

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 567.953:551.736.2(470)

doi: 10.26907/2542-064X.2021.2.238-250

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОКРОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛЕЧЕВОГО ПОЯСА *Platyoposaurus* (Temnospondyli, Archegosauridae) ИЗ СРЕДНЕЙ ПЕРМИ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

А.В. Ульяхин

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

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

Аннотация

Приведены результаты исследования изменчивости покровных элементов плечевого пояса (ключицы, межключицы) как наиболее морфологически информативной части посткраниального скелета архегозавридной амфибии *Platyoposaurus* из средней перми Восточной Европы. Рассмотренные морфологические особенности ключицы и межключицы *P. watsoni* с использованием морфометрических параметров впервые позволили установить усложнение покровного орнамента (увеличение ячеистого поля в центре окостенения за счет появления дополнительных ячеек, усложнение ветвления радиальных гребней) с увеличением размера. Возрастное преобразование покровного орнамента способствовало приобретению дополнительной прочности при увеличении нагрузки на плечевой пояс в процессе роста и увеличении массы тела. Установлено, что особенности строения ячеистого поля и радиальных гребней, а также морфометрические параметры (угол латерального наклона дорсального отростка, отношение ширины межключичной пластины к ее длине от заднего конца до центра окостенения) могут выступать в качестве дополнительных диагностических признаков не только для отличия *Platyoposaurus* от прочих архегозавроидов, но и для различий видов рассматриваемого рода между собой. Индивидуальные различия выявлены в основном при анализе строения дорсального отростка одноразмерных ключиц.

Ключевые слова: изменчивость, средняя пермь, Temnospondyli, Archegosauridae, *Platyoposaurus*, Восточно-Европейская платформа

Введение

Представители рода *Platyoposaurus* – длинномордые крупноразмерные (общая реконструируемая длина черепа до 0.7 м; длина тела до 3.5 м) архегозавридные (Archegosauridae) темноспондильные амфибии, широко распространенные на территории современной Восточной Европы в казанском и уржумском веках средней перми [1]. На сегодняшний день род *Platyoposaurus* номинально представлен четырьмя видами (*Platyoposaurus rickardi* Tvelvetrees, *Platyoposaurus stuckenbergi* Trautschold, *Platyoposaurus watsoni* Efremov, *Platyoposaurus vjuschkovi* Gubin) [2] по остаткам, достоверно известным из 18 местонахождений. Однако есть все основания выделять только три вида [3], поскольку видовая обособленность *Platyoposaurus vjuschkovi*, описанного по одной единственной бедренной кости [4], не очевидна.

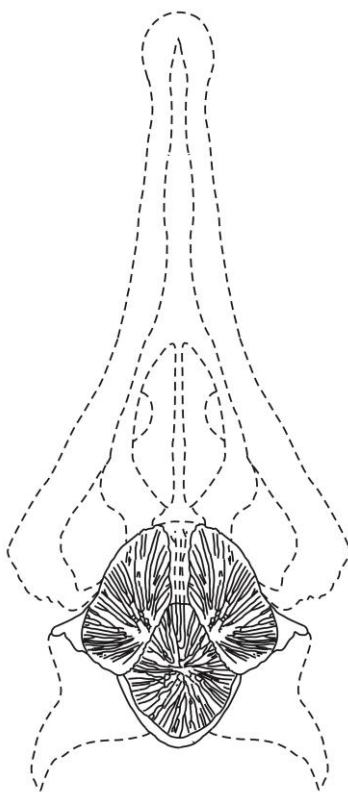


Рис. 1. Строение покровных элементов плечевого пояса (ключиц и межключицы) *Platyoposaurus* и их положение относительно черепа.

Морфологические особенности строения черепа *Platyoposaurus* в настоящее время достаточно хорошо изучены [5, 6], чего нельзя сказать о посткраниальных элементах и особенно – о их изменчивости. Наиболее информативной частью скелета среди элементов плечевого пояса для установления вариативных особенностей и онтогенетических преобразований представителей рода *Platyoposaurus* являются ключица и межключица, характеризующиеся наличием покровной скульптуры. Исследование клейтрумов нами не проводилось, так как материал по ним представлен единичными экземплярами с невозможностью внутривидового сравнения и установления изменчивости. Материал по покровным элементам плечевого пояса использовался нами только по двум видам (*Platyoposaurus stuckenbergi* и *Platyoposaurus watsoni*), поскольку рассматриваемые элементы скелета типового *Platyoposaurus rickardi* не известны.

Плечевой пояс представителей рода *Platyoposaurus* (рис. 1), прилегающий передним концом ключиц и межключицы к вентральной стороне основания черепа, состоял из полностью окостеневающих элементов: парных клейтрума и ключицы, непарной межключицы [5], образующих в сочленении рамоподобную скелетную структуру. Ключичный симфиз, судя по всему, отсутствовал, как у близкородственного рода *Archegosaurus* [7]; внутренние края ключиц в переднем отделе не сходились, соединяясь с узким и сильно вытянутым передним отделом межключицы. Передний отдел межключиц представителей рода *Platyoposaurus* на всех

экземплярах не сохранился. Сравнение с прочими архегозавридными амфибиями невозможно из-за отсутствия материала по рассматриваемым частям скелета.

Наружная поверхность ключицы и межключицы представителей рода *Platyoposaurus* скульптурирована подобно покровным элементам крыши черепа и нижней челюсти, что является хорошим диагностическим признаком с учетом также высокой вероятности сохранности этих элементов в ископаемом состоянии по сравнению с другими частями скелета [8]. Скульптура ключицы и межключицы представителей рода *Platyoposaurus* отличалась от таковой у прочих архегозавроидов, в частности у представителей семейства Melosauridae [6], встречаемых в местонахождении совместно с *Platyoposaurus*. Характер скульптуры в дополнение к морфологическим особенностям строения ключицы и межключицы является не менее важным показателем для установления изменчивости. Изменчивость покровных элементов плечевого пояса представителей рода *Platyoposaurus*, как и его посткраниальных элементов, рассматривается впервые, что определяет несомненную новизну исследования. Количество разноразмерного коллекционного материала позволяет в полной мере решить поставленную задачу.

Материал и методика

Используемый в работе материал по двум видам *Platyoposaurus* происходит из коллекций № 49, 161, 164 и 2250 Палеонтологического института им. А.А. Борисьяка РАН и коллекции № 1044/П 637 Казанского (Приволжского) федерального университета и включает 9 экз. ключиц (экз. ПИН № 49/28, 164/1-3, 1-4; ГМ КФУ КП 1044П 637/7, 41, 42, 49, 57, 68) и два экз. межключиц (экз. ПИН № 164/1-9; ГМ КФУ КП 1044П 637/6) разной степени сохранности, принадлежащих *P. stuckenbergi*, а для *P. watsoni* – 18 (экз. ПИН № 161/14, 45, 102, 103, 152–164; 2250/25) и 4 (экз. ПИН № 161/14, 149, 150; 2250/24) соответственно.

Для изучения изменчивости материал сравнивался по нескольким морфометрическим (рис. 2) и морфологическим (рис. 3) параметрам. Так, для ключицы учитывались следующие морфометрические параметры: длина ключичной пластины (Lca), ширина ключичной пластины (Lcb), отношение ширины ключичной пластины к ее длине (Kc), угол тыльного наклона дорсального отростка (Yt), угол латерального наклона дорсального отростка (Yl); морфологические параметры: строение area marginalis (amr), crista anterior (can), facies cleithralis (fclt), fossa muscularis (fm), lamina anterior (la), lamina posterior (lp), processus dorsalis (pd), torus anterior (ta). Для межключицы были выбраны следующие морфометрические параметры: длина межключицы от заднего края до центра окостенения (Lia), ширина межключицы (Lib), отношение ширины межключичной пластины к ее длине (Ki); морфологические параметры: строение ключичной (сочленовой) площадки (al), радиальных желобов на дорсальной стороне (trc). И для ключицы, и для межключицы также учитывались особенности строения покровной скульптуры: ячеистая скульптура в центре окостенения (ps), узловые ячейки (nc), радиальные гребни (ar), перемычки (b), бугорки (ls), количество ответвлений I–IV порядков, количество ячеек, количество перемычек.

Отдельно рассматривался характер изменения покровной скульптуры с использованием детальных прорисовок, полученных в графическом редакторе

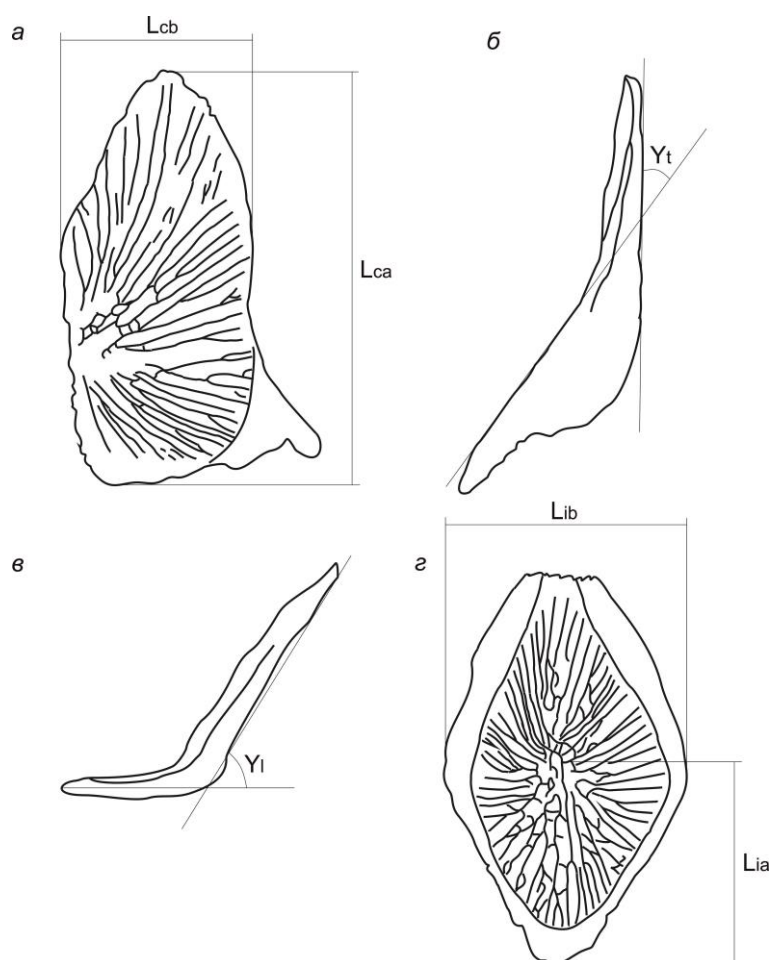


Рис. 2. Морфометрические параметры ключицы (а-в) и межключицы (z) *Platyoposaurus*. Обозначения: Lca – длина ключичной пластины; Lcb – ширина ключичной пластины; Lia – длина межключичной пластины; Lib – ширина межключичной пластины; Yt – угол тыльного наклона дорсального отростка; Yl – угол латерального наклона дорсального отростка

CorelDRAW 2017. Для выявления возрастных изменений экземпляры распределялись по размерам, при этом значения устанавливали в основном по реконструкциям, сделанным на основе единичных целых экземпляров. Размерные показатели по ключицам и межключицам оценивались в процентах относительно максимально известной реконструируемой общей длины черепа (от симфиза до уровня заднего края челюстных мышечков). Для *P. stuckenbergi* максимальная длина черепа, реконструируемая по парасфеноиду, равна 0.68 м (экз. ПИН без №, из отвалов медных рудников Кировской обл.) и принята за 100%. Максимальная длина черепа была определена с учетом имеющихся необходимых размерных параметров единственного и относительно полного скелета с сохранившимся плечевым поясом из местонахождения Белебей (экз. ПИН № 164/1). Для *P. watsoni* максимальная длина черепа, определенная по фрагменту черепа (экз. ПИН № 2250/5) из местонахождения Шихово-Чирки с учетом длины целого черепа

(экз. ПИН № 161/14) из того же местонахождения, составляет 0.46 м. Величины сопоставлялись на основе допущения, что пропорции тела и черепа для разномасштабных особей были одинаковы. По такому же принципу были определены длины черепов для исследуемого в работе посткраниального материала: для *P. watsoni* по черепу без преорбитальной части с сохранившейся правой ключицей от той же особи (экз. ПИН № 161/45) и по целому черепу с сохранившейся межключицей от той же особи (экз. ПИН № 161/14). В проведенном исследовании полная длина межключиц не учитывалась, поскольку экземпляры с полностью сохранившимся передним отделом отсутствуют. Используемая терминология следует из работ М.А. Шишкина и Ф. Вицмана и др. [9, 10].

Результаты исследования

Ключица представителей рода *Platyoposaurus*, как и всех других Temnospondyli, состоит из двух основных отделов: орнаментированной ключичной пластины и отходящего от нее в дорсальном направлении отростка processus dorsalis (рис. 3, I). Задний край ключичной пластины находится под прямым или тупым углом относительно наружного края. Длина ключичной пластины (L_{ca}) *P. stuckenbergi* равна 110–120 мм, ширина (L_{cb}) – 50–54 мм (48.5–52.4% от max). Для *P. watsoni* эти значения находятся в пределах 40–91 мм и 20–42 мм соответственно (26.2–55.0% от max). Параметр K_c для *P. stuckenbergi* составляет 0.45, для *P. watsoni* – 0.46–0.50. Параметр Y_1 у *P. stuckenbergi* составляет 70–84°. У соразмерных экземпляров ключиц *P. watsoni* параметр Y_1 равен 57–62°, что указывает на более низкий и широкий плечевой пояс. Параметр Y_t у соразмерных экземпляров ключиц практически не различается: *P. stuckenbergi* – 42–53°; *P. watsoni* – 40°.

Покровный орнамент вентральной стороны ключичной пластины характеризуется ячеистым полем (рис. 3, I, a), расположенным в центре окостенения, и отходящими от него прямыми или слабоизогнутыми радиальными гребнями (рис. 3, I, a), связанными друг с другом за счет поперечных перемычек (рис. 3, III, d), а также единичными бугорками (рис. 3, III, б). Ячеистое поле представлено чаще пентагональными и реже гексагональными и тетрагональными ячейками (рис. 3, III, в) с расположенными в их центре васкулярными отверстиями для питающих кожу сосудов [11]. В периферийных частях ключичных пластин далеко не у всех экземпляров встречаются единичные узловидные округлые ячейки (рис. 4, г). Ячеистое поле *P. stuckenbergi* в целом состоит из большего числа ячеек (31–127), нежели у *P. watsoni* (14–35), при сравнении соразмерных экземпляров. Для ключиц представителей рода *Platyoposaurus* характерно древовидное ветвление радиальных гребней от центра к периферии, когда покровный орнамент приобретает вильчатый характер (рис. 3, I, a). Для представителей рода *Platyoposaurus* было выделено четыре порядка ответвлений (I–IV) (рис. 4, б). Гребенчатый покровный орнамент ключичной пластины представителей рода *Platyoposaurus* несет черты видовых различий. Так, для *P. stuckenbergi* характерны толстые и извилистые радиальные гребни, вершины которых в значительной степени сглажены. Для соразмерных ключиц *P. watsoni* гребни более узкие, прямые и лезвиевидные. Бугорчатый тип скульптуры представителей рода *Platyoposaurus* представлен единичными бугорками. Соединяющие соседние гребни и расположенные к ним перпендикулярно

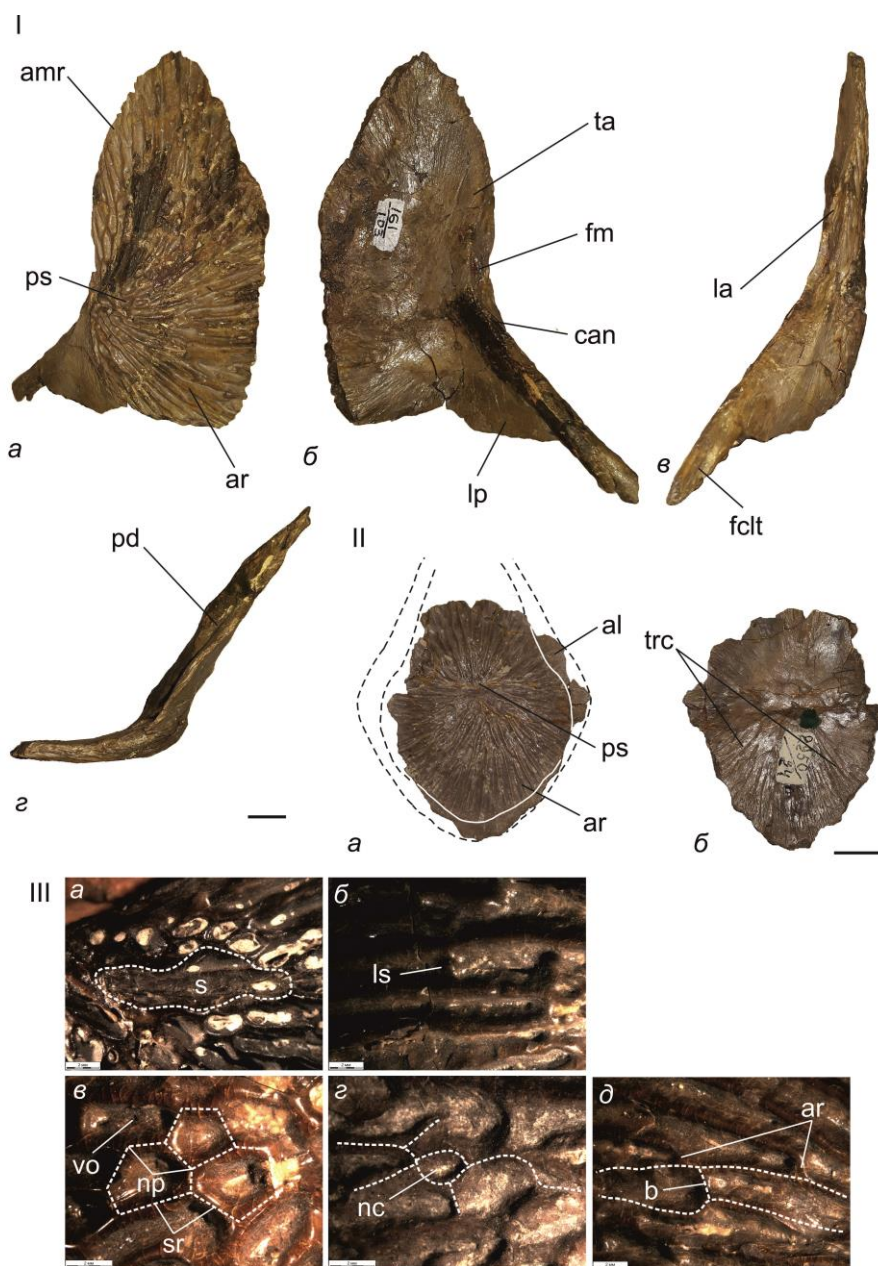


Рис. 3. Морфология и характер орнамента покровных элементов плечевого пояса *P. watsoni*: I – ключица (по экз. ПИН № 161/103): а – снизу; б – сверху; в – сбоку; г – сзади; II – межключица (по экз. ПИН № 2250/24): а – снизу; б – сверху; III (а–д) – тип скульптуры, общий для ключицы и межключицы (по экз. ПИН № 161/102, 153; 2250/25). Обозначения: al – ключичная (сочленовная) площадка; amr – area marginalis; ar – радиальные гребни; b – перемычка; can – crista anterior; fclt – facies cleithralis; fm – fossa muscularis; la – lamina anterior; lp – lamina posterior; ls – бугорчатая скульптура; nc – узловая ячейка; np – узловые точки; pd – processus dorsalis; ps – ячеистая скульптура в центре окостенения (ячеистое поле); s – желобок неясной природы; sr – гребни ячеек; ta – torus anterior; trc – радиальные желобки на дорсальной стороне межключицы; vo – васкулярные отверстия. Длина масштабной линейки (для I и II) 10 мм

или под острым углом короткие перемычки развиты в латеральных частях ключичной пластины. Для *P. watsoni* их число 2–5, для *P. stuckenbergi* – 16. В единичном случае у *P. watsoni* (экз. ПИН № 161/153) хорошо заметен короткий желобок (рис. 3, III, *a*), протягивающийся от центра окостенения в передне-латеральном направлении, назначение которого не ясно. Дорсальная сторона достаточно гладкая, с редкими и плохо просматривающимися лентовидными следами от сосудов (рис. 3, I, *b*).

Межключица, как основной медиовентральный элемент плечевого пояса [12], характеризуется у представителей рода *Platyoposaurus* ромбовидной формой, слабо или в значительной степени вытянутой сагиттально, с хорошо развитыми ключичными площадками (рис. 3, II), грацильная. Передний узкий отдел, судя по всему, был вытянут сильнее, чем задний. Длина единственного не полностью сохранившегося экземпляра межключицы *P. stuckenbergi* (экз. ПИН № 164/1-9) от заднего края до центра окостенения (Lia) составляет около 25 мм при ширине (Lib) с учетом длины ключичных площадок – 50 мм (48.5% от max). Параметр K_i равен 2.0. Для *P. watsoni* указанные значения длины и ширины – 18–30 мм и 19–53 мм соответственно (33.9–56.5% от max); параметр K_i равен 1.1–1.6. Области налегания межключицы на дорсальную поверхность ключиц, представленные сочленовными площадками, хорошо развиты.

На вентральной стороне межключицы покровный орнамент с ячеистым полем в центре окостенения и отходящими от него во всех направлениях радиальными ветвистыми гребнями и редкими бугорками очень близок к таковому у ключицы (рис. 3, II, *a*). Ячеи пентагональные, округлые, овальные с расположенными в центре васкулярными отверстиями. Гребенчатый покровный орнамент у *P. watsoni* имеет ветвистый характер, для которого выделено четыре порядка ветвлений (I–IV) радиальных гребней.

Обсуждение

Индивидуальные и возрастные особенности покровных элементов плечевого пояса *Platyoposaurus* рассматриваются только на примере *P. watsoni*.

Параметр K_c у *P. watsoni* меняется в зависимости от размера ключицы – для наиболее мелких экземпляров ключиц он равен 0.50, для наиболее крупных – 0.46. Из приведенных данных следует, что ключица с увеличением размера вытягивалась сагиттально (рис. 4, *a*). Параметр Y_l возрастает с увеличением размера: от 30° до 62°. То же самое отмечается для параметра Y_t : от 20° до 40°. Изменение углов Y_l и Y_t в сторону их увеличения приводило к тому, что плечевой пояс становился уже и выше.

У *P. watsoni* были отмечены также следующие изменения в морфологии ключиц по мере увеличения их размера. Продольная пластина (*lamina anterior*), являющаяся продолжением дорсального отростка, вытягивается, переходя от субвертикального положения к субгоризонтальному и нависая над вентрально заглубленной выемкой (*fossa muscularis*) (рис. 4, *b*). *Torus anterior*, в который выполаживается *lamina anterior*, становится в сечении менее лезвиевидным и более широким и сглаженным. Отверстие, находящееся на внутренней стороне в основании дорсального отростка (экз. ПИН № 161/153) и отмечающееся на всех экземплярах

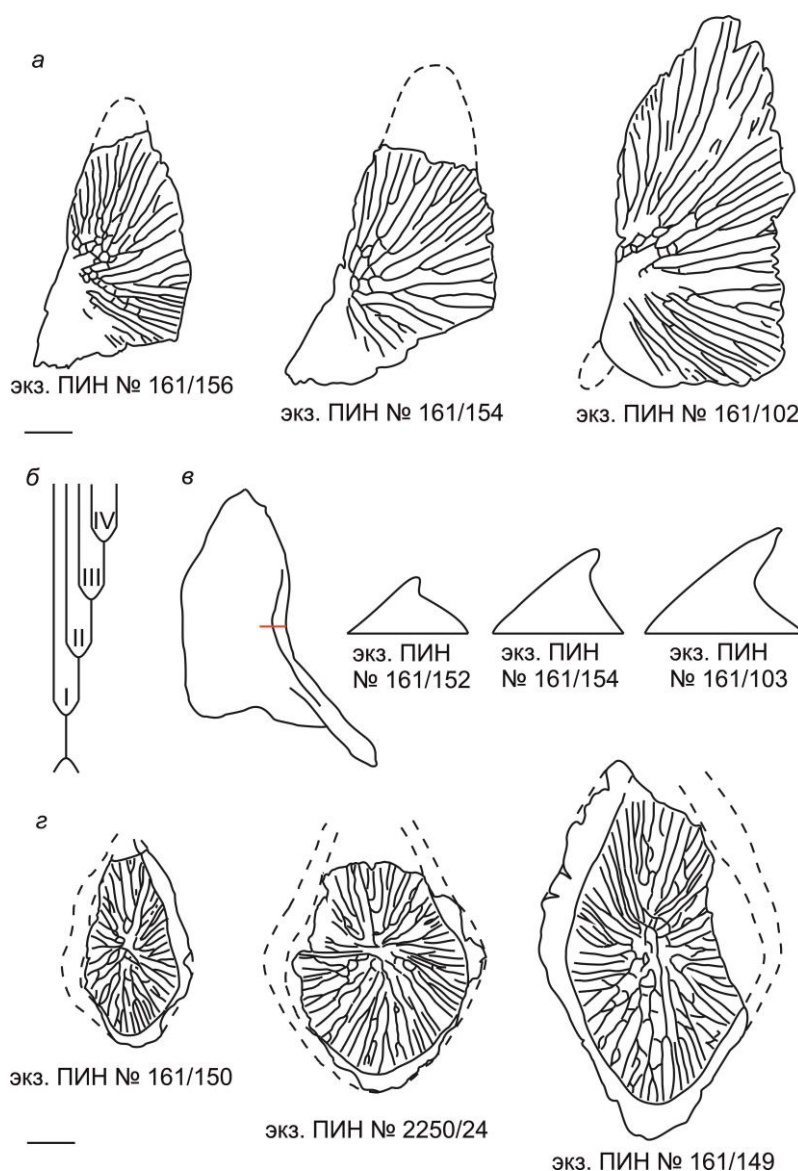


Рис. 4. Изменчивость покровных элементов плечевого пояса *P. watsoni*: *a* – изменение общей формы и покровного орнамента ключицы (по экз. ПИН №№ 161/102, 154, 156); *б* – характер ветвления радиальных гребней на ключице и межключице с обозначением порядков ветвления (I–IV); *в* – изменчивость гребневого покровного орнамента на ключице (поперечное сечение); *г* – изменение общей формы и орнамента межключицы (по экз. ПИН № 161/149, 150; 2250/24). Длина масштабной линейки 10 мм

ключиц, отделяется от него в латеральном направлении и переходит практически на вентральную сторону ключичной пластины (экз. ПИН № 161/103). Назначение данного отверстия не ясно.

Индивидуальные различия проявляются более значительно в строении дорсального отростка, как, например, у *Benthosuchus sushkini* Efremov [11]. Край заднего утонченного продолжения дорсального отростка, представленный задней

пластиной (*lamina posterior*), может быть выпрямленным или дугообразным. *Lamina anterior* может проходить прямо или дугообразно изгибаться. Существенных различий в строении *area marginalis*, *crista anterior*, *facies cleithralis* не выявлено.

Количество ячеек возрастает с увеличением размера за счет образования дополнительных перемычек между гребнями от центра к периферии. Однако на мелкоразмерных ключицах *P. watsoni* (экз. ПИН № 161/156) число ячеек может быть сопоставимо с таковым у крупноразмерных экземпляров (экз. ПИН № 161/156), и наоборот (экз. ПИН № 161/102). Количество узловидных ячеек не зависит от размера ключицы. Наличие тех или иных порядков ветвления, общее количество ответвлений каждого порядка находятся в более или менее прямой зависимости от размера ключицы. Так, количество ответвлений I, II и III порядков, встречаемых у всех размерных классов, возрастает с увеличением размера ключицы, причем у крупноразмерных экземпляров их количество практически не различается со среднеразмерными, то есть наступает стабилизация. Ответвления IV порядка отмечены только у ключиц среднего и крупного размеров. Бугорчатый тип скульптуры встречается только на средне- и крупноразмерных экземплярах. С увеличением размера ключицы количество перемычек в целом росло: у наиболее мелких ключиц – 2–3; у наиболее крупных – до 5.

Для межключицы *P. watsoni* с увеличением размера форма межключичной пластины меняется от каплевидной до правильно ромбовидной (рис. 4, з). Изменение параметра K_1 прямо пропорционально в размерной последовательности. Межключица, так же как и ключица, с увеличением размера вытягивалась сагиттально.

С увеличением размера межключицы количество ячеек, находящихся, как и в случае с ключицей, в центре окостенения, увеличивается во многом за счет образования дополнительных перемычек в периферийных частях. Ответвления I и II порядков отмечаются у всех экземпляров, причем с увеличением размера количество ответвлений каждого порядка растет. Ответвления III порядка отмечаются только у средне- и крупноразмерной межключиц, IV – только у крупноразмерного экземпляра. Стоит отметить, что число ответвлений II и III порядков постепенно стабилизировалось, оно практически не различается у средне- и крупноразмерной межключиц. Бугорчатый тип скульптуры встречается только у межключиц малого и среднего размеров. Количество перемычек, соединяющих радиальные гребни, с увеличением размера заметно увеличивается. Например, у межключицы малого размера их 5, среднего размера – 9; крупного размера – 27.

Заключение

Рассмотрение морфологических особенностей покровных элементов плечевого пояса представителей рода *Platyoposaurus* позволило установить как возрастную, так и индивидуальную изменчивость. Возрастная изменчивость ключицы с увеличением размера проявляется в: 1) уменьшении параметра отношения ширины ключичной пластины к ее длине (K_c) как следствии сагиттального вытягивания; 2) увеличении угла тыльного наклона дорсального отростка (Y_t); 3) увеличении угла латерального наклона дорсального отростка (Y_l); 4) вытягивании пластины *lamina anterior*, переходящей от субвертикального положения к субгоризонтальному; 5) увеличении ширины и сглаженности *torus anterior*; 6) отдалении в латеральном направлении отверстия, находящегося в основании

дорсального отростка. Угол γ_1 несет черты видовых различий – высота ключицы у *P. stuckenbergi* была больше, чем у соразмерных экземпляров ключиц *P. watsoni* за счет наклона дорсального отростка. Индивидуальные различия проявляются в основном в строении дорсального отростка: 1) выпрямленная или дугообразная пластина lamina posterior; 2) пластина lamina anterior прямая или дугообразно изгибающаяся.

Возрастная изменчивость межключицы с увеличением размера проявляется в: 1) изменении формы межключичной пластины от каплевидной до правильно ромбовидной; 2) увеличении значения отношения ширины межключичной пластины к ее длине от заднего конца до центра окостенения (K_i) при сагиттальном вытягивании. Значения параметра K_i несут черты видовых различий – у *P. stuckenbergi* он в 1.5–2 раза больше, чем у соразмерных межключиц *P. watsoni*.

Для ключицы и межключицы с увеличением размера в целом характерно: 1) увеличение количества ячеек в центре окостенения за счет образования дополнительных перемычек в периферийных частях; 2) усложнение ветвления радиальных гребней за счет появления ответвлений более высокого порядка (III–IV) и возрастания общего числа ответвлений каждого из порядков (I–IV) до состояния их практически полной стабилизации (I–III порядки) у средне- и крупноразмерных экземпляров. Все преобразования покровного орнамента создавали дополнительную прочность при увеличении нагрузки на плечевой пояс с возрастом за счет увеличения массы тела. Более того, покровный орнамент ключицы несет черты видовых различий, проявляющихся в строении ячеистого поля и радиальных гребней.

Таким образом, результаты исследования вносят существенное дополнение в изучение вопроса онтогенетического развития представителей рода *Platyoposaurus* на фоне индивидуальных морфологических проявлений.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 20-04-00545 и 20-54-12013).

Литература

1. *Ивахненко М.Ф.* Тетраподы Восточно-Европейского плакката – позднепалеозойского территориально-природного комплекса. – Пермь: Перм. обл. краевед. муз., 2001. – 200 с. (Тр. Палеонтол. ин-та РАН. Т. 283)
2. *Ивахненко М.Ф., Голубев В.К., Губин Ю.М., Каландадзе Н.Н., Новиков И.В., Сенников А.Г., Раутиан А.С.* Пермские и триасовые тетраподы Восточной Европы. – М.: Наука, 1997. – 216 с. (Тр. Палеонтол. ин-та РАН. Т. 268)
3. *Schoch R.R., Milner A.R.* Stereospondyli // Encyclopedia of Paleoherpitology. Pt 3B. – Munich: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 2000. – 203 p.
4. *Губин Ю.М.* О систематическом положении лабиринтодонтов из местонахождения Малая Кинель // Палеонтол. журн. – 1989. – № 3. – С. 116–120.
5. *Конжукова Е.Д.* *Platyops stuckenbergi* Trautsch. – архегозавроидный лабиринтодонт нижних зон верхней перми Приуралья // Материалы по пермским и триасовым наземным позвоночным СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – С. 89–127. (Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. Т. 49)

6. Губин Ю.М. Пермские архегозавроидные амфибии СССР. – М.: Наука, 1991. – 140 с. (Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. Т. 249)
7. Witzmann F., Schoch R.R. The postcranium of *Archegosaurus decheni*, and a phylogenetic analysis of temnospondyl postcrania // *Palaeontology*. – 2006. – V. 49, No 6. – P. 1211–1235. – doi: 10.1111/j.1475-4983.2006.00593.x.
8. Schoch R.R. Comparative osteology of *Mastodonsaurus giganteus* (Jaeger, 1828) from the Middle Triassic (Lettenkeuper: Longobardian) of Germany (Baden-Württemberg, Bayern, Thüringen) // *Stuttg. Beitr. Naturkd. Ser. B*. – 1999. – V. 278. – P. 1–175.
9. Шишкин М.А. Эволюция древних амфибий (Plagiosauroida). – М.: Наука, 1987. – 143 с. (Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. Т. 225)
10. Witzmann F., Henning S., Muller J., Kardjilov N. Sculpture and vascularization of dermal bones, and the implications for the physiology of basal tetrapods // *Zool. J. Linn. Soc.* – 2010. – V. 160, No 2. – P. 302–340. – doi: 10.1111/j.1096-3642.2009.00599.x.
11. Быстров А.П., Ефремов И.А. *Venthosuchus sushkini* Efr. – лабиринтодонт из эотриаса р. Шарженги // Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. – 1940. – Т. 10, Вып. 1. – 152 с.
12. Кэрролл Р. Палеонтология и эволюция позвоночных. Т. 1. – М.: Мир, 1992. – 280 с.

Поступила в редакцию
15.03.2021

Ульяхин Антон Васильевич, аспирант кафедры палеонтологии; младший научный сотрудник
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ул. Ленинские Горы, д. 1, г. Москва, 119991, Россия
Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН
ул. Профсоюзная, д. 123, г. Москва, 117647, Россия
E-mail: ulyakhin@paleo.ru

ISSN 2542-064X (Print)
ISSN 2500-218X (Online)

UCHENYE ZAPISKI KAZANSKOGO UNIVERSITETA. SERIYA ESTESTVENNYE NAUKI
(Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series)

2021, vol. 163, no. 2, pp. 238–250

ORIGINAL ARTICLE

doi: 10.26907/2542-064X.2021.2.238-250

**Variability of the Dermal Elements of the Pectoral Girdle in *Platyoposaurus*
(Temnospondyli, Archegosauridae) from the Middle Permian of Eastern Europe**

A.V. Uliakhin

Moscow State University, Moscow, 119991 Russia
Borissiak Paleontological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, 117647 Russia
E-mail: ulyakhin@paleo.ru

Received March 15, 2021

Abstract

The variability of the dermal elements of the pectoral girdle (clavicle, interclavicle), as the most morphologically informative part of the postcranial skeleton in the archegosaurid amphibian *Platyoposaurus* from the Middle Permian of Eastern Europe, was studied. Based on the considered morphological characters of the clavicle and interclavicle in *P. watsoni*, the increasing complexity of ornamentation of the dermal elements (a growth of the cellular area in the ossification center as additional cells appear, more complex

branching of the radial grooves) with size was established for the first time using the morphometric parameters. The age-related ornament transformation favored the acquisition of additional strength with an increase in the load on the shoulder girdle during the growth process and in the body weight. It was found that the structural characters of the cellular area and radial ridges and also the morphometric parameters (lateral inclination angle of the dorsal process, the ratio of the width of the interclavicle plate to its length from the posterior end to the ossification center) can serve as additional diagnostic features to distinguish both *Platyoposaurus* from others archegosauroids and between the species of the genus under consideration. Individual differences were detected mainly in the analysis of the structure of the dorsal process of the same-sized clavicles: the lamina posterior is straightened or arcuate; the lamina anterior is straight or arcuate.

Keywords: variability, Middle Permian, Temnospondyli, Archegosauridae, *Platyoposaurus*, East European Platform

Acknowledgments. The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (projects nos. 20-04-00545 and 20-54-12013).

Figure Captions

Fig. 1. Structure of the dermal elements of the pectoral girdle (clavicles and interclavicles) in *Platyoposaurus* and their position relative to the skull.

Fig. 2. Morphometric parameters of the clavicle (*a–c*) and interclavicle (*d*) in *Platyoposaurus*. Abbreviations: Lca – length of clavicle plate; Lcb – width of clavicle plate; Lia – length of interclavicle plate; Lib – width of interclavicle plate; Yt – rear inclination angle of the dorsal process; Yl – lateral inclination angle of the dorsal process.

Fig. 3. Morphological characters and type of ornamentation of the dermal elements of the pectoral girdle in *P. watsoni*: I – clavicle (PIN, no. 161/103): *a* – ventral view; *b* – dorsal view; *c* – side view; *d* – posterior view; II – interclavicle (PIN, no. 2250/24): *a* – ventral view; *b* – dorsal view; III (*a–i*) – joint type of sculpture for the clavicle and interclavicle (PIN, no. 161/102, 153; 2250/25). Abbreviations: al – clavicular facet; amr – area marginalis; ar – axilla ridge; b – bulkhead; can – crista anterior; fclt – facies cleithralis; fm – fossa muscularis; la – lamina anterior; lp – lamina posterior; ls – lumpy sculpture; nc – nodal cell; np – nodal points; pd – processus dorsalis; ps – polygonal sculpture in the ossification center (polygonal field); s – incomprehensible canal; sr – sculptural ridge; ta – torus anterior; trc – radial grooves on the dorsal side of the interclavicle; vo – vascular opening. Scale: 10 mm (for II and III).

Fig. 4. Variability of the dermal elements of the pectoral girdle in *P. watsoni*: *a* – changes in the common shape and ornament of the clavicle (PIN, no. 161/102, 154, 156); *b* – character of branching of the radial grooves on the clavicle and interclavicle with the designation of the branching orders (I–IV); *c* – variability of the lamina anterior of clavicle (cross section); *d* – changes in the common form and ornament of the interclavicle (PIN 161/149, 150; 2250/24). Scale: 10 mm.

References

1. Ivakhnenko M.F. *Tetrapody Vostochno-Evropetskogo plakkata – pozdnepaleozoiskogo territorial'no-prirodnogo kompleksa* [Tetrapods of the Eastern European Plakkat – a Late Paleozoic Natural Landscape]. Perm, Permsk. Obl. Kraeved. Muz., 2001. 200 p. *Tr. Paleontol. Inst. Ross. Akad. Nauk*, 2001, vol. 283. (In Russian)
2. Ivakhnenko M.F., Golubev V.K., Gubin Yu.M., Kalandadze N.N., Novikov I.V., Sennikov A.G., Rautian A.S. *Permskie i triasovye tetrapody Vostochnoi Evropy* [Permian and Triassic Tetrapods of Eastern Europe]. Moscow, Nauka, 1997. 216 p. *Tr. Paleontol. Inst. Ross. Akad. Nauk*, vol. 268. (In Russian)
3. Schoch R.R., Milner A.R. Stereospondyli. In: *Encyclopedia of Paleoherpology*. Pt. 3B. Munich, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 2000. 203 p.
4. Gubin Yu.M. On the taxonomic position of labyrinthodonts from the Malaya Kinel locality. *Paleontol. Zh.*, 1989, no. 3, pp. 116–120. (In Russian)
5. Konzhukova E.D. *Platyops stuckenbergi* Trautsch., an archegosaurid labyrinthodont from the lower zones of Upper Permian of the Cis-Urals. In: *Materialy po permskim i triasovym nazemnym pozvo-*

- nochnym SSSR* [Materials on the Permian and Triassic Terrestrial Vertebrates of the USSR]. Moscow, Izd. Akad. Nauk SSSR, 1955, pp. 89–127. *Tr. Paleontol. Inst. Akad. Nauk SSSR*, vol. 49. (In Russian)
6. Gubin Yu.M. *Permskie arkegozavroidnye amfibii SSSR* [Permian Archegosauroid Amphibians of the USSR]. Moscow, Nauka, 1991. 140 p. *Tr. Paleontol. Inst. Akad. Nauk SSSR*, vol. 249. (In Russian)
 7. Witzmann F., Schoch R.R. The postcranium of *Archegosaurus decheni*, and a phylogenetic analysis of temnospondyl postcrania. *Palaeontology*, 2006, vol. 49, no. 6, pp. 1211–1235. doi: 10.1111/j.1475-4983.2006.00593.x.
 8. Schoch R.R. Comparative osteology of *Mastodonsaurus giganteus* (Jaeger, 1828) from the Middle Triassic (Lettenkeuper: Longobardian) of Germany (Baden-Württemberg, Bayern, Thüringen. *Stuttg. Beitr. Naturkd. Ser. B*, 1999, vol. 278, pp. 1–175.
 9. Shishkin M.A. *Evolutsiya drevnikh amfibii Plagiosauroida* [The Evolution of Ancient Amphibians (Plagiosauroida)]. Moscow, Nauka, 1987. 143 p. *Tr. Paleontol. Inst. Akad. Nauk SSSR*, vol. 225. (In Russian)
 10. Witzmann F., Henning S., Muller J., Kardjilov N. Sculpture and vascularization of dermal bones, and the implications for the physiology of basal tetrapods. *Zool. J. Linn. Soc.*, 2010, vol. 160, no. 2, pp. 302–340. doi: 10.1111/j.1096-3642.2009.00599.x.
 11. Bystrov A.P., Efremov I.A. *Benthosuchus sushkini* Efr. – a labyrinthodont from the Eotriassic of the Sharzhenga River. *Tr. Paleontol. Inst. Akad. Nauk SSSR*, 1940, vol. 10, no. 1. 152 p. (In Russian)
 12. Carroll R. *Paleontologiya i evolyutsiya pozvonochnykh* [Vertebrate Paleontology and Evolution]. Vol. 1. Moscow, Mir, 1992. 280 p. (In Russian)

Для цитирования: Ульяхин А.В. Изменчивость покровных элементов плечевого пояса *Platyoposaurus* (Temnospondyli, Archegosauridae) из средней перми Восточной Европы // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2021. – Т. 163, кн. 2. – С. 238–250. – doi: 10.26907/2542-064X.2021.2.238-250.

For citation: Uliakhin A.V. Variability of the dermal elements of the pectoral girdle in *Platyoposaurus* (Temnospondyli, Archegosauridae) from the Middle Permian of Eastern Europe. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2021, vol. 163, no. 2, pp. 238–250. doi: 10.26907/2542-064X.2021.2.238-250. (In Russian)