

УДК 595.782

DOI: 10.33910/2686-9519-2019-11-4-327-334

<http://zoobank.org/References/26DA9AD9-8612-49B4-BFF2-C6DDF18E0117>

ДВА НОВЫХ ПОДВИДА ОГНЕВОК РОДА *CYNAEDA* HÜBNER, [1825] (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) ИЗ КИРГИЗИИ

С. К. Корб

Русское энтомологическое общество, Нижегородское отделение, а/я 97, 603009, г. Нижний Новгород, Россия

Сведения об авторе

Корб Станислав Константинович
E-mail: stanislavkorb@list.ru
SPIN-код: 2230-3973

Права: © Автор (2019). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY-NC 4.0.

Аннотация. Описываются два новых подвида огневок рода *Cynaeda* Hübner, [1825] из Киргизии: *Cynaeda gigantea cobaini* Korb, ssp. n. с типовым местонахождением «Kyrgyzstan, Osh Prov., Alai Mts., 6,25 km NNE Kyzyl-Eshme, 2961 m, 39.620689 N, 72.286766 E» и *Cynaeda forsteri komarovi* Korb, ssp. n. с типовым местонахождением «Kyrgyzstan, Talas Prov., Talas Mts., Kara-Buura river coast, 31 km S of Kluchevka, 1707 m, 42.337976 N, 71.60727 E». Указаны отличительные признаки новых подвинов от уже известных.

Ключевые слова: новые подвины, огневки, Средняя Азия, описания.

TWO NEW SUBSPECIES OF SNOOT MOTHS OF THE GENUS *CYNAEDA* HÜBNER, [1825] (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) FROM KYRGYZSTAN

S. K. Korb

Russian Entomological Society, Nizhny Novgorod division, P.O. Box 97, 603009, Nizhny Novgorod, Russia

Author

Stanislav K. Korb
E-mail: stanislavkorb@list.ru
SPIN: 2230-3973

Copyright: © The Author (2019). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY-NC License 4.0.

Abstract. Two new subspecies of the snout moths *Cynaeda* Hübner, [1825] from Kyrgyzstan are described: *Cynaeda gigantea cobaini* Korb, ssp. n., type locality «Kyrgyzstan, Osh Prov., Alai Mts., 6,25 km NNE Kyzyl-Eshme, 2961 m, 39.620689 N, 72.286766 E» and *Cynaeda forsteri komarovi* Korb, ssp. n., type locality «Kyrgyzstan, Talas Prov., Talas Mts., Kara-Buura river coast, 31 km S of Kluchevka, 1707 m, 42.337976 N, 71.60727 E». The distinctive characters of the new subspecies in comparison to known ones are listed.

Keywords: new subspecies, snout moths, Central Asia, descriptions.

Фауна огневок Киргизии изучена очень плохо. В изданном в 1996 г. Кадастре генетического разнообразия Кыргызстана приводится всего 28 видов (Тарбинский, Милько 1996). Анализ литературных источников показал, что число известных для Киргизии видов этого надсемейства составляет 114 (Sinev, Korb in press.), а всего в фауне республики их должно обитать по меньшей мере 300 (наши данные [op. cit.] показывают более 200 видов, к которым следует прибавить литературные находки).

При исследовании огневок Киргизии довольно часто обнаруживаются распространенные на большом удалении от своих первоначальных ареалов виды. Один из таких видов, *Evergestis kopetdagensis* Kuznetsov, 1958, обнаруженный нами в окрестностях г. Бишкек (Корб 2018), был описан с территории Южной Туркмении. Такие примеры можно продолжать.

Во время полевых сезонов 2014–2019 гг. в Киргизии нами были обнаружены популяции двух видов *Cynaeda*, распространенные на большом удалении от своих основных ареалов: *C. gigantea* (Staudinger, 1880) и *C. forsteri* de Lattin, 1951. В настоящем сообщении описываем их как новые подвиды.

***Cynaeda gigantea cobaini* Korb, ssp. n.**

(рис. 2–6)

<http://zoobank.org/>

NomenclaturalActs/6C55C55B-F4A9-40B3-9585-BD8317D2050B

Введение. Вид был описан как вариация *C. dentalis* ([Denis et Schiffermüller], 1775) из «Dervendthal» (Staudinger 1879, 165–166), местности в турецкой провинции Амасия (Staudinger 1878, 197). Чаще всего указывается с авторством и годом опубликования *C. gigantea* (Wocke, 1871), однако в каталоге М. Воке и О. Штаудингера описания или диагноза данного таксона нет (Staudinger, Wocke 1871, 206); на этом основании следует указывать этот таксон с авторством и годом опубликования О. Штаудингера, первым давшего диагноз таксона. Следующие подвиды были установлены для *C.*

gigantea: *C. gigantea hilariella* Schawerda, 1921 (Schawerda 1921, 131) из Хорватии и *C. gigantea mendicalis* de Lattin, 1951 (de Lattin 1951, 78) из Венгрии. В настоящее время первый подвид сведен в синонимы к номинативному, а второй пока имеет реальный статус (Slamka 2006). Распространение вида включает Юго-Восточную Европу, Малую Азию, Ливан, Армению, Иран, Турцию и Западный Афганистан (Slamka 2006). Из Средней Азии этот вид не приводился; нами впервые был обнаружен здесь в 2015 г. на северном макросклоне Алайского хребта (ущелье Катта-Каракол, 40°22' N, 73°26' E). Летом 2019 г. бабочки были собраны и на южном макросклоне Алайского хребта. Собранные нами особи имеют значительные отличия от номинативного подвида (наиболее близко расположенного географически к обнаруженным нами популяциям) и на этом основании описываются нами как новый подвид.

Материал. Голотип ♂, 21–22.07.2019. Kyrgyzstan, Osh Prov., Alai Mts., 6,25 km NNE Kyzyl-Eshme, 2961 m, 39.620689 N, 72.286766 E (Корб). Паратипы. 2 ♂, 21–22.07.2019, там же (Корб); 5 ♂, 14.07.2015, North Alai, Gulcha river upper course, Katta-Karakol stream, 40°22' N, 73°26' E, 1850 м (Корб). Голотип передается для хранения в Зоологический институт РАН (Санкт-Петербург), паратипы хранятся в коллекции автора.

Описание (рис. 2, 6). Голова, грудь и брюшко коричневые. Длина переднего крыла голотипа 15 мм, паратипов — 14–17 мм. Относительно крупная огневка, по размерам сопоставимая с *Cynaeda furiosa* Hampson, 1900. Переднее крыло светло-коричневое с желтоватым оттенком и двуцветным пучком из темных (снаружи) и светлых (изнутри) длинных чешуек в базальной трети анального края; заднее крыло в базальной и дискальной частях белое, в субмаргинальной и краевой частях коричневатое. Бахромка на переднем крыле белая с длинными темно-коричневыми штрихами между жилками; на заднем крыле белая с темным пятном в анальной обла-

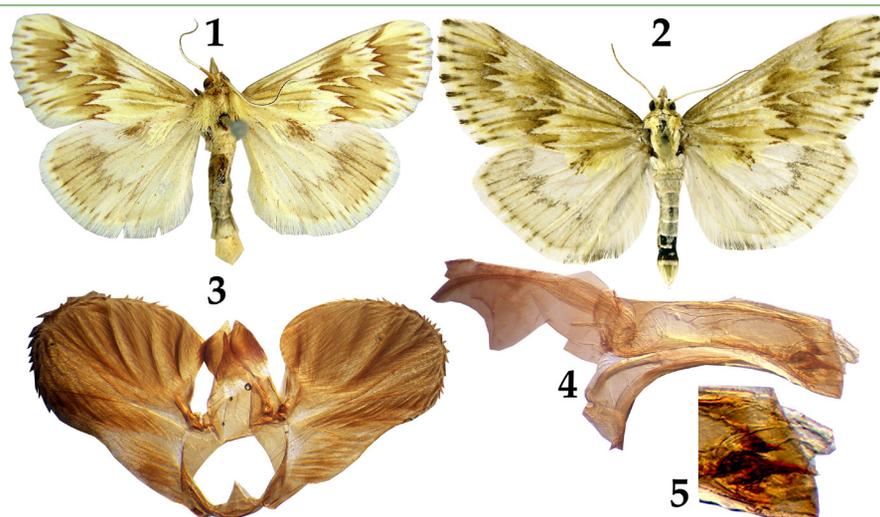


Рис. 1–7. *Synaeda gigantea* (Staudinger, 1880): 1 — *C. gigantea gigantea* (Staudinger, 1880), топотип; 2 — *C. gigantea cobaini* Korb, ssp. n., голотип; 3 — *C. gigantea cobaini* Korb, ssp. n., гениталии голотипа (эдеагус удален); 4 — *C. gigantea cobaini* Korb, ssp. n., эдеагус голотипа; 5 — *C. gigantea cobaini* Korb, ssp. n., вершина эдеагуса голотипа; 6 — *C. gigantea cobaini* Korb, ssp. n., в природе (фото: Е. Комаров); 7 — *C. gigantea cobaini* Korb, ssp. n., биотоп

Figs 1–7. *Synaeda gigantea* (Staudinger, 1880): 1 — *C. gigantea gigantea* (Staudinger, 1880), topotype; 2 — *C. gigantea cobaini* Korb, ssp. n., holotype; 3 — *C. gigantea cobaini* Korb, ssp. n., holotype's genitalia (aedeagus removed). 4 — *C. gigantea cobaini* Korb, ssp. n., holotype's aedeagus; 5 — *C. gigantea cobaini* Korb, ssp. n., holotype's aedeagus apex; 6 — *C. gigantea cobaini* Korb, ssp. n., in nature (photo: E. Komarov); 7 — *C. gigantea cobaini* Korb, ssp. n., habitat

сти. Рисунок переднего крыла представлен постмедиальной линией темно-коричневого цвета и зубцевидной формы. Кнаружи от этой линии расположена коричневая перевязь неправильной формы и с размытыми краями, по ширине не превышающая ширину изломов постмедиальной линии. Кнутри от постмедиальной линии расположено более светлое (коричневатое) поле с неким подобием расплывчатого коричневого дискального пятна. Рисунок заднего крыла представлен довольно широкой изломанной постмедиальной линией (границы линии размыты, зубцы не выглядят четкими) серого цвета.

Гениталии самца (рис. 3–5). Типично для представителей *Cynaeda* строения: вальвы широкие грушевидные, по краям покрыты двумя-тремя рядами тонких шипов; эдеагус короткий, значительно короче длины вальвы, цилиндрический, расширяющийся в базальной части, с двумя корнутусами в вершине; ункус тонкий, с заостренной вершиной; ветви гнатоса широкие, серповидные, с заостренными вершинами, покрыты густыми волосками. Корнутусы когтевидной формы в числе двух в вершине эдеагуса — характерный признак *C. gigantea*.

Дифференциальный диагноз. Новый подвид обнаружен на удалении около 800 км от ближайшего известного местонахождения (Баглан в Западном Афганистане). Он хорошо отличается от номинативного подвида следующими особенностями рисунка и окраски крыльев: 1) кнутри от постмедиальной линии переднего крыла у нового подвида расположено коричневатое поле; у номинативного подвида это поле белое; 2) постмедиальная линия заднего крыла с неявными короткими зубцами; у номинативного подвида эта линия имеет хорошо различимые, острые и довольно длинные зубцы; 3) новый подвид в целом выглядит несколько более темноокрашенным за счет более темного наружного поля постмедиальной линии переднего крыла; 4) постмедиальная линия заднего крыла нового подвида серая, тогда как

у номинативного подвида она коричневая.

Экология. Летает в июле на высотах от 1800 до 3000 м. Биотопы: широкие горные долины с сухими глинистыми остепненными склонами (рис. 7).

Этимология. Подвид называется именем Курта Кобейна, американского рок-музыканта, основателя стиля «гранж» современной альтернативной музыки.

Cynaeda forsteri komarovi Korb, ssp. n.

<http://zoobank.org/>

NomenclaturalActs/32F2D317-677D-4AE9-AC7B-950B4DA76BEA

Введение. Был описан как хороший вид рода *Cynaeda* из окр. Губерли (de Lattin 1951, 81) и до недавнего времени был известен только по двум экземплярам типовой серии (самцу голотипу и самке паратипу) (Золотухин 2005). В 2010 г. вид был указан из Волгоградской области России (Калачевский, Ольховский и Камышинский районы) (Комаров 2010, 45). В 2019 г. был указан из заказника «Чарынская роща» в Юго-Восточном Казахстане (Корб, Синёв 2019, 68). Очевидно, что вид имеет довольно широкое, но локальное распространение на территории Южной России (известен из Оренбургской и Волгоградской областей) и Казахстана (известен из юго-восточной его части). В 2014 г. вид был впервые отмечен на территории Киргизии (хребет Молдо-Тоо близ перевала Коро-Гоо). Условия, в которых он обитает в Киргизии, сходны с местообитаниями в других местах (в Юго-Восточном Казахстане отмечался на сухих каменистых степных склонах Чарынского каньона). Расстояние между ближайшими местонахождениями этого вида в Средней Азии (Чарынский каньон в Казахстане и окрестности с. Арашан в Киргизии) составляет около 400 км. Учитывая серьезные морфологические различия между номинативными и киргизскими экземплярами, описываем киргизскую популяцию как новый подвид. Статус казахстанской популяции требует дополнительного исследования.

Материал. Голотип ♂, 27–28.07.2019, Kyrgyzstan. Talas Prov., Talas Mts., Kara-

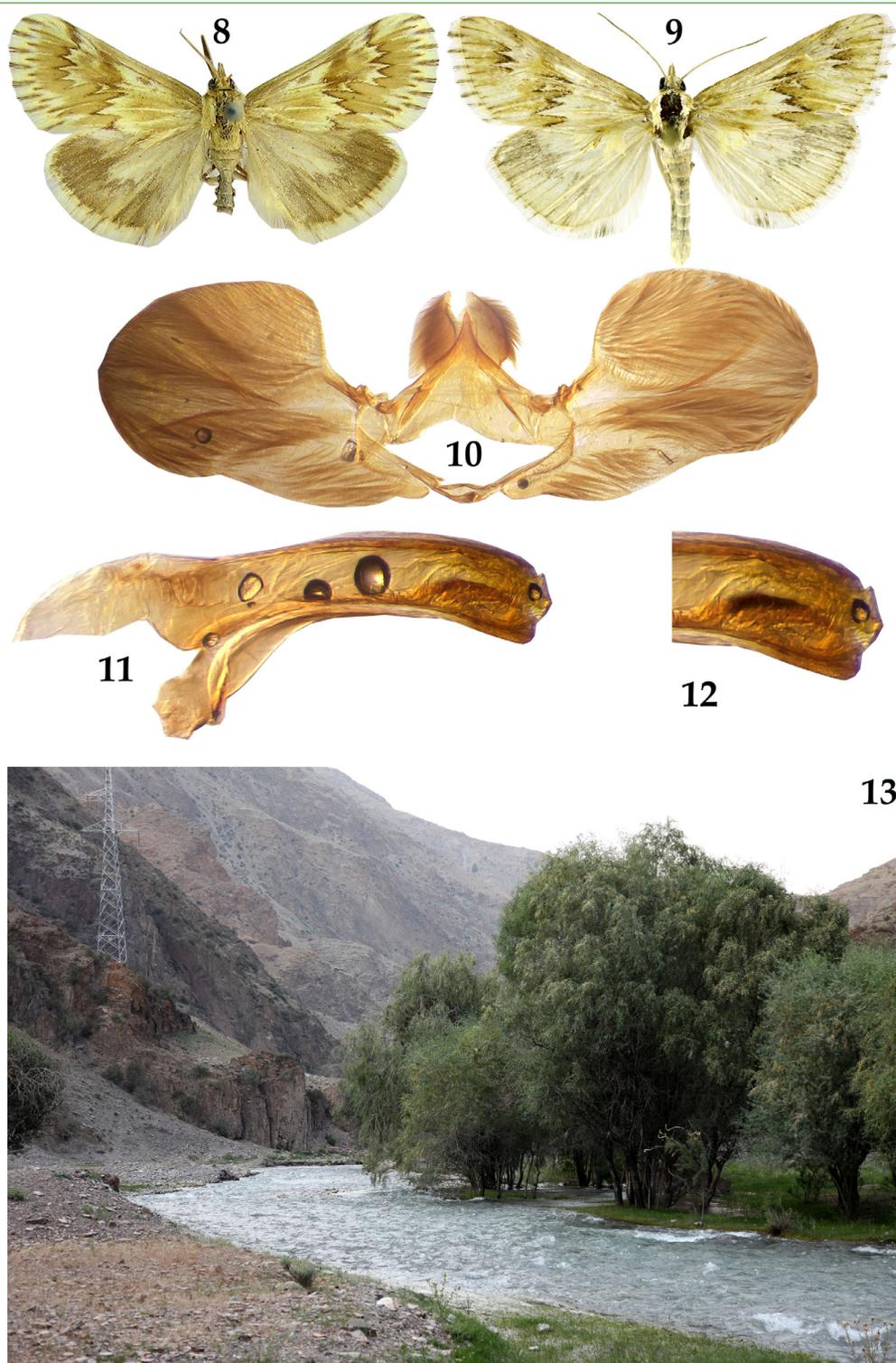


Рис. 8–13. *Cynaeda forsteri* de Lattin, 1951: 8 — *C. forsteri forsteri* de Lattin, 1951, голотип; 9 — *C. forsteri komarovi* Korb, ssp. n., голотип; 10 — *C. forsteri komarovi* Korb, ssp. n., гениталии голотипа (эдеагус удален); 11 — *C. forsteri komarovi* Korb, ssp. n., эдеагус голотипа; 12 — *C. forsteri komarovi* Korb, ssp. n., вершина эдеагуса голотипа; 13 — *C. forsteri komarovi* Korb, ssp. n., биотоп

Figs 8–13. *Cynaeda forsteri* de Lattin, 1951: 8 — *C. forsteri forsteri* de Lattin, 1951, holotype; 9 — *C. forsteri komarovi* Korb, ssp. n., holotype; 10 — *C. forsteri komarovi* Korb, ssp. n., holotype's genitalia (aedeagus removed); 11 — *C. forsteri komarovi* Korb, ssp. n., holotype's aedeagus; 12 — *C. forsteri komarovi* Korb, ssp. n., holotype's aedeagus apex; 13 — *C. forsteri komarovi* Korb, ssp. n., habitat

Buura river coast, 31 km S of Kluchevka, 1707 m, 42.337976 N, 71.60727 E (Корб). Паратипы: 5 ♂, 27–28.07.2019, там же (Корб). 1 ♂, 10.07.2014, Moldo-Too Mts., Koro-Goo Pass environs, 41°31.303' N, 74°45.824' E, 2000 m (Корб); 1 ♂, 12.08.2014, Kirghizsky Mts., Bishkek environs, Arashan village, 42°42'06.42" N, 74°36'45.02" E, 1500–1700 m (Корб). Голотип передается для хранения в Зоологический институт РАН (Санкт-Петербург), паратипы хранятся в коллекции автора.

Описание (рис. 9). Голова, грудь и брюшко коричневые, по бокам груди с белесыми щетинками. Длина переднего крыла голотипа 11 мм, паратипов — 11–13 мм. Переднее крыло светло-коричневое с белыми полями, заднее — белое с коричнево-серыми полями. Рисунок переднего крыла представлен постмедиальной линией темно-коричневого цвета и зубцевидной формы, прерванной в средней части. В дискальной области имеется коричневое пятно неправильной формы с размытыми краями. Кнутри от постмедиальной линии имеются два участка более светлого поля: в постдискальной и в срединной областях. Кнаружи от постмедиальной линии имеется коричневая перевязь неправильной формы с размытыми краями, по ширине не превышающая ширину изломов постмедиальной линии. На переднем крыле посередине анального края имеется двуцветный пучок из темных (посередине) и светлых (по краям) длинных чешуек. Рисунок заднего крыла представлен коричневатой внешней перевязью, имеющейся от костального края до примерно середины крыла. Бахромка переднего крыла белая с тонкими темными штрихами между жилками, бахромка заднего крыла белая с небольшим темным штрихом в анальном углу.

Гениталии самца (рис. 10–12). Типичного для представителей *Cynaeda* строения: вальвы широкие грушевидные, по

краям без шипов или зубцов; ункус тонкий, с заостренной вершиной; ветви гнато-са широкие, серповидные, с заостренными вершинами, покрыты густыми волосками; эдеагус короткий, значительно короче длины вальвы, цилиндрический, немного расширяющийся в базальной части, с одним корнутусом в вершине. Один корнутус в вершине эдеагуса — характерный признак *C. forsteri*.

Дифференциальный диагноз. Новый подвид хорошо отличается от номинативного следующими признаками: 1) кнутри от постмедиальной линии у нового подвида белое поле, тогда как у номинативного подвида это поле желтовато-коричневое; 2) щетинки по бокам груди у нового подвида светлые, белесые; у номинативного подвида они одного цвета с грудью; 3) в отличие от номинативного подвида, у нового краевая кайма на заднем крыле не сплошная, доходит только до половины крыла; у номинативного подвида она сплошная.

Экология (рис. 13). Бабочки собраны на свет на высоте между 1500 и 2100 м. Биотоп: каменистые сухие крутые остепненные склоны.

Этимология. Подвид назван именами супружеской четы О. и Е. Комаровых (г. Волгоград, Россия), энтомологов, внесших огромный вклад в изучение энтомофауны Киргизии.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор сердечно признателен В. В. Золотухину (Ульяновский педагогический университет) за ценные консультации по *Cynaeda forsteri*, а также за предоставление фотографий голотипа *C. forsteri* и топотипа *C. gigantea* и любезное разрешение на их публикацию. Е. В. и О. П. Комаровым (г. Волгоград), А. А. Шапошникову (г. Подольск), А. Г. Белику (г. Саратов) и А. Н. Самусю (г. Волгоград) автор благодарен за помощь в экспедициях 2014–2019 гг.

Литература

Золотухин, В. В. (2005) О новых и малоизвестных для России видах огневок (Lepidoptera: Crambidae, Pyraustidae) с территории Нижнего и Среднего Поволжья. *Эверсманния*, вып. 3–4, с. 3–17.

- Комаров, Д. А. (2010) Материалы к современной фауне ширококрылых огневок (Lepidoptera, Pyraustidae) Волгоградской области. *Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье*, вып. 8, с. 43–49.
- Корб, С. К. (2018) Новый подвид *Evergestis kopetdagensis* Kuznetsov, 1958 (Lepidoptera: Pyralidae) из Кыргызстана и Таджикистана. *Кавказский энтомологический бюллетень*, т. 14, вып. 1, с. 87–89. DOI: 10.23885/1814-3326-2018-14-1-87-89
- Корб, С. К., Синёв, С. Ю. (2019) К познанию фауны огневообразных чешуекрылых (Lepidoptera: Pyraloidea) Казахстана. *Эверсманния*, вып. 59–60, с. 64–70.
- Тарбинский, Ю. С., Милько, Д. А. (1996) Pyraloidea. В кн.: Э. Д. Шукуров (ред.). *Кадастр генетического фонда Кыргызстана*. Т. 3. Бишкек: Алейне, с. 213–215.
- Alipanah, H., Khodadad, M., Rajaei, H., Haseli, M. (2018) Taxonomic study of the genus *Evergestis* Hübner, 1825 (Lepidoptera: Crambidae: Glaphyriinae) in Iran with description of a new species. *Zootaxa*, vol. 4420, no. 1, pp. 1–33. DOI: 10.11646/zootaxa.4420.1.1
- Lattin, G. de (1951) Über die Arten der Gattung *Cynaeda* Hb. (Pyralidae). *Zeitschrift für Lepidopterologie*, Bd. 1, H. 2, S. 65–84.
- Schawerda, K. (1921) Beiträge zur Lepidopterenfauna der kroatischen Küste und Neubeschreibungen. *Deutsche Entomologische Zeitschrift "Iris"*, Bd. 35, S. 111–138.
- Sinev, S. Yu., Korb, S. K. (s. a.) Contribution to the fauna of Pyraloid moths of Kyrgyzstan (Lepidoptera: Pyraloidea). *Zootaxa*. (In press).
- Slamka, F. (2006) *Pyraloidea (Lepidoptera) of Europe. Vol. 1: Pyralinae, Galleriinae, Epipaschiinae, Cathariinae & Odontiinae*. Bratislava: František Slamka, 138 p.
- Staudinger, O. (1878) Lepidopteren-Fauna Kleinasien's. *Horae Societatis Entomologicae Rossicae*, t. XIV, pp. 176–482.
- Staudinger, O. (1879) Lepidopteren-Fauna Kleinasien's (Fortsetzung). *Horae Societatis Entomologicae Rossicae*, t. XV, pp. 159–435.
- Staudinger, O., Wocke, M. (1871) *Catalog der Lepidopteren des europäischen Faunengebietes*. Dresden: Hofbuchhandlung von Hermann Burdach, 426 S.

References

- Alipanah, H., Khodadad, M., Rajaei, H., Haseli, M. (2018) Taxonomic study of the genus *Evergestis* Hübner, 1825 (Lepidoptera: Crambidae: Glaphyriinae) in Iran with description of a new species. *Zootaxa*, vol. 4420, no. 1, pp. 1–33. DOI: 10.11646/zootaxa.4420.1.1 (In English)
- Komarov, D. A. (2010) Materialy k sovremennoj faune širokokrylykh ognеvok (Lepidoptera, Pyraustidae) Volgogradskoj oblasti [To the present pyralid (Lepidoptera, Pyraustidae) moths fauna of Volgograd Province]. *Entomologicheskie i parazitologicheskie issledovaniya v Povolzh'e — Entomological and Parasitological Investigations in Volga Region*, vol. 8, pp. 43–49. (In Russian)
- Korb, S. K. (2018) Novyj podvid *Evergestis kopetdagensis* Kuznetsov, 1958 (Lepidoptera: Pyralidae) iz Kyrgyzstana i Tadjhikistana [A new subspecies of *Evergestis kopetdagensis* Kuznetsov, 1958 (Lepidoptera: Pyralidae) from Kyrgyzstan and Tajikistan]. *Kavkazsky entomologicheskij bulleten' — Caucasian Entomological Bulletin*, vol. 14, no. 1, pp. 87–89. DOI: 10.23885/1814-3326-2018-14-1-87-89 (In Russian)
- Korb, S. K., Sinev, S. Y. (2019) K poznaniyu fauny ognеvkoobraznykh cheshuekrylykh (Lepidoptera: Pyraloidea) Kazakhstana [Contribution to the fauna of snout moths (Lepidoptera: Pyraloidea) of Kazakhstan]. *Eversmanniya — Eversmannia*, vol. 59–60, pp. 64–70. (In Russian)
- Lattin, G. de (1951) Über die Arten der Gattung *Cynaeda* Hb. (Pyralidae). *Zeitschrift für Lepidopterologie*, Bd. 1, H. 2, S. 65–84. (In German)
- Schawerda, K. (1921) Beiträge zur Lepidopterenfauna der kroatischen Küste und Neubeschreibungen. *Deutsche Entomologische Zeitschrift "Iris"*, Bd. 35, S. 111–138. (In German)
- Sinev, S. Yu., Korb, S. K. (s. a.) Contribution to the fauna of Pyraloid moths of Kyrgyzstan (Lepidoptera: Pyraloidea). *Zootaxa*. (In press). (In English)
- Slamka, F. (2006) *Pyraloidea (Lepidoptera) of Europe. Vol. 1: Pyralinae, Galleriinae, Epipaschiinae, Cathariinae & Odontiinae*. Bratislava: František Slamka, 138 p. (In German)
- Staudinger, O. (1878) Lepidopteren-Fauna Kleinasien's. *Horae Societatis Entomologicae Rossicae*, t. XIV, pp. 176–482. (In German)

- Staudinger, O. (1879) Lepidopteren-Fauna Kleinasien's (Fortsetzung). *Horae Societatis Entomologicae Rossicae*, t. XV, pp. 159–435. (In German)
- Staudinger, O., Wocke, M. (1871) *Catalog der Lepidopteren des europäischen Faunengebietes*. Dresden: Hofbuchhandlung von Hermann Burdach, 426 S. (In German)
- Tarbinsky, Y. S., Milko, D. A. (1996) Pyraloidea [Pyraloidea]. In: E. D. Shukurov (ed.). *Kadastr geneticheskogo fonda Kyrgyzstana [Cadastre of the genetic diversity of Kyrgyzstan]*. Vol. 3. Bishkek: Alejne Publ., pp. 213–215. (In Russian)
- Zolotukhin, V. V. (2005) О новых и малоизвестных для России видах огневок (Lepidoptera: Crambidae, Pyraustidae) с территории Нижнего и Среднего Поволжья [On the new and little known from Russia snout moths species (Lepidoptera: Crambidae, Pyraustidae) from the territory of Low and Middle Volga region]. *Eversmanniya — Eversmannia*, vol. 3–4, pp. 3–17. (In Russian)

Для цитирования: Корб, С. К. (2019) Два новых подвида огневок рода *Cynaeda* Hübner, [1825] (Lepidoptera: Crambidae) из Киргизии. *Амурский зоологический журнал*, т. XI, № 4, с. 327–334. DOI: 10.33910/2686-9519-2019-11-4-327-334

Получена 5 декабря 2019; прошла рецензирование 18 декабря 2019; принята 23 декабря 2019.

For citation: Korb, S. K. (2019) Two new subspecies of snout moths of the genus *Cynaeda* Hübner, [1825] (Lepidoptera: Crambidae) from Kyrgyzstan. *Amurian Zoological Journal*, vol. XI, no. 4, pp. 327–334. DOI: 10.33910/2686-9519-2019-11-4-327-334

Received 5 December 2019; reviewed 18 December 2019; accepted 23 December 2019.