

РЕЦЕНЗИИ
И НАУЧНЫЕ ДИСКУССИИ

УДК 565.751:551.763

ОТВЕТ НА ПУБЛИКАЦИИ “НАСЕКОМЫЕ НА ПЕРЬЯХ ДРЕВНИХ
(100 МЛН ЛЕТ) ДИНОЗАВРОВ НЕ ЭКТОПАРАЗИТЫ” И “ЛИЧИНКИ
ЧЕРВЕЦОВ MESOPHTHIRUS (НОМОПТЕРА, XYLOCOCCIDAE)
НА ПЕРЬЯХ В БИРМАНСКОМ ЯНТАРЕ – ПЕРЕНОС ВЕТРОМ
ИЛИ ФОРЕЗИЯ НА ДИНОЗАВРАХ?”

© 2022 г. Т.-П. Гао^а, *, С.-Ч. Йинь^б, Ч.-К. Ших^{а, с}, А. П. Расницын^{д, е, **},
А. Ф. Емельянов^г, С. Сю^г, Ш. Чень^а, Ч. Ван^г, Д. Жень^{а, ***}

^аБиологический колледж и Академия мультидисциплинарных исследований,
Столичный педагогический университет, Пекин, 100048 Китай

^бСеверо-Западный институт биологии плато, Китайская академия наук, Синин, 810008 Китай

^сНациональный музей естественной истории, Смитсоновский институт,
Вашингтон, округ Колумбия, 20013-7012 США

^дПалеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва, 117647 Россия

^еМузей естественной истории, Лондон, SW7 5BD Великобритания

^гЗоологический институт РАН, Санкт-Петербург, 199034 Россия

^иИнститут палеонтологии позвоночных и палеоантропологии Китайской академии наук, Пекин, 100044 Китай

^гШкола здравоохранения и образования, Столичный медицинский университет, Пекин, 100069 Китай

*e-mail: tpgao@cnu.edu.cn

**e-mail: alex.rasnitsyn@gmail.com

***e-mail: rendong@mail.cnu.edu.cn

Поступила в редакцию 28.09.2021 г.

После доработки 25.10.2021 г.

Принята к публикации 25.10.2021 г.

Ранее (Gao et al., 2019) нами было описано 10 нимф насекомого неясного положения *Mesophthirus engeli* (Order incertae sedis) из бирманского (Мьянма) янтаря середины мела, сохранившихся на частично поврежденных перьях динозавров. Основываясь на характерных для эктопаразитов признаках этих крохотных нимф, мы сделали вывод, что *Mesophthirus engeli* был древнейшим насекомым, питавшимся перьями, и что питание покровами позвоночных возникло у насекомых в середине или ранее середины мела, параллельно с радиацией оперенных динозавров, в т.ч. птиц. Д. Гримальди и И. Веа (Grimaldi, Veal, 2021) усомнились в питании этих насекомых перьями и предположили, что нимфы *Mesophthirus engeli* — это бродяжки (младшие нимфы) червецов, случайно попавшие на поврежденные перья. Д.Е. Щербаков (2022, этот номер), рецензируя предыдущую версию нашего ответа, согласился с критикой Гримальди и Веа (2021) и дополнил их аргументацию. Мы рассматриваем здесь эти возражения.

Ключевые слова: *Mesophthirus*, бирманский янтарь, середина мела, питание перьями, эктопаразитические насекомые, ископаемые насекомые

DOI: 10.31857/S0031031X22030059

Наше исследование (Gao et al., 2019) нового таксона *Mesophthirus engeli* из бирманского (Мьянма) янтаря середины мела основано всего на двух нимфальных стадиях, поэтому мы были очень осторожны в отношении таксономического положения этих предположительно питавшихся перьями насекомых, и не отнесли их ни к одному из известных отрядов насекомых. *Mesophthirus* Gao et al. — это, безусловно, не настоящие Mallophaga, и ожидать у них наиболее характер-

ные черты последних нет оснований. В частности, упоминаемые Д.Е. Щербаковым (2022, этот номер) размеры яиц и ранних нимф могли оставаться мелкими или даже еще уменьшиться, а мощные приспособления к надежной фиксации на перьях и волосах хозяина еще не развились. Еще меньше оснований предполагать, что они были столь же специализированы по хозяевам, как современные пухоеды.

Нимфы *M. engeli* Gao et al. (рис. 1), действительно, обнаруживают ряд морфологических признаков, сходных с таковыми нимф и *Coscoidea*, и *Phthiraptera* (Price, Graham, 1997), такие как маленькие глаза, короткие антенны с небольшим числом коротких члеников, лапки с одним коготком и малым числом члеников, бескрылое и дорсовентрально уплощенное тело, короткие ноги и т.д., как это описано в нашей работе и перечислено Д. Гримальди и И. Веа (Grimaldi, Veal, 2021). В действительности эти признаки обычны у разных эктопаразитических насекомых (Price et al., 2003). Однако *M. engeli* легко отличим от нимф червецов своей округло-четыреугольной формой тела, а не почти правильно-овальной (ср. Grimaldi, Veal, 2021: рис. 1a, 1b); явственными границами между головой, передне-, средне и заднегрудью, грудью и первым сегментом брюшка (белые стрелки на рис. 1), в отличие от овального, почти всегда без пережимов, тела у нимф червецов (см. Grimaldi, Veal, 2021: рис. 1a и 1b). Исключение составляют лишь самые низшие червецы (некоторые *Orthezioidea*), но и для них характерно такое же овальное тело с относительно узкой головой и сбежистой вершиной брюшка. Лапки с двумя длинными члениками (рис. 1, черные стрелки), с когтевидным претарзом (рис. 1, а, передняя лапка): лапки личинок и самок червецов одночлениковые, редко двучлениковые, с очень коротким базальным члеником. Помимо хорошо заметных щетинок, трех на вершине антенны и двух на претарзе, развиты по одной очень тонкой и длинной щетинке на каждом бедре (впервые обнаружены Щербаковым; чаще видна соответствующая ямка на бедре, чем сама щетинка) и гораздо более короткие щетинки на вершине брюшка (рис. 1, синие стрелки). Для большинства червецов, напротив, характерна пара длинных щетинок на вершине брюшка. Две последовательные стадии развития *M. engeli* (рис. 1, а, б и 1, в, г, соответственно) различаются очень четко и по размерам (длина тела 141–143 и 167–229 мкм соответственно; Gao et al., 2019, табл. 1), и по форме тела (по мнению Щербакова, у младших нимф голова подвернута и вершина брюшка втянута), контур спереди и сзади вогнутый или прямой, а у старших нимф передний и задний концы тела более расправлены и контур округлен. У червецов первые две нимфальные стадии различаются гораздо сильнее, а редко встречающийся половой диморфизм бродяжек не обнаруживает аналогии с двумя формами нимф мезофтируса, поскольку диморфизм бродяжек связан с расселительными адаптациями (Cook et al., 2000), чего нет у нимф мезофтируса.

Некоторые замечания наших оппонентов справедливы и очень важны. Нами был описан грызущий ротовой аппарат *Mesophthirus* (Gao et al., 2019, с. 2, рис. 2b, 3e). В действительности за

мандибулы и шупики нами было принято прихотливой формы затемнение, возможно вторичной природы, вентрального щита мезофтируса (рис. 2, стрелки): известная ошибка по причине избыточного энтузиазма и недостаточной осторожности в выводах. С другой стороны, Гримальди и Веа, а за ними и Щербаков, находят у мезофтируса типичный колюще-сосущий аппарат червецов и, в частности, стилеты, петлевидно уложенные в специальной структуре, именуемой крумена. По нашему мнению, они при этом совершают такую же ошибку. То, что Гримальди и Веа идентифицируют у мезофтируса как крумена со стилетами, во-первых, прихотливо меняет форму от особи к особи (рис. 1, а, б, г), что гораздо более соответствует кишечнику, чем крумене, во-вторых, ее содержимое извилисто, не склеротизировано [слабо затемнено, кроме случая, когда две ветви петли налегают друг на друга (рис. 1, а, б, г)]. Стилеты — это тонкие, гибкие, но очень плотные нити, которые на просвет должны быть очень четкими и лишь плавно изогнутыми, а не извилистыми (ср. Grimaldi, Veal, 2021, рис. 1a), чего совершенно нет у *Mesophthirus*. Очевидно, у последних это просто кишечник, прослеживаемый примерно от уровня задней дорсальной границы головы, если не еще роstralнее, делающий широкую петлю в брюшке (в его передней половине на второй нимфальной стадии) и выходящий к анусу (ср. рис. 1, а, б, г; трассировано белой линией на рис. 3). А то, что Щербаков обозначает как конечную петлю свернутых стилетов (длинная стрелка на его рис. 2, а), соответствует интерсегментальной границе, точно такой же, как впереди, позади и слева от обозначенного участка. Собственно ротовые части обнаружить у *Mesophthirus*, к сожалению, не удастся.

Наше ошибочное определение мандибул не позволило правильно атрибутировать ускользнувший от внимания склерит (Gao et al., 2019: рис. 2a, 2c) и определить его границы. Вероятно, это наличник (клипеус; менее вероятно его гомология с простернумом бескрылых сеноедов семейства *Liposcelididae*, считающегося ближайшим к предкам пухоедов и вшей; см. напр. Nel et al., 2005, рис. 5; Polilov, 2016, рис. 3.1, с, 3.4, с, 3.16, b). Наличник слабо выражен у младших нимф (рис. 1, а, б), но четкий и плотный у старших (рис. 1, в, г). У младших нимф сквозь клипеус просвечивает тенториум, подтверждающий, что это именно клипеус. Дистальный край клипеуса проходит впритык к переднему краю четко отграниченной (у старших нимф) поперечной пластинки с боковыми тяжами вдоль заднего края наличника по направлению к передним тазикам. Это либо крупный, как у сеноедов, лабрум (у *Rhynchota* лабрум всегда маленький, узкий; Singh, 1971), или простернум. Правда, в падающем свете (рис. 1, в) он совершенно не выделяет-

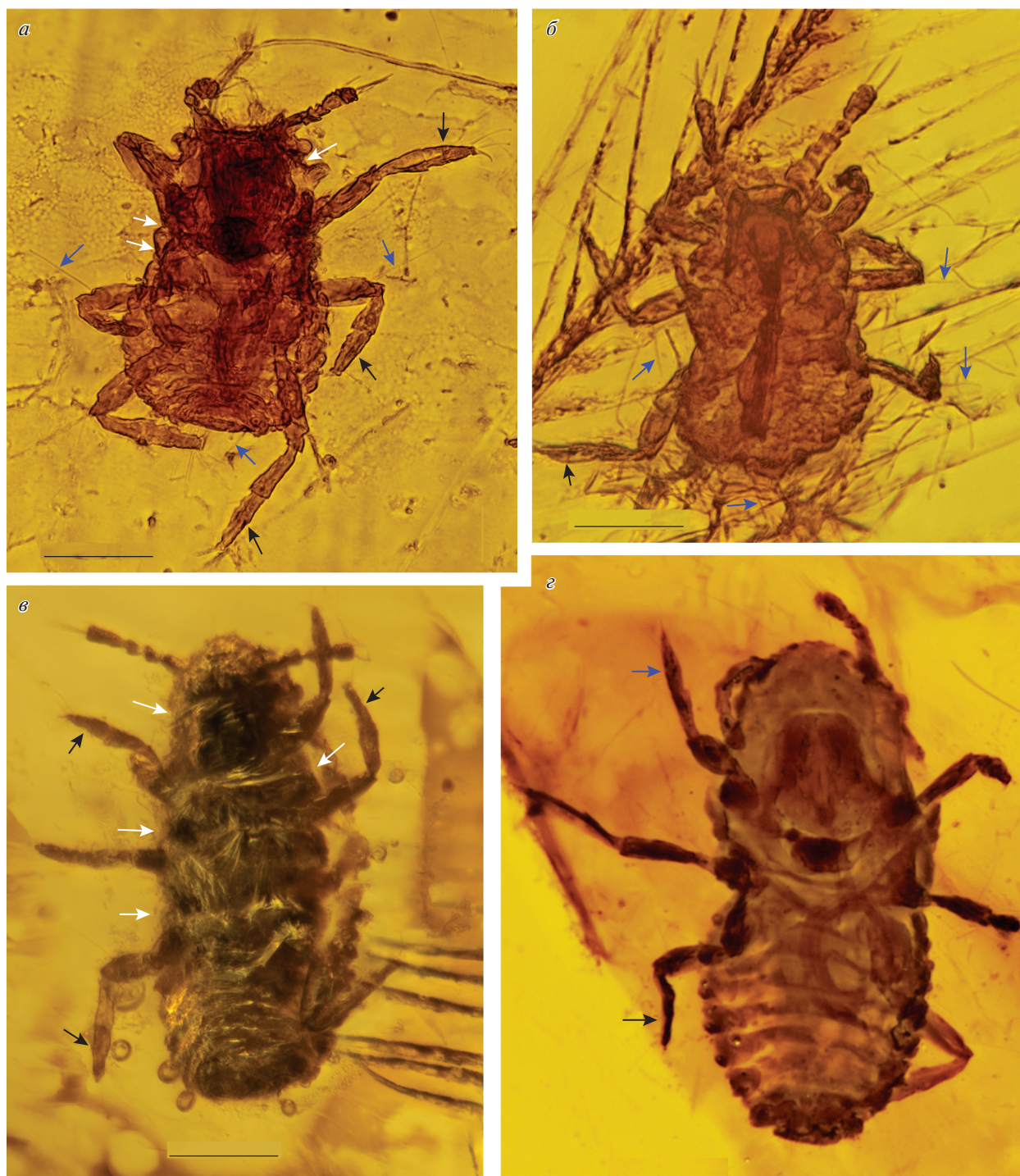


Рис. 1. *Mesophthirus engeli* Gao, Shih, Rasnitsyn et Ren, 2019 из бирманского янтаря середины мела: *а* — паратип CNU-MA2016005, *б* — паратип CNU-MA2016001, *в* — паратип CNU-MA2016010, *г* — голотип CNU-MA2016009; *а, б* — младшие нимфы, *в, г* — нимфы следующего возраста; все в одном масштабе. Белые стрелки указывают границу головы, сегментов груди и брюшка, черные — границы члеников лапки, синими помечены щетинки. Длина масштабной линейки 50 мкм.

ся, так что нельзя исключить, что это вообще внутренняя структура. В любом случае, поперечная пластинка с широким прямым дистальным краем не может быть рудиментом членистого хо-

ботка, тем более что “стилеты”, как их понимают наши оппоненты, проходят сбоку этой пластинки, а не по центру ее переднего края, т.е., не через кончик хоботка, если это он.

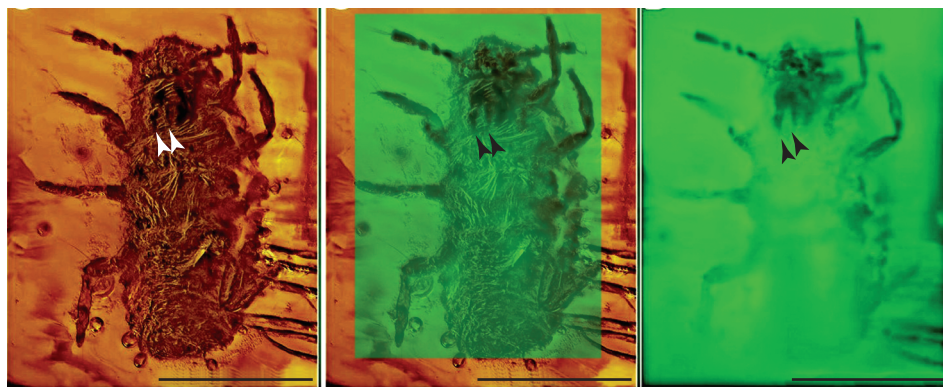


Рис. 2. *Mesophthirus engeli* Gao, Shih, Rasnitsyn et Ren, 2019 из бирманского янтаря середины мела, паратип CNU-MA2016010; слева в падающем свете, справа в проходящем, посередине — комбинация падающего и проходящего освещения; стрелками показаны затемнения, первоначально принятые за челюсти. Длина масштабной линейки 0.1 мм.



Рис. 3. *Mesophthirus engeli* Gao, Shih, Rasnitsyn et Ren, 2019 из бирманского янтаря середины мела, голотип CNU-MA2016009 (зеленый канал), кишечник (справа трассирован белым). Длина масштабной линейки 50 мкм.

Существует обширная литература о разных типах перьев настоящих птиц и оперенных динозавров в бирманском янтаре (Xing et al., 2016a, b, 2017, 2019). Основываясь на чередующемся положении бородок на стержне пера и бородочек на стержне и бородках, мы считаем перья с *Mesophthirus engeli* принадлежавшими не-пеннарапторным целурозаврам, известным из бирманского янтаря.

В коллекции нашей лаборатории (Key Laboratory of Insect Evolution and Environmental Changes, College of Life Sciences, Capital Normal University,

Beijing, China) собрано множество перьев в бирманском янтаре. В ходе этого исследования, в поисках питающихся перьями членистоногих, мы изучили более двух тыс. образцов янтаря с перьями. Как указано в нашей статье (Gao et al., 2019), было найдено только два пера в двух кусках янтаря (AMBER No. 01 и AMBER No. 02) с прицепившимися к перьям насекомыми, и все эти 10 насекомых сходного строения были отнесены к *M. engeli*. Все остальные перья, изученные за последние три года, были почти совершенно лишены повре-

ждений. Только перо в AMBER No. 01 с девятью нимфами *M. engeli* несло повреждения (дырочки). Такие повреждения могли наносить какие-то членистоногие. Действительно, *M. engeli* No. CNU-MA2016006 (Gao et al., 2019, рис. 1g) и CNU-MA2016007 (там же, рис. 1d) сохранились с ногами и/или антеннами, зафиксированными на бородавках, обломки пера найдены также под No. CNU-MA2016001, вокруг головы No. CNU-MA2016004 (там же, рис. 1c, красные стрелки) и CNU-MA2016005 и вблизи No. CNU-MA2016008 (напр., Gao et al., 2019, рис. 1b, 1e, 1f, 1i). Микроскопический и более или менее стандартный размер отверстий в пере, затрагивающих только бородавки, т.е., самые нежные элементы пера, указывают на очень мелкие размеры и избирательное поведение виновника этих повреждений, и исключает их возникновение под действием случайных факторов или обычных кератофагов, как это предполагает Щербаков (Щербаков, 2022, с. 105). Это делает наиболее правдоподобным предположение, что именно *Mesophthirus* был виновником этих повреждений. Все эти данные подтверждают, что описанные нами насекомые сохранились *in situ*, и случайное их попадание на перо представляется совершенно невероятным. Более того, ничего подобного не было до сих пор указано из бирманского янтаря, при том, что за последние два десятилетия сотни опытных специалистов и любителей просмотрели миллионы кусков янтаря и нашли там мириады крохотных насекомых (в т.ч. множество червецов), пауков, клещей, растений и т.п. В этих обстоятельствах шансы получить в результате случайного совпадения ДВА куска янтаря с ДЕСЯТЬЮ экземплярами *Mesophthirus* на двух перьях, одно из которых с явными следами многочисленных характерных повреждений, ниже любой мыслимой вероятности.

Основываясь на этих соображениях и на наблюдаемых и документированных морфологических признаках описанных нами нимф, мы считаем, что *Mesophthirus engeli* не является бродяжкой червеца и не обнаруживает близкого родства с Hemiptera. До получения нового материала, прежде всего по взрослому насекомому, позволяющего уточнить его положение в системе, *M. engeli* следует рассматривать как насекомое неясного положения (Order incertae sedis), питавшееся перьями и, возможно, близкое к корням паразитической ветви сеноеодообразных насекомых (Psocodea: Parasita), включающей пухоедов и вшей.

Авторы искренне благодарны Д.Е. Щербакову (Палеонтологический ин-т им. А.А. Борисяка РАН) за аргументированную критику первоначальной версии этой статьи и помощь в подборе кокцидологической литературы, Р.А. Ракитову (ПИН РАН) за важную информацию по строению современных червецов, А.А. Полилову

(Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический ф-т) и Н.В. Голуб (Зоологический ин-т РАН) за консультации по морфологии сеноедов и помощь в получении соответствующей литературы. Мы признательны двум рецензентам за очень полезные критические замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Щербаков Д.Е. Личинки червецов *Mesophthirus* (Homoptera, Xylococcidae) на перьях в бирманском янтаре — перенос ветром или форезия на динозаврах? // Палеонтол. журн. 2022. № 3. С. 105—116.
- Cook L.G., Gullan P.J., Stewart A.C. First-instar morphology and sexual dimorphism in the gall-inducing scale insect *Apiomorpha Rubsaamen* (Hemiptera: Coccoidea: Eriococcidae) // J. Natur. Hist. 2000. V. 34. № 6. P. 879—894.
- Gao T.P., Yin X.C., Shih C.K. et al. New insects feeding on dinosaur feathers in mid-Cretaceous amber // Nat. Commun. 2019. V. 10. № 5424. P. 1—7.
- Grimaldi D.A., Veà I.M. Insects with 100 million-year-old dinosaur feathers are not ectoparasites // Nat. Commun. 2021. V. 12. № 1469. P. 1—3.
- Nel A., Procop J., Millet J. et al. New Psocoptera (Insecta) from the lowermost Eocene amber of Oise, France // J. Syst. Palaeontol. 2005. V. 3. № 4. P. 371—391.
- Polilov A.A. At the Size Limit—Effects of Miniaturization in Insects. Cham: Springer, 2016. 325 p.
- Price M.A., Graham O.H. Chewing and Sucking Lice as Parasites of Mammals and Birds. Washington, DC: US Dept. of Agriculture, 1997. 309 p.
- Price R.D., Hellenthal R.A., Palma R.L. et al. The Chewing Lice: World Checklist and Biological Overview. Campaign: Illinois Natur. Hist. Survey, 2003. 501 p.
- Singh S. Morphology of the head of Homoptera // Res. Bull. Punjab Univ. Sci., Hoshiarpur. 1971. V. 22. № 3—4. P. 261—316.
- Xing L.D., McKellar R.C., Wang M. et al. Mummified precocial bird wings in mid-Cretaceous Burmese amber // Nat. Commun. 2016a. V. 7. № 12089. P. 1—7.
- Xing L.D., McKellar R.C., Xu X. et al. A feathered dinosaur tail with primitive plumage trapped in mid-Cretaceous amber // Curr. Biol. 2016b. V. 26. P. 3352—3360.
- Xing L.D., O'Connor J.K., Chiappe L.M. et al. A new enantiornithine bird with unusual pedal proportions found in amber // Curr. Biol. 2019. V. 29. P. 2396—2401.
- Xing L.D., O'Connor J.K., McKellar R.C. et al. A mid-Cretaceous enantiornithine (Aves) hatchling preserved in Burmese amber with unusual plumage // Gondwana Res. 2017. V. 49. P. 264—277.

**Reply to: “Insects with 100 Million-Year-Old Dinosaurfeathers are not Ectoparasites”
and “Crawlers of the Scale Insect *Mesophthirus* (Homoptera Xylococcidae)
on Feathers in Burmese Amber—Wind Transport or Phoresy on Dinosaurs?”**

**T. P. Gao¹, X. Ch. Yin², Ch. K. Shih^{1, 3}, A. P. Rasnitsyn^{4, 5}, A. F. Emeljanov⁶, X. Xu⁷,
Sh. Chen¹, Ch. Wang⁸, D. Ren¹**

¹College of Life Sciences and Academy for Multidisciplinary Studies, Capital Normal University, Beijing, 100048 China

²Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008 China

³National Museum of Natural History, Smithsonian Inst., Washington D.C., 20013-7012 USA

⁴Borissiak Palaeontological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, 117647 Russia

⁵Natural History Museum, London, SW7 5BD UK

⁶Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, St.-Petersburg, 199034 Russia

⁷Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100044 China

⁸School of Health Administration and Education, Capital Medical University, Beijing, 100069 China

We described ten nymph specimens of insect, *Mesophthirus engeli* of order Incertae sedis, from the mid-Cretaceous Myanmar (Burmese) amber preserved with partially damaged dinosaur feathers. Based on the ectoparasitic morphological features of these tiny insect nymphs, we concluded that *Mesophthirus engeli* was the earliest known feather-feeding insect and the integument-feeding behaviors of insects appeared during or before the mid-Cretaceous along with the radiations of feathered dinosaurs including birds. Grimaldi and Veal raised some concerns about these feather-feeding insects and supposed that the nymphs of *Mesophthirus engeli* are crawlers of scale insects, nymphal stages of Coccoidea, coincidentally co-occurring with damaged feathers. Shcherbakov (2022, this issue) have accepted and developed argumentation by Grimaldi and Veal (2021). We would like to address their concerns here.

Keywords: *Mesophthirus*, Myanmar amber, mid-Cretaceous, feather-feeding, ectoparasitic insect, fossil