2018. A two-step DNA barcoding approach for delimiting moth species: moths of Dongling Mountain (Beijing, China) as a case study. *Scientific Reports* **8**: 14256. doi: 10.1038/s41598-018-32123-9
- Kim N.-H., Choi S.-W., Kim S.-S. 2018. Additional Report of the Genus *Asthena* (Lepidoptera: Geometridae) from Korea. *Animal Systematics, Evolution and Diversity* **34** (2): 92–95. doi: 10.5635/ASED.2018.34.2.016
- Kumar S., Stecher G., Tamura K. 2015. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution* **33**: 1870–1874. doi: 10.1093/molbev/msw054
- Leraut P. 2009. *Moths of Europe – Volume 2: Geometrid Moths*. Paris: NAP Editions, 808 p.
- Makhov I. A. 2021. Geometridae (Lepidoptera) of the Baikal region: keys to species and an annotated catalogue. Part 1. Ennominae. *Zootaxa* **4962** (1): 1–125. doi: 10.11646/zootaxa.4962.1.1
- Makhov I. A., Beljaev E. A. 2019. New data on Geometrid moths (Lepidoptera: Geometridae) of the Baikal region, Russia. *Far Eastern Entomologist* **391**: 1–23. doi: 10.25221/fee.391.1
- Makhov I. A., Gorodilova Ye. Yu., Lukhtanov V. A. 2021. Sympatric occurrence of deeply diverged mtDNA lineages in Siberian geometrid moths (Lepidoptera, Geometridae): cryptic speciation, mitochondrial introgression, secondary admixture or effect of *Wolbachia*? *Biological Journal of the Linnean Society* **134** (2): 342–365. doi: 10.1093/biolinnean/blas089/6314024
- Müller B., Erlacher S., Hausmann A., Rajaei H., Sihvonen P., Skou P. 2019. Ennominae II. In: A. Hausmann, P. Sihvonen, H. Rajaei, P. Skou (eds). *Geometrid Moths of Europe*. Vol. 6. Leiden: Brill, 906 p.
- Murillo-Ramos L., Brehm G., Sihvonen P., Hausmann A., Holm S., Reza Ghanavi H., Öunap E., Truuverk A., Staude H., Friedrich E., Tammaru T., Wahlberg N. 2019. A comprehensive molecular phylogeny of Geometridae (Lepidoptera) with a focus on enigmatic small subfamilies. *PeerJ* **7**: e7386. doi: 10.7717/peerj.7386
- Mutanen M., Hausmann A., Hebert P. D. N., Landry J.-F., de Waard J. R., Huemer P. 2012. Allopatry as a Gordian knot for taxonomists: Patterns of DNA barcode divergence in Arctic-Alpine Lepidoptera. *PLoS ONE* **7** (10): e47214. doi:10.1371/journal.pone.0047214
- Mutanen M., Kivelä S. M., Vos R. A., Doorenweerd C., Ratnasingham S., Hausmann A., Huemer P., Dincă V., van Nieuwerkerken E. J., Lopez-Vaamonde C., Vila R., Aarvik L., Decaëns T., Efetov K. A., Hebert P. D. N., Johnsen A., Karsholt O., Pentinsaari M., Rougerie R., Segerer A., Tarmann G., Zahiri R., Godfray H. C. J. 2016. Species-level para- and polyphyly in DNA barcode gene trees: Strong operational bias in European Lepidoptera. *Systematic Biology* **65** (6): 1024–1040. doi: 10.1093/sysbio/syw044
- Rajaei H., Gelbrecht J., Schulz N., Hausmann A. 2021. *Minoa lutea* Schwingenschuss, 1954 (Lepidoptera: Geometridae: Larentiinae) recognized as *bona species*. *Zootaxa* **4903** (2): 255–264. doi: 10.11646/zootaxa.4903.2.5
- Rajaei H., Struwe J.-F., Raupach M., Ahrens D., Wägele W. 2013. Integration of cytochrome c oxidase I barcodes and geometric morphometrics to delimit species in the genus *Gnopharmia* (Lepidoptera: Geometridae, Ennominae). *Zoological Journal of the Linnean Society* **169**: 70–83. doi: 10.1111/zoj.12053
- Ronquist F., Teslenko M., Van Der Mark P., Ayres D. L., Darling A., Hohna S., Larget B., Liu L., Suchard M. A., Huelsenbeck J. P. 2012. MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Systematic Biology* **61**: 539–542. doi: 10.1093/sysbio/sys029
- Rubio R. M., Guerrero J. J., Garre M., Ortiz A. S. 2013. DNA barcoding confirms the presence of *Hydria cervinalis* (Scopoli, 1763) in the Iberian Peninsula (Lepidoptera: Geometridae: Larentiinae). *Zootaxa* **3702** (1): 97–99. doi: 10.11646/zootaxa.3702.1.7
- Silva-Brandão K. L., Lyra M. L., Freitas A. V. L. 2009. Barcoding lepidoptera: current situation and perspectives on the usefulness of a contentious technique. *Neotropical Entomology* **38** (4): 441–451. doi:10.1590/s1519-566x2009000400001
- Skou P., Sihvonen P. 2015. Subfamily Ennominae I. In: P. Skou, P. Sihvonen, A. Hausmann (eds). *The Geometrid Moths of Europe*. Vol. 5. Stenstrup: Apollo Books, 657 p.
- Stadie D., Hausmann A., Rajaei H. 2014. *Cataclysmes subtilisparsata* Wehrli, 1932 (Lepidoptera, Geometridae, Larentiinae) recognized as *bona species* – an integrative approach. *Nota Lepidopterologica* **37** (2): 141–150.
- Van Nieuwerkerken E. J., Kaila L., Kitching I. J., Kristensen N. P., Lees D. C., Minet J., Mitter C., Mutanen M., Regier J. C., Simonsen T. J., Wahlberg N., Yen S., Zahiri R., Adamski D., Baixeras J., Bartsch D., Bengtsson B. Å., Brown J. W., Bucheli S. R., Davis D. R., Prins J. de, De Prins W., Epstein M. E., Gentili-Poole P., Giellis C., Hättenschwiler P., Hausmann A., Holloway J. D., Kallies A., Karsholt O., Kawahara A. Y.,

- Koster J., Kozlov M., Lafontaine J. D., Lamas G., Landry J., Lee S., Nuss M., Park K., Penz C., Rota J., Schintlmeister A., Schmidt B. C., Sohn J., Solis M. A., Tarmann G. M., Warren A. D., Weller S., Yakovlev R. V., Zolotuhin V. V., Zwick A. 2011. Order Lepidoptera Linnaeus, 1758. In: Z.-Q. Zhang (ed.). Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa* **3148**: 212–221. doi: 10.11646/zootaxa.3148.1.41
- Viidalepp J. 1996. Checklist of the Geometridae (Lepidoptera) of the Former U.S.S.R. Stenstrup: Apollo Books, 111 p.
- Wanke D., Hausmann A., Rajaei H. 2019. An integrative taxonomic revision of the genus *Triphosa* Stephens, 1829 (Geometridae: Larentiinae) in the Middle East and Central Asia, with description of two new species. *Zootaxa* **4603** (1): 39–65. doi: 10.11646/zootaxa.4603.1.2
- Wehrli E. 1929. Beitrag zur Geometriden-Fauna von Minussinsk Sibirien, Gouv. Jenissej. Ежегодник государственного музея имени Н. М. Мартыанова **6** (1): 8–30.
- Xie J.-L. 2020. Sequencing and characterization of mitochondrial genome of *Idaea effusaria* (Lepidoptera: Geometridae). *Mitochondrial DNA Part B* **5** (1): 1001–1002. doi:10.1080/23802359.2020.1720542
- Xue D., Scoble M. J. 2002. A review of the genera associated with the tribe Asthenini (Lepidoptera: Geometridae: Larentiinae). *Bulletin of the Natural History Museum: Entomology* **71**: 77–133. doi: 10.1017/S0968045402000044
- Yamamoto S., Sota T. 2007. Phylogeny of the Geometridae and the evolution of winter moths inferred from a simultaneous analysis of mitochondrial and nuclear genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **44**: 711–723. doi:10.1016/j.ympev.2006.12.027

GEOMETRID MOTHS (LEPIDOPTERA, GEOMETRIDAE) OF THE BAIKAL REGION: ADDITIONS TO THE SPECIES LIST AND RESULTS OF DNA BARCODING

I. A. Makhov, V. A. Lukhtanov

Key words: Geometridae, fauna, Baikal Region, Irkutsk Province, Republic of Buryatia, DNA barcoding, cytochrome c oxidase subunit I (*COI*).

SUMMARY

Additions to the species list of the Baikal region (Russia) are given in the present work. The distribution of 7 geometrid species in the region is specified. Seven species are recorded in the study area for the first time: *Chlorissa obliterata* (Walker, 1863), *Scotopteryx acutangulata* (Inoue, 1941), *Entephria byssata* (Aurivillius, 1891), *Minoa lutea* Schwingenschuss, 1954, *Eupithecia sophia* Butler, 1878, *Idaea dimidiata* (Hufnagel, 1767), *Scopula flaccidaria* (Zeller, 1852), and one species, *Charissa beljaevi* Erlacher, Marrero et Erlacher, 2017 is recorded for the first time in Russia. One species is newly combined with genus *Nebula* Bruand, 1846: *Nebula korschunovi* **comb. n.** For the first time, a library of DNA barcodes for Geometridae of the Baikal region is created. It includes 631 nucleotide sequences of the *COI* gene fragment for 312 species (86% of the regional fauna). Analysis of these DNA barcodes and the morphology of the individuals from which they were obtained leads to the following results: (1) one new species (*Chlorissa obliterata*) for the fauna of the region is recorded; (2) 28 cases of erroneous species identification published in the literature and in public databases are revealed; (3) weakly morphologically differentiated sibling species *Macaria alternata* ([Denis et Schiffermüller], 1775) and *M. shanghaiaria* Walker, 1861, *Isturgia murinaria* ([Denis et Schiffermüller], 1775) and *I. kaszabi* Vojnits, 1974, *Chlorissa viridata* (Linnaeus, 1758) and *Ch. obliterata* are unambiguously discriminated using DNA barcodes; (4) a deep genetic differentiation of Baikal populations of 5 geometrid species (genetic divergence is about 3% or more, in comparison with European and / or East Asian populations) is detected, which raises the question of the need for their taxonomic revision.