

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЯРУСНЫХ ГРАНИЦ МЕЖДУНАРОДНОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ ПО КОНОДОНТАМ

**В.В. Черных**

*Институт геологии и геохимии УрО РАН  
620151, г. Екатеринбург, Почтовый пер., 7  
E-mail: chernykh@igg.uran.ru*

*Поступила в редакцию 3 сентября 2007 г.*

Рассматривается процедура определения нижней границы ярусов в нижнем отделе пермской системы по конодонтам с учетом рекомендаций Международной комиссии по стратиграфии по выбору «точки глобального стратотипа границы» (Global Stratotype Section and Point) для подразделений общей стратиграфической шкалы. Показано, что зональная шкала, маркированная по уровням возникновения членов эволюционного ряда, является основным инструментом, который позволяет дать строгую дефиницию стратиграфической границы по качественному критерию – событию возникновения вида-индекса в эволюционном ряду форм. Приведены конодонтовые биохроно типы, определяющие нижнюю границу ярусов подразделений нижнего отдела пермской системы.

Ключевые слова: *концепция GSSP, зональная биохронологическая шкала, биохроно тип, конодонты, нижний отдел пермской системы, границы ярусов, глобальная корреляция.*

## THE DETERMINATION OF THE STAGE BOUNDARIES OF THE INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC SCALE BY CONODONTS

**V.V. Chernykh**

*Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS*

The procedure of determination of lower boundary of the stages of lower division of Permian system by conodonts taking into account the recommendations of International commission for stratigraphy on the selection of Global of stratotype of section and point (GSSP) for the subdivisions of the general stratigraphic scale is examined. It is shown that the zone scale, identified on the appearance of terms of evolutionary series, is the basic tool, which makes it possible to give a strict definition of stratigraphic boundary on the qualitative criterion – the event of the appearance of form-index in an evolutionary sequence of forms. The conodont biochronotypes, which determine the lower boundary of the stages of the lower division of Permian system, are given.

Key words: *concept GSSP, zone biochronological scale, biochronotype, conodonts, Lower division of Permian system, boundary of stages, global correlation.*

В настоящее время вопрос о глобальной корреляции стратиграфических границ приобрел особое значение в связи с интенсификацией разработки Международной стратиграфической шкалы (МСШ) в соответствии с концепцией GSSP. Как и следовало ожидать, основная нагрузка в выполнении этой работы ложится на зональную биостратиграфию. Особую роль в установлении границ ярусов МСШ сыграли зональные конодонтовые шкалы.

### **Биохроно тип и лимитотип**

Прежде чем рассмотреть основные особенности зональных биохронологических шкал (БХШ) по конодонтам, обеспечивающих глобальное прослеживание стратиграфических границ, сделаем несколько замечаний в отношении самой идеи выделять подразделения МСШ путем установления (дефиниции, обоснования) нижней границы. Несмотря на внешнее сход-

ство этого нововведения с процедурой забивания «золотого гвоздя» в стратотипическом разрезе, акценту оказываются заметно смещенными. Если ранее гвозди забивались в исторически сложившуюся границу литологического подразделения в стратотипическом разрезе, то в случае GSSP приоритет сохраняется лишь в отношении самого названия подразделения МСШ. Что касается разреза, выбранного с учетом ряда требований в качестве лимитотипа для нижней границы, то он может находиться и на достаточном удалении от исторического стратотипа. Примечательно также указание на желательность выбора точки глобального стратотипа границы «в пределах эволюционного (филогенетического) ряда определенных таксонов фауны или флоры» [Стратиграфический..., 1992. Приложение 2, с. 76]. Иными словами, рекомендуется забивать «золотой гвоздь» не только в границу субстратного подразделения МСШ, но и в границу некоторой зоны биохронологической шкалы, построенной на эволюционной основе. Перенесение метки границы, установленной на биохронологической шкале, на определенный по этой шкале уровень в разрезе ничего принципиально не меняет: биохронотип границы остается главным инструментом определения и корреляции нижней границы подразделения МСШ. Здесь просматривается определенная параллель с точкой зрения покойного О. Шиндевольфа [1975], предлагавшего биохронотип в качестве единственной документации стратона, после разработки которого, по его мнению, разрез можно было бы засыпать. Переход от хроностратиграфии в определении уровня стратиграфической границы к биохронологии кажется мне очень верным и своевременным, учитывая методологическую слабость хронометрических установок в стратиграфии [Лазарев, 2002] и высокий уровень разработки зональных биохронологических шкал, способных транслировать границы стратона, по крайней мере, ярусов на весьма отдаленные от стратотипа разрезы.

### Критерии биостратиграфического определения границ

Отмеченная выше тенденция при определении границ подразделений МСШ использовать именно зональные палеонтологические шкалы, построенные на эволюционной основе, вполне понятна. Только такие шкалы (я назы-

ваю их биохронологическими) [Черных, 1995], позволяют дать строгую дефиницию стратиграфической границы по уровню возникновения вида-индекса соответствующей зоны БХШ. Если учесть, что длительное время в биостратиграфии существовал примат комплексных зон («оппель-зон») вплоть до утверждения о возможности установления с их помощью изохронных поверхностей [Степанов, Мессежников, 1979], то новые веяния представляются достаточно революционными.

Впрочем, и в настоящее время высказывается прежняя точка зрения о принципиальной порочности критерия «первого появления» для фиксации границы между стратиграфическими подразделениями [Ремизова, 2004]. В который раз это мнение аргументируется ссылкой на трудности определения первого появления вида во многих коррелируемых разрезах «из-за малой численности и небольшого ареала распространения популяции зарождающегося вида» (там же, с. 80). И делается общий вывод о предпочтительности использования «смены комплексов» перед критерием «первого появления» при обосновании стратиграфических рубежей.

Мне неоднократно [Черных, 1995, 2002, 2005] приходилось обращать внимание стратиграфов, солидарных с этой позицией, на необходимость отличать операцию построения зональной БХШ от операции ее применения при корреляции разрезов. При *построении* зональной шкалы на эволюционной основе имеет значение только правильно установленный хронологический порядок следования членов эволюционной последовательности независимо от того, как широко и часто они встречаются в разрезах. Практическое *применение* такой зональной шкалы для расчленения и корреляции разрезов подразумевает принятие некоторых допущений. Так, уровень *первого появления* вида-индекса *в разрезе* мы отождествляем с моментом его *возникновения* и сопоставляем с нижней границей соответствующей зоны *на шкале*. Возможно ли при этом хронометрическое расхождение между событиями «возникновение вида» и «появление вида в данном разрезе»? Конечно, возможно. Однако установить это расхождение с помощью построенной шкалы нельзя, и в хронологии сопоставляемые события принимаются одновременными, если нельзя доказать обратного. Может ли случиться так, что вид-индекс не будет встречен в некоторых разрезах? Конечно, может. Но это не является прин-

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЯРУСНЫХ ГРАНИЦ МЕЖДУНАРОДНОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ

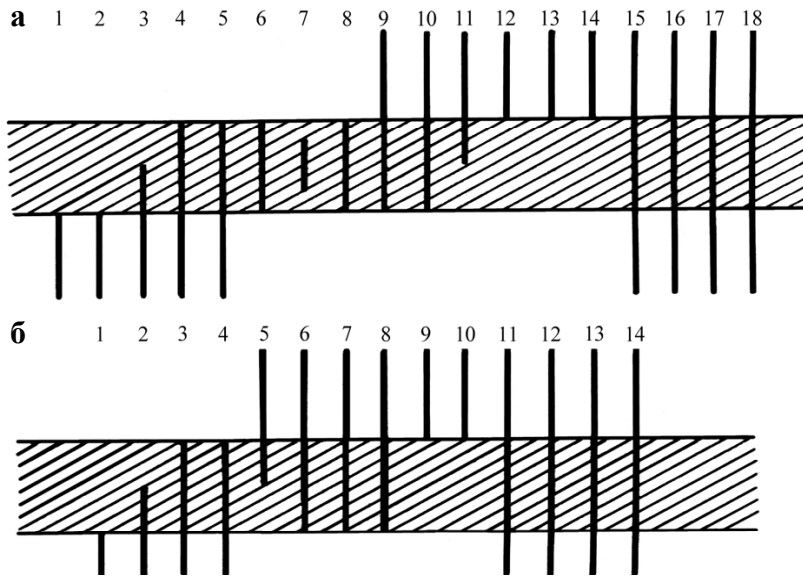


Рис. 1. Примеры выделения биостратиграфических подразделений и установления их границ путем анализа стратиграфических диапазонов отдельных видов комплекса по [Степанов, Месежников, 1979].

Объяснение в тексте.

ципальным препятствием для корреляции, так как после построения и применения зональной шкалы появляется возможность усилить ее корреляционный потенциал путем создания комплексной характеристики установленных зональных подразделений [Черных, 2002, 2005]. Эта последняя операция позволяет создать универсальную БХШ, работающую и в тех разрезах, в которых не найден или отсутствует вид-индекс.

Подчеркнем главное в контексте рассматриваемой темы: зональная шкала, маркированная по уровням возникновения членов эволюционного ряда, является пока единственным инструментом, который позволяет дать строгую дефиницию стратиграфической границы по качественному критерию – событию возникновения вида-индекса в эволюционном ряду форм.

Посмотрим, как работает в этом качестве шкала, составленная из зон так называемого комплексного обоснования. Вначале отметим одну важную особенность процедуры выделения зонального подразделения комплексного обоснования. Приведем с этой целью следующее высказывание авторитетных исследователей: «Как правило, комплекс устанавливается в одном разрезе, который является, таким образом, справочным, но отдельные детали его состава, естественно, уточняются по целой серии разрезов» [Степанов, Месежников, 1979, с. 225]. Иными словами, зональное подразделение комплексного обоснования устанавливается непосредственно в разрезе, и границы этого подразделения – литологические. Рассмотрим пример выделения упомянутыми авторами био-

стратиграфического подразделения комплексного обоснования по данным о распространении в разрезе отдельных таксонов некой группы ископаемых. Все многообразие этих соотношений, по мнению этих исследователей, можно свести к двум случаям (рис. 1). К нижней литологической границе в разрезе (рис. 1а) приурочено появление (6, 8, 9, 10) и исчезновение (1, 2) ряда видов. Полагать, что эти события являются отражением реально происшедших событий синхронного возникновения и вымирания указанных видов, маловероятно. Скорее всего, мы имеем здесь дело с результатом действия фациальных факторов. Иными словами, конкретные условия осадконакопления определили исчезновение одних и появление других видов, сохранив при этом возможность продолжения существования эврифациальных форм (15-18) в некотором бассейне осадконакопления, что получило отражение в размещении ископаемых в данном конкретном разрезе. То же самое можно сказать и о распределении видов у верхней и нижней границ выделенного комплексного подразделения на рис. 1б. Понятно, что по указанным особенностям распределения диапазонов распространения видов в данном разрезе можно проследить верхнюю и нижнюю границу выделенного подразделения только в пределах одного бассейна осадконакопления, где сохраняется сходная фациальная обстановка. При переходе к более отдаленным разрезам, сформированным в некотором другом бассейне, состав комплекса и соотношение диапазонов распространения составляющих его видов будет

изменяться. Тогда одноименное биостратиграфическое подразделение в разных разрезах выделяют не на основании присутствия в них всего диагностического комплекса, а по немногим его членам, что влечет искажение действительного положения стратозоны в разрезе. При этом пополнение диагностического комплекса видов местными формами, которые в дальнейшем используются в качестве индикаторов зоны, еще более усугубляют последствия этой корректировки. Происходит не только изменение списочного состава видов в комплексе, установленном в справочном разрезе, но меняются и диапазоны стратиграфического распространения отдельных видов. Итеративный характер стратиграфической процедуры (при котором результаты корреляции используются для корректировки шкалы), направленной по такому пути, приводит к возникновению псевдоуниверсальной шкалы. Общий список форм в

зональном комплексе позволяет «найти» зону в любом разрезе, однако в силу неопределенности критериев распознавания границ зоны, каждый специалист размещает ее в разрезах по своему. Это в особенности касается микрофаунистических зон, охарактеризованных большим числом видовых и подвидовых форм, многие из которых совместно не присутствуют ни в одном разрезе. Но их искусственно созданная совокупность дает широкие возможности произвольного выбора диагностического комплекса для опознания зоны.

Главное же, что построенная из таких комплексных зон общая шкала теряет строгое определение зональных границ и позволяет лишь «проследить» стратиграфическое подразделение по совместному присутствию в нем некоторых видов, выбранных в качестве диагностических, но не дает возможности корреляции его границ.

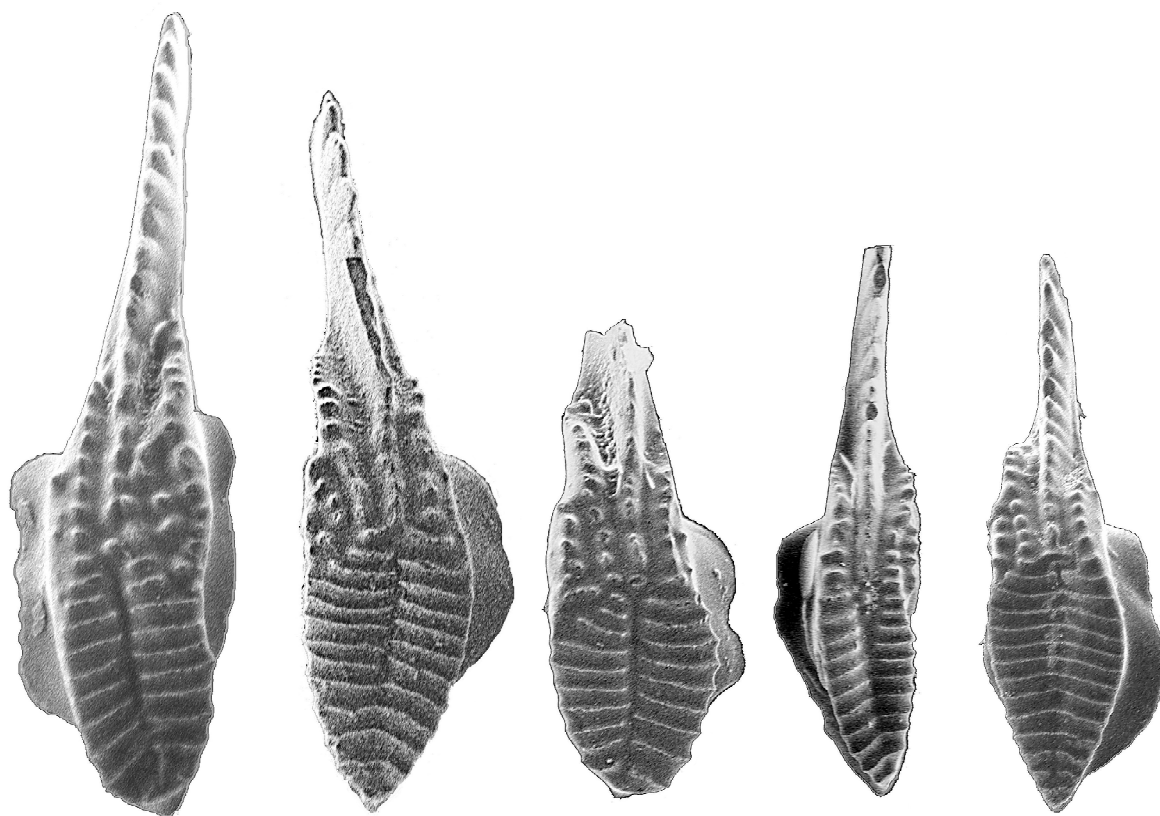


Рис. 2. Разнообразие нодулярных морфотипов представителей рода *Streptognathodus*, приуроченных к нижней границе ассельского яруса.

1 – *Streptognathodus russoflangulatus* Chernykh, нодулярные образования развиваются на обеих сторонах платформы; 2 – *S. isolatus* Chernykh, Ritter et Wardlaw, нодули размещаются на внутренней стороне платформы и отделены желобом от парапета; 3 – *S. invaginatus* Reshetkova et Chernykh; 4 – *S. nodulinear* Reshetkova et Chernykh; 5 – *S. bipartitus* Chernykh, линейное расположение нодулей, противопоставленных соответствующим ребрам внутреннего парапета. Все приведенные морфотипы происходят из верхней десятисантиметровой части слоя 16/3 разреза Усолка (Башкортостан).

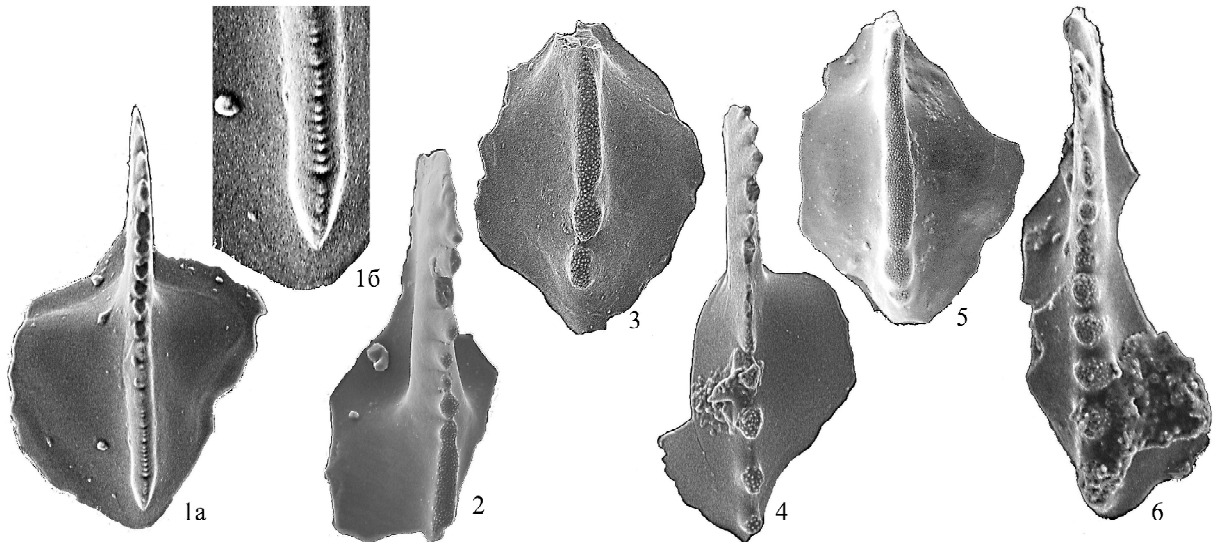


Рис. 3. Особенности перехода от морфотипа *Diplognathodus* к морфотипу *Sweetognathus* в позднеассельское-раннесакмарское время.

1 – морфотип *Diplognathodus stevensi* Clark et Carr (16 – вдвое увеличенный фрагмент формы 1a, ранняя стадия дефрагментации карины); 2 – морфотип *Sweetognathus expansus* (Perlmutter), дифференциация карины в передней части платформы; 3 – *Sw. expansus* (Perlmutter), дифференциация карины в задней части платформы; середина слоя 16; верхний ассель; 4 – *Sw. merrilli* Kozur, дифференциация карины с задней ее части; низы слоя 18; тастубский горизонт, сакмарский ярус; разрез Кондуровка; 5 – *Sw. expansus* (Perlmutter), слабо намеченная дифференциация карины в задней части платформы, слой 21; верхний ассель; 6 – *Sw. merrilli* Kozur, полностью дифференцированная карина; слой 26; тастубский горизонт, сакмарский ярус; разрез Усолка.

Таким образом, зональные БХШ, построенные на эволюционной последовательности видов, являются в настоящее время наиболее эффективным инструментом в *определении* нижней границы подразделений МСШ, а уровень появления индикаторного вида, маркирующий на шкале соответствующую зону, используется для последующей корреляции данной границы в других разрезах. В связи с тем, что конодонтовые зональные БХШ в большинстве своем построены по критерию возникновения видов-индексов в их эволюционной последовательности, эти шкалы оказались наиболее подготовленными для выполнения процедуры *определения* нижних границ ярусов в соответствии с требованиями новой концепции GSSP.

#### Обоснование и определение стратиграфических границ

В то же самое время не следует преувеличивать значение биостратиграфии в процедуре *обоснования* нижней границы подразделений МСШ. А это случается достаточно часто. Чтобы проиллюстрировать подобную позицию,

приведу мнение В.К. Голубева, в котором он, увы, не одинок. «Границы общих стратиграфических подразделений рекомендуется обосновывать появлением новых видов в пределах эволюционного (филогенетического) ряда некоторых групп организмов [Стратиграфический..., 1992]. Это означает, что для обоснования стратонов планетарного распространения предлагают выбирать границы с очень низким стратиграфическим весом! Границы ярусов пермской системы сегодня обоснованы появлением новых видов конодонтов. Несомненно, такое событие, как появление нового вида конодонтов, должно было пройти незаметно для подавляющего большинства геосистем. Как результат, границы пермских ярусов реально могут быть установлены только в тех разрезах, в которых встречены данные виды конодонтов, – в разрезах морских отложений преимущественно тропических областей. В континентальных формациях эти границы проследить в принципе нельзя, можно лишь указать их примерное положение. Глобальную стратиграфическую корреляцию континентальных и морских отложений пермской системы можно провести,

лишь опираясь на более значимые геологические события: инверсии геомагнитного поля, климатические изменения, колебания уровня Мирового океана и т.п.» [Голубев, 2005, с. 41]. Я привел эту пространную цитату как пример часто встречающегося заблуждения в отношении основного назначения зональных БХШ при установлении границ подразделений МСШ. Использование зональных конодонтовых шкал (как и шкал по другим ортостратиграфическим группам) не предполагает *обоснования* ни ранга, ни положения границы на общей стратиграфической шкале. Функциональное назначение зональных БХШ состоит исключительно в корреляции выбранных (по общегеологическим соображениям, в том числе и тем, которые упомянуты в приведенной цитате) в стратотипе рубежей, принимаемых в качестве границы искомого стратиграфического подразделения МСШ. В тех случаях, когда такие рубежи выбрать не удастся, используются исторически сложившиеся представления о нахождении в данном стратотипическом разрезе (стратотипической местности) интервала, внутри которого предполагаются поиски стратиграфической границы между стратиграфическими подразделениями МСШ. Затем выполняется зональное расчленение этого интервала с помощью зональной БХШ, принятой в качестве стандартной для данного стратиграфического интервала. Как правило, большинство установленных в разрезе границ зон не совпадают с границами литологических подразделений. Их совмещают условно, исходя из наибольшей пространственной близости в данном разрезе. Выбор положения искомой стратиграфической границы в интервале определяется из возможности ее глобальной корреляции с использованной для расчленения разреза БХШ. Когда такой выбор сделан, искомая граница, являющаяся границей некоторого литологического подразделения, занимает свое определенное место в разрезе и соответственно – на шкале как граница некоторого зонального подразделения. Иными словами, конодонтам в установлении стратиграфической границы подразделения МСШ отводится все-таки вторая роль, а определяющим является выбор того стратиграфического интервала в стратотипе, в котором предполагается установление искомой границы. В то же самое время забивать золотой гвоздь в литологическую границу до того, как она пройдет биохронологическую экспер-

тизу на возможность глобальной корреляции, теперь нельзя.

#### **Определение стратиграфических границ по нескольким автономным зональным шкалам**

Определенную сложность в установлении границы подразделения МСШ представляет требование использовать для этой цели несколько ортостратиграфических групп. Например, при установлении границы между каменноугольной и пермской системами конкурирующими являются аммоноидная, фузулинидовая и конодонтовая зональные шкалы. Основную сложность представляет даже не сам выбор зональной шкалы по определенной группе ископаемых, принимаемой затем в качестве стандартной. Значительно труднее убедить исследователей, работающих с другими группами ископаемых, выполнить тяжелую, но необходимую работу по определению биозон видов по выбранной стандартной шкале [Черных, 2005]. А без этой операции невозможно корректное сопоставление зональных шкал, построенных по разным группам. Обычно же операция сопоставления различных автономных шкал не проводится. До сих пор установление границы стратона МСШ выполняется по разным шкалам в стратотипическом разрезе независимым образом, и удовлетворительным считается тот случай, когда положение искомой границы, установленной по разным группам, попадает в относительно узкий стратиграфический интервал. Так, границы между каменноугольной и пермской системами в разрезе Айдаралаш (Казахстан) по конодонтовой, фузулинидовой и аммоноидной шкалам расположились в интервале 26,8 м. Самый нижний – конодонтовый уровень (нижняя граница зоны *isolatus*), фузулинидовый (нижняя граница зоны *sphaerica-fusififormis*) отстоит от него на 6,3 м и еще на 20,5 м выше фузулинидового располагается аммоноидный уровень (граница генозоны *Shumardites-Vidrioceras* и генозоны *Jurisanites-Svetlanoceras*). Подводя итоги выполненной работы, авторы констатировали, что эти три границы для решения практических задач можно считать практически эквивалентными, совпадающими во времени («These three boundary definitions are not competitively destructive, since for practical purposes they are coincident») [Davydov et al., 1998, p. 14]. И этот вывод, по-видимому, справедлив,



Рис. 4. Особенности развития карины у свитогнатид в сакмарское-раннеартинское время.

1 – морфотип *Sweetognathus binodosus* Chernykh, слабая дифференциация передней части карины, изометричные каринальные нодули с едва намеченным гантелеобразным строением; тастубский горизонт, сакмарский ярус; разрез Усолка; 2 – морфотип *Sw. anceps* Chernykh, удлиненные гантелеобразные каринальные нодули; стерлитамакский горизонт, сакмарский ярус; 3 – морфотип, переходный от *Sw. anceps* Chernykh к *Sw. whitei* (Rhodes), гантелеобразные каринальные нодули с фрагментарно развитым срединным ребром; стерлитамакский горизонт; 4 – морфотип *Sw. whitei* (Rhodes), гантелеобразные каринальные нодули с полно развитым срединным ребром, расположенным ниже верхней поверхности нодулей; бурцевский горизонт, основание артинского яруса; 5 – морфотип *Sw. whitei* (Rhodes), эволюционно продвинутый экземпляр, срединное ребро расположено выше верхней поверхности нодулей; иргинский горизонт, артинский ярус; разрез Дальний Тюлькас.

но только для стратотипического разреза, на котором проводились исследования. Однако нет никаких доводов в пользу того, что корреляция границы между каменноугольной и пермской системами, выполненная по названным выше группам в достаточно удаленных от стратотипа разрезах, даст столь же удовлетворительные результаты. Правильнее было бы выполнить строгое сопоставление положения нижних границ индикаторных зон по одной из используемых шкал, принятой за стандартную для данного стратиграфического интервала, например, по конодонтовой зональной шкале. В результате этой операции положение границы, установленной по аммоноидеям и фузулинидам, было бы определено в границах зональной конодонтовой шкалы. И если обе границы оказались бы расположенными в пределах одной конодонтовой зоны *isolatus* (что не бесспорно), то можно было бы более уверенно сделать вывод о хро-

нологическом «триединстве» границ, установленных по названным группам ископаемых.

#### Конодонтовые зональные шкалы

Странно, но до сих пор не привлек должного внимания палеонтологов-стратиграфов тот факт, что большинство зональных БХШ, построенных по результатам изучения конодонтов, позволяет осуществлять глобальную корреляцию палеозойских разрезов. Примечательно в первую очередь беспрецедентно широкое географическое распространение не просто отдельных видов конодонтов, а целых эволюционных линий, которые целиком прослеживаются в конкретных разрезах. В карбонатных и карбонатно-глинистых разрезах, позволяющих изучать конодонты в непрерывных последовательных сериях, появляется возможность проследить исторический морфогенез стратигра-

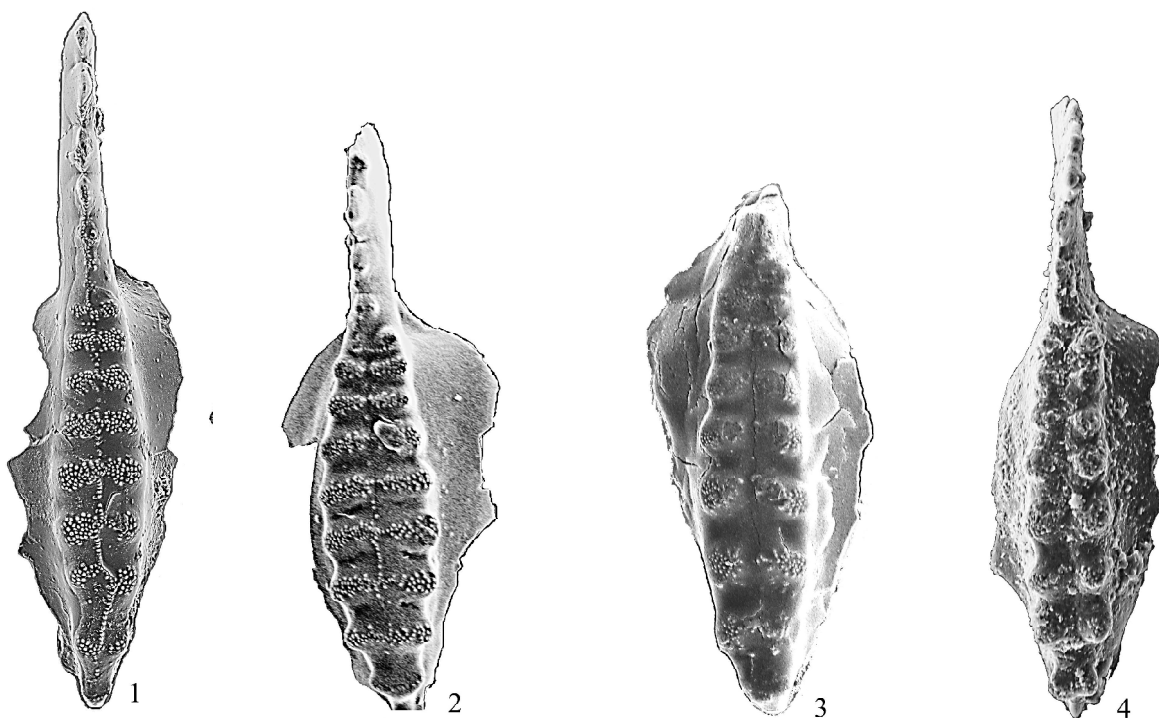


Рис. 5. Особенности перехода от морфотипа *Sweetognathus* к морфотипу *Neostreptognathodus* в артинском веке.

1 – *Sweetognathus whitei* (Rhodes); бурцевский горизонт, основание артинского яруса; 2 – *Sw. clarki* (Kozur), часть парных каринальных нодулей сохраняет слитность, присутствует фрагмент срединного ребра; 3 – *Sw. clarki* (Kozur), часть парных каринальных нодулей в передней части карины сохраняют слитность; иргинский горизонт, артинский ярус; разрез Дальний Тюлькас; 4 – *Neostreptognathodus pequopensis* Behnken, полностью разобщенные парные каринальные нодули; саргинский горизонт, артинский ярус; разрез Сарана.

фически важных Ра элементов со всей необходимой для построения детальной зональной шкалы полнотой. В этой связи по своей детальности конодонтовые шкалы, по крайней мере, в верхнем палеозое, как правило, превосходят зональные шкалы, построенные по другим, в том числе и ортостратиграфическим группам. Иными словами, конодонты демонстрируют полное пренебрежение к известному биогеографическому правилу, гласящему, что «широко распространенные виды, богатые особями, имеют низкую скорость эволюции и видообразования» [Толмачев, 1966; Майр, 1968, Буко, 1979]. Это и понятно, так как в случае с конодонтами мы присваиваем видовые названия не биологическим таксонам, а отдельным частям (меронам), входящим в состав скелета различных, хотя и, по-видимому, родственных видов. По этой причине общая площадь распространения формального вида конодонтов, устанавливаемого по Ра элементу, включает в себя суммарный ареал географического распространения некоторого

количества реальных видов животных-конодонтоносителей. Это обстоятельство вполне объясняет необычайно широкое (для реального биологического вида) географическое распространение формальных видов (Ра элементов) конодонтов, которое не сопровождается снижением темпов видообразовательной эволюции.

Однако одного этого недостаточно для объяснения высокого корреляционного потенциала этой группы ископаемых. Чтобы корреляция по одноименным Ра элементам была обоснованной, необходимы доказательства их параллельного и синхронного развития в популяциях родственных видов на отдаленных изолированных территориях. Примеры этому явлению столь многочисленны и настолько характерны, что о его реальности можно говорить с полной определенностью. Обычно однотипные морфологические новообразования Ра элементов синхронно охватывают целые группы близких видов. Так, нодулярные структуры у многочисленных представителей рода *Streptog-*



*nathodus* появляются в узком стратиграфическом интервале в пограничных отложениях карбона и перми на Урале, на территории США, Канады, Китая (рис. 2). Стадия «свитогнатизации» охватывает самые разные виды диплогнатодусов в пограничных ассельско-сакмарских отложениях примерно на той же территории, включая также и Южную Америку (рис. 3, 4). Стадия «неострептогнатизации» у разнообразных свитогнатид в позднеаргинское время и стадия редукции передних ветвей парапетов у различных видов неострептогнатодид в раннем кунгуре отмечается в развитии конодонтов повсеместно, где присутствуют разрезы морских отложений соответствующего возраста (рис. 5, 6).

Это явление чрезвычайно напоминает аналогичный феномен (эволюционные осцилляции, по терминологии Т. Добжанского), установленный у современных популяций родственных видов плодовых мух [Голубовский и др., 1974], когда их генофонды меняются одновременно и сходным образом. Замечательно, что процесс повышения частот определенных признаков охватывает изолированные и полуполуизолированные популяции родственных видов на территории протяженностью в сотни и тысячи километров практически одновременно. Вероятно, нечто подобное мы наблюдаем и в развитии Ра элементов у конодонтов.

Значение синхронного появления однотипных морфологических признаков у большой группы родственных видов конодонтов для целей стратиграфической корреляции трудно переоценить. Это пока единственный известный нам процесс эволюционного преобразования морфологических признаков, который позволяет перейти от гомотаксиса (геологической одновозрастности) и приблизиться к установлению истинной (физической) синхронности далеко удаленных геологических объектов.

Шкалы, построенные по результатам изучения эволюционной трансформации *отдельной части скелета* ископаемых, предложено называть фенохронологическими [Черных, 2005]. Может быть, более точным является название «мерономические БХШ», в противоположность таксономическим, обычно используемым в биостратиграфии и основанным на анализе эволюционного развития истинных биологических видов.

Есть еще один важный аспект в практике построения конодонтовых шкал на основе эволюционной трансформации Ра элемента. Чтобы воссоздать истинные филогенезы на ос-

нове изучения ископаемых остатков организмов и дать убедительную аргументацию выявленной последовательности биологических видов, необходимо сконструировать сводный разрез, изучив множество частных разрезов и предварительно скоррелировав их. Процесс корреляции неизбежно вводит в стратиграфические построения сводного разреза определенные погрешности, которые в свою очередь влекут за собой ошибки в филогенетических реконструкциях. Детальную последовательность Ра элементов, необходимую для построения *элементарной* БХШ [Черных, 1995], насчитывающей не менее трех зон, можно легко выявить в одном разрезе, что обеспечивает надежность последующей корреляции для наращивания элементарной зональной шкалы стратиграфически вверх и вниз.

Наибольшую ценность при построении мерономических шкал имеет хронологическая последовательность тех признаков, которые образуют в своем развитии ряд направленно изменяющихся стадий, т.е. эволюционный тренд. Направленным я называю такой ряд стадий эволюционного развития признака, в котором каждый последующий член приближается по определенному параметру (характеристике) к состоянию конечного члена ряда. Эволюционные тренды весьма часто сопровождают развитие Ра элементов у конодонтов. Их использование в качестве базиса зональных БХШ полезно в том отношении, что позволяет строить шкалу в условиях неполноты сбора ископаемых в конкретных разрезах. Как только уловлена общая тенденция в изменении признака, члены тренда, не найденные в одном разрезе, но обнаруженные в некоторых других разрезах, легко совмещаются в единую последовательность. Кроме этого, практическое использование построенной на основе морфологического тренда шкалы при корреляции разрезов не требует нахождения идентичных последовательностей зональных форм, и сопоставление зачастую может быть выполнено по присутствию в разрезах единичных морфотипов, положение которых в тренде твердо установлено.

### **Обоснование ярусных границ нижней перми по конодонтам**

Нижние границы всех без исключения ярусов нижней перми в уральском стратотипическом регионе были установлены по реконст-

руированной эволюционной последовательности Ра элементов, относящихся к сравнительно небольшому количеству родов. Основным инструментом определения границ является ее биохронотип, который извлекается из зональной БХШ [Черных, 2005, 2006]. Биохронотипом стратиграфической границы я называю эволюционную последовательность видов-индексов, в пределах которой находится интересующая граница стратона. Эта граница, совмещенная в стратотипическом разрезе с одной из границ зонального подразделения используемой шкалы, может быть затем опознана и во всех других разрезах. Закрепление положения стратиграфической границы на зональной шкале считается корректным, если в стратотипическом разрезе устанавливается последовательность (как минимум) трех зон, внутри которой располагается определяемая граница стратона (яруса). Иными словами, корректным биохронотипом стратиграфической границы является *элементарная* зональная БХШ, внутри которой лежит искомая граница [Черных, 1995, 2005].

Такая процедура маркировки нижней границы яруса полностью отвечает требованиям Международной комиссии по стратиграфии по установлению «точки глобального стратотипа границы», которая и принимается за стандарт для определения нижней границы ярусных подразделений Международной стратиграфической шкалы.

### Нижняя граница ассельского яруса

Нижняя граница ассельского яруса определена по появлению *Streptognathodus isolatus* Chernykh, Ritter et Wardlaw в тренде нодулярных форм, состоящем из последовательности видов-индексов: *Streptognathodus wabaunsensis* Gunnell – *S. isolatus* Chernykh, Ritter et Wardlaw – *S. glenisteri* Chernykh et Ritter. Эта граница, являющаяся также границей между каменноугольной и пермской системами, официально утверждена Международной комиссией по стратиграфии (МКС). Лимитотипом границы является разрез Айдаралаш (Северный Казахстан), паралимитотип – разрез Усолка (Башкортостан). Стадия нодуляризации, характеризующаяся дроблением поперечных ребер и превращением их в бугорки на одном или обоих парапетах на уровне окончания карины, затронула практически все существовавшие к этому времени виды рода *Streptognathodus* на огром-

ной территории (рис. 2). Граница прослежена на западном склоне Урала, в США (Мидконтинент), Канаде и Китае. Индикаторный вид *Streptognathodus isolatus* Chernykh, Ritter et Wardlaw является морфологически наиболее выразительным представителем указанной выше последовательности нодулярных форм. Следующие за ним морфотипы *S. glenisteri* Chernykh et Ritter, *S. cristellaris* Chernykh et Reshetkova, *S. sigmoidalis* Chernykh et Ritter постепенно реставрируют нормальную ребристость парапетов, свойственную представителям рода.

Верхнекаменноугольно-ассельский тренд стрептогнатодид наращивается далее морфотипами *S. constrictus* Reshetkova et Chernykh, *S. fusus* Chernykh et Reshetkova, *S. postfusus* Chernykh et Reshetkova и является наиболее полным. Он был установлен в одном (Усольском) разрезе и позволил расчленить ассельский ярус на семь зон, которые прослежены также и во многих других разрезах западноуральского региона.

Анализ конодонтовой последовательности в ассельском ярусе вскрыл одну особенность развития этой группы, которая прослеживается и в дальнейшем. Я имею в виду более заметное (качественное) и глобально происходящее на начальной стадии и постепенное (количественное), локальное изменение морфотипов на последующих стадиях эволюционного тренда. Так, переход от *S. wabaunsensis* Gunnell к *S. isolatus* Chernykh, Ritter et Wardlaw происходит в глобальном масштабе, в узком стратиграфическом диапазоне и сопровождается небольшим количеством переходных форм. Последующее преобразование стрептогнатодид в указанном выше ряду происходит существенно медленнее, что подчеркивается обилием переходных форм между последовательными членами эволюционного ряда, и сам тренд устанавливается только в региональном (не глобальном) масштабе. Таким образом, хотя выбор самого стратиграфического интервала, где осуществлялись поиски нижней границы ассельского яруса, был продиктован уже сложившимися в процессе предшествующих исследований представлениями о возможном нахождении искомой границы в данном интервале, ее точное определение по конодонтам оказалось единственно возможным только по уровню возникновения морфотипа *S. isolatus* Chernykh, Ritter et Wardlaw главным образом из-за его широкого географического распространения и четкой морфологической ограниченности от эволюционного предше-

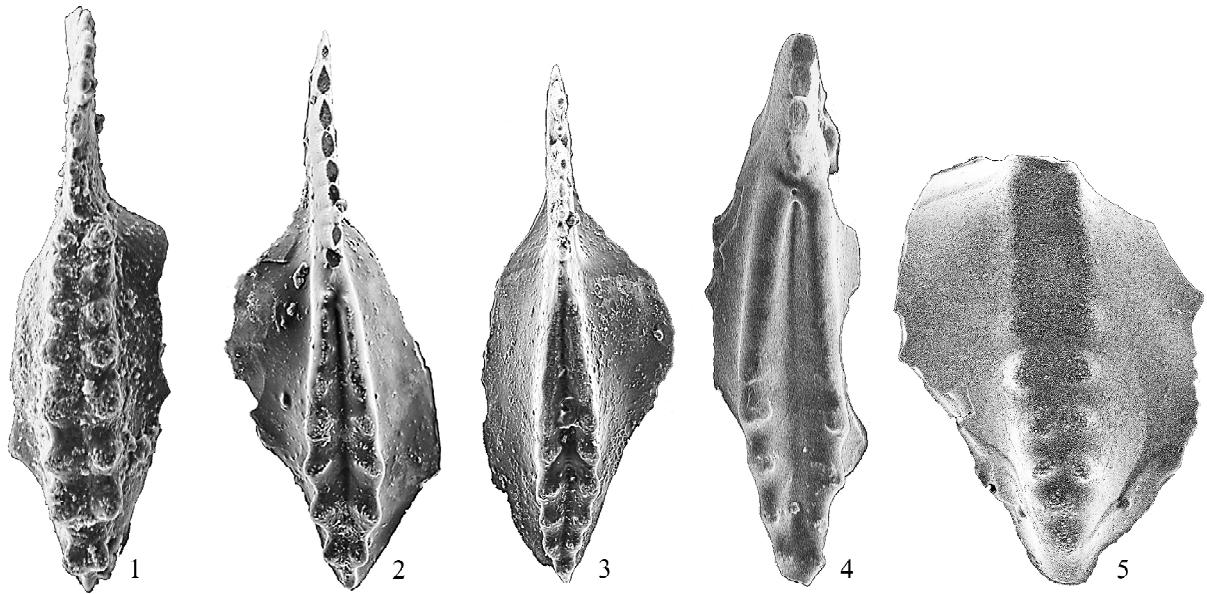


Рис. 6. Редукция каринальных нодулей у представителей рода *Neostreptognathodus* в кунгурском веке.

1 – *Neostreptognathodus pequopensis* Behnken, полно развитые парные каринальные нодули; саргинский горизонт, артинский ярус; разрез Сарана; 2 – *N. pequopensis* Behnken, незначительная редукция нодулей на передней части внешнего парапета; саргинский горизонт, артинский ярус; 3 – *N. pnevi* Kozur с редуцированными нодулями на передней части обоих парапетов; саранинский горизонт, основание кунгурского яруса; 4 – *N. pnevi* Kozur, значительная редукция каринальных нодулей; саранинский горизонт, кунгурский ярус; 5 – *N. sp.*, полностью редуцированы передние ветви парапетов, сохраняется пустулезная орнаментация на месте редуцированных парапетов; филипповский горизонт, кунгурский ярус; разрез Мечетлино.

ственника *S. wabaunsensis* Gunnell. Безусловно, не менее важным дополнительным стимулом явились результаты изучения двух других ортостратиграфических групп – фузулинид и аммоноидей – позволивших дать комплексное обоснование положения нижней границы ассельского яруса в сравнительно узком стратиграфическом интервале [Chernykh, Ritter, 1994; Davydov et al., 1998].

Похожая ситуация сохраняется и в установлении нижней границы двух следующих ярусов нижней перми. Выбор биохронотипа и вида-индикатора для определения нижней границы по конодонтам во всех этих случаях оказывался единственным и не имел альтернатив, примерно по тем же причинам, что описаны выше при установлении нижней границы ассельского яруса.

#### Нижняя граница сакмарского яруса

К сакмарскому времени фактически завершилось развитие стрептогнатодид, и для определения нижней границы сакмарского яру-

са был использован эволюционный тренд в развитии рода *Sweetognathus* [Черных, Чувашов, 2004], представители которого известны на Урале с верхней части ассельского яруса до кунгура включительно. Долгое время вид *Sweetognathus merrilli* Kozur считался первым представителем этой группы конодонтов, и по поводу его происхождения высказывались различные точки зрения, хотя все специалисты сходятся во мнении о диплогнатодусовом предке этого вида. В зависимости от того, какой именно вид диплогнатодуса предвещает появление *Sw. merrilli* Kozur в конкретных разрезах, выявляются те или иные предпочтения в выборе предковой формы. К настоящему времени названы, по крайней мере, три формы диплогнатодусов, которые могут быть признаны как анцестральные. Я думаю, что список этот будет пополняться по мере дальнейшего изучения переходных ассельско-сакмарских разрезов. По-видимому, как и в случае процесса нодуляризации, о котором шла речь выше при описании развития стрептогнатодид, переход от диплогнатодусового морфотипа к свитогнатусово-

му происходил повсеместно (глобально) и на близком стратиграфическом уровне. Для западноуральского бассейна это утверждение имеет определенные фактические основания. Так, в двух разрезах – Усольском, где предшественником *Sw. merrilli* Kozur является *Diplognatodus expansus* Perlmutter (= *Sw. expansus*), и в Кондуровском, где появление *Sw. merrilli* Kozur предваряет *D. stevensi* Clark et Carr – этот переход осуществляется практически одновременно с появлением коротко живущего характерного вида-индекса *Mesogondolella uralensis* Chernykh.

Электронный микроскоп позволил выявить все детали перехода от диплогнатодусового морфотипа к свитогнатусовому. Вначале (в верхнем асселе) появляются диплогнатодусы, у которых поверхность карины приобретает характерную для свитогнатусов пустулезную орнаментацию, затем начинается дифференциация сплошной у диплогнатодусов карины на отдельные бугорки. Процесс завершается появлением нового морфотипа *Sweetognathus merrilli* Kozur, у которого карина состоит из простых немногочисленных бугорков с пустулезной орнаментацией (рис. 3). Таким образом, первые два члена тренда – *Sw. expansus* (Perlmutter) и *Sw. merrilli* Kozur – с явственными переходными формами обнаруживаются повсеместно (глобально) и позволяют определить нижнюю границу сакмарского яруса по уровню возникновения второго из названных видов. Однако для корректного определения границы стратона МСШ необходимо иметь элементарную (трехзонную) БХШ, и для этого необходим третий член намеченной последовательности свитогнатусов. Долгое время предполагалось, что таковым является *Sw. whitei* (Rhodes). Однако значительные морфологические различия между *Sw. merrilli* Kozur и *Sw. whitei* (Rhodes) свидетельствовали о существовании еще не обнаруженных форм, заполняющих промежуток между этими морфотипами. Такие морфотипы были найдены нами в Усольском разрезе (рис. 4). Первый – *Sw. binodosus* Chernykh, сделавший первый шаг в направлении развития гантелеобразных каринальных зубцов, столь характерных для *Sw. whitei* (Rhodes), и второй – *Sw. anceps* Chernykh вместе с переходными к *Sw. whitei* (Rhodes) формами, обладающими зачатками срединного гребня, получающего полное развитие только у типичных представителей вида *Sw. whitei* (Rhodes). Так был выявлен полный эволюционный ряд ассельско-сакмар-

ских свитогнатид (рис. 3, 4), включающий *Sw. expansus* (Perlmutter), *Sw. merrilli* Kozur, *Sw. binodosus* Chernykh, *Sw. anceps* Chernykh и *Sw. whitei* (Rhodes). Как ранее отмечалось, наиболее явственный (качественный) переход отмечается на начальной стадии развития эволюционной линии, т.е. между двумя первыми членами тренда. В качестве нижней границы сакмарского яруса нами предложен уровень возникновения *Sw. merrilli* Kozur, который хорошо распознается в Северной Америке (США, Канада) и (предположительно) в Китае. Потенциальным лимитотипом нижней границы сакмарского яруса является разрез Кондуровский (Оренбургская область).

### Нижняя граница артинского яруса

Названные выше виды свитогнатусов имеют следующее стратиграфическое распространение, определяемое по фузулинидовой шкале: *Sw. expansus* (Perlmutter) – верхнеассельский, *Sw. merrilli* Kozur, *Sw. binodosus* Chernykh – нижне-сакмарский (тастубский горизонт), *Sw. anceps* Chernykh – верхнесакмарский (стерлитамакский горизонт), *Sw. whitei* (Rhodes) – артинский. Собственно, по фузулинидовой шкале был намечен и стратиграфический интервал для определения нижней границы артинского яруса по конодонтам. После тщательного изучения ряда разрезов в качестве лимитотипа нижней границы артинского яруса был выбран разрез на правом берегу р. Дальний Тюлькас (Башкортостан), в котором, наряду с конодонтами, присутствуют остатки фузулинид и аммоноидей [Черных и др., 2005].

Именно в этом разрезе был установлен тренд *Sweetognathus anceps* Chernykh – *Sw. whitei* (Rhodes) – *Sw. clarki* (Kozur), использованный в качестве биохронотипа нижней границы артинского яруса, определяемой по уровню возникновения вида *Sw. whitei* (Rhodes). Эта граница хорошо распознается в Южной Америке (Боливия), Северной Америке (США, Канада) и в Китае.

Опять-таки хочу подчеркнуть, что, несмотря на существование переходных форм между морфотипами *Sw. anceps* Chernykh и *Sw. whitei* (Rhodes), эти виды различаются между собой значительно, чем *Sw. whitei* (Rhodes) и *Sw. clarki* (Kozur) (рис. 4, 5). Кроме этого, стратиграфический интервал перехода между двумя последними видами более протяженный, чем между *Sw. anceps* Chernykh и *Sw. whitei* (Rhodes).

**Нижняя граница кунгурского яруса**

Наиболее трудоемким оказалось определение нижней границы кунгурского яруса. Основной причиной явилось то обстоятельство, что исторический стратотип кунгурского яруса на р. Сылве, выше г. Кунгура, не включал отложения, переходные от саргинского к саранинскому горизонтам, между которыми предполагалась искомая нижняя граница. Другой причиной можно считать чрезвычайную редкость конодонтов в тех фациальных комплексах пород, которые слагают разрезы в стратотипической местности. Нами был предложен [Чувашов и др., 2002] новый стратотип для установления нижней границы кунгурского яруса – разрез на правом берегу р. Юрюзань, у села Мечетлино.

Следует отметить, что саргинско-саранинский этап в развитии конодонтов ознаменовался появлением первых представителей нового рода – *Neostreptognathodus*. Филоморфогенетическая близость свитогнатид и неострептогнатодид совершенно очевидна. На протяжении артинского века отдельные виды рода *Sweetognathus* неоднократно предпринимали попытки перестроить свою морфологию на манер неострептогнатодусов. Собственно, для этого им требовалось немного – приобрести срединный желоб, который бы полностью разделил карину и каринальные зубцы. Более всех других в этом преуспел иргинский вид *Sweetognathus clarki* (Kozur), у которого только небольшая часть зубцов осталась неподразделенной (рис. 5). По-видимому, именно этот вид следует считать непосредственной предтечей появления первых настоящих неострептогнатодусов.

Само это событие связано с саргинским временем, когда возник морфотип *Neostreptognathodus pequopensis* Behnken, который следует считать первым уральским неострептогнатодусом. Таким образом, несмотря на принадлежность к разным родам, иргинский *Sweetognathus clarki* Kozur и саргинский *Neostreptognathodus pequopensis* Behnken связаны в действительности значительно более тесными родственными узами и образуют эволюционную последовательность, которая наращивается в саранинское время еще одним морфотипом – *N. pnevi* Kozur. Последний морфотип возникает из *N. pequopensis* Behnken путем редукции каринальных зубцов в передних частях парапетов. Как уже отмечалось ранее, степень морфологических различий между смежными видами

убывает по мере перехода от ранних к более поздним членам тренда. В частности, если между *Sw. clarki* (Kozur) и *N. pequopensis* Behnken различия носят качественный характер (появление полностью разделенных парапетов у последнего вида), то между *N. pequopensis* Behnken и *N. pnevi* Kozur различия чисто количественные (постепенная редукция передних каринальных зубцов). И если бы не заранее заданный стратиграфический интервал (переходные отложения между саргинским и саранинским горизонтами), в котором было необходимо найти глобально распространенную конодонтовую метку, то возникновение *N. pequopensis* Behnken было бы наиболее подходящим событием для определения нижней границы кунгурского яруса. Но поскольку интервал задан именно таким, нижняя граница кунгурского яруса определена по уровню появления *N. pnevi* Kozur.

С учетом сказанного выше, понятно, что для установления нижней границы кунгурского яруса необходимо установить присутствие в разрезе *N. pequopensis* Behnken и уровень, на котором появляется *N. pnevi* Kozur и который, собственно, и является граничным между артинским и кунгурским ярусами. Однако следует иметь в виду ряд обстоятельств, затрудняющих в данном случае установление уровня первого появления *N. pnevi* Kozur. Во-первых, как анцестральный вид *N. pequopensis* Behnken, так и следующий за ним *N. pnevi* Kozur продолжают существовать в течение всего кунгурского века. Это усложняет задачу распознавания истинного уровня первого появления индикаторного вида. Во-вторых, редукция каринальных зубцов у *N. pnevi* Kozur продолжается и после его появления. Это обстоятельство ставит перед конодонтологом вопрос о том, с какого момента можно считать этот вид состоявшимся: с первых же свидетельств редукции зубцов или несколько позже и когда именно? Такие вопросы возникают не только в случае *N. pnevi* Kozur, но и во многих подобных же ситуациях. В этой связи начинает использоваться «неформальная систематика». Так, говорят о примитивной (primitive) форме некоего вида или об эволюционно продвинутом (advanced) морфотипе. Понятно, что неясность в этом вопросе может оказаться причиной недостоверных заключений по определению положения стратиграфической границы.

При первоначальном изучении конодонтов разреза Мечетлино *N. pequopensis* Behnken

был найден нами в слое 17, а *N. pnevi* Kozur – в слое 19. В промежутке между этими слоями переходных форм между видами найдено не было. И хотя уже тогда экземпляры последнего вида показались нам слишком (для первого появления) «продвинутыми», в условиях низкой встречаемости конодонтов в кунгуре сравнивать таких неострептогнатодусов было не с чем. И основание слоя 19 было принято за искомую границу [Чувазов, Черных, 2000]. Более тщательные исследования на мечетлинском разрезе позволили обнаружить интервал перехода между *N. pequiopensis* Behnken и *N. pnevi* Kozur между слоями 16 и 17. Сам интервал перехода занимает менее 3 метров, и в его пределах удалось проследить трансформацию анцестрального вида на двух уровнях, вплоть до появления типичного *N. pnevi* Kozur (рис. 6).

Таким образом, определение нижней границы кунгурского яруса в некотором другом разрезе потребует постановки столь же тщательных исследований для выяснения первого появления *N. pnevi* Kozur. Сама по себе находка индикаторного вида не является достаточной для определения точного положения границы. Некоторую помощь в решении этого вопроса можно получить, оценив степень эволюционной «продвинутости» встреченных экземпляров *N. pnevi* Kozur.

### Выводы

Конодонтовые (мерономические) зональные БХШ предоставляют широкие возможности для определения и корреляции стратиграфических границ ярусных подразделений МСШ. Основным инструментом для выполнения этой процедуры является биохронотип, представляющий собой элементарную (трехзонную) шкалу, внутри которой располагается искомая граница стратиграфического подразделения МСШ.

Главным актом в процедуре установления и обоснования нижней границы стратона МСШ является выбор стратиграфического интервала в разрезе, в пределах которого затем проводятся биостратиграфические исследования для поисков конкретного уровня, маркированного соответствующей границей зонального подразделения конодонтовой БХШ. Обязательным условием для принятия предлагаемого уровня в качестве границы определенного стратона МСШ является возможность его глобальной корреляции.

Палеонтологической основой для построения эффективного конодонтового биохронотипа являются морфологические тренды, составленные из последовательных стадий эволюционного преобразования определенного мерона (Ра элемента), гомологичного для большой группы родственных видов. Ранние члены эволюционной линии характеризуются более отчетливо выраженной морфологической обособленностью от последующих, имеют широкое географическое распространение и являются предпочтительными при выборе индикатора устанавливаемой границы.

Предлагаемые лимитотипы и нижние границы ярусов нижнего отдела пермской системы установлены в уральском стратотипическом регионе по конодонтам с учетом исторически сложившихся представлений о стратиграфическом положении пограничных межярусных интервалов. Выбор конкретного рубежа в качестве нижней границы ярусов сделан из соображения возможности его глобальной корреляции по конодонтовой зональной БХШ.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 05-05-64440).*

### Список литературы

- Буко А. Эволюция и темпы вымирания. М.: Мир, 1979. 318 с.
- Голубев В.К. Стратиграфическая корреляция морских и континентальных отложений пермской системы // Палеонтологическая летопись региональных и глобальных событий. Тез. докл. 51-й сессии Палеонтологического общества. СПб., 2005. С. 40-42.
- Голубовский М.Д., Иванов Ю.Н., Захаров И.К., Берг Р.Л. Исследование синхронных и параллельных изменений генофонда в природных популяциях плодовых мух *Drosophila melanogaster* // Генетика. 1974. Т. 10. № 4. С. 72-78.
- Лазарев С.С. Понятие «время» и геологическая летопись земной коры // Вопросы философии. 2002. № 1. С. 77-89.
- Майр Э. Зоологический вид и эволюция. М.: Мир, 1968. 597 с.
- Ремизова С.Т. Фузулиноиды Тимана: эволюция, биостратиграфия и палеобиогеография. Екатеринбург: УрО РАН, Коми научный центр, 2004. 218 с.
- Степанов Д.Л., Месежников М.С. Общая стратиграфия (Принципы и методы стратиграфических исследований). Л.: Недра, 1979. 423 с.
- Стратиграфический кодекс / Под ред. А.И. Жамойды. 2-е дополн. изд. Л.: ВСЕГЕИ, 1992. 120 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЯРУСНЫХ ГРАНИЦ МЕЖДУНАРОДНОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ

*Толмачев А.И.* Пределы распространения вида в пространстве и во времени // Палеонтологические критерии объема и ранга стратиграфических подразделений. Тр. VIII сессии ВПО. М.: Недра, 1966. С. 47-56.

*Черных В.В.* Биохронологические шкалы и зональная стратиграфия // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1995. Т. 3. № 3. С. 100-110.

*Черных В.В.* Совершенствование зональных стратиграфических шкал // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2002. Т. 10. № 2. С. 15-26.

*Черных В.В.* Зональный метод в биостратиграфии. Зональная шкала нижней перми по конодонтам. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. 217 с.

*Черных В.В.* Нижнепермские конодонты Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. 130 с.

*Черных В.В., Чувашов Б.И.* Конодонтовый биохронотип нижней границы сакмарского яруса // Ежегодник-2003. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2004. С. 28-33.

*Черных В.В., Чувашов Б.И., Давыдов В.И.* Стра-

тотип нижней границы артинского яруса // Ежегодник-2004. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. С. 45-49.

*Чувашов Б.И., Черных В.В.* Кунгурский ярус общей стратиграфической шкалы Пермской системы // Докл. РАН. 2000. Т. 375. № 3. С. 370-374.

*Чувашов Б.И., Черных В.В., Богословская М.Ф.* Биостратиграфическая характеристика стратотипов ярусов нижней перми // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2002. Т. 10. № 4. С. 3-19.

*Шиндевольф О.* Стратиграфия и стратотип. М.: Мир, 1975. 136 с.

*Chernykh V.V., Ritter S.M.* Preliminary biostratigraphic assesment of conodonts from the proposed Carboniferous-Permian boundary stratotype, Aidaralash Creec, Northern Kazakhstan // Permophiles. 1994. № 25. P. 4-7.

*Davydov V.I., Glenister B.F., Spinosa C. et al.* Proposal of Aidaralash as Global Stratotype Section and Point (GSSP) for base of the Permian System // Episodes. 1998. V. 21. № 1. P. 11-18.

*Рецензент кандидат геол.-мин. наук Н.Я. Анцыгин*