

Микроорганизмы на чешуе кистеперой рыбы карбона местонахождения «Эмяксин-Хаята» (Якутия, р. Вилюй)

П.Н. Колосов

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск, Россия
p_kolosov@diamond.ysn.ru

Аннотация. В эмяксинской свите нижнего карбона, обнаженной по р. Вилюй, имеется местонахождение рыб, известное под названием «Эмяксин-Хаята». В слабо уплотненных песчаниках находили зубы, чешуи и кости ископаемых рыб. На одной из чешуй кистеперой рыбы здесь в результате исследований на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM-6480LV автором впервые обнаружены ископаемые паразиты, представленные одноклеточными слизистыми микроорганизмами. В Эмяксин-Хаята взаимоотношения между рыбами и микроорганизмами были антагонистическими. Микроорганизмы использовали поверхность рыб, места между бугорками как среду обитания и, возможно, как источник получения органических веществ. Поселение паразитов между бугорками чешуй, в наружном слое кожи кистеперых рыб могло привести к закупорке пор эпидермиса, нарушению кровоснабжения слоя, гибели этих рыб. Наряду с природно-климатическими и иными условиями среды обитания, поселения паразитов на чешуях рыб могли быть одной из возможных причин их гибели и образования тафоценоза «Эмяксин-Хаята». Местонахождение подлежит охране в качестве места специального научно-образовательного интереса.

Ключевые слова: кистеперые рыбы, чешуя, микроорганизмы, тафоценоз, карбон, местонахождение Эмяксин-Хаята, Вилюй.

Благодарности. Автор приносит благодарность: исследователю кистеперых рыб девона–карбона, к.б.н. О.А. Лебедеву (ПИН РАН, Москва) за определение принадлежности к кистеперой рыбе чешуи, на поверхности которой обнаружены микроорганизмы, и консультацию по существу исследованного материала; заведующему лабораторией, к.г.-м.н. Р.В. Кутыгину за помощь в подготовке статьи.

Исследования выполнены за счет финансирования госзадания (гос. рег. номер проекта АААА-А17-117021310217-0).

DOI 10.31242/2618-9712-2019-24-3-2

Microorganisms on Crossopterygians scale of the Carboniferous age, “Emyaksin-Khayata” place (Yakutia, Viluy river)

P.N. Kolosov

Diamond and Precious Metal Geology Institute, SB RAS, Yakutsk, Russia
p_kolosov@diamond.ysn.ru

Abstract. In the Emyaksinskaya formation of the Lower Carboniferous, exposed on the Viluy river, there is a fish occurrence known as “Emyaksin-Khayata”. Teeth, scales and bones of fossil fish were found in slightly compacted sandstones. Fossil parasites, represented by unicellular mucous microorganisms, were found on one of the scales of Crossopterygians by the author for the first time, as a result of the studies carried out using Jeol JSM-6480LV scanning microscope. In the Emyaksin-Khayata place, the relationship between fish and microorganisms was antagonistic. Microorganisms used the fish surface, places between tubercles, as a habitat, and possibly as a source of organic matter. Parasite settlement between scale tubercles, in the outer layer of the Crossopterygians skin, could cause occlusion of epidermis pores, blood supply

disturbance, and the death of this fish. Along with natural-climatic and other habitat factors, parasite settlements on fish scales could be one of the possible reasons of their death and the formation of the “Emyaksin-Khayata” taphozonose. This place is subject to protection as a site of special scientific-educational interest.

Key words: Crossopterygian fish, scale, microorganisms, taphozonose, Carboniferous, Emyaksin-Khayata occurrence, Viluy.

Acknowledgements. The author expresses gratitude to: investigator of Crossopterygian fish of the Devonian-Carboniferous, candidate of biological sciences O.A. Lebedev (Paleontological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow) that, he identified that scale, on which surface microorganisms are found belong to Crossopterygian fish, and for consultation on the substance of the studied material; head of the laboratory, candidate of geological-mineralogical sciences R.V. Kutygin for assistance in preparation of the article.

This research was carried out within the framework of state assignment (state registration no. AAAA-A17-117021310217-0).

Введение

На левом берегу р. Вилюй в 30 км выше дер. Вилючан обнажена (рис. 1, 2) эмяксинская свита нижнего карбона [1–7]. Возраст свиты дополнительно обоснован недавним определением остатков кладодономорфных (класс Chondrichthyes) акул, известных в раннем карбоне Минусинской и Тувинской впадин на юге Сибири и Восточной Сибири [7]. В ней имеется местонахождение рыб, известное под названием «Эмяксин-Хаята». Находили зубы, чешуи и кости ископаемых рыб, в том числе кистеперых [1–5; 8–10]. На поверхности одной из чешуй кистеперой рыбы автором

найлены остатки микроорганизмов, характеристике и возможной роли которых в образовании тафоценоза посвящена статья.

В обнажении Эмяксин-Хаята у его верхнего (по течению р. Вилюй) конца, в нижней части эмяксинской свиты, выходит на дневную поверхность пластовый покров плагиофировых базальтов мощностью 30 м [5]. Выше по разрезу свиты закрытый (не обнаженный) интервал. За ним снизу вверх наблюдаются: разнозернистые кварцевые песчаники и пески сыпучие, зеленые аргиллиты и алевролиты с прослоями (0,1–0,4 м) известняков, слабо сцементированных песчаников, реже конгломератов и плотных доломитов. Здесь обнажена примерно 70–90-метровой мощности часть эмяксинской свиты (см. рис. 2).

Впервые остатки кистеперых рыб в эмяксинской свите были собраны Вл.А. Комаром [1]. Наиболее полная коллекция собрана в 1967 г. [8] и исследована Э.И. Воробьевой и другими [3, 4, 8–10]. В слабо уплотненных песчаниках находили зубы, чешуи и кости (в основном ребра) ископаемых рыб (кистеперые, дипнои, палеонисциды и хрящевые ганоиды), а также акул [2–4, 7–11]. Ихтиофауна оказалась эндемичной. Она демонстрирует широкий спектр эволюционных диверсификаций [5, 12, 13, 15]. Кистеперые рыбы представлены [2, 3] четырьмя видами, в числе которых *Lamprotlepis verrucosa* Vorobyeva, 1977 (род *Lamprotlepis* Vorobyeva, 1977, семейство Lamprotlepididae Vorobyeva, 1977; отряд Lamprotlepiformes Vorobyeva, 2004, надотряд Rhipidistia, подкласс Crossopterygii). По Э.И. Воробьевой [8, с. 292] «самые ранние ступени перехода от рыб к тетраподам морфологически остаются слабо изученными. Поэтому всякие новые сведения здесь представляют особую важность». Она счи-

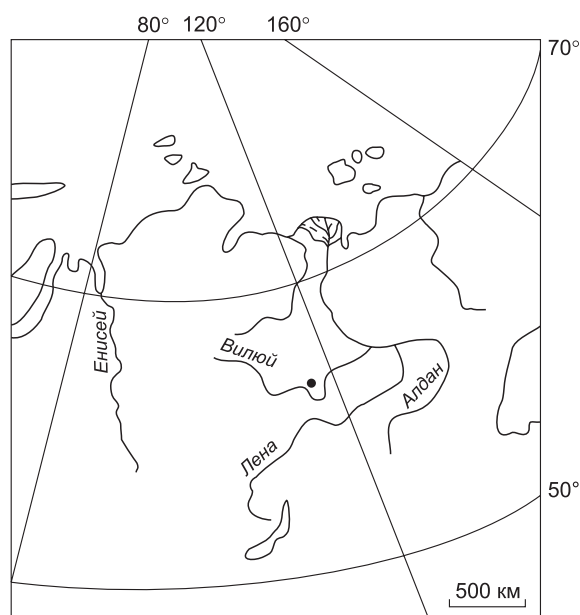


Рис. 1. Местонахождение Эмяксин-Хаята (обозначено точкой на карте).

Fig. 1. Emyaksin-Khayata occurrence (marked with a point on the map).



Рис. 2. обнажение Эмяксин-Хаята на берегу р. Виллой.

Fig. 2. Emyaksin-Khayata outcrop on the Viluy river bank.

тает, что отряд *Lamproteipiformes* «может сыграть большую роль в разработке проблемы происхождения тетрапод, т. е. проблемы выхода позвоночных из воды на сушу» [9, с. 17]. Параллельные преобразования формы тела палеозойских кистеперых рыб и рыбоподобных амфибий девона Э.И. Воробьева наглядно показала в 2004 г. в фундаментальном справочнике [4].

Экологическую обстановку обитания кроссоптеригий (*crossopterygians*) в районе современного бассейна р. Виллой в раннем карбоне можно охарактеризовать так. В позднедевонской эпохе были засушливые субтропические климатические условия. В раннем карбоне они постепенно становились влажными, с отчетливой сезонностью. Осадконакопление (песчаники, пески с прослоями известковистых алевролитов и аргиллитов) происходило в мелководном бассейне озерного типа. Постоянно воздымались Ботуобинско-Мархинский и Непский палеоподнятия, располагавшиеся в районе бассейна. Из-за этого бассейн постепенно превращался в группу разобщенных озер. Временами некоторые из них становились очень мелкими, по-видимому, пересыхали [14]. Кистеперые рыбы могли передвигаться, опираясь парными плавниками, содержащими набор костей, близких к костям конечно-

стей современных тетрапод [15]. Не исключено, что некоторые из них переползали из пересыхающих водоемов в водные бассейны.

Материал и методы исследования

На местонахождении рыб «Эмяксин-Хаята» автором проведены экспедиционные исследования в 2004, 2005 и 2007 гг. при участии учащихся Виллючанского технического лицея Сунтарского



Рис. 3. Чешуи рыб из местонахождения Эмяксин-Хаята.

Fig. 3. Fish scales from the Emyaksin-Khayata occurrence.

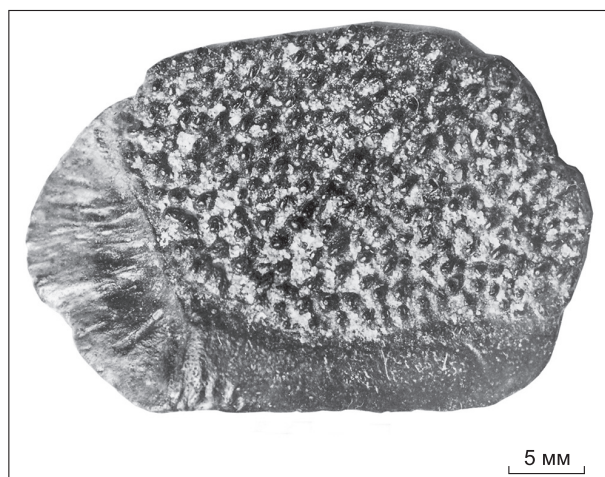


Рис. 4. Чешуя кистеперой рыбы из местонахождения Эмяксин-Хаята, содержащая остатки микроорганизмов.

Fig. 4. Crossopterygian fish scale from the Emyaksin-Khayata occurrence, containing microorganism remains.

улуса РС (Я). В 2007 г. по рекомендации академика РАН Э.И. Воробьевой в поисках остатков рыб участвовал научный сотрудник Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (Москва) А.А. Канюкин. Обнаруженные им зубы акул определены А.О. Ивановым [7]. Собранные в 2004, 2005 и 2007 гг. чешуи указанных выше рыб класса *Sarcopterygii* по форме разные (рис. 3).

Далее приведем размер и характеристику чешуи овальной формы, принадлежащей кистеперой рыбе (определение О.А. Лебедева), в которой найдены остатки микроорганизмов (рис. 4). Размер чешуи 15×22 мм. Поверхность чешуи скульптурирована высокими костными бугорками с округлой вершиной (рис. 5, А). Последние отсутствуют в местах широкой поверхности перекрывания. Расположенные близко (300–700 мкм) друг от друга бугорки создают по отношению к чешуе диаметральный гребень. Внутренняя поверхность чешуи имеет короткий центральный выступ. Бугорки в плане имеют овальную форму. Их размеры различны (от 310×430 мкм до 370×550 мкм). Во время полевой экспедиции в результате просмотра под лупой собранных материалов на поверхности одной из этих овальной формы чешуй кистеперых рыб между бугорками было обнаружено присутствие зерен карбонатных пород. В лаборатории стратиграфии и палеонтологии ИГАБМ СО РАН эти зерна исследованы на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM–6480LV в режиме высокого вакуума,

ускоряющее напряжение 10 кВ, размер диафрагмы – 2, сигнал SEI, рабочее расстояние – 10 мм. В указанных зернах обнаружены одноклеточные обызвестленные микроорганизмы, характеризующиеся ниже.

Результаты исследования

Обнаруженные на чешуе кистеперой рыбы микроорганизмы, по-видимому, представляют собой цианобактерии, так как по размерам не являются бактериями (рис. 5, Б–Е). Предположительно, они селились при жизни рыб. На это указывает то, что клетки микроорганизмов сохранились в виде ископаемых, замещенных карбонатом кальция, микроскопических остатков (микрофоссилий). Они весьма прочно удерживаются на поверхности чешуи, что можно объяснить прикреплением микроорганизмов к наружному слою кожи рыбы. Если бы было поселение микроорганизмов на чешуе после гибели рыбы, что не исключается совершенно, то они присутствовали не только между бугорками, но и на внутренней стороне чешуи, на чешуйках, отделившихся от кожи и захороненных в перевернутом положении. Но этого в исследуемом материале не наблюдается.

Клетки микроорганизмов по форме шаровидные и овальные (см. рис. 5, Б–Г). Их размеры (в мкм): 100 × 125; 67 × 120; 80 × 135; 70 × 197; 107 × 190. Клетки имеют тонкую оболочку в виде пленки (см. рис. 5, Б, В), которая при жизни водорослей обычно слизистая. С наиболее выпуклых участков клеток пленка нередко сдвигалась (см. рис. 5, Б, В) и оказывалась вне клеток. С некоторых клеток она сползала, оставаясь в виде оторочек (см. рис. 5, Г). Ультраструктура пленки ячеистая (см. рис. 5, Д, Е). Ячеи диаметром 1–3 мкм. Помимо остатков микроорганизмов между бугорками наблюдаются слабо окатанные минеральные зерна (пылинки размерами 100–200 мкм). Они попали на поверхность чешуи после гибели рыбы, что доказывается их расположением на поверхности пленки микроорганизмов (см. рис. 5, Б, Д, Е).

В Эмяксин-Хаята взаимоотношения между рыбами и микроорганизмами были антагонистическими. Микроорганизмы использовали поверхность рыб, места между бугорками как среду обитания и, возможно, как источник получения органических веществ. Обсуждая рукопись настоящей статьи, О.А. Лебедев – исследователь кистеперых рыб девона–карбона, старший науч-

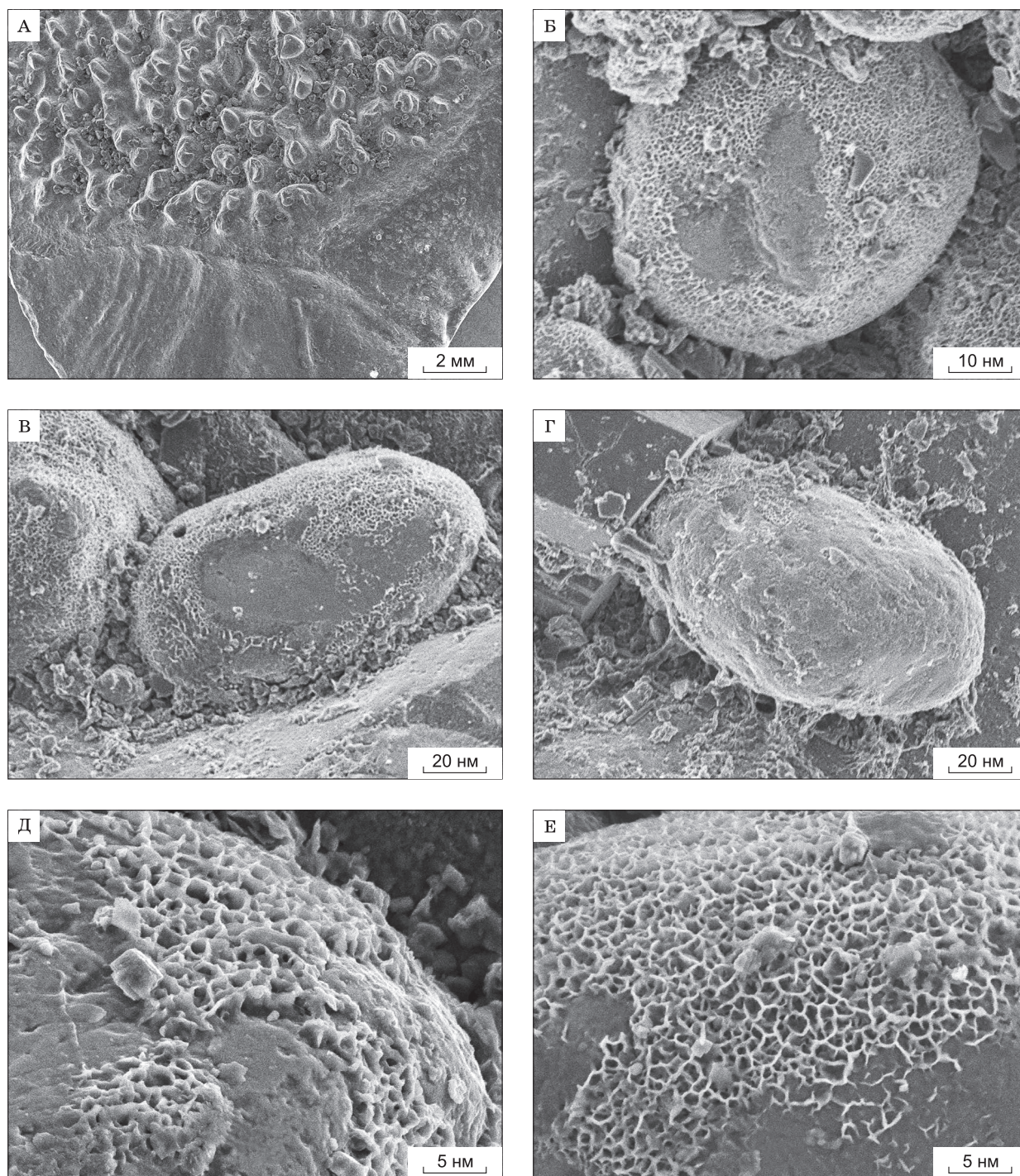


Рис. 5. Увеличенные фрагменты чешуи кистеперой рыбы (см. рис. 4) и обызвествленные микроорганизмы на ней: А – поверхность чешуи, покрытая костными бугорками; Б, В – шаровидной и овальной формы клетки (одноклеточные микроорганизмы), покрытые пленкой; Г – пленка сохранилась по краям клетки в виде оторочек; Д, Е – ячеистая ультраструктура пленки, покрывающей клетки.

Fig. 5. Enlarged fragments of Crossopterygian fish scale (Fig. 4) and calcified microorganism on it: А – scale surface, covered with bone tubercles; Б, В – cells of spherical and oval shape (unicellular organisms), covered with film; Г – film preserved on cell borders as a margins; Д, Е – cellular ultrastructure of the film, covering cells.

ный сотрудник Палеонтологического института им. А.А. Борисяка РАН (Москва), в 2017 г. указал, что у кистеперых рыб на чешуях между бугорками находится тонкий наружный слой кожи – эпидермис. Он имеет мелкие поры, через которые осуществлялось его кровоснабжение. С учетом этого автор допускает, что поселение обнаруженных на чешуе кистеперой рыбы микроорганизмов могло привести к закупорке важных для жизни пор, вызвать гибель рыб. Как отмечено выше, охарактеризованные микроорганизмы предположительно являются цианобактериями. Современные цианобактерии нередко вызывают «цветение» поверхности воды. Кроме того, среди них имеются ядовитые виды. Все это могло иметь место в раннем карбоне в мелководном бассейне в районе местонахождения «Эмяксин-Хаята» и способствовать гибели здесь кистеперых рыб.

Заключение

В Якутии, в местонахождении «Эмяксин-Хаята» впервые предположительно установлена антагонистическая биоценотическая связь между кистеперыми рыбами и одноклеточными слизистыми микроорганизмами. В районе современной горы «Эмяксин-Хаята» в мелководном, озерного типа бассейне поселение паразитов (слизистых одноклеточных микроорганизмов) между бугорками чешуи, в наружном слое кожи кистеперых рыб, могло привести к закупорке пор эпидермиса, нарушению кровоснабжения слоя, гибели этих рыб. Наряду с природно-климатическими и иными условиями среды обитания это – одна из возможных причин гибели некоторых кистеперых рыб, образования тафоценоза «Эмяксин-Хаята».

Из всего изложенного следует, что местонахождение раннекаменноугольных эндемичных кистеперых и двоякодышащих рыб в Эмяксин-Хаята – природная достопримечательность Якутии. Она подлежит охране в качестве места специального научно-образовательного интереса.

Изученный материал под № 87-170 хранится в лаборатории стратиграфии и палеонтологии Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН (г. Якутск).

Литература

1. Комар Вл.А., Чумаков Н.М. Средне- и верхнепалеозойские отложения западной части Виллюйской впадины // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1957. № 4. С. 23–32.

2. Воробьева Э.И. О возрасте ихтиофауны Виллюйской синеклизы // Докл. АН СССР. 1973. Т. 213, № 6. С. 1410–1412.

3. Воробьева Э.И. Морфология и особенности эволюции кистеперых рыб. М.: Наука, 1977. 239 с.

4. Воробьева Э.И. Подкласс Crossopterygii. Кистеперые рыбы // Ископаемые позвоночные России и сопредельных стран. М.: ГЕОС, 2004. С. 272–372.

5. Колодезников К.Е. Девон и нижний карбон западной части Виллюйской синеклизы. М.: Наука, 1982. 102 с.

6. Кутыгин Р.В. Нижний карбон Восточной Сибири и Верхоянья // Отечественная геология. 2009. № 5. С. 66–74.

7. Ivanov A.O. Chondrichthyans from the Lower Carboniferous of Yakutia, Russia // Paleontological Journal. 2018. V. 52, No 7. P. 697–706.

8. Воробьева Э.И. Процессуальный подход к проблеме «тетраподизации» // Палеонтологический журнал. 2008. № 2. С. 13–26.

9. Воробьева Э.И., Колодезников К.Е. Кистеперые рыбы эмяксинской свиты раннего карбона, не имеющие аналогов в мировой фауне // Наука и образование. 2004. № 4. С. 15–17.

10. Воробьева Э.И., Пантелеев Н.В., Колобаева О.В. Чешуи и зубы эндемичных кистеперых рыб из раннего карбона Восточной Сибири // Палеонтологический журнал. 1999. № 1. С. 62–66.

11. Крупина Н.И. Подкласс Dipnoi. Двоякодышащие // Ископаемые позвоночные России и сопредельных стран. М.: ГЕОС, 2004. С. 373–413.

12. Vorobyeva E.I. Evolutionary modifications of the teeth structures in the Palaeozoic Crossopterygii // Journal of Palaeontological Society of India. 1977. V. 20. P. 16–20.

13. Vorobyeva E.I. Evolutionary changes of the skull during the Fish-Amphibian transition: a paleontological and developmental approach // Paleontological Journal. 2000. V. 34, Suppl. 2. P. 117–137.

14. Акулов Н.И. Палеогеография и условия накопления каменноугольных отложений на юге Сибирской платформы // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2005. Т. 13, № 6. С. 37–50.

15. Рич П.В., Рич Т.Х., Фентон М.А. Каменная книга. Летопись доисторической жизни. М.: Наука, 1997. 623 с.

References

1. Komar V.A., Chumakov N.M. Sredne- i verkhnepaleozoyskiye otlozheniya zapadnoy chasti Vilyuyskoy vpadiny // Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya. 1957. N 4. P. 23–32.

2. Vorob'yeva E.I. O vozraste ikhtiofauny Vilyuyskoy sineklizy // Dokl. AN SSSR. 1973. V. 213, N 6. P. 1410–1412.

3. Vorob'yeva E.I. Morfologiya i osobennosti evolyutsii kisteperykh ryb. M.: Nauka, 1977. 239 p.

4. Vorob'yeva E.I. Podklass Crossopterygii. Kisteperyye ryby // Iskopayemyye pozvonochnyye Rossii i sopredel'nykh stran. M.: GEOS, 2004. P. 272–372.
5. Kolodeznikov K.Ye. Devon i nizhniy karbon zapadnoy chasti Vilyuyskoy sineklizy. M.: Nauka, 1982. 102 p.
6. Kutugin R.V. Nizhniy karbon Vostochnoy Sibiri i Verkhoyan'ya // Otechestvennaya geologiya. 2009. N 5. P. 66–74.
7. Ivanov A.O. Chondrichthyans from the Lower Carboniferous of Yakutia, Russia // Paleontological Journal. 2018. V. 52, No 7. P. 697–706.
8. Vorob'yeva E.I. Protssessual'nyy podkhod k probleme "tetrapodizatsii" // Paleontologicheskii zhurnal. 2008. N 2. P. 13–26.
9. Vorob'yeva E.I., Kolodeznikov K.Ye. Kisteperyye ryby emyaksinskoy svity rannego karbona, ne imeyushchiye analogov v mirovoy faune // Nauka i obrazovaniye. 2004. N 4. P. 15–17.
10. Vorob'yeva E.I., Panteleyev N.V., Kolobayeva O.V. Cheshui i zuby endemichnykh kisteperykh ryb iz rannego karbona Vostochnoy Sibiri // Paleontologicheskii zhurnal. 1999. N 1. P. 62–66.
11. Krupina N.I. Podklass Dipnoi. Dvoyakodyshachiye // Iskopayemyye pozvonochnyye Rossii i sopredel'nykh stran. M.: GEOS, 2004. P. 373–413.
12. Vorobyeva E.I. Evolutionary modifications of the teeth structures in the Palaeozoic Crossopterygii // Journal of Palaeontological Society of India. 1977. V. 20. P. 16–20.
13. Vorobyeva E.I. Evolutionary changes of the skull during the Fish-Amphibian transition: a paleontological and developmental approach // Paleontological Journal. 2000. V. 34, Suppl. 2. P. 117–137.
14. Akulov N.I. Paleogeografiya i usloviya nakopleniya kamennougol'nykh otlozheniy na yuge Sibirskoy platformy // Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya. 2005. V. 13, N 6. P. 37–50.
15. Rich P.V., Rich T.KH., Fenton M.A. Kamennaya kniga. Letopis' doistoricheskoy zhizni. M.: Nauka, 1997. 623 s.

Поступила в редакцию 15.04.2019

Принята к публикации 10.07.2019

About the author

KOLOSOF Petr Nikolaevich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Principal Researcher, Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS, 39 Lenin ave., Yakutsk, 677980, Russia, <http://orcid.org/0000-0002-8690-9308>, p_kolosov@diamond.ysn.ru.

Citation

Kolosov P.N. Microorganisms on Crossopterygians scale of the Carboniferous age, "Emyaksin-Khayata" place (Yakutia, Viluy river). Arctic and Subarctic natural resources. 2019; vol. 24, No. 3, pp. 23–29. (In Russ.). <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-3-2>

Об авторе

КОЛОСОВ Петр Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677980, Якутск, пр. Ленина, 39, Россия, <http://orcid.org/0000-0002-8690-9308>, p_kolosov@diamond.ysn.ru.

Информация для цитирования

Колосов П.Н. Микроорганизмы на чешуе кистеперой рыбы карбона местонахождения «Эмяксин-Хаята» (Якутия, р. Вилюй) // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2019. Т. 24, № 3. – С. 23–29. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-3-2>