

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 55+56(470.53)

doi: 10.26907/2542-064X.2021.3.444-465

ПРОБЛЕМА ВОЗРАСТНОЙ ДАТИРОВКИ РАЗРЕЗА КУЕДА-КЛЮЧИКИ – УНИКАЛЬНОГО МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ПЕРМСКИХ ПОЗВОНОЧНЫХ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

*А.С. Бакаев¹, В.В. Буланов¹, И.Я. Илалтдинов², Д.Д. Кожанов³,
Г.Ю. Пономарева², И.С. Хопта²*

¹*Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, г. Москва, 117647, Россия*

²*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, 614068, Россия*

³*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
г. Москва, 119991, Россия*

Аннотация

Местонахождение пермских позвоночных Куеда-Ключики находится на юге Пермского края в Куединском районе. Местонахождение содержит богатый комплекс позвоночных исключительной сохранности – рыб, амфибий и рептилий. Их остатки приурочены к известнякам различной текстуры, формирующим в разрезе карьера два костеносных горизонта. Возраст пород трактуется по-разному. На территории карьера выделена бураевская толща шешминской свиты уфимского яруса. Состав ихтиокомплекса указывает на верхнеказанский возраст разреза. Комплекс тетрапод включает архегозавроидных темноспондил, котлассидных и дискозврисцидных сеймуриаморф, терапсидных и диасидных рептилий и отчасти подтверждает казанскую датировку местонахождения. Для уточнения возраста приведены результаты минералогического анализа тяжелой фракции терригенных пород и геохимическая характеристика рассеянного органического вещества из карбонатно-глинистых пород разреза.

Ключевые слова: шешминская свита, казанский ярус, Башкирский свод, лучеперые рыбы, тетраподы, органическое вещество, Пермский край

Введение

Местонахождение пермских позвоночных Куеда-Ключики находится на юге Пермского края в Куединском р-не в 1.4 км северо-восточнее пос. Куеда и 1.2 км западнее д. Ключики. Представляет собой заброшенный карьер. Протяженность верхней части разреза (2020 г.), содержащей серые мергели, с востока на запад 45 м. Общая протяженность косослоистых песчаников в основании разреза с востока на запад вдоль автомобильной трассы Уфа – Пермь 57К-0030 составляет 600 м. Местонахождение открыто в мае 2005 г. учителем географии Куединской средней школы № 2 С.В. Нечаевым, который отбирал образцы горных пород с дендритами псиломелана для школьной коллекции [1]. В процессе сбора образцов найдена ископаемая рыба уникальной сохранности. В настоящее время на участок недр под названием «Липняк», в состав которого входит геологический разрез Куеда-Ключики, регулярно оформляются лицензии с целью сбора минералогиче-

ских и палеонтологических коллекционных материалов (НП «Пермский период», Пермский краевой музей). По данным Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края¹ на рассматриваемом участке недр особо охраняемые природные территории регионального и местного значения отсутствуют. Большая часть собранных уникальных палеонтологических материалов до недавнего времени находилась в экспозиции и фондах частного Музея пермского периода (владелец – НП «Пермский период»). В феврале 2018 г. значительная часть коллекции (остатки рыб, амфибий, рептилий, растений и насекомых) была передана в дар Музею пермской системы при кафедре региональной и нефтегазовой геологии ПГНИУ.

Местонахождение содержит остатки позвоночных – рыб, амфибий и рептилий. Остатки рыб доминируют. Из тетрапод обнаружено несколько экземпляров сеймуриаморф семейств *Discosauriscidae* и *Kotlassiidae*, архегозавроидные темноспондилы (*Melosauridae*?), три посткраниальных скелета рептилий. Имеются устные сообщения В.К. Голубева о наличии фауны беспозвоночных – двустворчатых моллюсков и остракод. Определение этой коллекции в настоящее время не представляется возможным. Описан новый вид мисхоптеридовых насекомых *Aspidothorax permianus* Sinitshenkova, Aristov [2]. Род *Aspidothorax* включает три вида, описанных из верхнего карбона Франции и Германии. Первая находка представителя *Aspidothorax* в пермских отложениях свидетельствует о неполном вымирании семейства *Aspidothoracidae* в карбоне. Имеются указания на наличие нового вида тараканов. Ископаемая флора этого местонахождения включает хвощевидные растения *Phyllothea* sp., папоротники *Pecopteris* cf. *anthriscifolia* (Goer.) Zal., *Pecopteris* sp., *Sphenopteris* sp., пельтаспермовые птеридоспермы *Peltaspermum* sp. и *Compsopteris* sp., прегинкгофиты *Psygmothallium expansum* (Brong.) Schim. var. *cuneatum* Naug., гинкгофиты *Rhipidopsis* cf. *ginkgoides* Schmal., войновские *Rufloia* sp. и *Nephropsis* sp. и хвойные. Хвойные представлены несколькими формами (возможно, из семейства *Bartheliaceae*), в том числе как минимум одним новым видом, относящимся к роду *Archaeovoltzia* Naug. [3, 4]. Встречаются семена *Samaropsis* sp., *Cordaicarpus* sp., *Sylvella* cf. *heteromorpha* Es., мужские репродуктивные органы *Permotheca colovratia* sp. nov., *Permotheca* spp. [3].

Геологическое строение

В тектоническом отношении разрез находится в северной части Башкирского свода на восточной окраине Волго-Уральской антеклизы Русской плиты Восточно-Европейской платформы, в непосредственной близости от Куединского локального поднятия [5]. Рельеф участка денудационный, представлен пологоволнистыми склонами четвертичного возраста. Плоские холмистые водораздельные пространства относятся к реликтам миоценовой поверхности выравнивания. Контуры и границы стратиграфических подразделений частично совпадают с границами геоморфологических элементов.

¹ Служебная записка Управления по охране окружающей среды Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края от 19.06.2017 № СЭД-30-01-29-869.

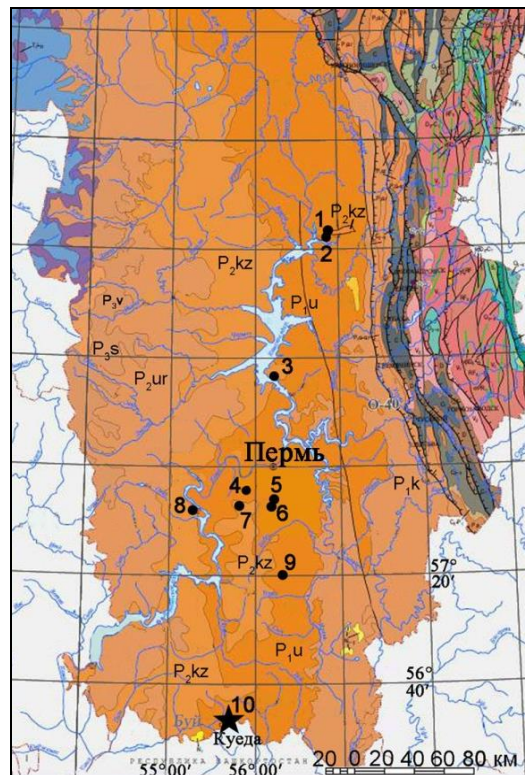


Рис. 1. Фрагмент геологической карты Пермского края [6] и расположение изученных разрезов: 1 – Дурино, 2 – дор. Березники – Дурино, 3 – Посад, 4 – Косотуриха, 5 – Касимово, 6 – Юг, 7 – Ольховка (Юго-Камский), 8 – Оханск, 9 – Калинино, 10 – Куеда-Ключики

Возраст пород трактуется по-разному. На геологических картах разных лет [6] разрез находится в поле выходов шешминской свиты уфимского яруса (рис. 1). Однако имеются сведения о казанском возрасте разреза [7, 8]. С.В. Наугольных указывает, что комплекс позвоночных местонахождения Ключики напоминает фауну медистых песчаников казанского яруса Оренбуржья и Башкирии. При картировании белебеевская свита казанского яруса выделена западнее и севернее рассматриваемой территории [5].

В разрезе снизу вверх выделены четыре слоя (рис. 2).

Слой 1. Песчаники желтовато-серые, мелкозернистые, слабосцементированные, косо-, волнистослоистые, с линзовидными прослоями красной глины и серых мергелей. Мощность 8.2 м. В 500 м от карьера вдоль трассы по направлению к Куеде эти песчаники содержат маломощные линзы конгломератов из галек местных пород (серые мергели, белые известняки).

Слой 2. Линза песчаника желтовато-серого, мелко- и тонкозернистого, линзовиднослоистого, массивного, с линзочками серой глины, тонкими прослоями серых мергелей. В основании – пакет (0.5 м) чередующихся серых и желтовато-серых тонкоплитчатых мергелей, глинистых известняков, глин с остатками наземных растений, насекомых, рыб, амфибий, рептилий. Мощность сильно меняется, на втором уступе карьера составляет 2.2 м.

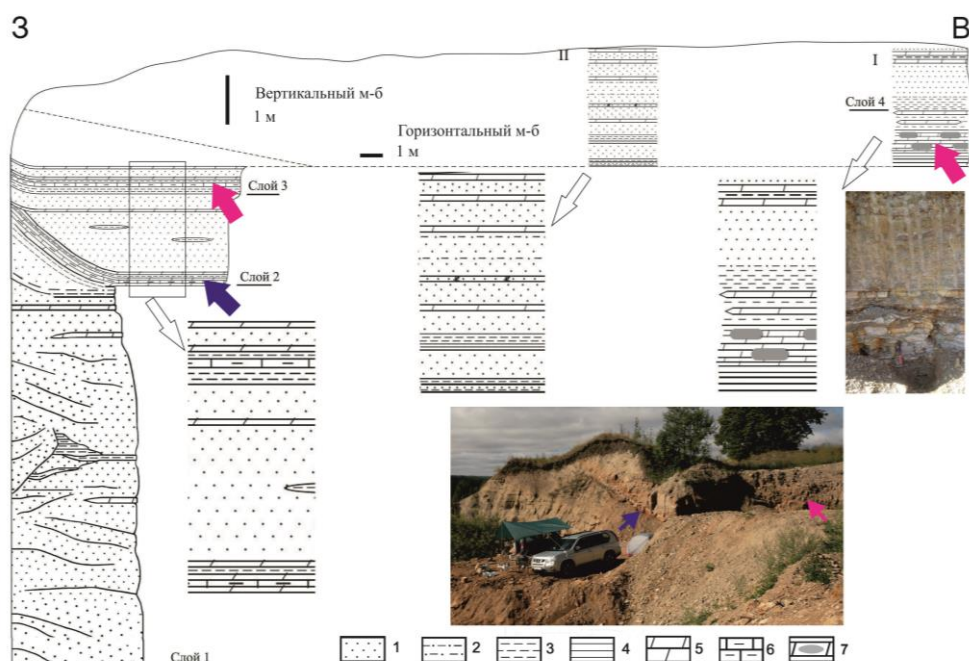


Рис. 2. Схема разреза Куеда-Ключики. Условные обозначения: белые стрелки – увеличенные фрагменты разреза, розовые стрелки – верхний костеносный слой, фиолетовая стрелка – нижний костеносный слой; породы: 1 – песчаник, 2 – алевролит, 3 – глина, 4 – аргиллит, 5 – мергель, 6 – глинистый известняк, 7 – желваки известняка в мергеле

Слой 3. Переслаивание серых и желтовато-серых глин, мергелей участками с желваками глинистых известняков, с остатками наземных растений, рыб, амфибий. Породы горизонтально тонко- и среднеслоистые, с битуминозным запахом (в разной степени). Мощность 1.7 м.

Слой 4. Глины, плавно переходящие вверх по разрезу в тонкозернистые песчаники, неяснослоистые, массивные, в кровле с тонкими линзовидными прослоями мергелей и глин. Мощность слоя 1.2 м.

Для стратиграфических выводов в первую очередь важна общая геологическая обстановка, когда литологическими исследованиями охватывается обширный регион. На основе анализа и обобщения геологосъемочных работ масштаба 1:200 000, тематических исследований на территории Куеда-Ключики по реке Буй и ручью Солдово выделена камышенская толща соликамской свиты уфимского яруса средней перми, которая вверх по разрезу сменяется бураевской и чекмагушевской толщами шешминской свиты уфимского яруса (рис. 3) [5]. Контакт между свитами эрозийный.

Русловые и дельтовые песчаники бураевской толщи заполняют глубокие промоины в нижележащих отложениях. Чекмагушевская толща занимает водоразделы (верхние уступы) рассматриваемой территории. Разрез характеризуется ритмичностью. В основании циклов прослежены прослои и линзы косослоистых песчаников, представляющих отложения палеорек [9]. Карьер Куеда-Ключики расположен в поле бураевской толщи.

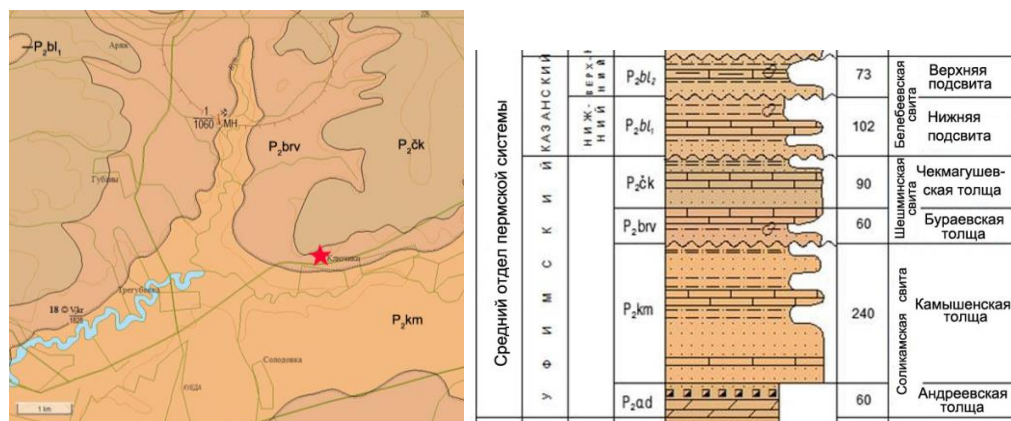


Рис. 3. Фрагмент листа О-40–XXXII (2017). Карта дочетвертичных образований и стратиграфическая колонка [5]. Звездочкой показано положение разреза Куеда-Ключики

Геологами Башнефти бураевская толща выделена в объеме «дюртюлинской серии», описанной впоследствии Н.Б. Палантом как бураевский горизонт [10]. Породы соликамской, шешминской и белебеевской свит образуют в рельефе серию уступов, что облегчает их выделение при картировании.

Нижнебелебеевская подсвита казанского яруса на рассматриваемой территории залегает с разрывом на шешминской свите, она выделена в 6 км к северо-западу от карьера и занимает водораздельное пространство между реками Сорочья и Аряжка. Нижняя граница проведена в основании терригенной пачки песчаников и конгломератов («тулвинские песчаники» по В.А. Нечаеву [11]). В качестве индикаторов границы белебеевской свиты упоминают появление в конгломератах гальки уральских пород (кремни, кварциты, изверженные породы) и уфимских красноцветов, снижение содержания в породах терригенных устойчивых минералов, соотношение минералов тяжелой фракции, казанский комплекс остракод. Терригенные и глинистые породы ярко окрашены, они всегда пестрые, красные.

В карьере Куеда-Ключики наибольшее распространение имеют песчаники желтовато-серые с редкими маломощными линзами конгломератов со слабоокатанными гальками местных пород – мергелей, известняков. Такие конгломераты характерны именно для шешминской свиты [12].

Методы исследований

Палеонтологические методы. Использованы остатки рыб из местонахождения Куеда-Ключики, хранящиеся в коллекциях Музея пермской системы ПГНИУ (72 скелета) и ПИН РАН (18 скелетов; сборы 2018 г.) и представленные 90 целыми или частично сохранившимися скелетами, а также несколькими развалами чешуй. Кроме того, остатки рыб из этого местонахождения имеются в фондах Пермского краевого музея и частных коллекциях. Имеющийся в нашем распоряжении материал не исчерпывает всех сборов, но дает очень представительную выборку. Материал по тетраподам из коллекции ПГНИУ не отпрепарирован или находится в обработке, поэтому определение таксонов представленной в местонахождении тетраподной ассоциации является предварительным. У некоторых экземпляров черепа утеряны коллекторами, что препятствует более точной таксономической

идентификации находок. Несколько экземпляров амфибий, собранных С.В. Нечаевым, были переданы им в фонды ПИН РАН.

Для уточнения возраста разреза Куеда-Ключики проведен сравнительный минералогический анализ тяжелой фракции терригенных пород пермского возраста. Для этого на территории Пермского края отобраны шестнадцать точечных литологических проб из песчаников и конгломератов шешминской и белебеевской свит. В качестве объектов для отбора проб шешминской свиты выбирались обнажения из Верхнекамской (Пермской) группы месторождений медистых песчаников с установленным возрастом. Точки отбора терригенных пород белебеевской свиты определялись согласно геологической карте [6]. Исходная масса литологической навески варьировала от 150 до 223 г. Методика обработки проб состояла в предварительной дезинтеграции песчаников и конгломератов, отмучивании глинистой фракции и выделении в бромформе из алеврито-песчаной фракции тяжелой фракции [13]. Тяжелая фракция рассеивалась на классы с выделением фракции 0.25–0.1 мм для последующего минералогического анализа. Выход тяжелой фракции составил от 0.14% до 0.86%, что в целом характерно для терригенных отложений пермского возраста [14].

В разрезе Куеда-Ключики из слоев 3 и 4, представленных глинами, мергелем и глинистым известняком, отобраны пять образцов. Из них методом горячей экстракции получены битумоиды. Аналитические исследования проводились методами газо-жидкостной хроматографии и содержания органического (некарбонатного) углерода. Задачами геохимического исследования являлось изучение органического вещества – его содержания, состава, фациально-генетической принадлежности, специфики диагенетических и катагенетических преобразований. Для сравнения тот же комплекс исследований проведен с известняками белебеевской свиты (4 обр.), отобранными в разрезе Посад [12].

Фауна позвоночных

Разрез Куеда-Ключики демонстрирует высокую концентрацию ископаемых остатков и может классифицироваться как лагерштетт. Большинство находок рыб и тетрапод представлено полными или почти полными, слабodeформированными или незначительно мацерированными в процессе диагенеза скелетами. Хорошо сохранились и растительные остатки: присутствуют фитолеймы, инситная пыльца внутри спорангиев, а также микроморфологические детали строения различных органов [3].

Среди всех пермских местонахождений рыб Европейской России только Кичкасс [15] и Шихово-Чирки [16] могут сравниться по количеству и качеству материала. По сохранности комплекса ископаемых остатков Куеда-Ключики приближается к такому известному пресноводному лагерштетту, как Кинней Брик Кверри (Kinney Brick Quarry) [17]. Комплекс костных рыб включает актиноптеригий *Kazanichthys viatkensis*, *Acropholis kamensis*, *Acropholis stensioei*, *Palaeoniscum kasanense*, *Platysomus biarmicus*, *Kargalichthys efremovi*, *Kargalichthys pritokensis*, *Platysomidae* gen. indet., *Palaeonisci* ordo indet. sp. 1, *Palaeonisci* ordo indet. sp. 2. Примерно 2/3 всей коллекции представлены скелетами *Kazanichthys viatkensis*, явно доминирующего в ориктоценозе. Второе и третье место по числу находок занимают *Platysomus biarmicus* и *Palaeonisci* ord. indet. sp. 1, представленные более

чем 10 скелетами каждый. Характерной чертой ориктокомплекса является наличие ювенильных особей лучепёрых рыб, редко встречающихся в других пермских местонахождениях. Находки других видов рыб немногочисленны.

Вид *Kazanichthys viatkensis* охватывает верхнюю часть верхнеказанского подъяруса [18] и встречается во многих верхнеказанских местонахождениях: Шихово-Чирки (Кировская обл.), Сидоровы Горы (Удмуртия), Белебей (Башкирия) и др. *Acropholis* широко распространён в отложениях цехштейна Западной и Центральной Европы [19, 20], а также в казанском и, возможно, в уржумском и северодвинском ярусах Европейской России [18]. Однако в некоторых наиболее верхних казанских местонахождениях (Шихово-Чирки, Сидоровы Горы, Белебей и др.) представители этого рода не обнаружены. *Kargalichthys efremovi* широко распространён в уржумско-северодвинском интервале, но также обнаружен в нескольких верхнеказанских местонахождениях (Аксаково, Сидоровы Горы). *Kargalichthys pritokensis* встречается по всему казанскому ярусу [15, 18]. Остатки *Platysomus biarmicus* многочисленны в интервале, охватывающем весь казанский, уржумский и большую часть северодвинского ярусов. Обнаруженные чешуи *Platysomidae* gen. indet. довольно своеобразны, очевидно, принадлежат еще неопisanному виду и, возможно, роду, связанному близким родством с *Kargalichthys*. В отличие от *Kargalichthys*, его гребни скульптуры свободного поля чешуи более тонкие, длинные, слабо ветвятся, округлые в сечении, а передние концы их языковидных выступов закруглены. Чешуи аналогичной морфологии обнаружены в местонахождении Аксаково [21]. В Куеда-Ключиках встречены чешуи, принадлежащие новому виду палеониска неопределенного систематического положения – *Palaeonisci ordo indet. sp. 1*. Чешуи, морфологически сходные с чешуями *Palaeonisci ordo indet. sp. 1*, описаны из позднеуфимского местонахождения Дозмер (Коми) Д.Н. Есиным в кандидатской диссертации [22] как *Paramblypterus gubini*. Однако описание не было опубликовано в открытой печати, и данный вид не является валидным (*nomen nudum*). Кроме того, при описании чешуй их отнесение к *Paramblypterus* не было обосновано. При этом чешуи *Palaeonisci ordo indet. sp. 1* имеют ярко выраженную скульптуру, в то время как чешуи всех *Amblypteridae* (в том числе *Paramblypterus*) гладкие [19, 23, 24]. Поэтому определить рыб с чешуей данного морфотипа ближе, чем *Palaeonisci ordo indet.*, не представляется возможным. Морфология *Palaeonisci ordo indet. sp. 2* своеобразна и не соотносится с морфологией ни одной из описывавшихся из перми Европейской России лучепёрых рыб. Вероятно, это представитель нового рода и вида, систематическое положение которого удастся уточнить после более подробного изучения.

Но в целом состав комплекса указывает на то, что Куеда-Ключики моложе, чем большинство верхнеказанских местонахождений рыб: Шихово-Чирки (Кировская обл.), Сидоровы Горы, Белебей, так как в нем отсутствуют терминально-казанские виды (*Samarichthys nikolaevae*, *Eurynotoides nanus*, *Eurynotoides costatus*). В то же время состав ихтиофауны в Куеде-Ключиках существенно отличается от такового раннеказанских местонахождений, типовых для ихтиокомплекса *Kazanichthys golyushermensis*: Голюшерма (Удмуртская Республика), Тихие Горы, Сентяк (Республика Татарстан) и др. В Куеде-Ключиках отсутствуют *Alilepis esini*,

Boreolepis jenseni, *Elonichthys contortus*, *Koinichthys ivachenkoi*, широко распространены в нижнеказанских отложениях. Наличие или отсутствие *Elonichthys* cf. *contortus*, *Palaeoniscum freiselebeni*, *Platysomus bashkirus*, являющихся минорными компонентами большинства казанских ориктоценозов, можно объяснить математической погрешностью.

Ориктокомплекс рыб местонахождения Куеда-Ключики в наибольшей степени сходен с двумя верхнеказанскими местонахождениями: Аксаково (печищинские слои, уровень пачки «подбой» стратотипического разреза Печищи [21]) и Шихово-Чирки (верхнеуслонские слои [18]). Куеда-Ключики отличается от Аксаково наличием *Kazanichthys viatkensis* (а не *Kazanichthys golyushermensis*), *Palaeoniscum kasanense*, *Palaeonisci ordo indet. sp. 2* и отсутствием *Platysomus bashkirus*. От Шихово-Чирков Куеда-Ключики отличается наличием *Acropholis kamensis*, *Acropholis stensioei*, *Kargalichthys efremovi*, *Platysomidae gen. indet.*, *Palaeonisci ordo indet. sp. 1*, и отсутствием *Samarichthys nikolaevae*, *Elonichthys* cf. *contortus*, *Palaeoniscum freiselebeni*. В итоге состав ориктокомплекса в Куеде-Ключиках указывает на промежуточный между Аксаково и Шихово-Чирками возраст местонахождения (рис. 4). Дополнительно указывает на возраст местонахождения морфология чешуй *Kazanichthys viatkensis* из Куеды-Ключиков. Основным отличием *Kazanichthys golyushermensis* от *K. viatkensis* являются более рельефные, резкие гребни скульптуры свободного поля чешуи. Чешуи *K. golyushermensis* из Аксаково отличаются меньшим развитием гребней скульптуры, чем в выборках из Голюшермы или Сентяка, но заметно отличаются от чешуй *K. viatkensis*. А гребни скульптуры *K. viatkensis* из Куеды-Ключиков развиты сильнее, чем у типичного *K. viatkensis* из типовых для этого вида Шихово-Чирков. Очевидно, местонахождения Аксаково и Куеда-Ключики располагаются в пределах интервала перехода от вида-предка *K. golyushermensis* к виду-потомку *K. viatkensis*. Стратиграфический уровень Аксаково соответствует нижней части печищинских слоев [25], а Шихово-Чирки располагаются в верхней части верхнеуслонских слоев [26]. Вероятно, уровень появления *K. viatkensis* – на границе печищинских и верхнеуслонских слоев, то есть в средней части верхнеказанского подъяруса. По всей вероятности, в пределах этого же стратиграфического интервала располагается и местонахождение Куеда-Ключики.

Комплекс амфибий достаточно своеобразен и включает крупных темноспондил (предположительно, *Melosauridae*), а также котлассидных (*Leptoropha* sp.) и дискозаврисцидных (*Discosauriscidae gen. ind.*) сеймуриаморф (рис. 5). Для нижнего костеносного уровня (известняк с ленточной слоистостью) характерно включение крупных захороненных объектов в карбонатные нодулы (конкреции), с сохранением их трехмерной геометрии.

Род *Leptoropha* Tchudinov, 1955 установлен из верхов казанского яруса и долгое время был известен только из типового местонахождения (Шихово-Чирки, Кировская обл.). Недавно время его существования было пролонгировано за счет находок в верхах уржумского яруса в Татарстане (местонахождения Монастырский Овраг-D, Черемушка-1, Черемушка-2 [27]), а также в нижнесеверодвинском подъярусе вплоть до нижнепутятинского подгоризонта включительно (местонахождения Повойска и Сундырь-1; Кировская обл. и Республика Марий Эл соответственно) [28]. В уржумско-северодвинских отложениях род *Leptoropha*

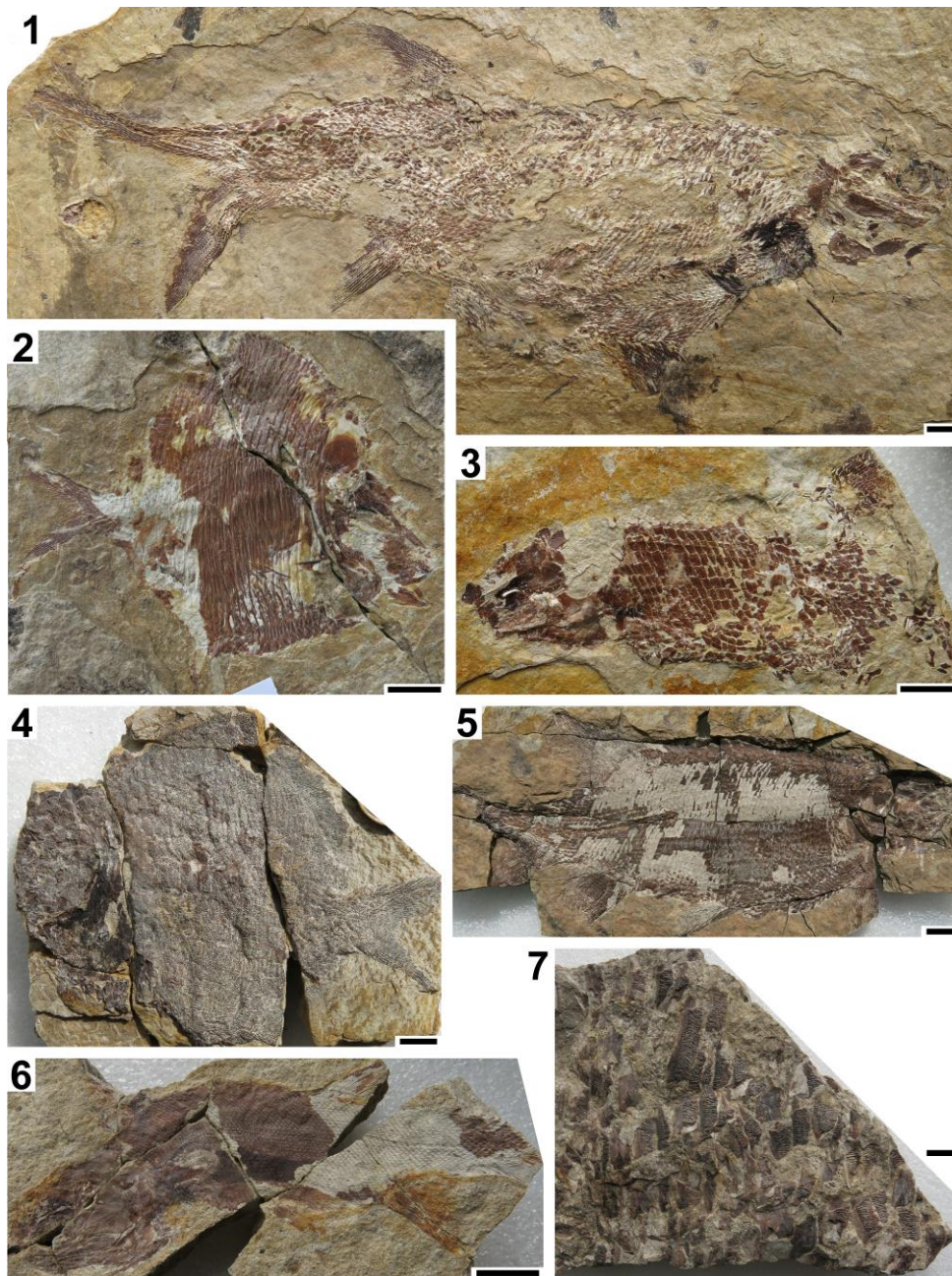


Рис. 4. Костные рыбы из местонахождения Куеда-Ключики: 1 – *Kazanichthys viatkensis*, скелет, кол. ПГНИУ № 6014; 2 – *Platysomus biarmicus*, скелет, кол. ПГНИУ № 6001; 3 – *Palaeoniscum kasanense*, скелет, кол. ПГНИУ № 6022; 4 – *Kargalichthys efremovi*, скелет, кол. ПГНИУ № 6028; 5 – *Palaeonisci* ordo indet. sp. 1, скелет, кол. ПГНИУ № 6020; 6 – *Acropholis* cf. *stensioei*, скелет, кол. ПГНИУ № 6093; 7 – *Platysomidae* gen. indet., фрагмент чешуйного покрова правой стороны тела, кол. ПГНИУ. Длина масштабной линейки – 1 см



Рис. 5. Discosauriscidae gen. ind., ларвальная особь, колл. ПГНИУ № 6629. Длина масштабной линейки – 1 см

представлен, по-видимому, только мелкими формами (одна из которых была описана как *L. minima* Vulanov, 2020), в то время как найденный в Ключиках экземпляр по размеру сопоставим с находками из Шихово-Чирков (длина черепа около 10 см). Видовому определению формы из Ключиков препятствует отсутствие данных по морфологии зубов.

Семейство Discosauriscidae ранее было известно только из нижней перми Центральной Европы (Чехия, Польша, Германия [29–33]) и Средней Азии [34]. Принадлежность образца из Каргалинских рудников, описанного как *Discosauriscus netschajevi* [35], к данному семейству вызывала сомнение из-за плохой сохранности черепа и в настоящее время не может быть ревизована вследствие утери голо типа. Таким образом, находки в Ключиках являются первым достоверным указанием на присутствие Discosauriscidae в фаунах тетрапод Восточной Европы, а также первым свидетельством существования данного семейства в средней перми Лавразии. Кроме того, есть основания полагать, что, как и в нижнепермских местонахождениях, в ключиковском ориктоценозе дискозаврисциды являются массовой формой, преобладающей по числу захороненных особей над остальными группами тетрапод, и представлены в захоронении особями широкого онтогенетического диапазона (включая личиночную стадию).

Находки рептилий единичны. Обнаружено три сочлененных посткраниальных скелета, один из которых, судя по размеру и грацильности костей, принадлежал хищному тероморфу. Весьма вероятно принадлежность двух других, значительно меньших по размеру, скелетов одной из форм диапсид. Черепа обоих экземпляров утеряны коллекторами, что препятствует более точной таксономической идентификации находок.

Минералогический анализ тяжелой фракции

Изучение минерального состава тяжелой фракции песчаников шешминской свиты (разрезы Юг, Касимово, Калинино, Косотуриха, газопровод у дороги Березники – Дурино) показало низкое содержание минералов группы эпидота (23.2–41.0%) и высокую долю черных рудных минералов с гидроксидами железа

от 56.0% до 73.2%. Содержание терригенных устойчивых минералов находится на уровне 1.3–3.8%. Установленная закономерность коррелируется с проведенными ранее исследованиями минерального состава тяжелой фракции терригенных пород пермского возраста на территории Пермского края, Татарстана, Башкортостана, Удмуртии, Кировской обл., которые свидетельствуют о преобладании в терригенных породах уфимского яруса рудных минералов, в меньшем количестве минералов группы эпидота и устойчивых [12–14, 36, 37].

Для анализа минерального состава терригенных пород белебеевской свиты, представленных разными петротипами – песчаниками и грубообломочными породами, были отобраны пробы в обнажениях у пос. Дурино (наиболее погруженная часть Дуринского прогиба [12]), на правом берегу р. Камы в районе г. Оханска и в карьере у д. Ольховки недалеко от пос. Юго-Камского. Минеральный состав тяжелой фракции конгломератов и песчаников белебеевской свиты показал снижение содержания минералов группы эпидота до 3.0–19.3% и высокое содержание черных рудных минералов с гидроксидами железа 73.2–92.0%. Содержание терригенных устойчивых минералов остается на низком уровне – 0.4–2.6%. При этом и в песчаниках и в грубообломочных породах (гравелитах, конгломератах) содержание минералов группы эпидота и черных рудных минералов с гидроксидами железа находится практически в одинаковом диапазоне изменчивости. Так, в песчаниках содержание минералов группы эпидота колеблется от 3.0% до 17.8%, в грубообломочных породах – от 8.0% до 19.3%, черных рудных минералов с гидроксидами железа от 79.9% до 92% и от 73.2% до 90.3% соответственно.

Таким образом, на границе шешминской и белебеевской свит независимо от литотипа пород наблюдается минералогический «рубеж», проявляющийся в снижении доли минералов группы эпидота и повышении содержания черных рудных минералов вместе с гидроксидами железа.

В карьере Куеда-Ключики одна проба отобрана из песчаников слоя 2, еще три пробы взяты в выходах песчаников и конгломератов на продолжении слоя 1 в 600 м западнее карьера (1 проба из песчаников и 2 – из маломощных прослоев конгломератов с гальками светлых известняков и мергелей). Анализ минерального состава тяжелой фракции класса 0.25–0.1 мм из песчаников и конгломератов разреза Куеда-Ключики показал широкий диапазон содержания минералов группы эпидота (23.9–87.7%) и черных рудных минералов с гидроксидами железа (12.0–74.7%). Содержание терригенных устойчивых минералов низкое – от 0.3% до 2.2% (табл. 1). При этом собственно песчаники, доминирующие в карьере, характеризуются высоким содержанием минералов группы эпидота (71.9–87.7%) и низким содержанием черных рудных минералов с гидроксидами железа (12% и 24.8%). Доля минералов группы эпидота в прослоях конгломератов составляет 23% и 47%, черных рудных минералов – 32% и 74%. Соответственно, терригенные породы разреза Куеда-Ключики – песчаники и конгломераты – по количеству минералов группы эпидота и черных рудных минералов в тяжелой фракции близки к породам шешминской свиты.

По результатам недавних исследований с применением микронзондового анализа уточнен химический состав зерен хромшпинелидов размером 0.25–0.2 мм [36]. Подгруппа тяжелых минералов имеет большое значение для установления

Табл. 1

Минеральный состав тяжелой фракции (класс 0.25–0.1 мм) терригенных пермских пород, %

Свита	Шешминская											Белебеевская				
	Юг	Касимово		Калинино		Косотуриха	Окр. пос. Дурино	Разрез Куеда-Ключики				Дурино	Оханск	Ольховка (Юго-Камский)		
Группа эпидота	39	34	41	27.7	46	23.2	84.5	87.7	71.9	23.9	47	3.0	19.3	14.5	8.0	17.8
Хромшпинелид	7.5	15	6.8	13	3.2	14.4	0.9	3.5	1.8	9	3.3	4.1	3.6	–	1.3	2.1
Магнетит	19.2	10.5	17.7	27.1	11.8	15.4	5	5	3.6	14.4	7.8	16.4	30.5	2.6	32.9	33.2
Гематит	27.8	32.5	29.1	28.3	22.4	41.2	6.2	2.3	7.2	4.5	2.3	22.7	42.9	14.9	50.3	41.7
Ильменит		1.0	0.4		8.2	2.2	0.5			1	2.5	1.9				
Гидроксиды железа	3.4	1.0	1.9	2.2	1.05		2.7	1.2	12.2	45.8	16.1	46.9	2.9	55.7	5.8	2.9
Лейкоксен		1.9	0.4		0.2				1.4		3.1	1.1		2.2		0.1
Лимонит												2.5				
Гранат	0.8	1.3	+	+	0.4				0.4		0.4	0.3	0.4	0.9		
Ставролит	+	0.3	0.8	0.4		0.4					0.6			0.4	0.3	
Циркон	0.8	2.2	1.5	0.9	20.2	0.2	0.2	0.3	0.7	1.0	1.0	1.1		1.3	1.5	1.9
Шпинель						0.2										
Турмалин		+	0.4			0.4					0.2					
Рутил	1.0	+	+	+												0.1
Корунд																
Пироксен		0.3		0.2	0.2	0.2										
Амфиболы		+		0.2	5.7											
Актинолит					1.05											
Хлорит	+	+	+			0.2										
Хлоритоид						0.2										
Гидрослюда												0.4				
Слюдистые агрегаты	1.5		+	+		0.9			0.7	0.5	11.6					
Апатит					0.2											
Металлическая стружка														7.5		
Дистен		+	+													

Примечание: 1 – пос. Юг; 2, 3 – д. Касимово; 4, 5 – с. Калинино; 6 – д. Косотуриха; 7 – газопровод у дороги Березники – Дурино; карьер Куеда-Ключики: 8, 9 – песчаник, 10, 11 – прослой конгломерата; 12 – пос. Дурино (окр. г. Березники); 13 – г. Оханск, конгломерат; карьер Ольховка: 14 – конгломерат, 15 – гравелит, 16 – песчаник.

источников питания обломочного материала, отличается механической устойчивостью к агентам транспортировки. В исследовании участвовали образцы разреза Куеда-Ключики и разрезов шешминской свиты и нижнебелебеевской подсвиты. Минеральный состав хромшпинелидов исследованных объектов показывает их сходство в преобладании феррохромитового минала (более 50%) и минала феррохромит + шпинель (23–32%). Куединский объект характеризуется наибольшим разнообразием компонентов с преобладанием пикрохромитового (7%), якобитового (3%) и магнетитового (3%) миналов, присутствием второстепенных миналов (герцинитового, ульвошпинелевого). Это объясняется наиболее близким

расположением к источнику питания – хромитовому массиву Апшакской площади (Южный Урал).

Геохимическая характеристика рассеянного органического вещества

Для образцов разреза Куеда-Ключики содержание $S_{\text{орг}}$ в среднем равно 0.13% на породу, для разреза Посад – 0.27–0.53% на породу. В групповом составе большинства битумоидов из разреза Куеда-Ключики преобладают маслянисто-смолистые компоненты (до 72.86% на битумоид). Среди них содержание смол превышает содержание асфальтенов в 4.32 раза. Углеводороды (УВ) составляют 36.67% на битумоид. Значения отношения концентраций насыщенных УВ к ароматическим около 4.5. В разрезе Посад преобладают асфальто-смолистые компоненты до 81.82% на битумоид. Углеводороды составляют 33.33% на битумоид, содержание смол и асфальтенов приблизительно равно. Значения отношения концентраций насыщенных УВ к ароматическим около 3.31. Разделение на фракции – условное, так как практически целиком битумоид представлен метаново-нафтеновой и ароматической фракциями.

В настоящей работе было проанализировано распределение *n*-алканов двух образцов хлороформенного экстракта пород обнажений Куеда (2.1, слой 3, мергели с желваками известняка) и Посад (обр. 7.1). По характеру распределения членов гомологического ряда *n*-алканов образцы органического вещества (ОВ) исследуемых обнажений схожи по своей природе. Так, по отношению содержания пристана к фитану можно заметить, что оба из исследуемых образцов относятся к сапропелевому (II) типу исходного органического вещества, для образцов обнажений Куеда и Посад значения Pr/Ph равны 0.19 и 0.33 соответственно. При этом среда преобразования органики была резко восстановительной. Данная особенность подтверждается также и расположением точек с анализируемыми значениями на диаграмме Кенона – Кессоу (рис. 6).

Схожие выводы получаются и из анализа хроматографической кривой – оба образца характеризуются, за некоторым исключением, мономодальным распределением членов гомологического ряда с горбом в среднемолекулярной области и постепенным выполаживанием в сторону высокомолекулярных, что также подтверждает суждения о сапропелевом исходном ОВ ранней стадии преобразованности и о нефтяном (автохтонно-аллохтонном) типе исследуемых углеводородов.

Однако при имеющихся сходствах они также обладают определенными различиями. Так, например, для данных образцов значения отношения четных членов гомологического ряда *n*-алканов к нечетным (НЧ/Ч), а также характеристика CPI дают противоречивую оценку типа ОВ, а также его катагенетической преобразованности. Первый показатель согласуется с уже полученными данными лишь для образца обнажения Посад (НЧ/Ч = 0.92), тогда как битумоид обнажения Куеда-Ключики демонстрирует просто немыслимые для сапропелевого типа ОВ значения, равные 2.31. Исходя лишь из этой характеристики, его можно было бы отнести к III (гумусовому) типу высокой степени метаморфизма, так как значения CPI для данного образца тоже достаточно высокие, не характерные для данных отложений (2.56, для Посада этот же показатель равен 1.06).

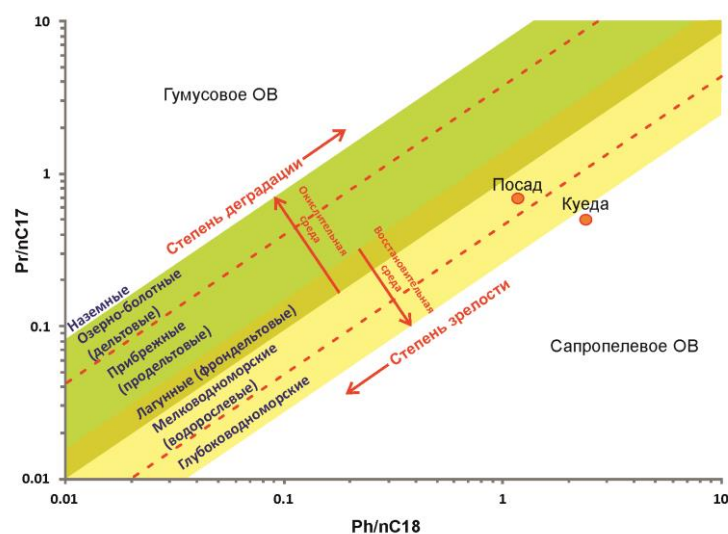


Рис. 6. Диаграмма Кеннона – Кессоу для оценки генезиса нефтематеринской породы и зрелости ОВ

Тем не менее подобные суждения являются ошибочными, так как не учитывают конфигурацию хроматографической кривой гомологического ряда *n*-алканов, которая демонстрирует основные концентрации нормальных алканов в области от *n*-C₂₃ до *n*-C₂₇ и выше. В этой связи также интересно заметить, что в исследуемых образцах зафиксировано высокое содержание сквалана – углеводорода тритерпанового ряда, являющегося биомаркером. По всей видимости, учитывая все вышеперечисленные особенности, мы можем говорить о том, что исходное ОВ образца из обнажения Куеда-Ключики было образовано за счет бактериальной слизи, накопленной в морских или лагунных обстановках [38, 39].

Таким образом, по результатам изучения содержания нормальных и изопреноидных алканов можно сделать вывод о том, что битумоиды обнажений Куеда-Ключики и Посад образовались в различных палеогеографических и геоморфологических условиях, при этом ОВ образцов характеризуется как сапропелевое, малопреобразованное, генетически разнородное (аллохтонно-автохтонное). Битумоид обнажения Посад был образован за счет сапропелевого ОВ, накопленного в прибрежно-морских, восстановительных условиях, тогда как органика объекта Куеда-Ключики образована в относительно глубоководных морских условиях.

Заключение

На основе вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Исключительно важный в палеонтологическом отношении разрез Куеда-Ключики имеет разные возрастные датировки по геологическим и палеонтологическим данным. На основе анализа и обобщения геологосъемочных работ масштаба 1:200 000, тематических исследований разрез отнесен к бураевской толще шешминской свиты уфимского яруса.

2. На границе шешминской и белебеевской свит наблюдается минералогический «рубеж», проявляющийся в снижении доли минералов группы эпидота и повышении содержания черных рудных минералов. Терригенные породы разреза Куеда-Ключики по количеству минералов группы эпидота и черных рудных в тяжелой фракции сходны с породами из шешминской свиты.

3. Куеда-Ключики демонстрирует высокую концентрацию и хорошую сохранность всего комплекса ископаемых. Остатки фауны и флоры слабодеформированы, по большей части находятся в естественном сочленении. Разрез может рассматриваться как лагерштетт.

4. Глинисто-карбонатные породы разреза содержат весьма своеобразный фаунистический комплекс. Описанный вид мисхоптеридовых насекомых *Aspidothorax permianus* относится к роду, представители которого распространены в верхнем карбоне Франции и Германии. Комплекс амфибий включает дискозаврисцидных сеймуриаморф, известных только из нижней перми Центральной Европы. Однако присутствующий здесь род котлассидных сеймуриаморф *Leptoropha* появляется с верхов казанского яруса. *Kazanichthys viatkensis*, являющийся наиболее характерным видом ихтиокомплекса, охватывает верхнюю часть верхнеказанского подъяруса. Весь ориктоценоз актиноптеригий позволяет датировать разрез средней частью верхнеказанского подъяруса.

5. Из результатов геохимических исследований следует, что битумоиды обнажений Куеда-Ключики и Посад (казанский ярус) образовались в различных палеогеографических и геоморфологических условиях. Битумоид казанского обнажения Посад образован за счет сапропелевого ОВ, накопленного в прибрежно-морских, восстановительных условиях, тогда как органика объекта Куеда-Ключики образована в относительно глубоководных условиях.

В статье обозначены проблемы, не позволяющие в настоящее время дать однозначный ответ на вопрос о возрасте разреза Куеда-Ключики, продемонстрированы его уникальные особенности, положено начало для систематизации палеонтологической, геологической, геохимической информации. Полученные результаты могут служить отправной точкой для дальнейших мультидисциплинарных исследований.

Литература

1. Нечаев С.В., Терещенко И.И., Ожгибесов В.П. Об открытии новых геологических памятников на территории Куединского района Пермского края // Антропогенная динамика природной среды. Т. II: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. (16–20 окт. 2006 г., г. Пермь). – Пермь: Перм. ун-т, 2006. – С. 58–63.
2. Синиченкова Н.Д., Пономарева Г.Ю., Аристов Д.С. Новый вид мисхоптеридовых рода *Aspidothorax* Brongniart, 1893 (Insecta: Mischoptera = Megaseoptera: Aspidothoracidae) из средней перми Пермского края, Россия // Палеонтол. журн. – 2020. – № 3. – С. 61–66. – doi: 10.31857/S0031031X20030150.
3. Наугольных С.В. Новые мужские репродуктивные органы голосемянных *Permotheca colovratca* sp. nov., из пермских отложений Урала // Палеонтол. журн. – 2013. – № 1. – С. 91–102. – doi: 10.7868/S0031031X1301011X.
4. Naugolnykh S.V. Voltzian conifers from the Kuedinskie Kluchiki Locality (Kazanian = Wordian) of the Urals, and their morphological interpretation // Kazan Golovkinsky

- Stratigraphic Meeting, 2019: Sedimentary Earth Systems: Stratigraphy, Geochronology, Petroleum Resources. – Bologna, Italy: Filodiritto Ed. 2019. – P. 177–182.
5. *Синицын И.М., Синицына Г.И.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Средневолжская. Лист О-40-XXXII (Кueda). Объяснительная записка. – М.: Моск. фил. ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2017. – 81 с.
 6. Геологическая карта. Приволжский федеральный округ, Пермский край. – СПб.: ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2020. – URL: <http://atlaspacket.vsegei.ru>.
 7. *Наугольных С.В.* Разрез Ключики (уникальное местонахождение пермских рыб, тетрапод и флоры) // Геологические памятники Пермского края / Под общ. ред. И.И. Чайковского. – Пермь: Книжная площадь, 2009. – С. 188–191.
 8. *Терещенко И.И., Наугольных С.В., Ожгибесов В.П.* По тропе эволюции: к музею пермского периода. – Пермь: Астер, 2012. – 111 с.
 9. Нефтегазоносные и перспективные комплексы центральных и восточных областей Русской платформы. Т. IV. Пермские отложения Волго-Уральской провинции и центральных районов Русской платформы / Под ред. Т.В. Макаровой. – М.: Недра, 1971. – 145 с.
 10. *Палант Н.Б.* Стратиграфическая и корреляционная значимость фауны остракод в красноцветных образованиях уфимской свиты и казанского яруса // Изв. Казан. фил. АН СССР. Сер. геол. наук. – 1959. – № 8. – С. 73.
 11. *Нечаев В.А.* Верхнепермские отложения. – Пг.: Геол. ком., 1921. – 126 с. (Геология России. Т. 2, Ч. 5, Вып. 3: Палеозойская группа; Пермская система).
 12. Путеводитель геологических экскурсий (23 июля – 4 августа 1991). Ч. III. Пермская геологическая система Пермского Приуралья. – Свердловск: УрО АН СССР, 1991. – 153 с.
 13. *Осовецкий Б.М.* Минералогия мезокайнозоя Прикамья: Избр. тр. – Пермь: Изд-во ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2004. – 292 с.
 14. *Илалтдинов И.Я., Пономарева Г.Ю., Бадьянова И.В.* Минеральный состав тяжелой фракции пермских песчаников Прикамья // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. – 2020. – № 23. – С. 163–167.
 15. *Миних А.В., Миних М.Г.* Ихтиофауна перми Европейской России. – Саратов: Изд. центр «Наука», 2009. – 244 с.
 16. *Гоманьков А.В., Голубев В.К., Есин Д.Н., Силантьев В.В., Шелехова М.Н.* Палеонтологическая характеристика верхнепермских отложений местонахождения Шихово-Чирки (бассейн р. Вятка) // Бюл. Региональной межведомственной стратиграфической комиссии по центру и югу Русской платформы. – 1993. – Вып. 2. – С. 93–96.
 17. *Lucas S.G., DiMichele W.A., Allen B.D.* The Kinney Brick Quarry Lagerstätte, Late Pennsylvanian of New Mexico, USA: Introduction and overview // N. M. Mus. Nat. Hist. Sci. Bull. – 2021. – Bull. 84. – P. 1–16.
 18. *Есин Д.Н., Машин В.Л.* Ихтиолиты // Стратотипы и опорные разрезы верхней перми Поволжья и Прикамья / Под ред. Н.К. Есауловой, В.Р. Лозовского. – Казань: Экоцентр, 1996. – С. 270–291.
 19. *Aldinger H.* Permische Ganoidfische aus Ostgrönland // Meddelelser om Gronland, udgivne af Kommissionen for videnskabelige undersøgelser i Gronland. – 1937. – Bd. 102, Nr 3. – S. 1–392.
 20. *Schaumberg G.* Über wenig bekannte Acrolepiden aus dem oberpermischen Kupferschiefer und Marl-Slate von Deutschland und NE-England // Philippia. – 1996. – V. 7, No 5. – P. 325–354.

21. Бакаев А.С., Голубев В.К., Буланов В.В., Морев В.П., Морова А.А. Фауна позвоночных местонахождения Аксаково (средняя пермь, Самарская область) // Проблемы и перспективы палеонтологических исследований: Материалы LXIII сессии Палеонтол. о-ва при РАН. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2018. – С. 173–175.
22. Есин Д.Н. Позднепермские палеонисциды Европейской части России: Дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – М., 1995. – 250 с.
23. Dietze K. A revision of paramblypterid and amblypterid actinopterygians from Upper Carboniferous – Lower Permian lacustrine deposits of Central Europe // *Palaeontology*. – 2000. – V. 43, No 5. – P. 927–966. – doi: 10.1111/1475-4983.00156.
24. Štamberg S. New data on the osteology of the actinopterygian fish *Amblypterus* and the relationship between *Amblypterus* and *Paramblypterus* // *Acta Mus. Natl. Pragae, Ser. B, Hist. Nat.* – 2013. – V. 69, No 3–4. – P. 183–194. – doi: 10.14446/AMNP.2013.183.
25. Голубев В.К., Буланов В.В., Морев В.П., Морова А.А. Первая находка тетрапод в пермских отложениях Самарской области (Россия) // Междунар. стратиграфическая конф. Головкинского – 2017 и Четвертая Всерос. конф. «Верхний палеозой России». Планетарные системы верхнего палеозоя: биостратиграфия, геохронология и углеводородные ресурсы: Сб. тез. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2017. – P. 63–64.
26. Стратотипический разрез татарского яруса на реке Вятке / Отв. ред. А.В. Гоманьков. – М.: ГЕОС, 2001. – 140 с. (Тр. ГИН РАН. Вып. 532)
27. Bulanov V.V. A new kotlassiid (Amphibia, Seymouriamorpha) from the terminal Permian of Eastern Europe // *Paleontol. J.* – 2020. – V. 54, No 7. – P. 757–768. – doi: 10.1134/S0031030120070035.
28. Голубев В.К., Буланов В.В. Амфибии сундырского фаунистического комплекса пермских тетрапод Восточной Европы // *Палеонтол. журн.* – 2018. – № 6. – С. 50–62. – doi: 10.1134/S0031031X18060053.
29. Fritsch A. Fauna der Gasköhle und der Kalksteine der Permformation Böhmens. – Prag.: Selbstverlag, 1880. – Bd. 1, H. 2. – P. 93–125.
30. Klembara J., Meszaros S. New finds of *Discosauriscus austriacus* (Makowsky, 1876) from the Lower Permian of Boskovice Furrow (Czecho-Slovakia) // *Geol. Carpathica*. – 1992. – V. 43, No 5. – P. 305–312.
31. Werneburg R. Labyrinthodontier (Amphibia) aus dem Oberkarbon und Unterperm Mitteleuropas – Systematik, Phylogenie und Biostratigraphie // *Freiberg. Forschungsh. C.* – 1989. – Bd. 436. – S. 7–57.
32. Werneburg R. Zur Taxonomie der jungpaläozoischen Familie Discosauriscidae (Romer 1947) (Batrachosauria, Amphibia) // *Freiberger Forschungshefte, C.* – 1985. – Bd. 400. – S. 117–133.
33. Werneburg R., Kiersnowski H. A discosauriscid amphibian from the Rotliegend of the Intrasudetic Basin in Poland and its biostratigraphic importance // *Acta Univ. Wratislav., Pr. Geol.-Mineral.* – 1996. – Bd. 52. – S. 117–125.
34. Ивахненко М.Ф. Дискосавриски из перми Таджикистана. // *Палеонтол. журн.* – 1981. – № 1. – С. 114–127.
35. Рябинин А.Н. Об остатках стегоцефалов из Каргалинских рудников Оренбургской губернии // *Изв. геол. комитета.* – 1911. – Т. 30. – С. 25–37.
36. Илалтдинов И.Я., Осовецкий Б.М. К проблеме установления источников питания обломочного материала палеорек // *Вестн. Перм. ун-та Геология.* – 2021. – Т. 20, № 3. – С. 213–221.
37. Илалтдинов И.Я., Пономарева Г.Ю., Бадьянова И.В. О возможности применения минералогического анализа тяжелой фракции для стратиграфического расчленения тер-

- ригенных толщ // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: Сб. науч. ст. – Пермь, 2019. – Вып. 2. – С. 75–79.
38. *Каширцев В.А.* Органическая геохимия нефтидов востока Сибирской платформы / Отв. ред. А.Э. Канторович. – Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2003. – 160 с.
39. *Ten Haven H.L., Deleeuw J.W., Peakman T.M., Maxwell J.R.* Anomalies in steroid and hopanoid maturity indices // *Geochim. Cosmochim. Acta*, – 1986. – V. 50, No 5. – P. 853–855. – doi: 10.1016/0016-7037(86)90361-3.

Поступила в редакцию
01.07.2021

Бакаев Александр Сергеевич, младший научный сотрудник

Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН
ул. Профсоюзная, д. 123, г. Москва, 117647, Россия
E-mail: alexandr.bakaev.1992@mail.ru

Буланов Валерий Викторович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН
ул. Профсоюзная, д. 123, г. Москва, 117647, Россия
E-mail: bulanov@paleo.ru

Илалтдинов Ильдар Ягфарович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры минералогии и петрографии

Пермский государственный национальный исследовательский университет
ул. Букирева, д. 15, г. Пермь, 614068, Россия
E-mail: ildar.ilaltdinov@psu.ru

Кожанов Дмитрий Дмитриевич, магистрант кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Ленинские горы, д. 1, г. Москва, 119991, Россия
E-mail: dimitriykozz@gmail.com

Пономарева Галина Юрьевна, старший преподаватель кафедры региональной и нефтегазовой геологии, заведующая музеем пермской системы при кафедре региональной и нефтегазовой геологии

Пермский государственный национальный исследовательский университет
ул. Букирева, д. 15, г. Пермь, 614068, Россия
E-mail: galinaponomareva@yandex.ru

Хопта Иван Сергеевич, старший преподаватель кафедры региональной и нефтегазовой геологии

Пермский государственный национальный исследовательский университет
ул. Букирева, д. 15, г. Пермь, 614068, Россия
E-mail: regional.PSU@yandex.ru

ORIGINAL ARTICLE

doi: 10.26907/2542-064X.2021.3.444-465

**The Problem of Dating the Kuyeda-Klyuchiki Section –
a Unique Locality of Permian Vertebrates (Perm Region, Russia)**A.S. Bakaev^{a*}, V.V. Bulanov^{a**}, I.Ya. Ilaltdinov^{b***}, D.D. Kozhanov^{c****},
G.Yu. Ponomareva^{b*****}, I.S. Khopta^{b*****}^a*Borissiak Paleontological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, 117647 Russia*^b*Perm State University, Perm, 614068 Russia*^c*Moscow State University, Moscow, 119991 Russia*

E-mail: *alexandr.bakaev.1992@mail.ru, **bulanov@paleo.ru,

ildar.ilaltdinov@psu.ru, *dimitriykozz@gmail.com, *****galinaponmareva@yandex.ru,
*****regional.PSU@yandex.ru

Received July 1, 2021

Abstract

The Kueda-Klyuchiki locality of Permian vertebrates located in the south of the Perm Region in the Kuedinsky District was discovered in 2005 and quickly became known among paleontologists. The locality contains a rich complex of exceptionally preserved plants and vertebrates (fish, amphibians, and reptiles). Their remains are confined to limestones of various textures, which form two bone-bearing beds in the section of the quarry. However, the age of rocks remains a controversial issue. This research aims to analyze and compare various stratigraphic markers and discuss a number of existing stratigraphic inconsistencies in an attempt to arrive at a general conclusion about the age of the locality. According to geological survey data on a scale of 1:200 000, the Buraevo Sequence (Sheshmian Formation, Ufimian Stage) was identified in the territory of the quarry. At the boundary of the Sheshmian and Belebey Formations, a mineralogical “boundary” is observed, which is manifested in a decrease in the proportion of minerals of the epidote group and an increase in the content of black ore minerals. Terrigenous rocks of the Kueda-Klyuchiki section are close to the values of the Sheshmian Formation, in terms of the amount of epidote and black ore minerals in the heavy fraction. The results of the geochemical study indicate that the bitumoids of the Kueda-Klyuchiki and Posad outcrops (Kazanian Stage) developed in different paleogeographic and geomorphological conditions. The bitumoids of the Kazanian outcrop Posad formed through the sapropelic organic matter accumulated in the coastal-marine reducing conditions, while the organic matter of the Kueda-Klyuchiki outcrop formed in the relatively deep-water conditions. The composition of the ichthyological assemblage indicates the Upper Kazanian age of the section. The fish orictocenosis includes *Kazanichthys viatkensis*, *Acropholis kamensis*, *Acropholis stenioei*, *Palaeoniscum kasanense*, *Platysomus biarmicus*, *Kargalichthys efremovi*, *Kargalichthys pritokensis*, *Platysomidae* gen. indet., *Palaeonisci* ordo indet. sp. 1, *Palaeonisci* ordo indet. sp. 2. Its composition indicates that Kueda-Klyuchiki has higher stratigraphic position than most Upper Kazanian localities, which is confirmed by the absence of terminal Kazanian species. However, the composition of the ichthyofauna in Kueda-Klyuchiki differs significantly from that of the early Kazanian localities, typical of the *Kazanichthys golyushermensis* ichthyocomplex. The orictocomplex of fish from the Kueda-Klyuchiki locality is most similar to the two Upper Kazanian localities – Aksakovo (Pechishchi beds) and Shikhovo-Chirki (Verkhnyi Usloň beds). The complex of amphibians includes temnospondyls (presumably, *Melosauridae*), discosauriscid (*Discosauriscidae* gen. ind.) and kotlassiid (*Leptoropha* sp.) seymouriamorphs, diapsids, and therapsid reptiles. To clarify the age of the Kueda-Klyuchiki outcrop, the results of the mineralogical analysis of the heavy fraction of terrigenous rocks and the geochemical characteristics of the dispersed organic matter from the carbonate-clayey rocks of the section are presented. The results obtained can serve as a starting point for further multidisciplinary research.

Keywords: Sheshmian Formation, Kazanian Stage, Bashkirian Dome, ray-finned fishes, tetrapods, organic matter, Perm Region

Figure Captions

- Fig. 1. Fragment of the geological map of the Perm Region [6] and the location of the studied sections. 1 – Durino, 2 – Berezniki–Durino road, 3 – Posad, 4 – Kosoturikha, 5 – Kasimovo, 6 – Yug, 7 – Olkhovka (Yugo-Kamsky), 8 – Okhansk, 9 – Kalinino, 10 – Kueda-Klyuchiki.
- Fig. 2. Scheme of the Kueda-Klyuchiki section. Legend: white arrows – enlarged cut fragments, pink arrows – upper bone layer, purple arrow – lower bone layer; rocks: 1 – sandstone, 2 – siltstone, 3 – clay, 4 – argillite, 5 – marl, 6 – clayey limestone, 7 – limestone nodules in marl.
- Fig. 3. Fragment of sheet O-40-XXXII (2017). Map of pre-Quaternary formations and stratigraphic scale [5]. The asterisk shows the position of the Kueda-Klyuchiki section.
- Fig. 4. Bony fishes from the Kueda-Klyuchiki locality: 1 – *Kazanichthys viatkensis*, skeleton, coll. PGNIU no. 6014; 2 – *Platysomus biarmicus*, skeleton, coll. PGNIU no. 6001; 3 – *Palaeoniscum kasanense*, skeleton, coll. PGNIU no. 6022; 4 – *Kargalichthys efremovi*, skeleton, coll. PGNIU no. 6028; 5 – *Palaeonisci* ordo indet. sp. 1, skeleton, coll. PGNIU no. 6020; 6 – *Acropholis* cf. *stensioei*, skeleton, coll. PSNIU No. 6093; 7 – *Platysomidae* gen. indet., fragment of the scaly cover of the right side of the body, col. PGNIU. Scale bar: 1 cm.
- Fig. 5. Discosauriscidae gen. ind., larval specimen, col. PSNIU no. 6629. Scale bar: 1 cm.
- Fig. 6. Kennon–Kessow diagram for assessing the genesis of the oil source rock and the maturity of organic matter.

References

1. Nechaev S.V., Tereshchenko I.I., Ozhgibesov V.P. About the discovery of new geological monuments in the territory of the Kuedinsky District of the Perm Region. *Antropogennaya dinamika prirodnoi sredy: Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (16–20 okt. 2006 g., g. Perm)* [Anthropogenic Dynamics of the Natural Environment: Proc. Int. Sci.–Pract. Conf. (Oct. 16–20, 2006, Perm)]. Perm, Permsk. Univ., 2006, pp. 58–63. (In Russian)
2. Sinitshenkova N.D., Ponomareva G.Y., Aristov D.S. A new megasecopteran species of the genus *Aspidothorax* Brongniart, 1893 (Insecta: Mischopterida = Megasecoptera: Aspidothoracidae) from the Middle Permian of Perm Region, Russia. *Paleontol. J.*, 2020, vol. 54, no. 3, pp. 273–278. doi: 10.1134/S0031030120030144.
3. Naugolnykh S.V. New male reproductive organs of gymnosperms *Permotheca colovratca* sp. nov. from the Lower Permian of the Ural Mountains. *Paleontol. J.*, 2013, vol. 47, no. 1, pp. 114–126. doi: 10.1134/S0031030113010097.
4. Naugolnykh S.V. Voltzialean conifers from the Kuedinskie Kluchiki locality (Kazanian = Wordian) of the Urals, and their Morphological Interpretation. *Proc. Kazan Golovkinsky Stratigr. Meet., 2019: Sedimentary Earth Systems: Stratigraphy, Geochronology, Petroleum Resources*. Bologna, Italy, Filodiritto Ed., 2019, pp. 177–182.
5. Sinitsyn I.M., Sinitsyna G.I. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:200 000. Seriya Srednevolzhskaya. List O-40-XXXII (Kuyeda). Ob'yasnitel'naya zapiska* [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1: 200 000. Middle Volga Series. Sheet O-40-XXXII (Kueda). Explanatory Note]. Moscow, Mosk. Filial FGBU “VSEGEI”, 2017. 81 p. (In Russian)
6. *Geologicheskaya karta. Privolzhskii federal'nyi okrug, Permskii krai* [Geological Map. Volga Federal District, Perm Territory]. St. Petersburg, FGBU “VSEGEI”, 2020. Available at: <http://atlaspacket.vsegei.ru>. (In Russian)
7. Naugolnykh S.V. The Klyuchiki section (unique locality of Permian fishes, tetrapods, and flora). In: *Geologicheskie pamyatniki Permskogo kraya* [Geological Monuments of the Perm Region]. Chaikovskii I.I. (Ed.). Perm, Knizhn. Ploshch., 2009, pp. 188–191. (In Russian)
8. Tereshchenko I.I., Naugolnykh S.V., Ozhgibesov V.P. *Po trope evolyutsii: k muzeyu permskogo perioda* [Along the Path of Evolution: To the Museum of the Permian Period]. Perm, Aster, 2012. 111 p. (In Russian)

9. Makarova T.V. (Ed.) *Neftegazonosnye i perspektivnye komplekсы tsentral'nykh i vostochnykh oblastei Russkoi platformy* [Oil- and Gas-Bearing and Promising Complexes of the Central and Eastern Regions of the Russian Platform]. Vol. 4: Permian deposits of the Volga-Ural Province and central regions of the Russian Platform. Leningrad, Nedra, 1971. 145 p. (In Russian)
10. Palant N.B. Stratigraphic and correlation significance of the ostracod fauna in the red beds of the Ufimian Formation and the Kazan Stage. *Izv. Kazan. Fil. Akad. Nauk SSSR. Ser. Geol. Nauk*, 1959, no. 8, p. 73. (In Russian)
11. Nechayev V.A. *Verkhnepermские otlozheniya* [Upper Permian Deposits]. Petrograd, Geol. Komm., 1921. 126 p. (Geology of Russia. Vol. 2, Pt. 5, No. 3: Paleozoic group; Permian system). (In Russian)
12. *Putevoditel' geologicheskikh ekskursii (23 iyulya – 4 avgusta)* [Guide to Geological Excursions (July 23 – August 4, 1991)]. Pt. III: Permian geological system of the Perm Urals. Sverdlovsk, Ural. Otd. Akad. Nauk SSSR, 1991. 153 p. (In Russian)
13. Osovetskii B.M. *Mineralogiya mezokainozoya Prikam'ya: Izbr. tr.* [Mineralogy of the Meso-Cenozoic of the Kama Region: Selected Works]. Perm, Izd. PGU, PSI, PSSGK, 2004. 292 p. (In Russian)
14. Ilaltdinov I.Ya., Ponomareva G.Yu., Bad'yanova I.V. Mineral composition of the heavy fraction of the Permian sandstones of the Kama Region. *Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. Nauchnye chteniya pamyati P.N. Chirvinskogo* [Problems of Mineralogy, Petrography, and Metallogeny. Proc. Sci. Lect. in Memory of P.N. Chirvinskii], 2020, no. 23, pp. 163–167. (In Russian)
15. Minikh A.V., Minikh M.G. *Ikhtiofauna permi Evropeiskoi Rossii* [Ichthyofauna of the Permian of European Russia]. Saratov, Izd. Tsentr “Nauka”, 2009. 244 p. (In Russian)
16. Goman'kov A.V., Golubev V.K., Esin D.N., Silantiev V.V., Shelekhova M.N. Paleontological characteristics of the Upper Permian sediments of the Shikhovo-Chirki locality, Vyatka River basin. In: *Byulleten' Regional'oi mezhvedomstvennoi stratigraficheskoi komissii po tsentru i yugu Russkoi platformy* [Bulletin of the Regional Interdepartmental Stratigraphic Commission on the Center and the South of the Russian Platform], 1993, no. 2, pp. 93–96. (In Russian)
17. Lucas S.G., DiMichele W.A., Allen B.D. The Kinney Brick Quarry Lagerstätte, Late Pennsylvanian of New Mexico, USA: Introduction and overview. *N. M. Mus. Nat. Hist. Sci. Bull.*, 2021, bull. 84, pp. 1–16.
18. Esin D.N., Mashin V.L. Ichthyolites. In: *Stratotipy i opornye razrezy verkhnei permi Povolzh'ya i Prikam'ya* [Stratotypes and Reference Sections of the Upper Permian of Middle Volga and Kama Regions]. Esaulova N.K., Lozovskii V.R. (Eds.). Kazan, Ekotsentr, 1996, pp. 270–291. (In Russian)
19. Aldinger H. Permische Ganoidfische aus Ostgrönland. *Meddelelser om Gronland, udgivne af Kommissionen for videnskabelige undersogelser i Gronland*, 1937, Bd. 102, Nr. 3, S. 1–392. (In German)
20. Schaumberg G. Über wenig bekannte Acrolepiden aus dem oberpermischen Kupferschiefer und Marl-Slate von Deutschland und NE-England. *Philippia*, 1996, vol. 7, no. 5, pp. 325–354. (In German)
21. Bakaev A.S., Golubev V.K., Bulanov V.V., Morov V.P., Morova A.A. Vertebrate fauna of the Aksakovo locality (Middle Permian, Samara Region). *Problemy i perspektivy paleontologicheskikh issledovaniy: Materialy LXIII sessii Paleontol. o-va pri RAN* [Problems and Prospects of Paleontological Research: Proc. LXIII Sess. of the Paleontological Society of the Russian Academy of Sciences]. St. Petersburg, VSEGEI, 2018, pp. 173–175. (In Russian)
22. Esin D.N. Late Permian palaeoniscids in the European part of Russia. *Cand. Geol.-Mineral. Sci. Diss.* Moscow, 1995. 250 p. (In Russian)
23. Dietze K. A revision of paramblypterid and amblypterid actinopterygians from Upper Carboniferous – Lower Permian lacustrine deposits of Central Europe. *Palaeontology*, 2000, vol. 43, no. 5, pp. 927–966. doi: 10.1111/1475-4983.00156.
24. Štamberg S. New data on the osteology of the actinopterygian fish *Amblypterus* and the relationship between *Amblypterus* and *Paramblypterus*. *Acta Mus. Natl. Pragae, Ser. B*, 2013, vol. 69, no. 3–4, pp. 183–194. doi: 10.14446/AMNP.2013.183.
25. Golubev V.K., Bulanov V.V., Morov V.P., Morova A.A. The first finding of tetrapods in the Permian deposits of the Samara Region, Russia]. *Mezhdunar. stratigraficheskaya konf. Golovkinskogo – 2017 i Chetvertaya Vseros. konf. “Verkhniy paleozoi Rossii”*. *Planetarnye sistemy verkhnego paleozoya: biostratigrafiya, geokhronologiya i uglevodorodnye resursy* [Proc. Int. Golovkinsky Stratigr. Conf. – 2017 and the 4th All-Russ. Conf. “Upper Palaeozoic of Russia”. Earth Systems of the Upper

- Paleozoic: Biostratigraphy, Geochronology, and Petroleum Resources]. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 2017, pp. 63–64. (In Russian)
26. *Stratotipicheskii razrez tatarskogo yarusa na reke Vyatke* [Stratotypical Section of the Tatar Stage on the Vyatka River]. Goman'kov A.V. (Ed.). Moscow, GEOS, 2001. 140 p. *Tr. GIN Ross. Akad. Nauk*, vol. 532. (In Russian)
 27. Bulanov V.V. A new kotlassiid (Amphibia, Seymouriamorpha) from the terminal Permian of Eastern Europe. *Paleontol. J.*, 2020, vol. 54, no. 7, pp. 757–768. doi: 10.1134/S0031030120070035.
 28. Golubev V.K., Bulanov V.V. Amphibians of the Permian Sundyr tetrapod assemblage of Eastern Europe. *Paleontol. J.*, 2018, vol. 52, no. 6, pp. 639–652. doi: 10.1134/S0031030118060059.
 29. Fritsch A. *Fauna der Gaskohle und der Kalksteine der Permformation Böhmens*. Prag, Selbstverlag, 1880, Bd. 1, H. 2, S. 93–126. (In German)
 30. Klembara, J., Meszaros, S. New finds of *Discosauriscus austriacus* (Makowsky, 1876) from the Lower Permian of Boskovice Furrow (Czecho-Slovakia). *Geol. Carpathica*, 1992, vol. 43, no. 5, pp. 305–312.
 31. Werneburg R. Labyrinthodontier (Amphibia) aus dem Oberkarbon und Unterperm Mitteleuropas – Systematik, Phylogenie und Biostratigraphie. *Freiberg. Forschungsh. C.*, 1989, Bd. 436, S. 7–57. (In German)
 32. Werneburg R. Zur Taxonomie der jungpaläozoischen Familie Discosauriscidae (Romer 1947) (Batrachosauria, Amphibia). *Freiberg. Forschungsh. C.*, 1985, Bd. 400, S. 117–133. (In German)
 33. Werneburg R., Kiersnowski H. A discosauriscid amphibian from the Rotliegend of the Intrasudetic Basin in Poland and its biostratigraphic importance. *Acta Univ. Wratislav., Pr. Geol.-Mineral.*, 1996, Bd. 52, S. 117–125. (In German)
 34. Ivakhnenko M.F. Discosauriscines from the Permian of Tajikistan. *Paleontol. Zh.*, 1981, no. 1, pp. 114–127. (In Russian)
 35. Ryabinin A.N. On the remains of stegocephalians from the Kargalinsky mines of the Orenburg Province. *Izv. Geol. Komm.*, 1911, vol. 30, pp. 25–37. (In Russian)
 36. Ilaltdinov I.Ya., Osovetskii B.M. On the problem of establishing the sources of the clastic material feeding of paleorivers. *Vestn. Permsk. Univ. Geol.*, 2021, vol. 20, no. 3, pp. 213–221. (In Russian)
 37. Ilaltdinov I.Ya., Ponomareva G.Yu., Bad'yanova I.V. On the possibility of using mineralogical analysis of the heavy fraction for stratigraphic dissection of terrigenous strata. In: *Geologiya i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala* [Geology and Minerals of the Western Urals]. Perm, 2019, no. 2, pp. 75–79. (In Russian)
 38. Kashirtsev V.A. *Organicheskaya geokhimiya naftidov vostoka Sibirskoi platformy* [Organic Geochemistry of Naphthides in the East of the Siberian Platform]. Kantorovich A.E. (Ed.). Yakutsk, YaF Izd. Sib. Otd. Ross. Akad. Nauk, 2003. 160 p. (In Russian)
 39. Ten Haven H.L., Deleeuw J.W., Peakman T.M., Maxwell J.R. Anomalies in steroid and hopanoid maturity indices. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1986, vol. 50, no. 5, pp. 853–855. doi: 10.1016/0016-7037(86)90361-3.

Для цитирования: Бакаев А.С., Буланов В.В., Илалтдинов И.Я., Кожанов Д.Д., Пonomарева Г.Ю., Хопта И.С. Проблема возрастной датировки разреза Куеда-Ключики – уникального местонахождения пермских позвоночных (Пермский край) // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2021. – Т. 163, кн. 3. – С. 444–465. – doi: 10.26907/2542-064X.2021.3.444-465.

For citation: Bakaev A.S., Bulanov V.V., Ilaltdinov I.Ya., Kozhanov D.D., Ponomareva G.Yu., Khopta I.S. The problem of dating the Kuyeda-Klyuchiki section – a unique locality of Permian vertebrates (Perm Region, Russia). *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2021, vol. 163, no. 3, pp. 444–465. doi: 10.26907/2542-064X.2021.3.444-465. (In Russian)