

В.В. Черных

**ОСНОВЫ
ЗОНАЛЬНОЙ
БИОХРОНОЛОГИИ**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Институт геологии и геохимии
им. академика А.Н. Заварицкого

В.В. Черных

ОСНОВЫ ЗОНАЛЬНОЙ БИОХРОНОЛОГИИ

Екатеринбург
2016

УДК 551.7+56.016.3

ББК 28.12

Ч 49

Ответственный редактор

доктор геолого-минералогических наук **Э.О. Амон**

Рецензент

Кандидат геолого-минералогических наук **Г.М. Сунгатуллина**

Черных В.В.

Ч 49 Основы зональной биохронологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016. 268 с.

ISBN 978-5-7691-2464-8

Даны определения наиболее часто используемых терминов и базовых понятий в стратиграфии. Сформулированы требования к зональным биохронологическим шкалам, разработана программа построения и унификации зональных биохронологических шкал с высоким корреляционным потенциалом. Предлагается ограничить обращение к обыденному, физическому времени в стратиграфической практике и использовать для временных сопоставлений хронологические, событийные шкалы, сконструированные на основе эволюционной последовательности видов организмов.

Обсуждаются операциональные принципы стратиграфических исследований как элементы единой системы, лежащей в основе теоретической стратиграфии. Рассмотрены биологические основания зонального метода. Приведены детальные схемы дивергентного развития стрептогонатид (конодонты), следствием которого является направленное изменение дифференцирующих признаков, используемое как база для построения зональных мерномических шкал. Показана эффективность их применения для межконтинентальной корреляции верхнекаменноугольных и нижнепермских отложений.

Книга рассчитана на геологов-стратиграфов, палеонтологов, геологов широкого профиля, преподавателей и студентов геологических факультетов университетов, слушающих курс дисциплины «Основы палеонтологии. Общая стратиграфия».

Библиогр. 176 назв. Ил. 30.

УДК 551.7+56.016.3

ББК 28.12

ISBN 978-5-7691-2464-8

© Черных В.В., 2016

© Институт геологии и геохимии
УрО РАН, 2016

ВВЕДЕНИЕ

В 2005 г. была опубликована монография (Черных, 2005), которая имела на обложке название «Зональный метод в биостратиграфии», а на титульном листе к нему было сделано дополнение: «Зональная шкала нижней перми Урала по конодонтам». Две трети объема книги были посвящены нижнепермским конодонтам и построенной по результатам их изучения зональной шкале, и только первые 50 страниц отведены обсуждению общих вопросов зональной биостратиграфии, без решения которых было невозможно обосновать корректность предлагаемой зональной нижнепермской шкалы по конодонтам.

С момента публикации прошло более 10 лет, и за это время выяснилось, что наибольший интерес у специалистов, занимающихся биостратиграфией, вызвала та часть монографии, которая посвящена общим вопросам зональной стратиграфии. Некоторые из них использовали сведения из этого раздела при чтении курса лекций по дисциплине «Основы палеонтологии. Общая стратиграфия» в университетах на геологическом факультете. Другие прислали мне свои суждения по отдельным вопросам зональной стратиграфии, иногда идущие вразрез с моими заключениями. Однако большинство из тех, кто, так или иначе, отнесся с интересом к рассмотрению поднятых проблем, выразили желание получить более полное и обстоятельное их исследование. К этому времени меня самого не устраивали некоторые из сформулированных в работе заключений, лежащих в основе зональной биохронологии. Я постарался откорректировать их в серии статей, опубликованных после выхода книги (Черных, 2008, 2009, 2014 и др.). Их содержание и составило основу предлагаемой монографии.

Наиболее важные из тех новых представлений, которые потребовали введения поправок в ранее сделанные выводы, целесообразно предварительно обозначить в качестве преамбулы к настоящей работе.

1. Первое, что кардинальным образом отразилось на всех последующих размышлениях об использовании зонального метода в стратиграфии, – это хронологическое восприятие времени, которое наиболее трудно дается нам, стратиграфам. Конечно, мне и раньше были известны представления О. Шиндевольфа, Б.С. Соколова и С.В. Мейена, последовательно отстаивавших хронологические основания стратиграфии

и полагавших невозможным дублировать стратиграфические подразделения их временными эквивалентами-длительностями, настаивая на необходимости применения в стратиграфии только времени-последовательности. Однако отказаться от привычного физического времени, жить и размышлять в мире «времени без часов» оказалось совсем не просто.

Поначалу казалось, что при актуализации отдельных сторон ретроспективных палеобиологических событий или процессов осадконакопления приходится неизбежно размышлять в рамках внешнего астрономического времени. Например, для осознания причин большего корреляционного потенциала биохронологических шкал, построенных по результатам изучения планктонных организмов, в сравнении со шкалами, отстроенными по бентосным формам, нужно мысленно привлечь сведения об образе жизни современных обитателей пелагиали и бентоса, дать оценку возможностям их реального перемещения в пространстве, а значит, и в привычном, обыденном времени. Вообще любая актуализация палеособытий кажется немыслимой без оперирования обыденным временем. Отвечая, в частности, на вопрос, что такое зона А, обычно говорят, что это комплекс пород, сформировавшийся за время существования вида А или определенного фаунистического сообщества. Время существования вида или сообщества видов иначе, как время физическое, привычное для нас «время с часами», трудно вообразить. Большинство стратиграфов именно так это себе и представляют. Аналогичная ситуация возникает, когда необходимо оценить точность корреляции разноместных геологических объектов, выполняемой разными методами. В данном случае кажется, что иного пути, как сравнение получаемых результатов в метрике «абсолютного» времени, здесь быть не может.

Знакомство с взглядами С.В. Мейена в отношении стратиграфического времени, которые он наиболее полно и четко выразил в опубликованной переписке с К.В. Симаковым (Оноприенко, 2005), окончательно решило для меня вопрос в пользу хронологии. Я понял, что не следует добиваться силой воображения того, что нам реально недоступно, и в настоящей работе, обсуждая вопросы зональной биохронологии, постарался не прибегать к помощи метрики физического времени.

2. Вторым важным обстоятельством, повлекшим корректировку моих взглядов, стало осознание того, что видовая зона служит наимень-

шим подразделением хронологической, событийной по природе шкалы и не может подразделяться на части, так как это приведет к исчезновению самого события, на основе которого выделена зональная единица. Поскольку основным событием, используемым в зональной биохронологии, является событие «существование вида», постольку неизбежен вывод о невозможности его подразделения на части. В связи с этим для корректного построения зональной биохронологической шкалы нельзя применять такие события, как возникновение (появление), расцвет, вымирание (исчезновение) вида, представляющие собой отдельные стадии события «существование».

Из минимальности, элементарности зонального подразделения следует, что зона на шкале не имеет границ, зона на шкале – это риска. В таком понимании зональные подразделения на шкале – своего рода моменты хронологического времени: они однородны (не делятся на части), дискретны (между соседними зонами нет временных переходов), равноценны (эквиполентны) и различаются только тем местом, которое занимают на шкале.

3. Третья вновь вводимая корректировка, тесно связанная с представлением о минимальной размерности зонального подразделения, – это вывод о невозможности существования многих «типов зональных подразделений». Зона не существует без зональной шкалы, а на ней может быть только одно наименьшее подразделение. Можно возразить, что зональные шкалы бывают разные – местные, региональные, общие – и в каждой из них свои минимальные зональные подразделения. Однако я придерживаюсь той точки зрения, что любая корректно построенная биохронологическая зональная шкала, всегда возникающая вначале как местная, в дальнейшем после создания зональной комплексной характеристики может быть последовательно трансформирована в региональную и планетарную. Между местной и планетарной корректно сконструированными биохронологическими шкалами принципиальной разницы нет.

Все однажды выделенные на шкале зоны сохраняются и дополняются в процессе совершенствования шкалы новыми. Все зоны продолжают иметь статус наименьшего подразделения биохронологической шкалы на всех стадиях ее трансформации. Соответственно необходимо осознать и сформулировать, какие требования следует предъявить к минимальному подразделению шкалы, чтобы его можно было использовать

для корректного построения зональной хронологической шкалы. Об этом подробно сказано в соответствующем разделе работы.

В завершение мне хотелось бы оговорить использованное в заглавии монографии понятие «зональная биохронология». В стратиграфической литературе, посвященной зональному расчленению разрезов по результатам изучения палеонтологических остатков и последующей корреляции выделенных зональных подразделений, почти никогда не применяются термины «зональная биохронология» и «зональная биохронологическая шкала». Вместо них обычно говорят о зональной биостратиграфии, стратиграфических шкалах и зональных стратиграфических схемах.

Впервые с полной определенностью мнение о том, что все шкалы, используемые в стратиграфии, являются в основе хронологическими, событийными, высказал С.В. Мейен (1974). Термины «биостратиграфия» и «стратиграфическая шкала» не говорят ни о чем другом, кроме того, что результаты изучения палеонтологических остатков и построенные на них хронологические шкалы применяются для целей стратиграфии. Вводя понятие «зональная биохронология», я хотел подчеркнуть, во-первых, хронологическую природу зональных палеонтологических шкал, во-вторых, эволюционную основу, на которой должны строиться зональные биохронологические шкалы. В дальнейшем я не раз оговорюсь в отношении реальной невозможности исполнения последнего требования, связанного с неполнотой палеонтологического материала и его сохранностью. Однако поставленная задача – реконструкция эволюционной линии ископаемых форм для последующего ее использования в качестве основы конструирования зональной биохронологической шкалы – позволяет по мере пополнения фактического материала продвигаться в нужном направлении. Таким образом, понятие «зональная биохронология» формально соответствует понятию «зональная биостратиграфия», в отдельных случаях они могут подменять друг друга, но с учетом сделанной оговорки.

Настоящая работа в значительной степени является синтезом ранее опубликованных результатов, дополненных и откорректированных в соответствии с моими нынешними представлениями об использовании зонального метода в биостратиграфии.

ЧАСТЬ I

ЗОНАЛЬНЫЙ МЕТОД В БИОХРОНОЛОГИИ

Глава 1

ВРЕМЯ В СТРАТИГРАФИИ

1.1. Время-последовательность и время-длительность

Дискуссия об использовании времени в стратиграфии насчитывает не один десяток лет. С одной стороны, специалисты уже привыкли к хронологическому времени, метрика которого отвечает порядку свершения тех событий, которые используются в стратиграфии в качестве основы построения хронологических шкал. Опора на последние означает отказ (по необходимости) в стратиграфии от времени-длительности (физического, обыденного времени) и применение только времени-порядка (времени-последовательности). Или, как часто говорят о том же самом, в стратиграфии используется шкала относительного возраста. С другой стороны, возникают такие случаи, когда вольно или невольно, хотя бы и умозрительно, приходится обращаться к привычному обыденному, физическому времени. Его шкала строго размечена неотвратимо повторяющимися событиями космического масштаба, происходящими независимо от того, к рассмотрению каких именно процессов и объектов геологической истории прикладывается эта внешняя хронометрическая шкала.

По поводу возможности использования метрики физического (астрономического) времени для анализа порядка следования, продолжительности и скорости свершения событий в истории Земли существуют альтернативные точки зрения. Приверженцы одной из них уповают на то, что развитие современных физических методов неуклонно приближает стратиграфию к возможности полностью заменить хронологическую шкалу геологических событий на астрономическую метрику абсолютного времени (см., например: Алексеев, 2007).

Согласно другой точке зрения, для ведения протокола геологических событий принципиально недоступно использование хронометрической шкалы в ретроспективных системах неполной сохранности, каковыми являются все изучаемые геологические системы прошлого. «Существует только одна стратиграфия, задача которой – хронологическое и исто-

рическое подразделение дошедших до нас толщ горных пород, действительно, в глобальном масштабе. Под хронологией везде понимают не исчисление времени годами и столетиями, а расчленение, вытекающее из самого содержания исторического процесса». Эти слова принадлежат Отто Генриху Шиндевольфу (1975, с. 9, 34). В них подчеркивается необходимость четко отграничить физическое измерение времени (хронометрию) от исторического, событийного исчисления времени (хронологии) и закрепить в стратиграфии в качестве основного хронологическое восприятие времени.

Предельно кратко выражена мысль об иллюзорности надежд на разработку хронометрических оснований стратиграфии в работе Бориса Сергеевича Соколова: «Надежда, что идеальной может стать метрическая шкала, по меньшей мере, наивна» (1971, с. 165).

Сергей Викторович Мейен постоянно настаивал на невозможности использования метрики физического времени в качестве основы для ретроспективных стратиграфических заключений в условиях неполноты геологической летописи. Точку зрения о принципиальной и практической невозможности сведения стратиграфии к метрическому подходу он неоднократно высказывал в своих работах (Мейен, 1974, 1981). Наиболее ясно она обозначена в переписке с Кириллом Владимировичем Симаковым (Онопrienko, 2005). Я приведу отдельные места из нее, где четко представлена позиция С.В. Мейена. Так, он пишет: «Вы все время имели в виду разработку метрики, я же ее вовсе не касался и работал только с отношениями раньше/позже. Для меня одновременность – не метрическая, а топологическая – гомотаксальность по признакам, которым придается наибольший вес. Метрика входит в мои построения только при взвешивании признаков, когда приходится обращаться к актуалистическим моделям. Правда, и здесь я работаю в пределах отношений раньше/позже, которые преобразуются в отношения быстрее/медленнее, т. е. картина остается чисто качественной, топологической». Несколько далее: «Вам... надо заняться двумя вещами: доказать принципиальную осуществимость метризации времени в ретроспективных системах неполной сохранности и доказать принципиальную осуществимость метризации таксономических отношений. ...Я думаю, что обе задачи безнадежные...» (там же, с. 90–91).

Значительно позднее К.В. Симаков в статье «Измерение реального времени» (1998) отметил, что «проблема измерения статического <гео-

логического> времени оказывается неразрывно связанной с проблемой классификации палеосистем. Последняя, однако, остается недостаточно разработанной». По его мнению, даже в палеонтологии отсутствуют содержательные определения таксономических категорий, «что не позволяет рассматривать одноранговые таксоны в разных группах ископаемых в качестве классов эквивалентности». Затем следует общий вывод о том, «что создание метрики геологического времени напрямую зависит от решения вопроса о таксономии генетически разнородных палеосистем...» (там же, с. 145). В заключение на следующей странице с полной определенностью говорится, что «все попытки конструирования модели и метрики концептуального палеобиологического времени, основанные на ранжировке подразделений шкалы по их соответствию аналогичным по рангу таксонам различных групп ископаемых организмов, оказывались неудачными, поскольку в палеонтологии (как и в биологии) отсутствуют содержательные определения основных таксономических категорий (вид, род, семейство, отряд и т. д.)». Таким образом, спустя почти четверть века после произнесенных слов о безнадежности предприятия по метризации геологического времени, К.В. Симаков фактически подтвердил, что за эти годы опровергнуть предвидение С.В. Мейена не удалось.

1.2. Хронология

Понятие «хронология» стоит первым в ряду основных категорий стратиграфии. обстоятельный анализ разных трактовок хронологии выполнил С.В. Мейен (1974, 1981). Актуальность сделанных им выводов, несмотря на давность публикаций, сохраняется и теперь. Очень кратко я воспроизведу содержание комментариев, относящихся к этому вопросу в указанных работах, и добавлю к ним некоторые другие, вызванные более поздними стратиграфическими реформами.

С.В. Мейен отмечает, что одни авторы понимают хронологию как внешнюю, условную временную рамку для событий. Последовательность самих событий называют естественной периодизацией. Именно так относится к хронологии Г.П. Леонов (1973). Разъясняя свою трактовку хронологии, он пишет: «В рамках условной, хронологической классификации явления группируются по времени их свершения, в соот-

ветствии с принятой условной (формальной) системой летоисчисления, т. е., например, по месяцам, годам, столетиям и т. д. В рамках естественной, собственно исторической классификации те же явления группируются по принадлежности их к тому или другому естественному отрезку исторического ряда явлений, объединенных единством их внутреннего содержания. Группировка в первом из данных аспектов отражает *хронологическую последовательность* явлений; группировка во втором из них – *естественную периодизацию* соответствующего исторического процесса» (там же, с. 13–14).

К точке зрения Г.П. Леонова присоединяются авторы «Общей стратиграфии»: «Хронология в чистом виде представляет собой установление последовательности во времени событий, сопровождаемое их датировкой, т. е. привязкой к определенному подразделению принятой шкалы измерения времени... Группировка событий по времени их совершения может рассматриваться как их хронологическая классификация» (Степанов, Месежников, 1976, с. 10). Подобная операция «возможна только при наличии соответствующей шкалы времени, в нашем случае геохронологической шкалы. Условной хронологической классификации противопоставляется собственно историческая классификация, или естественная периодизация явлений. Последние в этом случае группируются по каким-либо признакам, которые наиболее целесообразно выбрать для изучаемого интервала разреза в конкретном регионе» (там же, с. 11).

С.В. Мейен комментирует данную точку зрения следующим образом: «Иными словами, получается, что в первом случае мы прикладываем к каждому разрезу международную шкалу времени, а во втором (при составлении региональной шкалы) коррелируем разрезы непосредственно друг с другом... Легко заметить, что при таком толковании существа стратиграфической работы МСШ приобретает характер внешней шкалы по отношению к региональным событиям и становится инструментом внешнего отсчета времени. Как уже отмечалось ранее..., МСШ выступает в роли абсолютного ньютоновского времени, отвергнутого современной философией времени» (1981, с. 64).

О. Шиндевольф четко отделяет физическое *измерение* времени, т. е. внешние временные рамки, от исторического *расчленения* времени, т. е. самой последовательности событий, используемых в качестве хронологических единиц (1975). Физическое измерение времени (в основ-

ном радиометрию) он относит к компетенции *хронометрии* и отделяет его от собственно стратиграфии.

С.В. Мейен считает трактовку О. Шиндевольфа предпочтительнее и приводит подтверждающие ее доводы (1974, 1989). Он отметил, что «философия абсолютного времени, соответствующая классической механике Ньютона, вошла в плоть и кровь стратиграфов. Именно на ней основано противопоставление субстратных (представленных осадками) стратиграфических подразделений геохронологическим, будь то местным или планетарным» (1989, с. 28).

Противопоставление отрезков «самого» времени и происшедших за это время событий (накопление осадочных пород, существование определенных видов организмов) было официально узаконено в 1881 г. решением II Международного геологического конгресса (МГК), после чего в стратиграфии получили права гражданства понятия субстратных «стратиграфических подразделений» и эквивалентных им временных «геохронологических подразделений». Данные категории после серии вариаций на тему, что «первично», что «вторично», используются до настоящего времени и поддерживаются отечественными стратиграфическими кодексами и международными стратиграфическими справочниками.

Подавляющее большинство стратиграфов придерживается мнения о возможности рассматривать явления геологического прошлого в рамках физического, обыденного астрономического времени. Именно на этих суждениях основаны известная концепция хроностратиграфии и связанные с ней представления об изохронных границах, якобы секущих все актуальные границы геологических тел, т. е. не связанных с наблюдаемыми следами событий. Один из отцов-основателей хроностратиграфии Х.Д. Хедберг помещал эти изохронные границы и запечатлевающие их следы событий в стратотипах. В рамках дочерней концепции GSSP эти представления использовались для создания программы установления нижних границ стратиграфических подразделений в специально подобранных разрезах (лимитотипах), где абсолютная датировка возраста точки на определяемой границе, по мысли авторов программы, призвана обеспечить стабильность положения данной границы. Однако следы событий и сама граница прослеживаются на ограниченной территории, за которой они невидимы и «им соответствуют неосязаемые идеальные уровни» (Мейен, 1989, с. 29).

С.В. Мейен считает, что в стратиграфии мы не применяем истинно внешнеотсчетных шкал. Можно говорить лишь о внутренних (хронологических) и внешних (хронометрических) шкалах. Он исключает использование в стратиграфии хронометрических шкал вместо хронологических и дает следующее пояснение к определению понятия хронология: «Вместо внешних шкал, т. е. вместо хронометрии, мы упорядочиваем события по отношениям “раньше”/”позже”... и имеем право даже не интересоваться, насколько раньше или позже произошло одно событие относительно другого в какой-либо внешней метрической системе. Такое неметрическое упорядочивание событий по отношениям “раньше”/”позже” (или “между”) мы будем называть хронологией» (Мейен, 1989, с. 30). Такого же понимания хронологии придерживаюсь в настоящей работе и я.

1.3. Хроностратиграфия

Отмеченная принципиальная «хронологическая» позиция классиков стратиграфии имеет прямое отношение к дуализму понятия «время», возникшему в связи с использованием времени в стратиграфии. Стратиграфы в течение 100 с лишним лет создавали свою историческую шкалу времени – хронологическую – и мерили геологическое время не циклами астрономических процессов, а теми геологическими и биологическими событиями, которыми это время было наполнено. В итоге построена зональная биохронологическая шкала, позволяющая детально воссоздать геологическую историю Земли, по крайней мере, на протяжении последних 542 млн лет. Хронологические шкалы относятся к *шкалам порядка* (Гоманьков, 2007). С их помощью устанавливаются временные бинарные отношения «раньше, чем» между геологическими телами.

Как показала многолетняя практика стратиграфических работ, хронологические шкалы вполне удовлетворительно позволяют решать все основные задачи стратиграфии: расчленение разрезов, их корреляцию, реконструкцию геологических структур в масштабе региона и планеты, построение календаря геологических событий (Общую стратиграфическую шкалу). Иными словами, в стратиграфии с успехом используется то самое время-порядок, которое С.В. Мейен (1986) назвал «временем без

часов», и, казалось бы, при существующем положении в стратиграфии вполне можно и нужно обходиться этим временем.

Однако с самого начала осознанной деятельности стратиграфов рядом со «временем без часов», как тень, всегда стояло «время с часами». Стратиграфы, приложившие столько усилий к созданию «стратиграфии без часов», не могут избавиться от демона абсолютного времени И. Ньютона. Так, параллельно со стратиграфической шкалой с ее субстратными подразделениями (эратемой, системой, отделом, ярусом) в практику стратиграфических исследований была введена и собственно временная шкала с «геохронологическими» подразделениями – эрой, периодом, эпохой, веком. Действительно, актуализация давно прошедших геологических событий почти неизбежно возвращает к привычному, обыденному времени. Мы мысленно переносимся в эти отдаленные времена и делаемся участниками давно свершившихся событий, словно они происходят в наше время. В этом случае неуместно звучит утверждение, что «динозавры жили в юрской системе». Хочется, чтобы их жизнь привычно протекала «в юрском периоде». Впрочем, если бы эти нюансы касались только фразеологии и не внедрялись в понятийный аппарат стратиграфии, с дуализмом геологического времени можно было бы примириться. Однако в реальности процесс раздвоения времени пошел значительно дальше области стилистики и затронул основания стратиграфии. Возникла новая химерическая область стратиграфических знаний – хроостратиграфия, которая, по мнению О. Шиндевольфа, «составляет самую темную и самую запутанную главу стратиграфии» (1975, с. 84). Между тем хроостратиграфия продолжила свое бытие (Международный..., 1978, 2002) и, мало того, породила не менее странную дочернюю концепцию GSSP (Cowie, 1986; Guidelines..., 1986).

Хроостратиграфия взяла под свою опеку все основные стратиграфические и хронологические единицы Общей стратиграфической шкалы, обозначила их главный признак – общность времени формирования. «Хроостратиграфические подразделения ограничены изохронными поверхностями» (Международный..., 1978, с. 88). «Хроостратиграфические подразделения – это совокупность пород, как слоистых, так и неслоистых, которые сформировались в течение определенного интервала геологического времени. Подразделения геологического времени, в течение которых сформировались хроостратиграфические подразделения, называются геохронологическими подразделениями» (Междуна-

родный..., 2002, с. 28). Не остались в стороне и отечественные ученые, признавшие, что «...основной особенностью хроностратиграфических подразделений является изохронность их границ» (Степанов, Месежников, 1979, с. 357). Все попытки урезонить создателей и адептов новой области стратиграфических измышлений указанием на то, что хроностратиграфия не располагает собственным методом исследований и чаще всего использует биостратиграфический метод (Шиндевольф, 1975), ни к чему не привели. Жить и размышлять в сфере количественного («абсолютного») времени с привычным ощущением его длительности и внешнеотсчетным базисом (часами) оказалось для многих стратиграфов непреодолимым соблазном, несмотря на понимание того, что в стратиграфической геологии такому времени места нет.

1.4. Безвременная стратиграфия

Впрочем, есть и другая крайность, когда в знак протеста против абстрактного хроностратиграфического времени исследователи предлагают вообще отказаться от всякого упоминания времени в стратиграфии. В этом отношении показательна позиция В.Л. Егояна, посвятившего специальную статью вопросу использования времени в стратиграфии. Разъясняя истинное, с его точки зрения, содержание термина «возраст» в геологии, он указывает на его тавтологическое соответствие выражению «установление стратиграфической принадлежности или стратиграфического положения (образца, забоя скважины)» (1987а, с. 3). Затем автор без обиняков отмечает, что под «одновозрастностью» он понимает «принадлежность к одному и тому же стратону». Иначе говоря, он предлагает оперировать овеществленной шкалой-разрезом, изгоняя в соответствии с пропагандируемыми им взглядами время из обихода стратиграфии. Однако, как показано далее, и определение возраста, и понятие одновозрастности тесно связаны с применением хронологических шкал, которые являются временными, несмотря на то, что в них не используется количественное время-длительность, но, безусловно, применяется качественное время-последовательность. По этой причине категории «возраст», «одновозрастность» и т. п. вполне уместны в соответствующем стратиграфическом контексте. Единственное, о чем следует постоянно помнить, что во всех подобных случаях речь идет о хро-

нологическом возрасте (т. е. об определенном положении объектов на хронологической шкале), хронологической одновозрастности (т. е. об одинаковом положении одновозрастных объектов на хронологической шкале).

Кроме того, когда В.Л. Егоян говорит об одновозрастности объектов как их принадлежности к одному и тому же стратону, получается, что один и тот же «стратон», т. е. одноименное стратиграфическое подразделение, может существовать в разных разрезах. Это совершенный нонсенс. Один и тот же «стратон», точнее подразделение хронологической шкалы, присутствует только на шкале. Следует признать, что даже общепризнанные всесветными стратоны (например, ярусы) реально имеются только там, где они официально установлены, – в стратотипическом разрезе. Все их, так называемые возрастные аналоги за пределами стратотипической местности уникальны (как и сам стратотип) и получают конкретное название (апт, альб и др.) в результате корреляции со стратотипом данного подразделения (например, апта или альба), выполненной с помощью хронологических шкал. По этой причине в этих случаях уместнее говорить об одновозрастности, разумея под нею хронологическую тождественность.

В.Л. Егоян постоянно говорит о некой «стратиграфической шкале», которая якобы лежит в основе всех других построений в стратиграфии, предваряет их и не нуждается в понятии «время». Хотя он нигде прямо не раскрывает данный термин, но из контекста можно понять, что речь идет о литостратиграфической шкале, трактуемой автором как конкретный (может быть, сводный) разрез, составленный из породных *стратонов*, на которые и возлагается задача вытеснить «время» из обихода стратиграфии.

Однако даже литологическая шкала не может рассматриваться как конкретный разрез. Прежде чем получить подобную шкалу, мы должны в каждом разрезе выделить признаки, пригодные для корреляции этого разреза с другими. Из таких тождественных литологических признаков, расположенных в одинаковой стратиграфической последовательности, составляется литологическая шкала, представляющая собой в этом виде значительное отвлечение от определенных разрезов, на которых она построена. Самое главное, чего не замечает В.Л. Егоян, данная шкала не менее хронологична, чем любые другие (например, биостратиграфическая), используемые в стратиграфии.

Правда, по мнению В.Л. Егояна, в «стратиграфической шкале» не возбраняется использовать органические остатки. В частности, он пишет: «...ничто не мешает строить *рядом* (курсив мой. – В. Ч.) со стратиграфической шкалой схемы развития тех либо иных групп ископаемых, как мы часто и делаем» (1987а, с. 11). Однако автор не учитывает, что только после успешного завершения этой малозначительной (рядом со стратиграфической шкалой!) акции мы получаем возможность коррелировать разрезы между собой, в том числе со стратотипическими, и тем самым опознавать определенные стратоны, о которых он говорит. Не вызывает сомнений, что так называемая Международная стратиграфическая шкала необходима только в качестве международного хронологического языка (Мейен, 1981). Корреляцию мы осуществляем чаще всего с помощью биохронологических шкал, которые «стратонами» заменить не удастся.

Из этого можно заключить, что В.Л. Егоян не против биостратиграфии, но полагает, что биостратиграфические подразделения устанавливаются непосредственно в разрезах, после чего мы и получаем овеществленную шкалу-разрез, или, по его терминологии, – «стратиграфическую шкалу». В связи с этим он считает, что пример деятельности В. Смита или даже Ж. Сулави, не подозревающих о закономерностях эволюции организмов (о которых стало известно позднее), свидетельствует о возможности обойтись без знания закономерностей органической эволюции в биостратиграфии, как и без времени в стратиграфических построениях.

Он не заметил главного – биостратиграфическая шкала, хотя бы и помещаемая им непосредственно в разрез, в любом случае является хронологической шкалой, построенной на палеонтологической основе и использующей ритмику биологического времени, т. е. эволюционные ритмы возникновения и вымирания биологических таксонов. Естественно, можно об этом не задумываться или не знать, как не знали приводимые В.Л. Егояном в качестве примера В. Смит и Ж. Сулави. Тем не менее, эволюция организмов и понятие времени-последовательности (т. е. хронология) помогали и помогают строить хронологические шкалы на палеонтологической основе и тем стратиграфам, которые не могли (как В. Смит и Ж. Сулави) или не хотят (как В.Л. Егоян) учитывать этого в своих концептуальных декларациях.

Конечно, осознанное применение положений эволюционной теории в биостратиграфических построениях значительно увеличивает наши возможности. Например, когда при строительстве зональной шкалы по конодонтам я старался использовать в качестве ее базиса морфологические тренды, в которых четко проявлена направленность в изменении определенного признака, то делал это неслучайно. Мне было известно, что данный феномен следует из определенных особенностей эволюционного изменения дифференцирующих признаков при ансамблевой эволюции родственных видов и не должен быть зависим от фациальных условий существования этих видов. Это предположение проверялось затем на практике, но оно было предсказуемо на основе эволюционной теории.

В то же время понятен протест ряда исследователей против хроностратиграфического взгляда на геологическую историю, которую, по мысли адептов, можно разделить неосязаемыми изохронными границами. Но отсюда не следует вывод, к которому призывает В.Л. Егоян, – вообще изъять из стратиграфии время как нечто вторичное, извлеченное из имеющихся стратиграфических фактов только для их объяснения, а затем в нарушение логических правил переведенное в обоснование, базис стратиграфии. Хронологическая шкала, без которой невозможно осуществить корреляцию стратиграфических границ, определить геологический возраст стратиграфических подразделений разрезов и опознать в них стратоны, находящиеся в стратотипах, – это модельное представление геологического времени – и без хронологических шкал нет стратиграфии.

1.5. Зональное время

Несмотря на мою рациональную установку отказа от использования в стратиграфии обыденного (физического, астрономического) времени, часто очень хочется верить, что хронологическая тождественность каких-либо разноместных событий, установленная по идентичным последовательностям одноименных видов ископаемых, приближается к синхронности в физическом смысле. Понятно, что эта вера проистекает из актуалистической практики обращения к нашему повседневному земному времени, которому в стратиграфии нет места.

Поэтому неудивительно, когда даже самым горячим приверженцам исторической стратиграфии иногда изменяет чувство хронологического времени. Так, защищая понимание биостратиграфической зоны в качестве временного подразделения, многие из них (даже О. Шиндевольф!) обращаются к помощи абсолютного времени и определяют зону как породы, образовавшиеся за время жизни одного вида или сообщества организмов. Как здесь вновь не вспомнить С.В. Мейена, который в подобных случаях проявлял бóльшую осторожность в обращении со временем и пользовался только временем-порядком.

Как единица хронологического времени зона может рассматриваться только в качестве подразделения зональной хронологической шкалы. Будучи наименьшей единицей этой шкалы, зона не может быть измерена никакой другой хронологической мерой. По этой причине на шкале зона может быть только *моментом*, если угодно, *квантом* хронологического времени. Ни о каком времени жизни вида речи идти не может. Во-первых, потому что при выделении зоны мы опираемся на далее нерасчленимое событие «существование вида», во-вторых, хронологическая шкала не определяет время-длительность, а только время-порядок. Мы должны исходить из того, что актуалистические модели физического времени с использованием единиц-длительностей в стратиграфии невозможны. Умозрительные размышления на тему, что такое зона – слои ли это во времени или время, запечатленное в слоях (Месежников, 1992), – совершенно бесплодны и потому излишни в «стратиграфии без часов». Конечно, легко можно представить материальные слои, сформировавшиеся за определенное (нематериальное) время. Однако именно этого нематериального времени мы в стратиграфии не имеем. Наше время – это время-событие. Только событиями, последовательность которых принята как базис для построения хронологической шкалы, возможно измерить интересующее нас в стратиграфии время. В случае зональной биохронологической шкалы с нее считывается последовательность существования видов-индексов, которая, собственно, и дает самое точное стратиграфическое (геологическое) время.

В дальнейшем при обсуждении вопросов зональной биохронологии я постараюсь исключить обращение к физическому времени и оперировать только временем хронологическим, событийным, временем-порядком (временем-последовательностью). Понятно, что нелегко отказаться от привычного физического времени при умозрительной актуализации

событий прошлого и размышлять в рамках хронологических дат-событий. Однако никакого другого способа использовать понятие «время» в биохронологии нет. Чем скорее это будет осознано, тем быстрее будет достигнуто единодушие среди специалистов при обсуждении многих проблемных вопросов стратиграфии.

Глава 2

ЗОНА И ЗОНАЛЬНЫЕ БИОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ШКАЛЫ

В стратиграфии, как и во многих других областях геологических знаний, у разных авторов один и тот же термин нередко приобретает различный смысл. В этих условиях обсуждение неких спорных положений в стратиграфии становится спором о терминах и не доходит даже до постановки вопроса, по которому предполагалась дискуссия. В связи с этим, прежде чем перейти к непосредственному изложению материала по выбранной теме, я считаю необходимым внести ясность в содержание наиболее часто используемых понятий и терминов. Говоря о «ясности», я имею в виду не столько истинность, сколько определенность. Здесь «внести ясность» означает дать определение и в дальнейшем придерживаться того содержания понятия, которое следует из принятого определения.

2.1. Зональная биохронология

Как отмечалось ранее, к зональной биохронологии относится область биостратиграфии, в которой используются методы построения зональных хронологических шкал на основе эволюционной последовательности видов ископаемых. Эволюционные линии (фратрии) являются идеальным базисом при создании зональных биохронологических шкал по ряду причин. Во-первых, сконструированные на них зональные шкалы отвечают требованию непрерывности, во-вторых, именно в случае эволюционной последовательности видов можно надеяться на ее необратимый характер и стабильность (независимость от фациальных условий). Несмотря на то, что этот совершенный базис практически не достижим, однако декларация его необходимости ориентирует работу специалиста, конструирующего такую шкалу, в определенном направлении, шаг за шагом приближающем шкалу к обозначенному идеалу.

Зональный метод является одним из наиболее востребованных в биостратиграфии. Вместе с тем, как это ни покажется странным, в стратиграфических работах, авторы которых обращаются к этому методу, не приводятся сведения, касающиеся его определения, характерных особенностей, возможностей, границ применения и прочих данных, которыми принято сопровождать методические основания работы. Я в течение ряда лет пытался привлечь внимание специалистов к этой странной ситуации, делал попытки дать перечень некоторых общих вопросов зональной стратиграфии (Черных, 1993, 2005, 2008), а также определил зональный метод как прием исследований, где используются корректно построенные биохронологические зональные шкалы для стратиграфического расчленения отложений и корреляции выделенных стратонов (Черных, 2005).

Мне неизвестны другие работы, в которых было бы дано определение зонального метода, используемого в биостратиграфии для расчленения разрезов и их корреляции. Прежде чем дать обоснование данной ранее дефиниции, требуется внести ясность в понятия «зона» и «зональная шкала», широко применяемые в литературе также без всякого разъяснения того содержания, которое вкладывают в них авторы. Нередко приходится слышать от специалистов, занимающихся зональной биостратиграфией, что биостратиграфические шкалы – это сводный непрерывный разрез, построенный путем корреляции некоторого количества необходимых для этого разноместных конкретных разрезов. Зона в таком случае рассматривается как «материальное объективно существующее стратиграфическое подразделение, выраженное отложениями определенной мощности и охарактеризованное зональным комплексом ископаемых организмов» (Раузер-Черноусова, 1967, с. 104). С этим полностью согласны авторы всех современных справочных изданий по стратиграфии (как российских стратиграфических кодексов, так и зарубежных), где формулировка термина «зона» начинается со слов «слои, совокупности слоев», и в таком виде зональное подразделение вполне отвечает пониманию шкалы, состоящей из зон, как субстратной материальной конструкции – сводному стратиграфическому разрезу.

Одна из последующих глав настоящей работы (глава 4) отводится детальному обсуждению содержания и использованию зонального метода для установления и корреляции стратиграфических границ.

2.2. Хронологическая шкала и стратиграфическая шкала

Рассмотрим тесно связанное с хронологией понятие *«хронологическая шкала»*. Большинство стратиграфов предпочитают использовать термин *«стратиграфическая шкала»* (Международная стратиграфическая шкала, Общая, региональная, местная) и обычно избегают упоминания хронологических шкал. Единственным исключением является обращение к единицам *«геохронологической шкалы»* в тех случаях, когда идет речь не о субстратных стратиграфических подразделениях (породах), а о времени, в течение которого образовались эти породы. Под временем в данных случаях понимается обыденное, физическое время. Очень редко в стратиграфических работах удается встретить категорию *«хронологическая шкала»* и ее определение.

С.В. Мейен предлагает название *«хронологическая шкала»* для совокупности *«событий, специально подобранных для дальнейших временных сопоставлений (т. е. для последующей корреляции)»* (1989, с. 30). В этом определении подчеркнуто главное – событийная природа хронологических шкал и их единственное – корреляционное – назначение, с чем можно полностью согласиться.

Интересно, что и С.В. Мейен, который говорит о несовместимости с современной физической картиной мира противопоставления отрезков *«самого»* времени и образовавшихся за эти отрезки толщ пород, находит возможным наряду с хронологической шкалой ввести понятие *«стратиграфическая шкала»*. Приведем это определение: *«В конкретных разрезах, относящихся к смежным конкретным регионам, всегда есть какие-то общие признаки, отражающие следы одних и тех же обстановок и событий. Совокупность этих следов, повторяющаяся во всех конкретных регионах, составляет общую для них региональную стратиграфическую шкалу (РСШ)»* (Мейен, 1989, с. 27).

Обратим внимание на различия в данных С.В. Мейеном определениях стратиграфической и хронологической шкал. Для последней применяется совокупность повторяющихся событий, а для первой – признаки, отражающие совокупность следов повторяющихся событий. Создается впечатление, что в одном случае мы можем использовать эти события непосредственно и получить хронологическую шкалу, а при создании стратиграфической шкалы вынуждены довольствоваться только при-

знаками даже не событий, а следов событий. Мне кажется, что обе формулировки по существу идентичны и речь в них идет о хронологической шкале.

Введение С.В. Мейеном категории «*элементарная шкала*», под которой он понимает «конкретный разрез, в характеристике которого оставлены только признаки, пригодные для дальнейшей корреляции этого разреза с другими» (1989, с. 27), не оставляет сомнения в том, что в его представлении стратиграфическая шкала – это разрез. Данное мнение разделяют многие стратиграфы. Например, В.Г. Ганелин определяет стратиграфическую шкалу как вещественный (субстратный) базис реконструкции геологического времени, а подразделения этой шкалы – как целостную естественно-историческую совокупность горных пород (1992, с. 78). Д.П. Найдин синонимизирует понятия «Общая (Международная) стратиграфическая шкала» и «сводный разрез стратисферы» (1994, с. 13). В.Л. Егоян использует выражение «слои шкалы по фораминиферам» (1987б, с. 24), не скрывая своего – субстратного – трактования стратиграфической шкалы (см. подраздел 1.4).

В полном соответствии с таким «субстратным» видением шкалы дается определение Общей стратиграфической шкалы в последнем отечественном Стратиграфическом кодексе, которая представляется авторам как «совокупность общих стратиграфических подразделений (в их полных объемах, без пропусков и перекрытий), расположенных в порядке их стратиграфической последовательности и таксономической подчиненности. Она служит для определения стратиграфического положения подразделений всех других категорий и видов» (Стратиграфический..., 2006, с. 15). Далее сказано, что под общими стратиграфическими подразделениями понимаются «совокупности горных пород (геологические тела)» (там же, с. 19). Это полностью проясняет, что общая стратиграфическая шкала в трактовке создателей кодекса является субстратной конструкцией.

Попутно заметим, что данная шкала *«служит для определения стратиграфического положения подразделений всех других категорий и видов»*. Это делает совершенно непонятным назначение геохронологической шкалы, которая определена в кодексе 1992 г., во-первых, как шкала относительного геологического времени, во-вторых, как «последовательный ряд геохронологических эквивалентов общих стратиграфических подразделений в их таксономической последовательности» (Стратигра-

фический..., 1992, с. 22). Слова «шкала относительного геологического времени» изъяты из кодекса 2006 г., но все остальное сохранено и оставляет то же недоумение относительно назначения подобной «геохронологической шкалы». Единственное, что дает такая шкала – возможность рассмотрения геологических процессов и событий в рамках физического времени, поскольку ничем другим «геохронологические эквиваленты совокупностей горных пород (геологических тел)» в этом определении быть не могут. О бесполезности подобного рода эквивалентов в стратиграфии говорит О. Шиндевольф, считая, что понятия «триасовое время, позднедевонское время или время *Manticoceras* позволяют столь же однозначно выразить, что под ними подразумевается, как и понятия триасовый период, позднедевонская эпоха, век *Manticoceras* или адорфский век» (1975, с. 45).

Едва ли может быть обосновано разделение шкал на стратиграфические и хронологические. Во-первых, потому, что «в самой глубокой теоретической основе все стратиграфические шкалы одинаковы в своей хронологичности» (Мейен, 1989, с. 27). Отсюда, как мне представляется, следует, что термин «стратиграфическая шкала» не говорит ни о чем другом, кроме того что «данная хронологическая шкала используется для целей стратиграфии» (Черных, 2005, с. 7). Следовательно, никаких стратиграфических субстратных шкал не существует (что не отменяет наличия стратиграфических подразделений – субстратных эквивалентов хронологических подразделений уже построенной хронологической шкалы). В стратиграфии есть только хронологические шкалы, основанные на признаках различной природы – литологических, палеонтологических, геохимических и всяких других стратифицирующих признаках, – что опять-таки не отменяет их общей хронологической природы. Если эти шкалы используются для решения стратиграфических задач *расчленения и корреляции разрезов*, чтобы подчеркнуть их целевое, функциональное назначение, мы можем назвать их стратиграфическими, но не должны забывать, что все они по природе – хронологические.

Во-вторых, каждый, кому доводилось заниматься конструированием хронологических шкал, знает, сколь значительно отличается, например, зональная биохронологическая шкала, построенная по «следам событий» эволюционного развития некоторой группы организмов, от того первичного материала, который мы действительно извлекаем из многих конкретных разрезов. Во всяком случае, такие шкалы никак не наследу-

ют от разрезов их субстратности (но только их хронологичность) и их подразделения (на шкале) не могут называться *стратонами*. Как мне приходилось говорить ранее, во избежание разночтений в понимании термин «*стратон*» следует использовать для субстратных подразделений разрезов (слоев, пачек, свит, толщ и т. п.) и не применять в качестве наименований подразделений стратиграфических (а по существу – хронологических) шкал. Иначе хронологическая шкала рискует превратиться в сводную колонку разрезов.

Попутно замечу, что так называемая Общая (Международная) стратиграфическая шкала позволяет выполнить корреляцию разрезов (в том числе датировку возраста, которая также есть корреляция со стратотипом), только когда из нее извлекается биохронологическая составляющая – шкала, построенная на палеонтологической основе. В ином случае эта конструкция из совокупностей горных пород «в полных объемах, без пропусков и перекрытий», как она представлена в отечественном Стратиграфическом кодексе (2006, с. 15), никакой шкалой служить не сможет.

В наиболее общем виде стратиграфическую (хронологическую) шкалу можно определить как инструмент модельного представления геологического (хронологического) времени. Хронологическая шкала – это шкала качественного, событийного, исторического времени. В метрологии их относят к шкалам порядка и называют также *ординальными* или *ранговыми*. В них оставляется в стороне оценка количественных свойств времени (длительности) и делается упор на порядок следования тех событий, которые принимаются в качестве оценочной единицы (подразделений шкалы). Пользуясь хронологическими шкалами, мы устанавливаем временные бинарные отношения «раньше, чем» между геологическими телами (Гоманьков, 2007).

Итак, временные шкалы в стратиграфии могут быть только хронологическими и представляют собой, по определению С.В. Мейена, совокупность событий, специально подобранных для дальнейших временных сопоставлений (т. е. для последующей корреляции). Поскольку далее нас интересуют только стратиграфические шкалы на палеонтологической основе, постольку следует конкретизировать приведенное определение и считать, что *биостратиграфические шкалы представляют собой хронологическую последовательность палеонтологических событий, общую для большого количества разрезов.*

2.3. Зона и зональные биохронологические шкалы

Напомню, что VIII сессия Международного геологического конгресса в Париже в 1900 г. определила *зону* в качестве наименьшей, элементарной единицы хронологической шкалы. Ранее, в 1881 г. на II сессии МГК в Болонье зона как минимальная хронологическая единица получила название «*момент*».

Наибольшим признанием в стратиграфии пользуются зональные хронологические шкалы на палеонтологической основе, построенные по результатам изучения эволюционного развития разных групп ископаемых организмов. Такие зональные шкалы я называю биохронологическими (БХШ). Именно им, их построению и применению в значительной мере посвящена настоящая работа.

Следует заметить, что зональные хронологические шкалы, построенные на палеонтологической основе, стоят несколько особняком от всех других хронологических шкал. Во-первых, они составлены из наименьших (по определению) хронологических единиц – зон. Хронологическое время, иначе говоря, время историческое, событийное, не может подразделяться бесконечно, поскольку это приведет к исчезновению событий, являющихся основой, базисом хронологии. Зона как минимальное подразделение хронологической шкалы принимается в качестве своеобразного момента хронологического времени. Чтобы отразить этот факт чисто технически, мы должны изображать зону на шкале черточкой-риской, не имеющей протяженности, такой, как минутная риска на циферблате часов. На зональной хронологической шкале имеется только последовательность подобных зональных меток, расстояние между которыми не имеет предметного содержания. Все подразделения равноценны и различаются только местом, занимаемым на шкале. Таким образом, зональные подразделения – это моменты хронологического времени (не делятся на части), они дискретны (между смежными зонами нет временных переходов) и равноценны (эквиполентны).

Во-вторых, в зональных хронологических шкалах наиболее отчетливо присутствует событийный базис – ряд сменяющих друг друга в стратиграфической (хронологической) последовательности событий: «существование вида А», «существование вида В», «существование вида В» и т. д. Эти события и служат основой построения зональных хронологи-

ческих шкал, наименьшими подразделениями которых являются зоны. Именно они дают нам шкалу времени-последовательности.

Для того чтобы зона на шкале действительно приближалась к минимально возможному пределу, необходимо для ее построения использовать такие события, которые происходят на пределе делимости (но не переходят его!) самого базисного процесса. Здесь приходится обратиться к эволюционным линиям как самому подходящему базису для зонального хронологического строительства. Во-первых, данная линия, связывающая хронологическую последовательность генетически родственных форм, вскрывает *наиболее полную картину* изменения стратифицирующего признака и это позволяет выбрать оптимальный масштаб для установления таксономической единицы (как бы мы ее ни называли – видом, подвидом или морфотипом). Во-вторых, филогенетическая последовательность форм часто (хотя бы на коротких временных интервалах) обнаруживает направленное развитие определенных признаков. Это дает возможность перейти от таксономических шкал к мерономическим, создаваемым на основе морфологических трендов гомологичных признаков (конодонтов, граптолитов, тентакулитов и др.), и получить максимально детальные шкалы на пределе делимости стратифицирующих признаков. Обсуждению биологических оснований и приемов построения мерономических шкал отведена часть II настоящей работы.

Обратимся вновь к вопросу о зоне как наименьшему подразделению БХШ. Традиционная практика детализации зональных шкал приводит к появлению все новых и новых терминов для обозначения так называемых *инфразональных* подразделений шкалы (подзон, зонул, биогоризонтов и т. п.). С моей точки зрения, не имеет никакого смысла обозначать каждый шаг в детализации шкалы отдельным термином. Намного проще и правильнее сохранить термин «зона» за минимальным на данный момент подразделением построенной и продолжающей подвергаться детализации шкалы. Тогда не возникнет подобной (ничем неоправданной) ситуации, когда для выделения наименьших подразделений аммонитовых шкал юры принимаются особые условия, особые названия (например, биогоризонты) и их специальное определение (Рогов и др., 2012), отличное от такового зональных подразделений всех других шкал (не юрских и не аммонитовых).

Едва ли подобная практика может быть оправдана особым положением юрской системы, как подчеркивают авторы упомянутой статьи, предваряя ее (в виде эпиграфа) высказыванием В. Аркелла об уникальности юрской системы. Я думаю, что при желании подобную работу по минимизации биостратонов могли бы провести и другие специалисты при выделении наименьших подразделений граптолитовых шкал в ордовике или конодонтовых шкал в девоне и получить «свои», особенные инфразональные подразделения, которые позволили бы выделить «свои» граптолитовые или конодонтовые «атомы» в ордовикской или девонской биостратиграфии. Однако ни к чему, кроме как к засорению терминологического и понятийного базиса зональной стратиграфии, это не приведет.

При маркировке биохронологической шкалы зональный масштаб мы извлекаем исключительно из самого процесса эволюции организмов. Получаемое при этом время не есть, как это часто можно прочитывать в стратиграфических работах, «время жизни вида». Об этом времени мы знать ничего не можем, и упоминать его в туне не имеет никакого смысла. Стратиграфическое время, «снимаемое» непосредственно с зональной биохронологической шкалы, – это время-последовательность вполне определенных событий, названных ранее событиями «существования определенных видов». Именно их последовательность и есть то время, которым мы пользуемся в стратиграфии как для расчленения разрезов на стратоны, так и для их корреляции.

2.4. Зона и стратозона

Термин «зона» в биостратиграфии часто употребляется как для обозначения наименьшего подразделения хронологической шкалы, так и его материального эквивалента в конкретном разрезе отложений, который я вслед за П. Сильвестер-Бредли (Sylvester-Bradley, 1967) предложил называть *стратозоной*.

В этом предложении есть некая недоговоренность, которую следует раскрыть с полной определенностью. Дело в том, что термины «зона» или «ярус» впервые введены А. Д'Орбиньи и обозначали *слои*, охарактеризованные содержащимися в них фаунистическими остатками. Иными словами, под зоной он понимал часть разреза – толщу пород, где

размещены характерные для данной зоны комплексы ископаемых остатков организмов. В дальнейшем такая – субстратная – трактовка зоны сохранилась у всех исследователей, начиная с А. Оппеля и заканчивая современными специалистами. Все они рассматривают зону только как подразделение разреза и почти никогда не говорят о зоне как о подразделении хронологической шкалы, хотя оппелевские «идеальные профили», построенные по результатам изучения вертикального распространения находок ископаемых организмов, вполне заслуживали названия «биохронологическая шкала».

Очень редко поступали предложения различать зоны как материальные тела и зоны как маркеры, отмечающие последовательность эволюционных событий. Одним из первых исследователей, кто ясно осознал необходимость выделения субстратного и хронологического аспектов при использовании зонального метода биостратиграфической корреляции, был С. Бакмэн. Он предложил термин и понятие «гемера» в качестве хронологического индикатора фаунистической последовательности (Buckmen, 1893). Несмотря на то, что под этим названием понимался момент расцвета зонального вида (или зонального комплекса видов), что снижало соответствие, искажало соразмерность хронологического (гемера) и стратиграфического (зона) аспектов при подобном подходе, главным является осознание необходимости их дифференциации. Гемера – хронологическая единица, зона – стратиграфическая (материальная, субстратная). Таким образом, С. Бакмэн под зоной разумел слои с неким зональным видом (или комплексом видов), т. е. зону как стратиграфическое подразделение, а гемерой именовал ту же зону, но как подразделение хронологической шкалы, хотя никогда не употреблял этого термина.

Э. Дакке (Dacque, 1915) рассматривал понятие «зона» как хронологический эквивалент всех ее одновозрастных отложений, но не предложил термина для субстратного, стратиграфического эквивалента зоны, который я называю стратозоной. Г.П. Леонов решил, что для логического равновесия данная точка зрения должна предусматривать две ипостаси категории «зона»: зона собственно (*s. str.*), т. е. отложения с зональной формой (или группой форм), и все ее стратиграфические эквиваленты (зоны *s. str.*), которые могут быть сопоставлены по времени образования. Этот последний вариант зоны Г.П. Леонов считает зоной в хроностратиграфическом смысле, или хронозоной, и предлагает назвать ее «дакке-зона». Далее, подытоживая сказанное по поводу взглядов С. Бакмэна

и Э. Дакке, он говорит: «С введением этой единицы ряд подразделений зонального ранга... становится полным: исходной биостратиграфической единице – зоне – будет отвечать хронологическая единица – гемера, а последней – хроностратиграфическая единица – “дакке-зона” (зона Дакке, оппель-зона Д.Л. Степанова, хронозона проекта международного “положения”» (Леонов, 1974, с. 52).

Следует подчеркнуть, что и Д.Л. Степанов, и Г.П. Леонов понимают под хроностратиграфическими единицами подразделения «земной коры, которые охватывают все отложения, образовавшиеся в течение определенного промежутка времени» (Степанов, 1958, с. 32). Если учесть, что здесь имеется в виду время обыденное, физическое, то станет ясно, что предложенный Г.П. Леоновым ряд зональных подразделений не имеет никакого отношения к предложению Э. Дакке. Последний, как и С. Бакмэн, рассматривая временной аспект зоны, безусловно, исходили из событийного времени и отказывались использовать обыденное время в построениях. Об этом с несомненностью свидетельствует пример, приводимый С. Бакмэном, чтобы показать смысл вводимой им категории «гемера» для датировки разноместных событий. «Время Эдуарда VII, – говорит он, не указывая, заметим, календарных дат этого периода, – может так же хорошо датировать событие, происшедшее в Австралии, как и событие, имевшее место в Англии, хотя Эдуард VII никогда не посещал Австралию. Таким же образом гемера Murchisonae может датировать время образования слоев в местности, в которой вид Murchisonae никогда не обитал» (Buckman, 1902, p. 557). Из этой фразы определенно следует, что никакого дополнительного («хроностратиграфического») подразделения для данной операции С. Бакмэну (как и Э. Дакке) не требуется. Под временем они разумеют, как и в случае события «эпоха правления Эдуарда VII», событие «существование вида Murchisonae». Никакого другого времени, которое позволяло бы рисовать изохронные границы и выделять хронозоны, у нас в стратиграфии нет. Это хорошо понимали С. Бакмэн и Э. Дакке, но не принимал во внимание Г.П. Леонов. К сожалению, не он один.

Г. Харрингтон (Harrington, 1965) – один из немногих современных исследователей, кто ясно осознавал зону как субстратное тело и единицу событийной (хронологической) шкалы. Тем не менее, он не воспользовался термином «шкала», столь уместным для обозначения событийной последовательности.

Появление «геохронологических» подразделений наряду со стратиграфическими не внесло ясности в вопросы размежевания стратиграфических объектов и хронологических шкал: Общая стратиграфическая шкала сохранила толщи пород в качестве своих подразделений, а «геохронология» вернула временной аспект в рамки астрономического времени и ничего не дала для собственно хронологии. Для зоны в общих стратиграфических подразделениях предусмотрено название «хронозона», а ее геохронологический аналог предложено называть «фазой». По поводу этих двух терминов необходимо сказать следующее. Термин (и понятие) «хронозона» как общее стратиграфическое подразделение по определению является «совокупностью горных пород» (Стратиграфический..., 2006, с. 19), и приставка «хроно» оказывается совершенно неуместной. Более того, она возвращает нас к той трактовке «хроностратиграфических подразделений», которую проповедовал Х.Д. Хедберг и от которой в последнем отечественном Стратиграфическом кодексе разумно отказались. Термином «фаза» не пользуется практически никто. Остается только термин «зона», применяемый как в случае, когда речь идет об отложениях, так и для обозначения времени, за которое они накопились. По В. Аркеллу, «зона... – это любые отложения, слои или формации, накопившиеся... за время жизни вида-индекса» (Arkell, 1956, p. 34). Данное определение почти дословно повторяется у В.И. Бодылевского (1964), его сочувственно цитируют многие отечественные стратиграфы. В этой трактовке, как и прежде, присутствует время (надо понимать, время астрономическое) жизни вида-индекса и отсутствует хронология, без которой нет стратиграфии.

После всего сказанного, казалось бы, следует искать новое название для наименьшего подразделения хронологической шкалы, поскольку для подразделения разреза название «зона» уже существует. Однако я хочу обратить внимание на одну особенность во взаимоотношениях общих стратиграфических и геохронологических подразделений, которая отмечается в последнем отечественном Стратиграфическом кодексе. Она состоит в том, что на *первое место* поставлены стратоны (общие стратиграфические подразделения), а геохронологические подразделения находятся на *втором месте* и рассматриваются как «геохронологические эквиваленты стратонов» (Стратиграфический ..., 2006, см. сноску на с. 20). Я не стану обсуждать эту особенность в отношении надзональных стратиграфических и геохронологических подразделений.

Однако по отношению к зональным подразделениям этот порядок не соответствует истинному положению вещей: зона в разрезе не может быть установлена ранее, чем будет построена зональная биохронологическая шкала, на которой обозначены имя и место данной зоны в установленной зональной последовательности. В природе нет такого объективного зонального подразделения разреза, которое существует независимо и до того, как его установят с помощью какой-либо группы ископаемых. Зональный масштаб при строительстве биохронологической шкалы мы извлекаем из запечатленного в палеонтологической летописи процесса эволюции той или иной группы организмов, безотносительно к строению той толщи горных пород, из которой они извлекаются. Все, что нас интересует при строительстве шкалы и что мы заимствуем из порядка следования слоев, – это последовательность событий (хронология) существования ископаемых организмов. Наша геологическая шкала времени от разреза слоев наследует только хронологичность, но не субстратность. Главное, что следует из сказанного: зона, понимаемая как совокупность пород, вторична по отношению к зональному подразделению шкалы. Если оставить термин «зона» для обозначения субстратного эквивалента зонального подразделения хронологической шкалы, то для последнего нужно искать новое название. В этом качестве подходит термин «хронозона», но он уже был использован совсем в ином значении. Название «фаза», попавшее в геохронологические подразделения с совершенно иным, не хронологическим смыслом, тоже не приемлемо. По этой причине я решил понятие «зона» ввести в арсенал хронологии как основное, исходное, а производному от него эквивалентному стратиграфическому подразделению дать название «*стратозона*», чтобы подчеркнуть его субстратное, материальное содержание.

Таким образом, и это является важнейшим следствием сказанного в данном подразделе, традиционно в стратиграфии не существует четкой демаркации между подразделениями хронологических шкал и отвечающими им стратиграфическими подразделениями разрезов. Например, анализируя критерии установления зон, авторы почти никогда не оговаривают, что они при этом понимают под «зоной» – стратиграфическое (субстратное) подразделение в разрезе или подразделение хронологической шкалы. Однако без такого разъяснения теряет смысл обсуждение зоны. В частности, в одном случае зона является однородной не делящейся на части единицей шкалы, а в другом, когда речь идет о ее

эквиваленте в разрезе, можно говорить о ее частях (нижней, средней, верхней) и их материальных границах.

В дальнейшем изложении материала я буду строго различать две ипостаси понятия «зона»: *зона* – зона на шкале и *стратозона* – зона в разрезе.

2.5. Зона как подразделение биохронологической шкалы

Еще раз заострим внимание на сущности каждого из выделенных подразделений. Зона – наименьшее подразделение хронологической шкалы, стратозона – отвечающая зоне часть разреза. Ни о какой собственно стратиграфической субстратной шкале речи нет. Материальная, субстратная стратозона не является подразделением некой стратиграфической шкалы. Такой шкалы просто не существует. Стратозона может быть опознана в разрезе только после того, как построена хронологическая зональная шкала и на ней выделено соответствующее зональное хронологическое подразделение. Поскольку подобных шкал может быть несколько, постольку нельзя согласиться с тем, что зона (стратозона) может рассматриваться как «материальное объективно существующее стратиграфическое подразделение, выраженное отложениями определенной мощности и охарактеризованное зональным комплексом ископаемых организмов» (Раузер-Черноусова, 1967, с. 104). Сколько имеется в наличии зональных шкал, сконструированных по разным группам ископаемых организмов, столько и стратозон. Единственное средство сделать зону (стратозону) объективно существующей – это выбрать для данного стратиграфического интервала единственную – эталонную, нормативную – шкалу, о чем еще предстоит отдельный разговор (см. подраздел 3.5).

Вместе с тем следует подчеркнуть, что установленная последовательность зональных комплексов ископаемых в разрезе определяет порядок следования соответствующих зон на шкале, но не может гарантировать полноту и непрерывность построенной хронологической шкалы. Наиболее доступный метод, позволяющий приблизиться к максимально полной (непрерывной) хронологии событий, – это выбрать в качестве базиса при создании шкалы эволюционную последовательность видов, принадлежащих одной фратрии.

Зона приобретает хронологическое содержание только при включении в общую зональную последовательность (Miller, 1965), т. е. в зональную хронологическую шкалу. Зона задается (определяется) указанием того места, которое она занимает среди зональных подразделений на шкале. Как уже отмечалось, будучи минимальным подразделением, зона не имеет протяженности, длительности и поэтому должна на шкале обозначаться (маркироваться) штрих-меткой (риской). Поэтому ясно, что не имеет смысла говорить о границах и частях зоны на шкале – на шкале зона однородна, безразмерна и у нее нет ни границ, ни частей.

Таким образом, единственным признаком определения зоны на шкале является указание того места, которое она занимает среди других зональных подразделений. Еще раз подчеркнем, что зона обретает хронологическое содержание, только будучи включенной в хронологическую шкалу. Поэтому ее определение неизбежно должно содержать ссылку на шкалу: *зона есть наименьшее подразделение биохронологической шкалы*. При построении зональной биохронологической шкалы нас интересует лишь последовательность зональных видов-индексов в эволюционной линии, используемой в качестве базиса шкалы.

Большинство исследователей не осознают саму подоплеку неизбежного существования наименьшего подразделения при строительстве хронологической шкалы, событийной по содержанию. Далеко не любое событие может быть использовано для детальной маркировки хронологической шкалы, конструируемой и применяемой в условиях неполноты геологической летописи. Однако, когда выбор сделан и событие заняло место на шкале, оно не может далее подразделяться, так как это приведет к исчезновению самого события.

Традиционные биохронологические шкалы являются по своему базису, точнее по замыслу базиса, концептуально таксономическими, строящимися на основе концепции эволюции организмов. Именно в этом случае можно говорить о том, что палеонтологический метод в стратиграфии основан на необратимом развитии организмов. Неслучайно на особое значение «эволюционного момента» при выделении зон исследователи неоднократно обращали внимание (Sygal, 1961; Payzer-Черноусова, 1967; Меннер, 1980).

В основу современных зональных биохронологических шкал обычно кладется эволюционная последовательность видовых таксонов. Даже если принять во внимание известные трудности в установлении самих

видов и их эволюционной последовательности по ископаемым формам в условиях неполноты геологической летописи, идея построения шкалы на этой основе является вполне обоснованной с общих методологических позиций.

Если мы строим хронологическую, событийную по базису шкалу по результатам изучения некоторой группы ископаемых организмов, то элементарным, далее неделимым событием, которое может быть установлено на палеонтологическом материале и положено в основу создания шкалы, является существование видового таксона. Видовая зона – это наименьшее подразделение зональной биохронологической шкалы не только и даже не столько по определению, сколько потому, что *видообразование служит элементарным актом необратимого эволюционного процесса, лежащего в основе биохронологического исчисления геологического времени*. Именно по этой причине *элементарным событием*, которое используется для установления зоны биохронологической шкалы и которое не может делиться на части из-за риска быть потерянным, является событие *«существование вида»*.

Существование каждого вида в эволюционной последовательности завершает зону предыдущего вида и устанавливает следующую за ней новую зону.

В связи с этим нужно сказать несколько слов о давней дискуссии по поводу события «первое появление» вида в разрезе, которое часто используется для определения границы зонального стратиграфического подразделения (стратозоны). Традиционное возражение состоит том, что *первое появление* вида в разрезе может быть в действительности и не первым, т. е. необязательно служит указанием на *возникновение* вида на данном стратиграфическом уровне. С.Т. Ремизова, определенно возражая против применения первого появления видов для фиксации стратиграфических границ, пишет: «Временной уровень появления практически невозможно проследить на дальние расстояния из-за малой численности и небольшого ареала распространения популяции зарождающегося вида» (2004, с. 80). В конкретном разрезе он мог появиться после длительной миграции из некоторого значительно удаленного от этого разреза центра происхождения данного вида.

Следовательно, критерий установления положения и последующей корреляции границ в разрезах по признаку «появление» не достаточно аргументирован. Противники такой точки зрения обычно говорят о

малой (в геологическом масштабе времени) продолжительности миграции фаун, обращают внимание на применение в стратиграфии понятия геологической одновозрастности (а не синхронности) и возможности пренебречь той малой асинхронностью, которая наблюдается при использовании критерия первого появления.

Однако главный аргумент против применения первого появления в качестве критерия выделения зоны на шкале состоит не в соображениях, приведенных ранее. Дело в том, что событие «первое появление», которое мы фиксируем в разрезе по самой ранней находке формы определенного вида, в условиях неполноты геологической летописи невозможно отождествить с событием «возникновение данного вида». Тем не менее, именно это событие нам необходимо для маркировки биохронологической шкалы.

Я думаю, что для кардинального решения вопроса следует связать выделение зоны на шкале не с «появлением» (или «исчезновением»), а с самим событием «существование вида», в котором мы из-за неполноты геологической летописи не можем достоверно распознать события «возникновение» или «вымирание». Кроме того, если мы станем выделять в событии «существование вида» отдельные стадии (появление, расцвет, исчезновение и т. п.), мы тем самым нарушим принятое условие минимальной размерности события «существование вида», которое по этой причине не может подразделяться на части-стадии.

В связи с принятым условием о минимальной размерности события «существование вида» на зональной шкале оно будет отмечено просто черточкой-риской. Это подчеркнет наименьшую хронологическую размерность далее неделимого указанного события и самого выделенного на этой основе зонального подразделения шкалы. Встреча данного вида-индекса в любом, хотя бы и сокращенном разрезе датирует вмещающие слои полной зоной, независимо от того, находится ли данный разрез в центре происхождения этого вида или вид «прибыл» сюда уже на исходе существования. Здесь хотелось бы еще раз подчеркнуть, что хронологической единицей времени, определяемой с помощью зональной хронологической шкалы, является само событие «существование вида», а не «время существования вида».

Данная зона сменяется следующей за ней зоной, как только в разрезе устанавливается существование следующего вида-индекса, используемого для маркировки шкалы. Шкала, таким образом, оказывается раз-

бита на минимальные подразделения – зоны-моменты. Поэтому не имеет смысла говорить о частях зоны на шкале – на шкале зона однородна, безразмерна и у нее нет частей. Привычное уху стратиграфа выражение «объект А встречается в нижней (средней, верхней) части зоны» может относиться только к стратозоне и не имеет никакого смысла по отношению к зоне на шкале в силу того, что зона – наименьшее подразделение шкалы. По этой же причине невозможно оценить «размер» (продолжительность) одной зоны по сравнению с другой – нечем измерить минимальное подразделение. Хронологически они равноценны, равнозначны, эквивалентны. Отличает их только порядок размещения на шкале.

В традиционной практике при создании зональных шкал принято помещать название зон в прямоугольные ячейки, высота которых создает иллюзию их временной протяженности, длительности. В таком представлении последовательность ячеек является последовательностью стратозон. Об этом необходимо помнить и осознавать это. Зоны на шкале не имеют протяженности, данная особенность наиболее точно отражается в обозначении на шкале черточкой-риской.

2.6. Зона как подразделение разреза

Безразмерной на хронологической шкале зоне в конкретном разрезе отвечает субстратное геологическое образование – *стратозона*. Как всякое геологическое тело, она имеет латеральную протяженность, границы, объем, мощность и, конечно, может быть разделена на части (например, нижнюю, среднюю, верхнюю). Зона в разрезе – *стратозона* – является материальным эквивалентом зоны на шкале. Стратозона как реальный объект отличается от ее модельного представления на хронологической шкале, т. е. от зоны, примерно так же, как в физике объемное тело отличается от его модельного (теоретического) представления в виде точки на графике.

Отметим наиболее существенную особенность в отношениях зоны как подразделения шкалы (собственно зоны) и зоны как подразделения разреза (стратозоны). Зональная шкала не позволяет установить, насколько полно представлена данная стратозона в разрезе: любая ее часть будет датирована по шкале как одна и та же определенная *полная* зона. Объект А может занимать самую верхнюю часть стратозоны, но

если стратозона представлена в разрезе только самой нижней частью, то объект А, в действительности, там и находится. Однако опознать и отразить это истинное положение объекта по зональной шкале невозможно. Чтобы уравнивать показания шкалы для различной представительности стратозоны в разрезах, мы и принимаем условие: «хронологический возраст» любой части стратозоны в разрезе определяется полной зоной. Все части одной стратозоны *хронологически* одновозрастны¹.

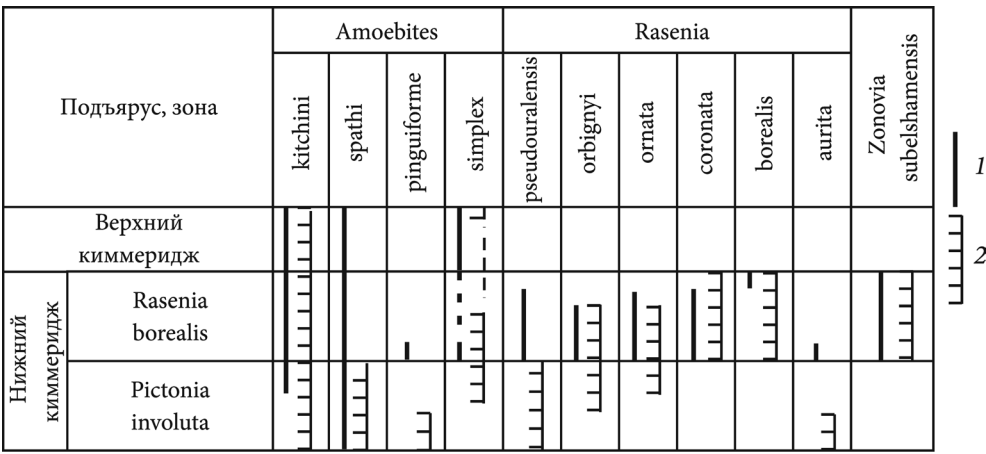
Таким образом, возраст любого объекта с помощью зональной биохронологической шкалы можно определить с точностью до зоны. Это, казалось бы, тривиальное заключение очень редко принимается в расчет, когда необходимо установить возраст стратиграфической границы (свиты, яруса, отдела и др.) и проследить ее в других разрезах с помощью зональной биохронологической шкалы. В этих случаях используется «нижняя граница» какой-либо зоны, с которой совмещается рассматриваемая стратиграфическая граница, хотя выявить истинную нижнюю границу стратозоны в разрезе с помощью зональной шкалы невозможно.

Если нет четкой дифференциации зоны как подразделения шкалы и разреза, возникают предпосылки для бездоказательных заключений. Приведу в качестве иллюстрации схему из работы Д.Л. Степанова и М.С. Месежникова (1979), где собраны сведения о местонахождении характерных раннекемериджских аммонитов на Таймыре и Приполярном Урале и сравнивается их стратиграфическое распространение в этих регионах с помощью зональной аммонитовой шкалы (табл. 1). Интервалы распространения большинства видов занимают часть зон шкалы. Более того, в табл. 1 распространение зонального вида-индекса *Rasenia borealis* на Таймыре отражено в верхней части одноименной зоны. Такие данные можно получить только с помощью иной, более детальной шкалы, о которой авторы ничего не говорят. Скорее всего, в данном случае приводятся тейльзоны некоторых видов аммонитов, установленные в конкретных разрезах. Эта информация на приведенной зональной шкале представлена некорректно: возраст (распространение) вида, найденного в любой части стратозоны, должен датироваться одноименной полной

¹ Это условие, кстати сказать, совершенно невыполнимо, если шкалу представлять как субстратную конструкцию («стратиграфическую шкалу») – сводный разрез, в котором каждый слой является более поздним по отношению к нижнему или, в общем случае, разновозрастным с ниже- или вышележащими слоями.

Таблица 1

Распространение некоторых характерных нижнекимериджских аммонитов



Примечание. 1 – Таймыр, 2 – Приполярный Урал. По: Степанов, Месежников, 1979, рис. 5.581. Остальные пояснения см. в тексте.

зоной и его распространение должно охватывать всю зону на шкале. В обсуждаемой работе авторы принимают за шкалу конкретные разрезы и выделяют в них части зональных подразделений, нарушая главное условие использования зональных хронологических шкал – требование о минимальной размерности зонального подразделения. Получаемые ими выводы на литологической основе («литостратиграфической шкале») могут быть верными, а могут и ошибочными. В любом случае они остаются бездоказательными.

2.7. Зона как общестратиграфическое подразделение

Еще раз подчеркну, что зона как стратиграфическое подразделение может возникнуть только после того, как она выделена на зональной биохронологической шкале. Этот акт является результатом обобщения соответствующих данных по ряду разрезов и, вообще говоря, результатом отвлечения от частных стратиграфических характеристик конкретных разрезов. Данная стадия конструирования зональной шкалы странным образом предается забвению. В традиционных обсуждениях типов

зон получается так, словно некая часть разреза заранее является определенной зоной и нужно просто ее открыть по присущим ей объективным признакам. Однако в действительности зоны в конкретном разрезе опознаются только после того, как их положение указано на предварительно построенной зональной шкале.

Зона, заданная на БХШ, может быть затем установлена как стратиграфическое подразделение (стратозона) по фактическому нахождению в конкретном разрезе последовательности видов-индексов или заменяющих их видов зонального комплекса. Дискуссионным считается вопрос о возможности отнесении зоны к подразделениям общей стратиграфической шкалы или единицам региональных шкал. Традиционный подход к решению этой проблемы состоит в оценке пространственной протяженности зональных подразделений. Ранее я уже писал (Черных, 1989), что не считаю принципиальной разницу между глобально распространенными зонами и местными. Корректно построенная местная БХШ является потенциально универсальной в том смысле, что нельзя заранее узнать, как далеко могут быть прослежены ее подразделения за границы региона. В тех случаях, когда в данном разрезе отсутствуют ископаемые, возможности опознания зоны всецело зависят от состояния ее комплексной характеристики на шкале. Если такая характеристика включает признаки различной природы (палеонтологические, литологические, геохимические и т. д.) или есть возможность проследить соответствующие слои непосредственно за пределы рассматриваемого разреза, то нет никаких оснований отказываться от хронологического отождествления зоны в разрезах, где отсутствуют зональные виды-индексы.

На мой взгляд, решение вопроса о возможности рассмотрения зоны в качестве общестратиграфического или регионального подразделения лежит совершенно в другой плоскости и не имеет отношения к пространственной ограниченности или глобальному распространению зон.

Нет никаких сомнений в том, что в основе построения БХШ лежит стратиграфически (литологически) расчлененный разрез, но стратиграфическая последовательность слоев в этом случае не является главным определяющим фактором при конструировании БХШ. Она лишь задает общее направление – хронологическую «стрелу» времени, на которую мы нанизываем элементарные эволюционные события в развитии группы организмов. Корректно построенная биохронологическая шкала наследует от стратиграфической последовательности слоев общую

хронологическую направленность, однако сам принцип маркировки шкалы совершенно независим от того, как был расчленен разрез на литологические подразделения. В связи с этим природа зональных подразделений БХШ коренным образом отличается от таковой любых других стратиграфических подразделений. Если последние (независимо от того, члены ли это Общей стратиграфической шкалы или региональных шкал), как это убедительно показал Г.П. Леонов, «являются единицами регионально-стратиграфического происхождения, объем и границы которых определялись на основе регионально-геологических данных» (1974, с. 78), то зональный масштаб при маркировке БХШ мы заимствуем исключительно из самого процесса эволюционного развития организмов. При этом природа зональных шкал, безусловно, биологическая (палеонтологическая).

Зона возникает первоначально как подразделение БХШ и затем отыскивается в том или другом разрезе как стратиграфическое подразделение (стратозона). Зона (стратозона) не является стратиграфической единицей, подчиненной ярусу или какому-либо региональному стратиграфическому подразделению. Нельзя задать зону непосредственно в разрезе путем расчленения, например, отложений некоторого яруса или регионального подразделения до того, как построена зональная БХШ. Реальное положение границ стратозон, определенных по БХШ, совершенно не обязательно должно совпасть с границами ярусов, горизонтов или свит. Чаще всего они не совпадают. Практика условного совмещения границ стратонів с той или иной границей (обычно наиболее близко пространственно расположенной в разрезе) зонального подразделения не исходит из их действительного совпадения, а преследует именно практические цели – как можно шире проследить данный стратон путем корреляции его границ с помощью универсальной БХШ. Непонимание существа этой условной процедуры приводит к неправомерному отождествлению границ зон с границами подразделений ОСШ (или региональных единиц) и рассмотрению зоны как подразделения Общей стратиграфической шкалы, подчиненному ярусу.

В последние годы в связи с деятельностью международных рабочих групп по определению нижних границ ярусов резко возросла роль зональных шкал. В частности, для выполнения этой задачи необходимо исследовать такой разрез (лимитотип), желательно в стратотипической местности, где был установлен данный ярус, и выбрать в нем эволюци-

онную последовательность определенных видов (биохронотип), которая могла бы служить в качестве широко прослеживаемого индикатора нижней границы яруса. Обычно в таком качестве выступает последовательность видов-индексов зональной БХШ. Искомая нижняя граница яруса устанавливается как граница литологического подразделения, к которой пространственно тяготеет одна из границ зонального подразделения широкого (глобального) распространения. Однако и в этом случае вовсе не обязательно полное совпадение пространственного положения границ яруса с положением границ зональных подразделений. Золотой гвоздь может быть забит в точку, пространственно близкую границе стратозоны, но необязательно непосредственно в нее. Зональная шкала является только средством корреляции, но не обоснования границ ярусов.

Как следует из сказанного, включать зоны в иерархию стратонов нет никаких оснований. Более того, становится ясно, что выделение зон (стратозон) в разрезе редко имеет самостоятельное значение. Обычно оно является промежуточной подготовительной операцией и служит исключительно целям корреляции границ стратонов (ярусов, свит, пачек). Таким образом, зональная БХШ чаще всего выполняет сугубо корреляционные функции. Ее подразделения – зоны – представляют собой вспомогательный инструмент для выполнения хронологического отождествления удаленных геологических объектов, в том числе подразделений ОСШ, но не входят в их иерархию.

2.8. Зона и ярус

Согласно кодексу ярус – «основная таксономическая единица ОСШ... – представляет собой совокупность хронозон» (Стратиграфический..., 2006, с. 21). С учетом принятой здесь терминологии это утверждение должно прозвучать как «ярус состоит из стратозон». Бытует также мнение, что «при помощи зональных схем уточняются объемы ярусов» (Раузер-Черноусова, 1967, с. 104). Как мне представляется, данные положения нуждаются в некоторых комментариях.

Во-первых, реальное положение границ стратозон, установленных по БХШ в разрезе, совершенно не обязательно должно совпасть с границами некоторого яруса.

Во-вторых, совмещая (хотя бы условно) границу яруса с нижней границей определенной стратозоны, не следует упускать из виду ранее сказанного: зональная шкала не дает возможности установить, насколько полно и, если не полностью, то какой частью представлена в разрезе стратозона. Из-за этого рекомендуемая проверка яруса на полноту путем учета количества последовательных стратозон, устанавливаемых в границах данного яруса, может дать только некоторое приближение к ожидаемому результату. Например, несмотря на полный перечень стратозон в конкретном разрезе, каждая из них может быть представлена только незначительной частью, что с помощью зональной шкалы определить невозможно. В таком случае столь же неполно представлен в этом разрезе ярус.

Наконец, в-третьих, хронологическое положение стратиграфических границ яруса по зональной шкале, как и позиции любого геологического объекта, можно определить только с точностью до зоны. Таким образом, реальной границей яруса на биохронологической шкале является зона, у которой на шкале нет ни «нижней», ни «верхней» границы. Только после опознания данной зоны в разрезе в виде стратозоны можно выбрать какую-либо из ее границ в качестве *условной* для яруса в разрезе.

В дальнейшем такую стратиграфическую границу можно установить в любом разрезе, где действует данная шкала, как определенную зону.

2.9. Типы зональных подразделений

Типов зон, используемых в биостратиграфии, непозволительно много, если иметь в виду, что зона – это наименьшее подразделение биохронологической шкалы. Кажется резонным считать, что минимальным подразделением любой шкалы, в том числе биохронологической, может быть только одно подразделение. Тогда их реальное множество вызвано либо тем, что некоторые «зональные подразделения» не имеют отношения к зональным биохронологическим шкалам, либо тем, что под разными названиями типов зон скрывается одно подразделение. Впрочем, возможны и оба варианта. Говоря о том, что некоторые типы зон не имеют отношения к шкалам, я хочу подчеркнуть существование требований, предъявляемых к корректному построению зональных

биохронологических шкал, которые не должны нарушать выделяемые при построении шкалы зональные подразделения (Черных, 1995). Если применение каких-либо типов зон при построении шкалы не отвечает выполнению этих условий, следовательно, такие зоны должны быть изъяты из арсенала зональной биохронологии.

В Стратиграфическом кодексе 2006 г. рекомендуется выделять такие биостратиграфические зональные подразделения, как хронозона и биостратиграфическая зона. Если сравнить указанные в кодексе способы установления этих двух типов зон, то обнаружится, что они в общем идентичны. Действительно, согласно кодексу хронозоны определяются по биостратиграфическим данным и отражают стадию развития одной или нескольких групп фауны или флоры. Их границы обусловлены пределами стратиграфического распространения зонального палеонтологического комплекса. Границы биостратиграфических подразделений также определяются «эволюционными изменениями отдельных таксонов, комплексов фауны (флоры) или сменой экологических ассоциаций» (Стратиграфический..., 2006, с. 37).

В то же время хронозона рассматривается как «таксономическая единица Общей стратиграфической шкалы, подчиненная ярусу» (Стратиграфический..., 2006, с. 21), а биостратиграфическая зона принимается как основная единица биостратиграфических подразделений. Подобная разбивка идентичных по смыслу и содержанию зональных подразделений совершенно необъяснима. Почему одно из них является единицей, подчиненной ярусу, и входит в состав подразделений Общей шкалы, а второе выносится в не имеющую аналогов, особую категорию «биостратиграфических подразделений»? Чем, собственно, хронозона отличается от биостратиграфической зоны, в частности комплексной? И та, и другая устанавливаются по комплексу органических остатков, и обе они должны иметь свой стратотип, согласно кодексу. Объяснить это можно только тем, что одна из них – хронозона – маркирует границу какого-либо яруса в его стратотипе, но это чисто служебная функция зональной шкалы, которая никак не отражается на существовании самого зонального подразделения. В таком случае биостратиграфическая зона абсолютно ничем не отличается от хронозоны.

Может быть, дело в особенности хронозоны, мелким шрифтом обозначенной в примечании к статье о ней? В нем сказано: «К одной и той же хронозоне относятся отложения с комплексом остатков организмов,

отличным от зонального, или без палеонтологической характеристики, если доказана одновозрастность сравниваемых отложений» (Стратиграфический..., 2006, с. 22). Это очень показательное примечание! Хотя авторы кодекса нигде не выделяли самостоятельной группы хроностратиграфических подразделений, как это сделано в Международном стратиграфическом справочнике (2002), в цитируемой формулировке совершенно отчетливо ощущается влияние хроностратиграфических установок. Интересно было бы узнать, как именно собираются авторы устанавливать одновозрастность отложений без палеонтологической характеристики и сколь значительны их возможности в этом отношении. Однако главное состоит в том, что все сказанное о хронозоне в этом примечании с полным правом можно отнести и к биостратиграфической зоне. Например, если мы имеем возможность проследить конкретные слои, содержащиеся в данном обнажении зональный комплекс видов некоторой комплексной зоны, то и в том месте, где в этих непрерывно прослеживаемых слоях отсутствуют органические остатки, мы отнесем слои «без палеонтологической характеристики» к той же самой комплексной зоне. В чем же тогда самобытность хронозоны?

Таким образом, есть все основания выделить в качестве наименьшего основного подразделения биохронологической шкалы просто *палеонтологическую зону*, не подразделяя ее на хроно- или биостратиграфические варианты. Далее я оговорю частные требования к установлению этого подразделения, но предварительно нужно учесть некоторые обстоятельства. Сначала напомним высказанную Т. Миллером (Miller, 1965) мысль о том, что зона приобретает хронологическое содержание, только будучи включенной в общую зональную последовательность, или, иными словами, после ее включения в зональную хронологическую шкалу. Несмотря на то что эту мысль цитируют многие авторы, обсуждение зоны как подразделения хронологической шкалы чаще всего опускается в большинстве работ, посвященных зональной стратиграфии. Это представляется тем более удивительным, если иметь в виду, что основным инструментом для расчленения и корреляции разрезов является именно хронологическая шкала, а не отдельно взятая зона.

Во всех стратиграфических справочниках определение зоны начинается со слов «слои, совокупность слоев» (т. е. речь идет о зоне в разрезе) и ничего не говорится о зоне как подразделении хронологической шкалы. Четкая демаркация между зоной как подразделением шкалы и

зоной как подразделением разреза в кодексах также не проведена. Такое положение устойчиво сохраняется как в отечественных кодексах, так и в зарубежных справочных руководствах по стратиграфии. К этой теме я еще вернусь, но сейчас наиболее важно еще раз прояснить вопрос о том, что такое хронологическая шкала и зональное подразделение хронологической шкалы в том идеальном смысле, который позволяет очертить крайние границы этих понятий.

Зональное подразделение – наименьшее из возможных на хронологической шкале. В первую очередь это значит, что после каждого акта детализации зональной шкалы вновь вводимые зональные подразделения дополняют ранее существовавшие. Все они называются зонами и сохраняют статус основных минимальных подразделений зональной хронологической шкалы. Второе – зона как подразделение шкалы является своеобразным квантом, моментом хронологического времени. О хронологическом моменте можно говорить, имея в виду некое элементарное событие, положенное в основу выделения зоны на шкале. Большинство авторитетных специалистов предпочитают определять зону как породы, образовавшиеся за время жизни одного вида или сообщества организмов. Во-первых, это определение подразумевает только материальный эквивалент зоны – стратозону (породы и заключенные в них фоссилии), в нем ничего не говорится о зоне как о подразделении шкалы. Во-вторых, из хронологии лучше полностью убрать внешнеотсчетное, метрическое восприятие времени, которое явственно присутствует в приведенном определении зоны («время жизни вида»).

В силу того что зона принимается за наименьшее подразделение хронологического времени, у нас нет другой хронологической мерки времени, которой мы могли бы «измерить» зону. В связи с этим зона на шкале (модельное представление времени) указывается как линейная метка (риска), которая вмещает в себя далее не подразделяемое событие «существование вида А», используемое в совокупности с другими подобными событиями в качестве единицы времени-последовательности. Никакого другого времени в хронологии нет. Субстратное выражение данного кванта хронологического времени (породы в разрезе), названное ранее стратозоной, имеет объем и линейную протяженность.

Резюмируя сказанное, можно утверждать, что необходимым и достаточным в определении зоны будет указание на то, что она является наименьшей единицей хронологической шкалы. Ее выделение основано

на событии *существования* определенного вида ископаемых. Это событие далее неделимо: на шкале у него нет начала («появления») и конца («исчезновения»). Оно едино и хронологически мгновенно (квант хронологического времени). Если удастся разделить вид на некоторое количество таксонов – подвигов, морфотипов и т. п., то зона выделяется на основе факта существования выбранной таксономической единицы с теми же хронологическими последствиями. Термин «зона» закрепляется за минимальным (на данный момент исследовательской деятельности) подразделением хронологической шкалы, хотя бы и установленным на основании подвида или морфотипа. Подзоны, зонулы, биогоризонты и прочая подзональная атрибутика должны быть удалены из зональной биохронологии, исходя из принятой формулировки.

Чтобы сделать разбраковку типов зон, напомним важнейшее требование, которое следует предъявлять к хронологическим шкалам и в соответствии с которым зональная биохронологическая шкала должна быть *непрерывна* (что наилучшим образом достигается при использовании в качестве базиса при построении шкалы эволюционной линии видов) и маркирована последовательностью событий «существование видов» во фратрии. Здесь необходимо вновь обратиться к оговорке в отношении ситуации, когда с возникновением вида-потомка предковый вид может еще некоторое время продолжать существовать (дивергентное видообразование). Чтобы исключить перекрывание видовых зон (что на зональной шкале отразить невозможно в силу минимальной размерности зональных подразделений), нужно принять условие, что существование каждого последующего вида-индекса во фратрии завершает предыдущую зону и устанавливает следующую за ней зону.

Последнее. Зона может существовать и рассматриваться только как атрибут зональной хронологической шкалы. Ее опознание в разрезе возможно только после того, как зона займет свое место на шкале. *Без шкалы зоны быть не может, она является подразделением хронологической шкалы и может существовать в этом качестве только при наличии шкалы.* Осознание этого требования с трудом пробивается (в примечании) среди необязательных слов, написанных по поводу биостратиграфической зоны в российском Стратиграфическом кодексе: «Выделение одной зоны среди нерасчлененных на зоны отложений не допускается. В этом случае должно быть выделено вспомогательное биостратиграфическое подразделение – слои с фауной (флорой)» (2006, с. 38). Авторы

этого текста мыслят зону только в разрезе («среди отложений»), хотя, несомненно, в приведенном тексте речь должна идти о зоне на шкале. Однако и при таком восприятии зоны вполне понятно, что одиночные зоны, не образующие непрерывной хронологической последовательности, т. е. не имеющие отношения к непрерывной хронологической шкале, должны быть выделены в качестве вспомогательного биостратиграфического подразделения, например, слоев с фауной (флорой). Так следует поступать со всеми «типами зон», из которых по тем или иным причинам в принципе невозможно построить непрерывной хронологической шкалы.

Действительно, как упоминалось ранее, зона приобретает хронологическое содержание только после включения ее в общую зональную последовательность. Конечно, шкала, состоящая из одной зоны, – это нонсенс. В связи с этим можно вспомнить «руководящие виды», которые как будто представляют пример зональной шкалы, сокращенной до одного подразделения. Строго говоря, использование подобной однозонной шкалы для корреляции входит в противоречие с принципом Гексли, рекомендующего сопоставлять разрезы по гомотаксальной последовательности видов (зон), т. е. такой последовательности, которая содержит не меньше чем две зоны.

Все типы зон в Стратиграфическом кодексе 2006 г. рассматриваются только как субстратные подразделения разрезов. В их определении первыми поставлены слова «слои, совокупность слоев» и ничего не говорится о том, каким образом зафиксировать эти подразделения на хронологической шкале. Такое положение значительно осложняет обсуждение смысла и содержания тех типов зональных подразделений, которые предложены авторами кодекса. Далее, при исследовании правомерности и возможности корректного построения и маркировки шкал на основе типов зон, указанных и определенных в кодексе, будут учтены требования к зональным хронологическим шкалам и зональным подразделениям (Черных, 2005), из которых важнейшее – требование непрерывности шкалы.

Все приводимые далее определения типов зон взяты из Стратиграфического кодекса (2006, с. 38, 39) и сопровождаются указанием соответствующей страницы и номера фигуры на схеме из кодекса (рис. 1).

1. *Зона распространения таксона (биозона)* – совокупность слоев, охватывающих полный стратиграфический интервал распространения

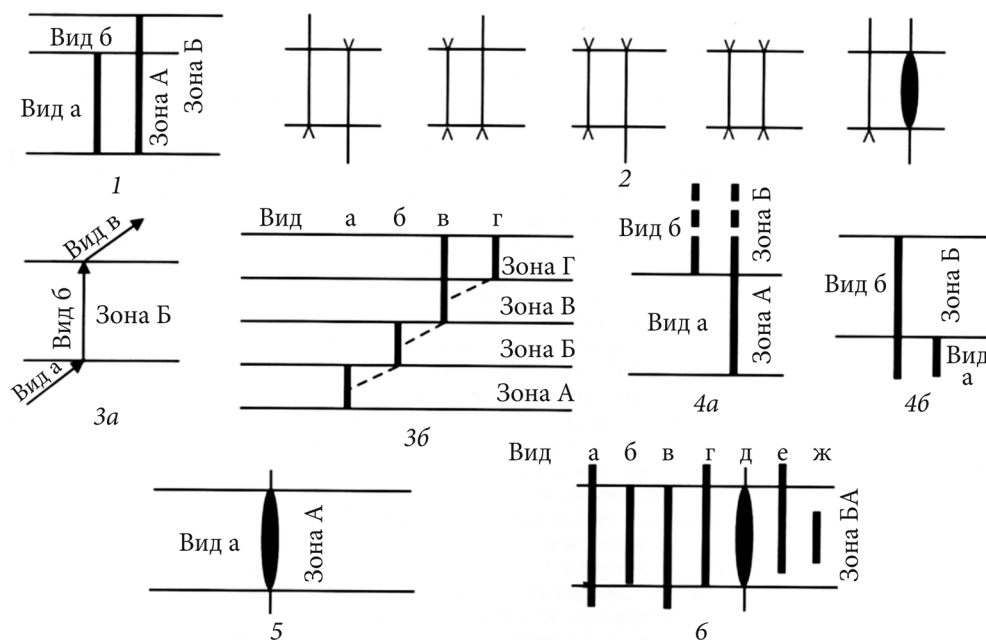


Рис. 1. Биостратиграфические зоны (Стратиграфический..., 2006):

1 – зона распространения таксона (биозона); 2 – варианты совместного распространения таксонов; 3 – варианты филозоны (а – филозоны видов, последовательно сменяющих друг друга, б – филозоны, основанные на дивергенции видов); 4 – варианты интервал-зоны (а – слои, заключенные между первыми появлениями двух таксонов, б – слои, заключенные между уровнями исчезновения двух таксонов); 5 – акмезона (эпибола); 6 – комплексная зона и ее разновидность – экозона

какого-либо палеонтологического таксона, чаще вида (с. 38; см. рис. 1, 1). Еще раз можно отметить, что биозона в этом определении рассматривается только как подразделение разреза. Если акцентировать внимание на биозоне как подразделении зональной хронологической шкалы, видно, что «полный интервал распространения» соответствующего вида полностью отвечает событию «существование вида», которое я предлагаю использовать для идентификации зоны. Иначе говоря, биозона в таком определении идентична понятию «зона» и является излишним термином в области зональной биохронологии.

Однако я считаю целесообразным оставить термин (и понятие) «биозона» в арсенале стратиграфии в смысле «полный стратиграфический интервал распространения конкретного вида (рода)» и вот почему. Дело

в том, что определить полный стратиграфический интервал распространения вида *A* можно только в том случае, если для данного интервала имеется стандартная (нормативная) биохронологическая зональная шкала, построенная по результатам изучения представителей некой ортохронологической группы организмов. Устанавливая в единицах этой зональной шкалы интервал распространения вида *A* в каждом разрезе, можно получить представление о суммарном (полном) интервале распространения этого вида, т. е. о его биозоне. В силу того что зона стандартной шкалы принимается за наименьшее подразделение и всякий объект, попавший в зону, датируется полной зоной, биозона вида *A* по стандартной шкале выражается целочисленным количеством зон (одной или несколькими). Определение биозон видов некоторой группы организмов по зональной шкале, стандартной для этого стратиграфического интервала, должно предшествовать построению автономной хронологической шкалы по данной группе ископаемых, о чем подробнее сказано в специальном подразделе настоящей работы (см. подраздел 3.7).

Как только некоторый вид занимает свое место как вид-индекс на хронологической шкале, составленной из последовательных видов (см. рис. 1, 3а), его «биозона» становится просто «зоной» – одним из зональных подразделений шкалы.

2. *Зона совместного распространения* – слои, отвечающие совпадающим частям интервала стратиграфического распространения двух выбранных видов, биозоны которых могут быть различны (с. 38; рис. 1, 2). Как сказано ранее, на зональной хронологической шкале отразить такое событие, как «совместное распространение двух выбранных видов», невозможно в силу минимальной размерности зональных подразделений, основанных на неделимом событии «существование вида». Совместное распространение двух видов *A* и *B* предполагает выделение в существовании каждого вида отдельных стадий: «существование вида *A* без вида *B*» и «существование вида *A* вместе с видом *B*». То же самое и для вида *B*.

То, что названо «зоной совместного распространения», может быть с полным правом причислено к вспомогательному подразделению разреза, названному в кодексе как «слои с фауной (флорой)» – своего рода репер для предварительного расчленения и сопоставления разрезов. В самом деле, мы установили, что в разрезе только в определенных слоях имеются два вида. В подстилающих и перекрывающих слоях их либо

нет, либо они присутствуют раздельно. Это и есть та ситуация, когда можно выделить вспомогательное биостратиграфическое подразделение – слои с этими двумя видами.

3. *Комплексная зона* – совокупность слоев, охарактеризованных комплексом древних организмов из трех таксонов или более, отличным от комплексов подстилающих и перекрывающих слоев (с. 39; см. рис. 1, б). Сказанное по поводу зоны совместного распространения с полным правом может быть отнесено и к комплексной зоне. Собственно комплексная зона – это та же зона совместного распространения, но усиленная количеством одновременно встречающихся в данных слоях видов («трех и более таксонов»), что, как отмечено ранее, не может быть отражено на зональной хронологической шкале в силу минимальной размерности зональных единиц.

Я не обсуждаю отдельно *экозону*, поскольку в кодексе она рассматривается как «разновидность комплексной зоны» и действительно является таковою. Комментарии содержат все те же замечания по поводу невозможности отразить на хронологической шкале совместное присутствие комплекса видов как некое элементарное событие, требуемое для маркировки зональной шкалы. Тем более что в этом случае совместное нахождение различных видов в данных слоях связано с фациальными причинами. В других условиях, даже в пределах данного бассейна осадконакопления, диагностический список видов, установленный в справочном разрезе (Степанов, Месежников, 1979), при переходе к другим разрезам, как правило, изменяется.

4. *Филозона* – слои, в которых распространен таксон (таксоны), представляющий собой отрезок конкретной филогенетической линии или тенденции (тренда) развития этой линии (см. рис. 1, 3а, 3б), ограниченной снизу и сверху по разрезу изменениями в характере развития (с. 39). Рассматривая ранее требования, которые следует удовлетворить при построении хронологической зональной шкалы, я отметил, что для обеспечения непрерывности такая шкала должна быть маркирована последовательностью событий «существование вида» в эволюционной линии родственных видов – во фратрии. Именно это условие обеспечивает выделение филозон на хронологической шкале. В том случае, когда фратрия состоит из так называемых «последовательных видов» (Грант, 1980), переходящих непосредственно один в другой, маркировка шкалы выполняется по факту существования каждого вида (см. рис. 1, 3а).

Однако дивергентное развитие видов во фратрии может приводить к совместному существованию вида-предка и вида-потомка (см. рис. 1, 3б). В этом случае, чтобы исключить событие «сосуществование видов» (которое на зональной шкале отразить невозможно в силу минимальной размерности события), необходимо принять условие, что существование каждого последующего вида во фратрии завершает предыдущую зону и устанавливает следующую за ней зону. Использование понятия «зональная биохронологическая шкала» (т. е. палеонтологическая шкала на эволюционном филогенетическом базисе) *позволяет считать термин «филозона» синонимом «зоны»* биохронологической шкалы и не прибегать к его употреблению. Единственное, что можно отметить особо, – это то, что при строительстве шкалы применена эволюционная последовательность (линия, фратрия, эволюционный тренд) ископаемых данной группы для выделения зон.

5. *Интервал-зона* – слои, заключенные между первым появлением какого-либо характерного таксона (обычно вида-индекса) данной зоны и вышележащей зоны (см. рис. 1, 4а). В пределах непрерывной последовательности интервал-зоны могут выделяться и как слои (см. рис. 1, 4б), заключенные между уровнями исчезновения характерных таксонов подстилающей зоны и рассматриваемой зоны (с. 39).

Отмечу сходство базиса интервал-зоны и того типа филозоны, которая выделяется на основе дивергентно развивающейся фратрии, т. е. с сосуществующими видами, но не имеющими генетических связей. В этом случае зона может быть выделена на шкале с той же оговоркой, которая сделана для типа филозоны, где существование каждого последующего вида в используемой их последовательности завершает предыдущую зону и устанавливает следующую за ней. Однако непрерывность шкалы на основе полученных таким путем зон можно обеспечить только тогда, когда при построении постоянно однообразно применяется однотипная последовательность интервал-зон без перерывов и зияний, что возможно лишь для весьма ограниченного стратиграфического интервала.

В установлении интервал-зоны применяются два независимо развивающихся вида, один из которых существует раньше другого, тогда как базисом филозоны является развитие генетически связанных видов. По этой причине обеспечить непрерывность хронологической шкалы на основе последовательности генетически разнородных таксонов зна-

чительно труднее, чем на базе филогенетической последовательности видов. Использование приема «интервал-зона» для маркировки хронологической шкалы можно рекомендовать как вспомогательную стадию, предваряющую разрабатываемое в дальнейшем филогенетическое обоснование базиса зональной шкалы.

В любом случае наименьшим подразделением шкалы является зона, а «интервал-зона» – это не подразделение, а прием маркировки зональной шкалы, при котором также используются событие «существование вида» и принцип соответствия зонального подразделения событию «существование вида» с оговоркой, что существование каждого последующего вида в их последовательности завершает предыдущую зону и устанавливает следующую за ней зону. Этот прием кратко именуют как «выделение зоны по первому появлению таксона», и он в последние годы получил широкое распространение при построении зональных шкал по самым разным группам ископаемых. Хочу обратить внимание, что в такой формулировке данный прием подразумевает выделение зон (стратозон) в разрезе. Как всегда, остается в стороне операция установления зоны на шкале, где в основе выделения зоны лежит одноактное, далее неподразделяемое событие «существование таксона», в котором невозможно опознать более мелкие события «возникновение», «расцвет» или «вымирание» таксона. Данная невозможность следует не только из договоренности о минимальной размерности события «существование вида», но и из реальной невозможности отождествить события «первое появление вида в разрезе» с его «возникновением» и «исчезновение в разрезе» с «вымиранием» в ретроспективных системах неполной сохранности, с которыми приходится иметь дело при изучении ископаемых.

6. *Акмезона (эпибола)* – слои, в которых какой-либо таксон достигает максимума частоты встречаемости (с. 39; см. рис. 1, 5). Данное событие не может применяться для градуировки зональной шкалы по ряду причин. Первая – этот феномен не имеет ясных границ существования и нужно вводить некие условные границы (в частности, с какого числа экземпляров данного вида на единицу объема породы можно считать акмесобытие состоявшимся). Вторая причина состоит в том, что на основе акмесобытий невозможно построить непрерывную элементарную хронологическую шкалу, насчитывающую, по крайней мере, три зональных подразделения. Однако непригодность акмесобытий для конструирования

ния зональных хронологических шкал не исключает их использования для установления вспомогательного биостратиграфического подразделения – «слоев с обилием форм данного таксона», которое может оказаться полезным при корреляции с хронологически одновозрастными слоями в пределах данного бассейна осадконакопления.

Таким образом, анализ предложенных авторами кодекса зональных подразделений показал, что большинство из них либо синонимичны зоне (и потому должны быть упразднены), либо не годятся для маркировки зональной хронологической шкалы (в этом случае их можно рекомендовать лишь в качестве вспомогательного подразделения – «слоев с фауной (флорой)» для предварительного расчленения разреза).

В зональных хронологических шкалах существует единственное (наименьшее) подразделение – назовем ли мы его хронозоной, биозоной, филозоной или иначе. Логичнее и целесообразнее называть его на шкале зоной, так как этот термин имеет исторический приоритет перед другими названиями. Никаких других типов подразделений зональный метод в биохронологии не предполагает.

Глава 3

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ И УНИФИКАЦИИ ЗОНАЛЬНЫХ БИОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ШКАЛ

В качестве базиса построения зональной БХШ должен быть выбран достаточно масштабный и непрерывно идущий процесс, основные звенья которого взаимосвязаны, фиксированы в геологической летописи и порядок их следования может быть установлен по объективным признакам. Кроме этого, необходимо, чтобы базисный процесс удовлетворял требованию его независимости от частных особенностей условий осадконакопления, в результате которого сформировались отложения сопоставляемых разрезов. Наиболее подходящим для построения зональных шкал в свете указанных требований является процесс эволюционного преобразования организмов. Здесь можно использовать филогенезы в таксономической (таксонные БХШ) или мерономической (мерономические БХШ) интерпретации, этапы исторического преобразования биогеосистем (ценоотические БХШ) и т. п. Далее показано, что максимальной универсальностью отличаются зональные мерономические шкалы, базирующиеся на анализе исторической последовательности стадий развития отдельной структуры, гомологичной для многих представителей группы организмов, применяемых при конструировании шкалы.

Однако, независимо от того, какой именно индикатор – таксономической (виды) или мерономической (морфотипы) природы – используется для маркировки шкалы, основные приемы ее построения сохраняются, что позволяет при обсуждении методов построения зональных шкал говорить об эволюционном базисе, не уточняя его элементарной единицы. Ранее были даны определения зональной шкалы и ее элементарного подразделения – зоны. Здесь можно подчеркнуть, что такая шкала должна быть составлена из экvipолентных (равнозначных) единиц, являющихся взаимосвязанными звеньями единого эволюционного процесса развития организмов.

3.1. Требования к построению зональных биохронологических шкал

Обсуждение темы, вынесенной в название данной главы, уместно предварить перечнем тех требований, выполнение которых определяет корректность построения зональной БХШ. В частности, речь идет о следующих: а) шкала должна быть непрерывной, б) зональные подразделения на шкале должны быть однозначно определены, в) элементарная трехзонная шкала должна быть создана по результатам изучения ископаемых определенной группы в одном или немногих близко расположенных разрезах. Последнее условие, которое относится к операции совершенствования уже сконструированной шкалы: она по возможности должна быть универсальной и обеспечивать корреляцию в том числе разнофациальных типов разрезов.

3.1.1. Непрерывность биохронологических шкал

Требование непрерывности шкалы представляется интуитивно ясным и часто упоминается в стратиграфических работах как «критерий смыкаемости зональных подразделений» (Раузер-Черноусова, 1967, с. 110) и (или) как требование преемственности зональных комплексов (Стратиграфический..., 2006, с. 38). Существует, впрочем, и альтернативная точка зрения, согласно которой практически невозможно построить непрерывную биостратиграфическую шкалу в условиях прерывистости палеонтологических данных. Это обстоятельство иногда рассматривается как временное препятствие при установлении зон в слабо изученных регионах (Бодылевский, 1964), а иногда как основной довод в пользу отказа от разработки непрерывных шкал (Guex, 1991; Рогов и др., 2012).

Представляется, что шкалы на эволюционном базисе особенно с использованием эволюционных трендов позволяют максимально приблизиться к выполнению требования непрерывности. Применение эволюционной последовательности видов, прослеженной в многочисленных разрезах, обеспечивает возможность построения непрерывной шкалы. Понятно, что геологическая летопись далеко не всегда может быть расшифрована столь надежно, чтобы можно было убедиться в непрерывности разреза и неопровержимо доказать полноту коллекционно-

го материала. Последующие работы на других разрезах могут выявить промежуточные формы, упущенные на начальной стадии исследований из-за того, что эти формы были пропущены либо полнота разреза оказалась неудовлетворительной. Все сведения о вновь обнаруженных членах (видах) эволюционной последовательности должны дополнить уже существующие зональные подразделения вновь установленными зонами.

Особенно подробно можно детализировать зональные *мерономические* шкалы, построенные на эволюционной последовательности состояний гомологичных признаков ископаемых (Черных, 2008). В первую очередь это касается зональных шкал, созданных на основе морфологических трендов конодонтов (см. главу 4). Родовые и видовые таксоны, выделяемые при систематике представителей этой важной в стратиграфии группы ископаемых, обычно основываются на особенностях морфологии единственного элемента скелета (Ра-элемента), гомологичного для большей части представителей животных-конодонтоносителей. Выделяемые таким образом виды – это организмы – носители своеобразных морфотипов Ра-элемента, эволюционное изменение которых, чаще всего постепенное, позволяет выделять в их стратиграфической последовательности значительное количество членов, различающихся частными особенностями строения Ра-элемента. На этой основе конструируются детальные шкалы ордовика, девона, карбона, перми и части триаса.

3.1.2. Маркировка биохронологических шкал

Выполнение требования однозначного определения зональных подразделений подразумевает указание качественного признака для установления зоны на шкале. Реализация этого условия состоит в том, что для опознания зоны используется событие существования вида-индекса. Выбор зональных видов-индексов определяется их принадлежностью к данной эволюционной линии, характерным обликом, позволяющим его легко диагностировать и отличать от предшествующего и последующего видов-индексов.

Зональная датировка возраста стратозоны выполняется просто по факту нахождения в ней зонального вида-индекса. Здесь уместно вспомнить ранее сделанную оговорку, касающуюся случая дивергент-

ного видообразования, сопровождающегося сохранением вида-предка после того, как от него «ответвился» вид-потомок. В таком случае находка одного вида-индекса оставляет неопределенность в опознании одноименной зоны, поскольку сохраняется возможность обнаружения вида-индекса смежной вышележащей зоны. Здесь ощущается правомерность рекомендации, следующей из принципа Гексли и ориентирующая при определении зоны не на вид-индекс, а на последовательность, по крайней мере, двух видов-индексов.

3.1.3. Элементарная биохронологическая шкала

Зональная шкала, насчитывающая не менее трех подразделений, должна быть построена в одном или немногих близко расположенных разрезах. Это требование продиктовано также с прицелом на использование принципа Гексли, который обязывает сопоставлять разрезы по гомотаксальной последовательности ископаемых, состоящей, по крайней мере, из двух членов (видов). Только при условии, что шкала, сконструированная в одном конкретном разрезе, имеет не менее трех подразделений, можно выполнить его корректное сопоставление (в соответствии с принципом Гексли) с другими разрезами, наращивающими данный разрез стратиграфически вверх и вниз. Если основой для выделения зон является морфологический тренд направленно изменяющегося признака, то для опознания такого тренда также необходимо, чтобы последовательность содержала не менее трех членов.

Кроме этого, само содержание понятия «зона», которая приобретает хронологическое значение только благодаря связи с предшествующей и последующей зонами, приводит к осознанию необходимости трехчленного строения шкалы в начальной стадии ее конструирования. Такая трехчленная шкала была названа *элементарной* (Черных, 2005). Как было отмечено, она должна быть создана в одном или немногих близко расположенных разрезах. Это требование представляется очевидным, поскольку использование многих разобщенных разрезов предполагает их предварительную корреляцию, для которой нужно иметь уже построенную элементарную зональную шкалу.

Наконец, последнее замечание в отношении необходимости исходного высокого корреляционного потенциала зональной шкалы далее рассмотрено подробно, поскольку это требование непосредственно

связано с возможностью построения политаксонной зональной шкалы. Пока отмечу, что выбор ортостратиграфической группы ископаемых в качестве базиса конструируемой шкалы является исходным, наиболее общим условием, обеспечивающим ее потенциально широкие корреляционные возможности.

3.2. Построение биохронологической шкалы методом синтеза тейльзон

Традиционно для построения зональных БХШ применяется метод, который был для краткости назван «методом синтеза тейльзон» (Черных, 1989, 2005). В основу конструирования изучаемых шкал кладется анализ стратиграфического распределения видов ископаемых в конкретных разрезах. Существует эмпирически разработанный алгоритм этой процедуры, рассмотренный в наиболее общем виде В.В. Меннером (1980) и более подробно в работах Б.В. Пояркова с соавторами (Поярков, Скворцов, 1977; Пояркова, Поярков, 1980, 1982). Детальное описание исследовательских операций, предполагающих использование широко известного метода построения зональных БХШ через синтез тейльзон, содержащееся в указанных работах, освобождает от подробного разъяснения существа этого метода, и я охарактеризую лишь его главные положения.

Вначале в разных разрезах выполняется последовательное определение интервалов стратиграфического распространения (тейльзон) видов, которые предполагается использовать для построения шкалы. Затем тейльзоны суммируются для получения данных о полном стратиграфическом распространении каждого вида, т. е. для выделения их биозон. Знание биозон видов имеет большое значение как для создания и совершенствования филогенетической основы, на которой будет строиться зональная БХШ, так и для размещения видов в хронологическом порядке и решения вопроса об установлении зональных подразделений конструируемой шкалы. Анализируется взаимное расположение биозон, выясняется, какие виды существуют совместно, какие отдельно, выявляются кратко и длительно существующие виды и т. п.

На этой основе устанавливается хронологическая последовательность видов. Из них выбираются характерные, образующие эволюци-

онные линии, короткоживущие массово распространенные формы в качестве видов-индексов выделяемых зональных подразделений, формируется комплексное палеонтологическое наполнение каждого подразделения.

Описанная методика построения автономных зональных шкал основана на определении биозон видов той группы, которая выбрана в качестве основы строящейся зональной шкалы. Понятно, что чем основательнее изучены ископаемые остатки этой группы в многочисленных разрезах, тем более полные сведения о биозонах мы можем получить. Б.Т. Голев, специалист по зональной стратиграфии палеогена, предлагал для обеспечения одинаковой оценки палеонтологического материала при выделении зон проводить «периодический (один раз в 10–15 лет) анализ стратиграфического распределения видов в разрезах мира и опубликование такого анализа в специальных, широко известных журналах» (1980, с. 51). Более того, он полагал, что региональные и межрегиональные «зоны, выделенные без приведения данных о биозонах видов, должны считаться невалидными» (там же).

Вместе с тем построение зональных шкал методом синтеза тейльзон встречает трудности принципиального характера, о которых в литературе ничего не говорится. Так, чтобы сравнить диапазоны стратиграфического распространения некоторого вида в разных разрезах для последующего их суммирования в биозоны, необходимо выполнить предварительную корреляцию этих разрезов. Для этой операции нужно иметь готовую шкалу. Только после вынесения на эту шкалу, которую резонно назвать *инициальной*, данных о положении тейльзон, можно оценить полный интервал распространения видов и указать их биозоны. Потребность в инициальной шкале сохраняется при анализе взаимного положения биозон разных видов, используемых для создания шкалы. Если в пределах ограниченной территории еще мыслимы пути уяснения взаимного положения биозон на литостратиграфической основе (т. е. литологической шкале) или с помощью биостратиграфических реперов (слоев с фауной, горизонтов-маркеров), то реализовать данные операции для удаленных разрезов, не имея готовой шкалы, – задача невыполнимая.

Анализ существующей практики построения БХШ через синтез тейльзон позволяет утверждать, что при установлении биозон и выделении зональных комплексов видов исследователи так или иначе всегда

используют имеющиеся шкалы в качестве инициальной. В явном виде это по непонятным причинам никогда не оговаривается, и умолчание не столь безобидно, как может показаться на первый взгляд. Нередко получается так, что после построения искомой шкалы ее автор, применяя существующую шкалу к конкретным разрезам, «подправляет» стратиграфическое положение зональных подразделений, установленных по той инициальной шкале, на основе которой он сконструировал собственную. Вместе с тем должно быть ясно, что новая шкала, созданная методом синтеза тейльзон и на основе некой зональной инициальной шкалы, не может превзойти детальность расчленения или изменить в разрезе положение границ зональных подразделений, установленных по инициальной шкале.

Таким образом, применение описанного метода для построения зональных БХШ не решает проблемы создания инициальной шкалы, которая требует отдельного рассмотрения.

3.3. Построение элементарной инициальной шкалы

Ранее показано, что построение зональных БХШ методом синтеза тейльзон предполагает использование инициальной шкалы. Она позволяет соответствующим образом организовать данные о стратиграфическом распространении ископаемых той группы, на основе которой конструируется данная шкала. Рассмотрим естественно возникающий при этом вопрос, как формировать «самую первую», т. е. элементарную инициальную шкалу, не прибегая к помощи других.

Для построения элементарной инициальной шкалы необходим непрерывный разрез, хорошо охарактеризованный ископаемыми и охватывающий, по крайней мере, три зоны будущей БХШ. Это указание предполагает возможность и такого варианта, когда по мере выполнения работы какие-то разрезы окажутся забракованными и придется искать дополнительный, новый разрез. Рациональнее начинать конструирование инициальной шкалы по одной из ортохронологических групп. Предполагаются известными данные о высокой частоте встречаемости представителей выбранной группы, из которых выбираются три-четыре формы (виды-индексы), образующие *эволюционную последовательность* (на первых порах это виды, принадлежащие одному роду) и

имеющие частично перекрывающиеся диапазоны стратиграфического распространения. Это последнее условие обеспечивает выполнение требования непрерывности создаваемой шкалы. При возможности следует предпочесть тот ряд форм, в развитии которых устанавливается определенная направленность в изменении характерного морфологического признака (морфологический тренд).

Маркировка выбранного базиса выполняется по критерию «существование вида», так что зоны инициальной элементарной шкалы представляют собой последовательность событий «существование вида *A*», «существование вида *B*», «существование вида *B*», образующих филогенетическую основу построения элементарной трехзонной шкалы, причем каждое из этих событий завершает предыдущую зону и устанавливает следующую за ней. Таким образом, из разрезов могут быть получены сведения только о порядке (последовательности) стратиграфического распределения видов. Из них выбираются те виды, которые предположительно можно отнести к одной эволюционной линии (в первом приближении виды одного рода, сменяющие друг друга в стратиграфической последовательности). Подобная последовательность событий «существование видов» (видов-индексов) рассматривается в качестве основы хронологической зональной шкалы.

Маркированная указанным способом последовательность видов-индексов представляет собой инициальную БХШ, где каждая зона получает название по молодому виду-индексу, присутствующему в данной зоне. Наличие в ее составе не менее трех зон позволяет осуществить корректное сопоставление с другими разрезами, наращивающими первоначально выбранный разрез стратиграфически вверх и вниз. Последовательно переходя таким путем от одного разреза к другому, можно продолжать строить шкалу описанным способом.

В разрезе этим событиям существования видов отвечают интервалы стратиграфического распространения соответствующих форм, т. е. их тайльзоны. При этом уровни появления в разрезе вида *B* является верхней границей стратозоны *A* (и в то же время нижней границей стратозоны *B*), а уровень появления вида *B* ограничивает сверху стратозону *B*. Положение границ стратозон определяется по уровням «первого появления» видов-индексов только после того, как шкала построена.

Как можно понять из сказанного, построенная шкала представляет собой последовательность видов-индексов в конкретном разрезе, стра-

тиграфический объем и хронологическое соотношение которых могут изменяться от разреза к разрезу. Таким образом, одна и та же стратозона в разных разрезах может занимать различный стратиграфический интервал, а шкала не содержит информации о том, насколько полно представлены зоны в том или другом разрезе. Чтобы добиться единообразия в показаниях шкалы, необходимо ввести простое допущение, что используемые зональные подразделения являются минимальными хронологическими единицами.

Условие наименьшей размерности зональных единиц приводит к тому, что хронологическое положение любого объекта, которое устанавливается по факту его нахождения с видом-индексом, может быть определено с точностью до зоны и датироваться полной зоной. Тем самым исключаются случаи, когда бы возраст объекта, определяемый по инициальной шкале, указывается как часть («низы» или «верхи») зоны. Как неоднократно подчеркивалось, совместное нахождение с видом-индексом датирует объект (слой, пачку, другие ископаемые организмы и т. п.) полной зоной, независимо от того, какую ее часть в действительности занимает интересующий объект в разрезе. Таким образом, интервал (возраст) существования любого геологического объекта, выделяемый с помощью инициальной шкалы, может быть выражен только целочисленным количеством зон этой шкалы.

Понятно, что с помощью инициальной шкалы невозможно определить биозоны тех видов (видов-индексов), последовательность которых использована в качестве базиса для построения этой шкалы. Однако при необходимости это можно сделать по зональной шкале, построенной без обращения к данной инициальной шкале по какой-то другой группе ископаемых.

Основная особенность инициальной шкалы состоит в том, что при ее конструировании в качестве базиса применяется *эволюционная последовательность* ортостратиграфической группы ископаемых. Подтверждением корректности выбора такого базиса может служить устойчивое сохранение использованной последовательности видов-индексов и ее независимости от фациальных характеристик вмещающих пород во всех изучаемых разрезах. Некоторые другие детали строительства прояснены далее на конкретном примере создания зональной биохронологической шкалы гжельского яруса по конодонтам.

3.4. Зональная шкала гжельского яруса по конодонтам

Рассмотрим конкретную задачу – построение зональной шкалы для пограничных отложений карбона и перми на Урале по результатам изучения конодонтов.

3.4.1. Выбор группы ископаемых

Выбор конодонтов в качестве основы для построения зональной биохронологической шкалы для гжельского яруса неслучаен. Зональные БХШ, созданные по результатам изучения конодонтов, существуют в настоящее время для большинства стратиграфических подразделений палеозоя и триаса. Вполне естественно, что они неравноценны как в отношении стратиграфической детальности, так и с точки зрения их корреляционных возможностей. Однако даже наименее удачные из них демонстрируют известные достоинства конодонтов, принесшие широкую популярность этой группе ископаемых у специалистов, занимающихся стратиграфией ордовика, девона, карбона и триаса. Зональные комплексы конодонтов в меньшей степени, хотя и не в такой, как это представлялось вначале, зависят от фациальных типов разрезов по сравнению с другими ископаемыми, встречающимися вместе с конодонтами. Как правило, большинство конодонтовых зон удастся проследить географически шире, чем любые другие палеонтологические зоны того же ранга. Конодонты чрезвычайно стойко противостоят воздействию метаморфизма, сохраняясь даже в мраморах. Можно также отметить относительно высокую скорость эволюционных изменений видов конодонтов, обеспечивающую детальность расчленения разрезов по итогам исследования этой группы ископаемых. Наконец, высокая частота встречаемости конодонтов в ископаемом состоянии обеспечивает обоснованные стратиграфические заключения при датировке и корреляции тех отложений, которые часто лишены каких бы то ни было хронологических реперов. Иными словами, конодонты отвечают всем основным требованиям, традиционно предъявляемым к ортохронологическим группам. Более детально особенности применения конодонтов для построения мерномических зональных шкал обсуждаются в части II настоящей работы.

Конодонты для биостратиграфии карбона стали применяться значительно позднее, чем другая ортостратиграфическая группа – фузулиниды. По этой причине при строительстве конодонтовой зональной шкалы гжельского яруса в качестве инициальной была использована шкала по фузулинидам.

В частности, выбору конкретного разреза, вскрывающего отложения определенного стратиграфического интервала (гжельского яруса верхнего карбона), предшествовал анализ данных, полученных к этому времени по результатам изучения фузулинид. Параллельно исследовались комплексы конодонтов из ярусных и, когда было возможно, из зональных подразделений, установленных по фузулинидам. Изучены многочисленные разрезы на западном склоне преимущественно Южного Урала, систематизированы и проанализированы коллекции конодонтов, «привязанные» к фузулинидовой шкале.

Первая, наиболее важная стадия изучения конодонтов из разных разрезов западного склона Южного Урала на хронологической фузулинидовой основе – это получение данных о наличии вполне определенной морфологической трансформации представителей рода *Streptognathodus* в течение гжельского времени. Ряд, составленный из впервые появляющихся морфотипов, встреченных в верхнем касимове и на последующих более высоких стратиграфических уровнях, устанавливаемых по фузулинидам, показал наличие в развитии ряда представителей рода *Streptognathodus* отчетливого направленного изменения, коснувшегося строения карины и платформы в целом. В частности, позднекасимовские формы обладали массивной платформой со слаборебристыми парапетами и длинной кариной (вид *S. firmus*). По мере продвижения к верхней границе гжельского яруса возникали формы, у которых происходила постепенная редукция карины и развивалась ребристость передних ветвей парапетов и платформы в целом (виды *S. vitali*, *S. virgilicus*, *S. bellus*). В конце гжельского времени отмечаются стрептогнатодиды, у которых формируются нодулы на боковой и верхней поверхностях платформы (виды *S. bellus* и *S. wabaunsensis*). Затем, уже в раннеассельское время, массово образуются формы с полноразвитыми бугорками, расположенными на отдельной внутренней лопасти, которая отчетливо отделена от узкого реликта внутреннего парапета глубокой подковообразной ложбиной (вид *S. isolatus*). Подробное описание трансформации стрептогнатодид в течение позднекасимовского и гжельского времени приведено далее.

С того момента, как по разрозненным данным из разных разрезов было установлено присутствие морфологического тренда в развитии гжельских стрептогнатодид и осознаны его основные особенности, появилась возможность перейти к тщательной разработке этого тренда с прицелом на его использование в качестве базиса будущей зональной шкалы. Именно с этого момента можно было не оглядываться на инициальную фузулинидовую шкалу и пуститься в автономное плавание. Однако для этого был необходим опорный разрез, который должен был обеспечить детальнейшее изучение предполагаемого морфологического тренда касимовско-гжельских и раннеассельских конодонтов рода *Streptognathodus*.

3.4.2. Выбор опорного разреза

На этой стадии исследования большое значение для успешного выполнения работы имеет правильный выбор разреза для изучения ископаемых, в данном случае – конодонтов. Здесь, безусловно, должен присутствовать еще и элемент везения. Разрез Усольский, теперь широко известный стратиграфам всего мира как паралимитотип границы карбона и перми, оказался оптимальным для создания зональной шкалы, в том числе для гжельского яруса, по конодонтам.

В отечественном Стратиграфическом кодексе 1992 г. в качестве неперемennого условия для установления стратотипа границ общего стратиграфического подразделения указывается наличие разреза «с непрерывным осадконакоплением без резких фациальных изменений в пределах необходимого интервала. Минимум этого интервала определяется наличием полных разрезов двух смежных зон. Желательно наличие максимального количества признаков, обеспечивающих временную корреляцию на больших расстояниях, наиболее характерной фауны для данного отрезка времени (предпочтительно пелагической), а также присутствия вблизи границы пород, благоприятных для палеомагнитных наблюдений и измерения радиологического возраста» (с. 70). В той или иной мере все эти требования разрез Усольский позволяет удовлетворить.

Непрерывность разреза доказывается присутствием всей последовательности ярусных подразделений (от московского яруса карбона до артинского яруса нижней перми), установленных по фузулинидам и ам-

моноидеям. Об этом также свидетельствуют завершенность отдельных седиментационных циклов, характер их смены по разрезу и отсутствие значительных тектонических нарушений. Кроме того, анализ конодонтовых комплексов и морфологических трендов представителей доминирующих родов позволяет говорить об отсутствии процессов постседиментационного перемыва и переотложения осадков, вскрытых данным разрезом.

Наиболее значительным недостатком разреза является относительно слабая охарактеризованность гжельско-ассельской части разреза фузулинидами и аммоноидеями. Основным достоинством можно считать поразительную насыщенность слагающих его пород конодонтами, в большинстве случаев хорошей сохранности и легко извлекаемых с помощью традиционной методики. Еще одна важная особенность разреза – это присутствие прослоев пепловых туфов, что позволило дать довольно подробную хронометрическую характеристику разреза (Schmitz, Davydov, 2012).

3.4.3. Построение зональной шкалы гжельского яруса

Для построения зональной шкалы гжельского яруса использованы сведения о стратиграфическом распределении конодонтов в разнофациальных разрезах – Усольском и Никольском. Вообще говоря, для создания зональной шкалы гжельского яруса вполне хватило данных о стратиграфическом распространении конодонтов, полученных при изучении Усольского разреза. Информация о распределении конодонтов в разрезе Никольский применялась для проверки уже сконструированной зональной шкалы и полностью подтвердила последовательность и видовой состав комплексов конодонтов, установленных на разрезе Усольский.

Я отойду от привычной схемы изложения материала, которым обычно сопровождается рассказ о построении зональной шкалы, и опущу литологическое описание разрезов, их расчленения на слои с указанием послойного списка всех ископаемых форм и т. п. Такие сведения неоднократно публиковались, и с ними можно познакомиться в других работах (Чувашов и др., 1983, 1990, 1991; Черных, 2012).

Остановлюсь более основательно на систематическом составе и последовательности гжельских комплексов конодонтов в разрезе Усоль-

ский и покажу, как они проанализированы для выбора гомотаксиса, на основе которого установлена последовательность видов-индексов, использованная в качестве базиса зональной шкалы. Этот выбор постоянно контролировался аналогичными сведениями, полученными при изучении конодонтов Никольского разреза.

Напомню, что ко времени построения зональной шкалы были известны данные (собственные и опубликованные), анализ которых показал, что развитие части представителей рода *Streptognathodus* в течение гжельского века шло в направлении редукции карины и параллельного появления форм с полной ребристостью парапетов, которая была очень слабо выражена у поздних касимовских и ранних гжельских стрептогнатодид. Естественно, что среди довольно разнообразных в систематическом отношении комплексов особым вниманием пользовались именно те виды, которые могли быть включены в такую хроноклину.

Итак, вначале приведу списки комплексов видов конодонтов в разрезе Усолка, как это традиционно принято, в стратиграфическом порядке снизу вверх по разрезу. После номера пробы в скобках указано расстояние точки ее отбора в метрах от основания разреза. По этим параметрам можно точно оценить степень детальности опробования разреза, которая определялась только одним условием – наличием в разрезе пород, из которых можно извлечь конодонты. Систематический состав и стратиграфическое распространение каждого из установленных комплексов я прокомментирую отдельно, выделяя в них именно те виды, которые могли быть включенными в известный морфологический тренд, мыслимый как базис будущей шкалы.

Разрез Усольский

- Проба 4/1 (4,7): *Streptognathodus crassus* Chern., *S. dolioliformis* Chern., *S. firmus* Kozitskaya (доминирующий морфотип), *S. gracilis* Stauffer et Plummer, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), *S. pictus* Chern., *S. praenuntius* Chern., *S. zethus* Chern. et Reshetkova, *Idiognathodus excedus* Chern., *I. magnificus* Stauffer et Plummer, *I. toretzianus* Kozitskaya, *I. undatus* Chern.
- Проба 4/2 (4,9): *Streptognathodus auritus* Chern., *S. crassus* Chern., *S. dolioliformis* Chern., *S. elegantulus* Stauffer et Plummer, *S. firmus* Kozitskaya, *S. gracilis* Stauffer et Plummer, *S. gravis* Chern., *S. luganicus* Kozitskaya, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), *S. pictus* Chern., *S. simulator*

Ellison (доминирующий морфотип), *S. sinistrum* Chern., *Idiognathodus excedus* Chern., *I. cf. magnificus* Stauffer et Plummer, *I. undatus* Chern.

Расстояние между точками отбора проб 4/1 и 4/2 составляет 0,2 м. Обращает на себя внимание обилие форм *S. firmus* в пробе 4/1. Вид был впервые описан из касимовских отложений Донбасса (Козицкая и др., 1978). Затем его распространение было уточнено как касимов–гжель московскими исследователями (Барсков и др., 1981). В Усольском разрезе этот вид также проходит в гжельский ярус. Из других видов комплекса из пробы 4/1 особо следует отметить *S. praenuntius*, который, вероятно, является предковым по отношению к *S. simulator*. Вид *S. praenuntius* морфологически близок североамериканскому виду *S. eudoraensis* Barrick, Heckel et Boardman, который авторы также считают эволюционным предшественником *S. simulator* Ellison (Barrick et al., 2008). Я не буду комментировать присутствие в этом комплексе других видов, так как для базиса будущей зональной шкалы потребуется только *S. firmus*.

В пробе 4/2 впервые появляется и доминирует характерный вид *S. simulator*, по уровню обнаружения которого издавна определяли положение нижней границы гжельского яруса в России. В настоящее время большинство исследователей согласилось с этой точкой зрения (Syklothem..., 2007). Вместе с видом *S. simulator* также впервые появляется ряд видов с эксцентричной бороздой (*S. auritus*, *S. gravis*, *S. luganicus*, *S. sinistrum*), что придает комплексу 4/2 характерный, легко узнаваемый облик. Продолжает присутствовать в этой части разреза и вид *S. firmus*.

Хочу обратить внимание на то, что в предыдущем комплексе 4/1 отсутствует вид *S. simulator*, а в комплексе 4/2, где впервые встречен этот вид, не обнаружен его эволюционный предшественник *S. praenuntius*. Из этого факта можно сделать выводы о том, что, во-первых, виды *S. praenuntius* и *S. simulator*, вероятно, являются последовательными видами (Грант, 1980), во-вторых, уровень первого появления вида *S. simulator* в разрезе Усольский близко совпадает с рубежом его возникновения. Оба названных вида (*S. firmus* и *S. simulator*) имеют широкое географическое распространение и встречаются на территории Донбасса, Подмосковья, на Урале и Мидконтиненте (Северная Америка).

- Проба 5/1 (6,4): *Streptognathodus auritus* Chern., *S. firmus* Kozitskaya, *S. gravis* Chern., *S. luganicus* Kozitskaya, *S. aff. luganicus* Kozitskaya, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), *S. pictus* Chern., *S. simulator*

Ellison, *S. sinistrum* Chern., *Idiognathodus lobulatus* Kozitskaya, *I. toretzianus* Kozitskaya, *Gondolella sub lanceolata* Gunnell.

- Проба 7/1 (11,0): *Streptognathodus auritus* Chern., *S. elegantulus* Stauffer et Plummer, *S. firmus* Kozitskaya, *S. luganicus* Kozitskaya, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), *S. pictus* Chern., *S. aff. simulator* Ellison, *Idiognathodus excedus* Chern.
- Проба 11 (16,0): *Streptognathodus gracilis* Stauffer et Plummer, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), *S. aff. simulator* Ellison, *Idiognathodus excedus* Chern., *I. tersus* Ellison, *Gondolella magna* Stauffer et Plummer.

Комплексы конодонтов из проб 5/1, 7/1 и 11 в систематическом отношении очень близки между собой и с комплексом конодонтов из пробы 4/2. Главное, что среди них нет ни одной формы, которую можно было бы считать членом филогенетических линий. К таковым принадлежат виды *S. firmus* и *S. simulator*, отметившие своим первым массовым появлением характерные рубежи верхнего карбона – конец касимовского и начало гжельского яруса – на весьма значительной территории.

- Проба 12 (18,2): *Streptognathodus elegantulus* Stauffer et Plummer, *S. gracilis* Stauffer et Plummer, *S. oppletus* Ellison, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), *S. aff. simulator* Ellison, *S. stigmatis* Chern., *S. vitali* Chern. (доминирующий морфотип), *S. aff. zethus* Chern. et Reshetkova, *Idiognathodus lobulatus* Kozitskaya, *I. tersus* Ellison.

В пробе 12 обращает на себя внимание доминирующий морфотип *S. vitali*, который продолжает в массовом количестве экземпляров встречаться и в следующей пробе 13. Его происхождение, несомненно, связано с *S. firmus*. Между ними есть переходные формы, и разные исследователи в разное время относили вид *S. vitali* то к *S. elegantulus* Stauffer et Plummer, то к *S. firmus* Kozitskaya. Вид *S. vitali* был описан мной в 2002 г. (Черных, 2002) и после этого найден в Подмосковье, Северной Америке и Китае.

- Проба 13/2 (22,8): *Streptognathodus vitali* Chern. (доминирующий морфотип), *S. postsimulator* n. sp., *S. triangularis* Chern., *S. virgolicus* Ritter, *Idiognathodus comprimerus* Chern., *I. insolitus* Chern., *I. tersus* Ellison, *Gondolelloides* sp. A (Henderson et Orchard).

В пробе 13 наряду с до сих пор встречающимся в массовом количестве *Streptognathodus vitali* впервые появляется короткоживущий вид *S. virgolicus* Ritter, который продолжает линию *S. firmus* – *S. vitali*.

- Проба 14/1 (24,0): *Streptognathodus elongatus* Gunnell, *S. simplex* Gunnell (доминирующий морфотип).
- Проба 14/2 (25,0): *Streptognathodus bellus* Chern. et Ritter, *S. elongatus* Gunnell, *S. aff. fissus* Chern., *S. simplex* Gunnell (доминирующий морфотип), *S. tenuialveus* Chern. et Ritter, *Sweetognathodus expansus* (Perlmutter), *Gondolella kazakhstanica* Akhmetshina, *Gondolelloides canadensis* Henderson et Orchard, *Solkagnathus velivolus* Chern., *Caenodontus movschovitschi* Kozur et Mostler.

Проба 14/1 примечательна в том отношении, что с уровня ее отбора в разрезе полностью исчезают идиогагатодонтиды и в массовом количестве появляются стрептогагатодонтиды с полноразвитыми поперечными ребрами. Это в первую очередь такие виды, как *S. simplex* Gunnell (доминирующий морфотип) и *S. elongatus* Gunnell. Через метр выше по разрезу в пробе 14/2 к ним присоединяется впервые появившийся вид *S. bellus*, который продолжает развитие линии *S. firmus* – *S. vitali* – *S. virgilicus* и встречается в следующих пробах 15/1 и 16/1. Этот вид найден на Урале, в Подмосковье и на территории североамериканского Мидконтинента.

- Проба 15/1 (26,0): *Streptognathodus bellus* Chern. et Ritter, *S. fissus* Chern., *S. flexuosus* Chern. et Ritter, *S. insignitus* Akhmetshina, *S. limulus* Chern., *S. longilatus* Chern. et Ritter, *S. tenuialveus* Chern. et Ritter, *S. variabilis* Chern.
- Проба 16/1 (31,0): *Streptognathodus acuminatus* Gunnell, *S. bellus* Chern. et Ritter, *S. bonus* Chern., *S. insignitus* Akhmetshina, *S. aff. longilatus* Chern. et Ritter, *S. longus* Chern., *S. aff. nodulinaris* Chern. et Resh., *S. wabaunsensis* Gunnell.

В пробе 16/1 впервые появляется космополитный вид *S. wabaunsensis* Gunnell, который можно уверенно поместить в эволюционную линию *S. firmus* – *S. vitali* – *S. virgilicus* – *S. bellus* – *S. wabaunsensis*. Вид *S. wabaunsensis* впервые описан в Северной Америке, а позднее найден на Урале, в Преддонецком прогибе, Подмосковье и Китае.

- Проба 16/2 (31,1): *Streptognathodus acuminatus* Gunnell, *S. elongatus* Gunnell, *S. aff. rectangularis* Chern. et Ritter, *S. wabaunsensis* Gunnell.
- Проба 16/3 (32,0): *Streptognathodus acuminatus* Gunnell, *S. bonus* Chern., *S. aff. bonus* Chern., *S. bipartitus* Chern., *S. russoflangulatus* Chern., *S. invaginatus* Reshetkova et Chern., *S. isolatus* Chern., Ritter et Wardlaw,

S. nodulinear Reshetkova et Chern., *S. wabaunsensis* Gunnell, *Diplognathodus* sp.

В пробе 16/3 встречен вид *S. isolatus* Chern., Ritter et Wardlaw, который является филогенетическим преемником вида *S. wabaunsensis* Gunnell и наращивает линию *S. firmus* – *S. vitali* – *S. virgilicus* – *S. bellus* – *S. wabaunsensis*, но уже в пермской части разреза. Большая часть конodontов в комплексе 16/3 представлена видами группы *S. isolatus*.

Выявленная филолиния *S. firmus* – *S. vitali* – *S. virgilicus* – *S. bellus* – *S. wabaunsensis* была бы вполне приемлема в качестве базиса зональной шкалы гжельского яруса. Однако в ней есть пробелы, которые еще предстоит заполнить неизвестными пока видами. Такой пробел существует между видами *S. firmus* и *S. vitali*, а также между *S. vitali* и *S. virgilicus*. Введение в базис шкалы *S. simulator* для определения нижней границы гжельского яруса не исключило пробел, а только сократило его теперь уже между *S. simulator* и *S. vitali*.

Кроме того, включение в палеонтологический базис шкалы вида *S. simulator* разорвало эволюционную последовательность *S. firmus* – *S. vitali*. Имеющийся фактический материал не позволяет предложить адекватную замену зональному виду *S. simulator*, который бы обеспечил филогенетическую непрерывность базиса шкалы и позволил бы определять и глобально коррелировать нижнюю границу гжельского яруса.

Еще один пробел между видами *S. virgilicus* и *S. bellus* пришлось заполнить не слишком характерным видом *S. simplex*, который также не вписывается в эволюционную линию *S. firmus* – *S. vitali* – *S. virgilicus* – *S. bellus* – *S. wabaunsensis* (рис. 2). Однако нужно отметить, что этот вид в массовом количестве экземпляров появляется на близком стратиграфическом уровне во всех изученных разрезах Южного Урала. Как мне представляется, было бы нецелесообразным оставить без отражения на стрептогнатодусовой шкале столь заметное событие в развитии представителей этой группы. Таким образом, в настоящее время шкала состоит из последовательности семи зональных подразделений: *S. firmus* – *S. simulator* – *S. vitali* – *S. virgilicus* – *S. simplex* – *S. bellus* – *S. wabaunsensis*, из которых шесть (начиная с зоны *simulator*) относятся к гжельскому ярусу. Схема зональных подразделений гжельского яруса представлена на рис. 3.

Ранее были сформулированы требования, которым должна удовлетворять корректно построенная биохронологическая шкала (Чер-

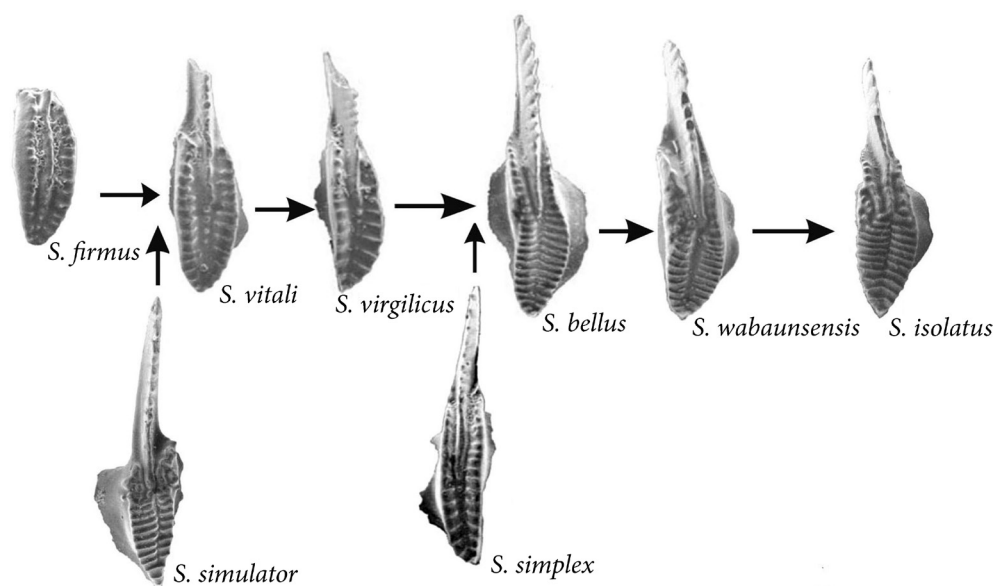


Рис. 2. Последовательность видов-индексов в интервале касимов–ассель.

Пояснения см. в тексте

ных, 1995). Она должна быть непрерывной, универсальной (с высоким корреляционным потенциалом). Элементарная шкала, содержащая не менее трех зональных подразделений, должна быть построена в одном или немногих близко расположенных разрезах. Давая оценку предложенной для гжельского яруса шкалы с точки зрения этих условий, следует указать два ее недостатка: первый связан с пробелом между зонами *simulator* и *vitali*, второй – с разрывом эволюционной последовательности *S. firmus* – *S. vitali* – *S. virgolicus* – *S. bellus* – *S. wabaunsensis* введением в нее двух видов *S. simulator* и *S. simplex*, не имеющих отношения к данной хроноклине.

В то же время можно отметить, что гомотаксис использованных для построения шкалы видов включает виды широкого распространения, встреченных в разрезах удаленных от Урала регионов именно в той последовательности, которая было установлена на уральских разрезах. Выполненная по этой шкале корреляция уральских разрезов с одновозрастными разрезами Евразии, Северной Америки и Китая (см. подраздел 7.2.1) позволяет считать полученную шкалу универсальной.

Ярус	Зона	Виды-индексы	
Ассельский	isolatus	<i>S. wabaunsensis</i>	
	wabaunsensis	<i>S. isolatus</i>	
Гжельский	bellus		<i>S. bellus</i>
	simplex	<i>S. simplex</i>	
	virgilicus		<i>S. virgilicus</i>
	vitali		<i>S. vitali</i>
	simulator	<i>S. simulator</i>	
Касимовский	firmus		<i>S. zethus</i>
		<i>S. firmus</i>	

Рис. 3. Схема расчленения гжельского яруса по конодонтам

Последнее требование в отношении строительства элементарной трехзонной шкалы в одном или немногих близко расположенных разрезах удовлетворено, так как фактически шкала построена по материалам одного Усольского разреза.

Далее приведены списки конодонтов из разреза Никольский, которые позволяют убедиться в сохранении последовательности и систематического состава комплексов, полностью сопоставимых с аналогичной последовательностью конодонтов в разрезе Усольский. Можно отметить лишь более длительное сохранение древних морфотипов после их появления в разрезе Никольский, связанное, вероятно, с процессами переотложения в этом разрезе флишевого типа.

В скобках после номера пробы указано расстояние точки ее отбора в метрах от основания слоя 2. Использована нумерация слоев (которую наследуют номера проб), разработанная В.И. Давыдовым и А.В. Поповым (Давыдов, Попов, 1991). Полужирным выделены виды-индексы.

Разрез Никольский

- Проба 5/1 (46,5): *Streptognathodus crassus* Chern., ***S. firmus*** Kozitskaya (доминирующий морфотип), *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), *Idiognathodus magnificus* Stauffer et Plummer, *I. toretzianus* Kozitskaya.
- Проба 6/1 (48,0): *Streptognathodus crassus* Chern., ***S. firmus*** Kozitskaya (доминирующий морфотип), *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth) (многочисленные экземпляры), *Gondolella magna* Stauffer et Plummer.
- Проба 7/1 (57,0): *Streptognathodus auritus* Chern., *S. bitteri* Ritter, *S. dolioliformis* Chern., ***S. firmus*** Kozitskaya (доминирующий морфотип), *S. holtensis* Ritter, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), *S. pictus* Chern., ***S. simulator*** Ellison., *Idiognathodus lobulatus* Kozitskaya, *Gondolella subanceolata* Gunnell.
- Проба 8/1 (65,5): *Streptognathodus elegantulus* Stauffer et Plummer, *S. firmus* Kozitskaya, *S. gravis* Chern., *S. luganicus* Kozitskaya, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), ***S. simulator*** Ellison, *Idiognathodus lobulatus* Kozitskaya.
- Проба 9/1 (72,0): *Streptognathodus elegantulus* Stauffer et Plummer, ***S. firmus*** Kozitskaya, *S. aff. oppletus* Ellison, ***S. simulator*** Ellison, *S. stigmatis* Chern., *Idiognathodus procerus* Chern., *Gondolella subanceolata* Gunnell.
- Проба 11/1 (79,5): *Streptognathodus amputatus* Chern., *S. elegantulus* Stauffer et Plummer, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), *S. pawhuskaensis deflectus* Ritter., *S. stigmatis* Chern., ***S. vitali*** Chern.,

Idiognathodus aff. *lobulatus* Kozitskaya, *I. tersus* Ellison, *Gondolella sublanceolata* Gunnell, *G. magna* Stauffer et Plummer.

- Проба 12/1 (83,5): *Streptognathodus elegantulus* Stauffer et Plummer, *S. elongatus* Gunnell, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), ***S. vitali*** Chern. (доминирующий морфотип), *Idiognathodus celator* Chern., *I. comprimerus* Chern., *I. lobulatus* Kozitskaya, *I. insolitus* Chern., *I. suspectus* Chern., *I. tersus* Ellison, *Gondolella sublanceolata* Gunnell, *Gondolelloides canadensis* Henderson et Orchard.
- Проба 15/1 (104,0): *Streptognathodus auritus* Chern., *S. elegantulus* Stauffer et Plummer, *S. oppletus* Ellison, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), ***S. vitali*** Chern., *Idiognathodus celator* Chern., *I. lobulatus* Kozitskaya, *I. tersus* Ellison, *I. toretcianus* Kozitskaya, *Gondolella sublanceolata* Gunnell, *Gondolelloides* sp. A (Henderson et Orchard).
- Проба 17/1 (157,5): *Streptognathodus pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), ***S. vitali*** Chern., *Idiognathodus lobulatus* Kozitskaya, *I. tersus* Ellison (доминирующий морфотип).
- Проба 18/1 (167,5): *Streptognathodus elegantulus* Stauffer et Plummer, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), ***S. vitali*** Chern., *Idiognathodus lobulatus* Kozitskaya, *I. luganicus* Kozitskaya, *I. toretzianus* Kozitskaya.
- Проба 20/1 (176,0): *Streptognathodus pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth).
Все формы, судя по сохранности, переотложенные.
- Проба 22/1 (183,5): *Idiognathodus lobulatus* Kozitskaya, *I. toretcianus* Kozitskaya, *Streptognathodus* aff. *oppletus* Ellison, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), ***S. vitali*** Chern.
- Проба 22/2 (205,0): *Streptognathodus virgilicus* Ritter, *S. vitali* Chern., *Idiognathodus lobulatus* Kozitskaya.
- Пробы 23–32 (208,5–306,0): *Idiognathodus lobulatus* Kozitskaya, *Streptognathodus* aff. *oppletus* Ellison, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), ***S. virgilicus*** Ritter, *S. vitali* Chern.
Однообразный комплекс конодонтов, часть из которых переотложена.
- Проба 33/1 (313,0): *Streptognathodus* aff. *simplex* Gunnell, *S. ineptus* Chern., *S. triangularis* Chern. (доминирующий морфотип), ***S. virgilicus*** Ritter, *Gondolella kazakhstanica* Akhmetshina, *Gondolelloides* sp.
- Проба 33/3 (327,3): *Streptognathodus triangularis* Chern. (доминирующий морфотип), *S. sp.*, *Gondolelloides nahanniensis* Henderson et Orchard.

- Проба 33/4 (329,0): *Streptognathodus* aff. *simplex* Gunnell, *S. triangularis* Chern. (доминирующий морфотип).
- Проба 34/1 (358,5): *Streptognathodus* aff. *bellus* Chern. et Ritter, *S. aff. longilatus* Chern. et Ritter., *S. palmulus* Chern., ***S. simplex*** Gunnell (доминирующий морфотип), *S. tenuialveus* Chern. et Ritter, *Gondolelloides canadensis* Henderson et Orchard, *G. nahanniensis* Henderson et Orchard.
- Проба 36/5 (416,5): *Streptognathodus* aff. *bellus* Chern. et Ritter, *S. bonus* Chern., *S. costaeiflabellus* Chern. et Ritter, *S. insignitus* Akhmetshina, ***S. simplex*** Gunnell, *S. tenuialveus* Chern. et Ritter, *S. virgilicus* Ritter, *Gondolelloides canadensis* Hender.
- Проба 37 (421,0): *Streptognathodus costaeiflabellus* Chern. et Ritter, *S. insignitus* Akhmetshina, ***S. simplex*** Gunnell.
- Проба 40 (475,0): ***Streptognathodus bellus*** Chern. et Ritter, *S. longilatus* Chern. et Ritter, *S. insignitus* Akhmetshina, *S. simplex* Gunnell, *S. tenuialveus* Chern. et Ritter.
- Проба 41/1 (479,0): ***Streptognathodus bellus*** Chern. et Ritter, *S. costaeiflabellus* Chern. et Ritter, *S. longilatus* Chern. et Ritter, *S. insignitus* Akhmetshina, *S. simplex* Gunnell, *S. tenuialveus* Chern. et Ritter, *S. venustulus* Chern.
- Проба 44/1 (507,0): ***Streptognathodus bellus*** Chern. et Ritter, *S. aff. brownvillensis* Ritter, *S. fissus* Chern., *S. insignitus* Akhmetshina, *S. limulus* Chern., *S. longilatus* Chern. et Ritter, *S. simplex* Gunnell, *S. tenuialveus* Chern. et Ritter.
- Проба 47/1 (647,5): *Streptognathodus brownvillensis* Ritter, *S. fissus* Chern. (доминирующий морфотип), *S. insignitus* Akhmetshina, *S. simplex* Gunnell, *S. tenuialveus* Chern. et Ritter, *S. variabilis* Chern.
- Проба 47/2 (670,0): *Streptognathodus fissus* Chern., *S. longus* Chern., *S. simplex* Gunnell, *S. variabilis* Chern.
- Проба 47/3 (675,0): *Streptognathodus fissus* Chern., *S. longus* Chern., *S. simplex* Gunnell, *S. variabilis* Chern.
- Проба 47/4 (676,5): *Streptognathodus simplex* Gunnell.
- Проба 47/5 (679,5): *Streptognathodus simplex* Gunnell, ***S. wabaunsensis*** Gunnell.
- Проба 48/1 (731,0): *Streptognathodus acuminatus* Gunnell, *S. bipartitus* Chern., *S. russoflangulatus* Chern., ***S. isolatus*** Chern., Ritter et Wardlaw, *S. nodulinear* Chern. et Resh., *S. simplex* Gunnell, *S. wabaunsensis* Gunnell.

Если посмотреть на стратиграфическое распределение выделенных полужирным зональных видов-индексов в Никольском разрезе, можно констатировать сохранение той же самой их последовательности, которая была установлена в разрезе Усольский.

В виде табл. 2 оформлена схема послойной корреляции подразделений Усольского и Никольского разрезов, выполненной с помощью построен-

Таблица 2

**Послойная корреляция Никольского и Усольского разрезов
(Южный Урал) по конодонтам**

Ярус	Зона по фузулинидам	Зона по конодонтам	Разрез	
			Никольский	Усольский
Ассельский	Sphaeroschwagerina vulgaris–Sph. fusiformis	isolatus	48/1	16/3
			731,0	32,0
Гжельский	Daixina bosbytauensis- Globifusulina robusta	wabaunsensis	47/5	16/1–16/2
		bellus	40–47/4	14/2–15
	Daixina sokensis	simplex	34–39	14/1
		virgilicus	22/2–33	13
	Jigulites jigulensis	vitali	11–22/1	12
	Triticites rossicus– Rauserites stuckenbergi	simulator	7–10	4/2–11
Касимовский	Rauserites quasiarcticus	firmus	5, 6	4/1
			57,0	4,9

Примечание. Слева от колонок разрезов указаны уровни появления зональных видов-индексов в метрах от основания разреза, внутри колонок – номера слоев (проб), штриховые линии соединяют коррелируемые границы слоев.

ной зональной шкалы. Все зональные подразделения, выделенные в разрезе Усольский, устанавливаются в разрезе Никольский с сохранением последовательности видов-индексов и характерным зональным комплексом.

3.5. Стандартная зональная шкала

В связи с продолжающейся работой международных исследовательских групп по обоснованию нижних границ ярусных подразделений фанерозоя большое значение приобретает унификация имеющихся данных о стратиграфическом распространении разных групп ископаемых. Выполнить эту задачу можно только при условии знания биозон видов представителей разных групп по шкале, которая принимается по соглашению в качестве нормативной (стандартной) для данного стратиграфического интервала. Каждый стратиграфический интервал фанерозоя должен иметь свою стандартную зональную биохронологическую шкалу как залог стабильности положения границ стратиграфических подразделений.

Определение биозон видов разных групп организмов по стандартной зональной шкале позволяет создавать и в дальнейшем наращивать комплексную характеристику для зональных подразделений стандартной шкалы, что обеспечивает усиление ее корреляционного потенциала без снижения детальности (см. подраздел 3.6). Автономные монотаксонные зональные шкалы, построенные из характерных видов определенных групп ископаемых, биозоны которых были установлены по нормативной шкале, легко сопоставляются между собой и с нормативной шкалой. Это дает возможность все зональные подразделения, выделенные по любой группе ископаемых, выразить в зонах нормативной шкалы и тем самым выполнить унификацию зональных шкал, сконструированных по разным группам (Черных, 2005).

3.6. Совершенствование зональных биохронологических шкал

Совершенствование зональных БХШ может касаться увеличения их детальности и корреляционных возможностей. Как правило, эти особенности хронологических шкал находятся в обратной зависимости:

детализация шкалы сопровождается снижением ее корреляционного потенциала. В настоящем подразделе обсуждается метод повышения корреляционного потенциала БХШ с сохранением ее детальности.

3.6.1. Моно- и политаксонные биохронологические шкалы

Тему моно- или политаксонности зональных подразделений детально рассмотрел Г.П. Леонов в капитальном труде (1973, 1974) как самостоятельную проблему. Отметив, что фациостратиграфические изменения фаунистических комплексов «кладутся в основу выделения зональных s. l. подразделений (ценозон)» (1974, с. 63), он справедливо указал на их местное стратиграфическое значение. Особо исследователь выделяет зональные подразделения на основе изучения эволюции видов и говорит о том, что такие подразделения, «как правило, оказываются моно-таксонными, т. е. отражающими эволюцию лишь какого-либо одного и при этом достаточно дробного таксона (рода, семейства)» (там же).

Как и во всех таких случаях, говоря о зональных подразделениях, Г.П. Леонов имеет в виду субстратные зональные подразделения в разрезе, определяемые на основе эволюционной последовательности видов. Поэтому и дальше, обсуждая мнения многих исследователей, считающих необходимым выделять зоны на основе «зональных комплексов», автор мыслит зону как субстратное подразделение разреза, а зональный комплекс – как ассоциацию ископаемых форм в данных слоях, установленные только по тому признаку, что эта ассоциация видов не повторяется в ниже- и вышерасположенных слоях.

Отсюда следует вывод, что тем зонам, «которые выделяются с методическими целями и на основе данных об эволюции видов, присущ, как правило, монотаксонный характер, всем другим – преимущественно политаксонный. Причем монотаксонный характер зональных подразделений Г.П. Леонов связывает с «трудностью одновременного установления нескольких (а тем более, конечно, многих) параллельно развивающихся рядов форм» (1974, с. 64). По мере «расширения фронта биостратиграфических исследований в круг последних будет включаться все большее число таксонов, для которых окажется возможным установление эволюционных рядов форм, и собственно зональное расчленение все чаще станет приобретать политаксонный (комплексный) характер» (там же).

Далее Г.П. Леонов приводит два случая «строения зонального комплекса: А – возникающего при синхронном развитии генетических ветвей» и «Б – возникающего при асинхронном развитии тех же генетических ветвей», проиллюстрированных на схеме XIV-1 (1974, с. 65) (рис. 4). Политаксонность (комплексность) собственно зонального расчленения, по Г.П. Леонову, должна заключаться «в одновременном (комплексном) использовании нескольких (возможно, даже многих) параллельно (синхронно или асинхронно) развивающихся таксонов, но не просто в комплексной (политаксонной) характеристике выделяющихся зон» (там же, с. 64).

Таким образом, Г.П. Леонов считает «собственно зональным» расчленение на основе данных об эволюции видов, что отвечает моим представлениям о выделении зон в идеальном варианте. В том варианте, который, вероятно, недостижим в полной мере, но на который ориентирован выбор монотаксонного базиса построения шкалы. Г.П. Леонов

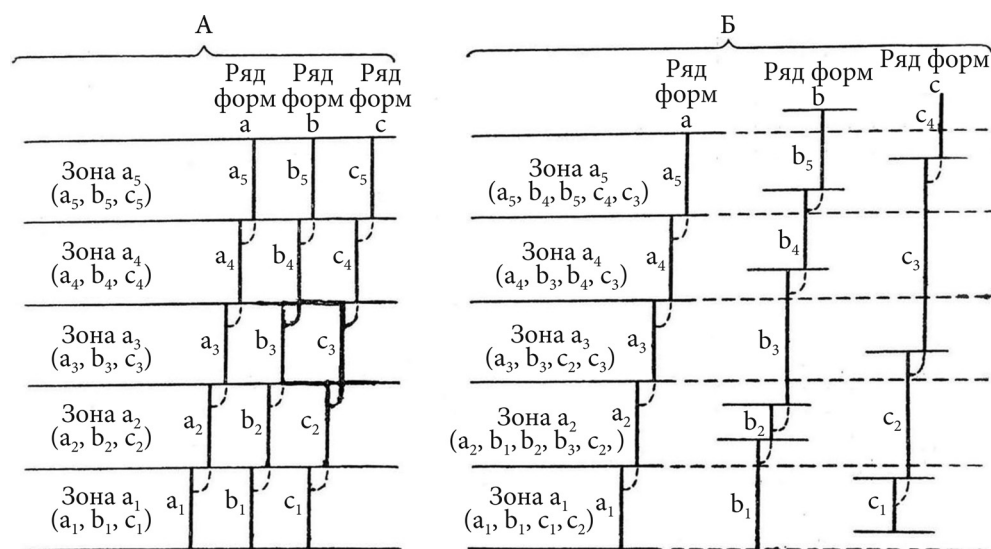


Рис. 4. Схема, иллюстрирующая два возможных случая строения зонального комплекса:

А – возникающего при синхронном развитии генетических ветвей, представленных рядом форм *a*, *b*, *c*, последовательные члены которых $a_1, b_1, c_1; a_2, b_2, c_2$ и т. д. составляют зональные комплексы зон a_1-a_5 ; Б – возникающего при асинхронном развитии тех же генетических ветвей. По: Леонов, 1974, рис. XIV-1

совершенно справедливо, на мой взгляд, отказывается причислять к «зональному расчленению» комплексные зоны, построенные по образцу «биостратиграфических комплексных зон» (Стратиграфический..., 2006, с. 39), включающих любые виды, которые в комплексе отличаются от видов подстилающих и перекрывающих слоев. Однако, предлагая формировать комплекс видов определенной зоны из синхронно развивающихся членов нескольких генетических ветвей, он ничего не говорит о том, что такой случай синхронного развития разных таксонов является практически нереальным. Если этот вариант допустить даже условно, то как установить факт синхронности (как и асинхронности) практически? Для этого нам как минимум потребуется зональная шкала, сконструированная на других группах ископаемых. Тем не менее, как я понимаю, Г.П. Леонов рассматривает случай создания *инициальной* шкалы без обращения к любым иным шкалам.

Вместе с тем, полностью отстранившись от изучения хронологического зонального аспекта, Г.П. Леонов представляет зональный метод как способ непосредственного расчленения разреза на субстратные зоны без всякого обращения к хронологической зональной шкале. Так, на упомянутом рисунке, воспроизведенном в настоящей работе (см. рис. 4), на схеме Б изображен случай «строения зонального комплекса, возникающего при асинхронном развитии... генетических ветвей». Здесь хорошо видно, что границы биозон отдельных видов проведены по их положению в разрезе. Это следует из того, что только в подобном случае можно показать взаимное положение уровней появления каждого из последовательных членов генетических ветвей, находящихся в пределах одной зоны. Только с использованием принципа суперпозиции (Стенона) в конкретном разрезе внутри **зоны a_2** можно разместить уровни возникновения видов b_2 и b_3 , которые делят **зону a_2** на нижнюю, среднюю и верхнюю. То же самое можно сказать и обо всех других случаях распространения видов из групп **b** и **c**. Зональная шкала, если бы Г.П. Леонов рассматривал установленную последовательность зон **a_1 – a_5** как зональную последовательность хронологической шкалы, не позволила бы ему делить наименьшее подразделение шкалы – зону – на части.

Сугубо субстратная точка зрения Г.П. Леонова в определении зон и обсуждении зонального метода сужает круг зрения и лишает мно-

гих возможностей, которые предоставляет хронологический аспект зонального метода. В частности, если монотаксонная зональная шкала построена на эволюционной последовательности видов некоторой ортостратиграфической группы ископаемых, то для придания ей политаксонности вовсе необязательно устанавливать эволюционные ряды форм в других группах, привлекаемых для комплексной характеристики зон. Мы можем выбрать эту зональную шкалу в качестве нормативной для данного стратиграфического интервала. По ней можно определить биозоны (полный интервал распространения в зональных единицах нормативной шкалы) самых разных видов. Те виды, чьи биозоны не выходят за границы определенных зон нормативной шкалы, войдут в зональный комплекс этих зон, другие виды, чьи биозоны имеют более широкий диапазон, возможно, позволят опознать зону по совместному в ней нахождению и т. д. Таким образом, исследуемый способ создания комплексной характеристики зон, расширяющий корреляционные возможности шкалы без снижения ее детальности, не требует открытия эволюционных рядов форм в каждой группе организмов, используемой для создания комплексной характеристики зон. Для эффективного применения зонального метода достаточно иметь корректно построенную зональную нормативную шкалу, подразделения которой получают все более полную характеристику с помощью указанного способа.

Кроме этого, установленные таким путем биозоны для многих видов разных систематических групп ископаемых позволяют построить корректные автономные шкалы (отдельно по каждой группе – брахиопод, кораллов, мшанок и др.). Данные шкалы окажутся скоррелированными с нормативной шкалой и смогут при необходимости помочь опознать зоны нормативной шкалы в тех случаях, когда в отложениях отсутствуют виды-индексы этих зон.

Более того, с помощью нормативной шкалы можно «определить возраст» любых, необязательно палеонтологических, стратифицирующих признаков (прослоев туфов, геохимических реперов и др.) и включить их соответствующим образом в характерный комплекс признаков определенных зон нормативной шкалы. Примеры использования описанного приема для создания комплексной зональной характеристики и построения автономных зональных шкал приведены далее.

3.6.2. Комплексная характеристика зональных подразделений биохронологической шкалы

Здесь представлена программа создания комплексной характеристики зональных подразделений биохронологической шкалы для усиления ее корреляционного потенциала без снижения детальности. Решение этой задачи позволяет попутно получить исходные данные о био зонах видов разных ископаемых для построения автономных зональных шкал (отдельно по группам ископаемых).

Существуют традиционные приемы увеличения детальности и корреляционного потенциала зональной шкалы. Одним из способов усиления детальности является построение шкал на монотаксонной основе. Впрочем, преобладание монотаксонных зональных шкал связано отчасти с тем простым обстоятельством, что специалист, занимающийся конструированием зональной биохронологической шкалы, как правило, владеет только одной группой ископаемых.

Кроме этой причины технического характера, существует интуитивное стремление специалистов строить шкалу с учетом «эволюционного момента» (Раузер-Черноусова, 1967). В идеале – это шкала, созданная на основе эволюционной последовательности видов. Главным ее достоинством является значительная независимость устанавливаемой последовательности зон от фациальных особенностей тех разрезов, на изучении которых строится шкала. Учитывая условия сохранения и специфику палеонтологического материала, можно надеяться только в большей или меньшей степени приблизиться к этому идеальному базису. Вместе с тем понятно, что специалист, использующий последовательности видов одной группы ископаемых, имеет гораздо большие возможности двигаться в желаемом направлении, чем в том случае, когда для конструирования зональной шкалы применяются представители разных групп. С этим, по-видимому, связано то, что, несмотря на обычно отмечаемую «желательность политаксонного систематического состава зон, ...монотаксонный характер зональных комплексов в настоящее время явно преобладает» (там же, с. 106). Добавлю, что за те полвека, которые отделяют нас от времени, когда писались цитируемые строки, ничего не изменилось и автономные, т. е. монотаксонные, шкалы продолжают сохранять доминирующее положение в биостратиграфии.

Обращение к монотаксонному базису вызвано, кроме этого, стремлением достичь по возможности максимальной детальности зональной шкалы. Действительно, для того или другого временного интервала разные группы организмов имеют различное стратиграфическое значение, связанное в том числе со скоростью их эволюции в данное время. Понятно, что выбор падает на те группы, которые имеют в рассматриваемом стратиграфическом интервале максимальную скорость видообразовательной эволюции и обеспечивают необходимую детальность создаваемой на их основе хронологической зональной шкалы. В качестве известных примеров использования таких групп можно вспомнить граптолиты для ордовика, конодонты для девона, радиолярии для кайнозоя, фузулиниды для верхнего палеозоя и др.

Однако применение монотаксонного базиса при построении хронологической шкалы далеко не всегда может обеспечить ее высокий корреляционный потенциал. Часто именно опора на политаксонные комплексы ископаемых позволяет преодолеть ограниченность корреляционных возможностей шкалы, связанную с локальным распространением видов одной фратрии, входящих в зональный комплекс. Традиционно с этой целью выделяют так называемые «биостратиграфические комплексные зоны», которые в Стратиграфическом кодексе определяются как «совокупность слоев, охарактеризованных комплексом древних организмов из трех или более таксонов, отличным от подстилающих и перекрывающих слоев» (Стратиграфический..., 2006, с. 39). Таким образом, комплексная зона выделяется непосредственно в разрезе. Он называется «справочным», по особенностям распределения ископаемых в нем дается диагноз комплексной зоны, т. е. список видов, совместное присутствие которых позволяет опознать данную зону (Степанов, Месежников, 1979). Часто комплексную зону называют оппель-зоной – название, впервые введенное в обиход зональной стратиграфии Д.Л. Степановым (1958). Для оппель-зоны при прослеживании в пространстве допускается замещение зональных видов и родов викарирующими формами «вплоть до отсутствия индекс-вида при условии сохранения общего характера зонального комплекса» (Раузер-Черноусова, 1967, с. 107). Сам А. Оппель точно так же прослеживал выделенные им зоны, охарактеризованные в удаленных разрезах различающимися фаунистическими комплексами, руководствуясь совместным присутствием отдельных форм в пределах одного слоя и выбирая из них хронологически взаимозаменяемые. Ос-

новными, принципиальными недостатками комплексных зон являются нечеткость в определении границ соответствующих им стратозон и значительная фаціальная зависимость состава зонального комплекса. Оба эти фактора при прослеживании зоны приводят к неконтролируемому разрастанию списочного состава зонального комплекса и искажению положения зоны в разрезах, удаленных от справочного разреза. Длительный опыт использования биостратиграфических комплексных зон показал их низкую эффективность при определении и корреляции границ ярусов фанерозоя.

Повышение детальности шкалы почти неизбежно влечет за собой снижение ее корреляционного потенциала. Решение задачи увеличения корреляционных возможностей зональных шкал при условии сохранения их детальности является столь же важным, сколь и трудоемким. Как было отмечено, зональные подразделения всегда поначалу возникают как местные и их дальнейшая судьба зависит от того, какие будут предприняты действия, чтобы сделать эти подразделения опознаваемыми на обширной территории – в масштабе региона, глобальном масштабе. Ранее говорилось о попытках расширить корреляционный потенциал шкал путем использования биостратиграфических комплексных зон и о том, что этот подход позволяет решать проблему с определенными издержками: вводится нежелательная фаціальная зависимость зональных подразделений и стирается четкость зональных границ. Это негативно сказывается на обеспечении непрерывности шкалы, состоящей из биостратиграфических комплексных зон.

Для решения указанной задачи необходимо привлечь принцип Мейена – принцип хронологической взаимозаменяемости признаков, который определяет сам подход к комплексированию таких признаков. Наиболее ясно принцип сформулирован самим автором: «Хронологически тождественными или взаимозаменяемыми являются такие стратиграфические признаки, которые отражают следы одной и той же геосистемной перестройки» (Мейен, 1974, с. 34). Конечно, далеко не всегда можно установить связь между изменением морфологии ископаемых организмов и сменой обстановки в палеоэкосистеме. В качестве менее строгого, но более реалистичного подхода можно рекомендовать комплексирование тех видов, чьи биозоны находятся в пределах наименьшего подразделения зональной шкалы. Это такие виды, распространение которых не выходит за границы одной стратозоны, либо виды, совместное

распространение которых ограничено границами стратозоны (Черных, 2015). Более аргументированного выбора хронологически взаимозаменяемых событий хронологическая шкала не предоставляет. Получение комплексной характеристики хотя бы для части зональных подразделений увеличит корреляционные возможности шкалы без снижения ее детальности. Понятно, что в состав зонального комплекса могут при этом включаться не только представители группы ископаемых, послужившей основой построения зональной шкалы. В зональный комплекс могут быть введены виды любых ископаемых, а также не палеонтологические стратифицирующие объекты и признаки (туфовые и другие маркирующие слои, геохимические характеристики и др.).

Прежде чем рассмотреть такой подход, который позволит построить политаксонную зональную шкалу в наиболее точном значении этого термина, следует оговорить основное условие применения этого подхода. Я имею в виду необходимость предварительного выбора нормативной зональной биохронологической шкалы для рассматриваемого стратиграфического интервала из числа уже существующих автономных шкал. Основными критериями выбора являются детальность и достаточно высокий корреляционный потенциал шкалы, позволяющий сопоставить отдаленные конкретные разрезы и тем самым привлечь максимальное количество данных о распространении видов ископаемых на как можно более обширной площади. Целесообразно в качестве нормативной шкалы выбрать зональную монотаксонную БХШ, построенную по ортостратиграфической группе ископаемых и хорошо зарекомендовавшую себя при проведении разнообразных стратиграфических исследований.

Затем по нормативной шкале следует определить биозоны видов тех групп ископаемых, которые предполагается включить в комплексную характеристику зональных подразделений шкалы. Под комплексной характеристикой здесь подразумевается комплекс видов или отдельные виды, позволяющие опознать одну зону или несколько смежных при отсутствии их видов-индексов. Подчеркнем важную особенность определения биозон видов по нормативной зональной шкале. В силу минимальной размерности ее зональных подразделений устанавливаемые по этой шкале тейльзоны некоторого вида *A*, найденного в конкретной стратозоне, датируются *полной* одноименной зоной нормативной шкалы независимо от того, в какой именно части стратозоны был найден вид *A* в данном разрезе. Все определенные по шкале тейльзоны вида *A*

складываются в его биозону, выраженную целочисленным количеством зон нормативной шкалы. В связи с этим все биозоны будут обозначены целым числом нормативных зон (зон нормативной шкалы), следовательно, границы биозон разных видов в разрезе обязательно совпадут с теми или другими границами стратозон нормативной шкалы.

Вначале приведу пример, когда для создания комплексной характеристики зональных подразделений известной нам конодонтовой монотаксонной нормативной шкалы гжельского яруса используются виды из той же самой группы, т. е. виды конодонтов. Обычно при характеристике зонального подразделения указываются все те виды, которые присутствуют в одноименной стратозоне в конкретном разрезе. Однако при изучении разных разрезов выясняется, что многие из этих видов могут встречаться в ниже- и вышележащих отложениях и по этой причине не являются маркерами данной зоны.

Чтобы выявить истинное стратиграфическое положение и значение каждого вида, необходимо установить его биозону – полный интервал стратиграфического распространения, определенный по нормативной зональной шкале. Только после выделения биозон выбранной группы видов могут появиться разные варианты комплексной палеонтологической характеристики зонального подразделения, позволяющей и определить данную зону (в том числе при отсутствии вида-индекса), и проследить ее на более значительное расстояние.

В табл. 3 приведены данные о биозонах широко распространенных видов конодонтов, установленных по результатам анализа их стратиграфического распределения в Усольском и Никольском разрезах отложений гжельского яруса на Южном Урале, подробно описанных в работе (Черных, 2012а). Как уже сказано, при определении биозон выбранных видов принимается условие минимальной размерности зонального подразделения нормативной шкалы. Полное распространение данного вида, выраженное в зональных единицах нормативной шкалы, принимается за его биозону.

В нашем случае после установления биозон видов по конодонтовой шкале можно указать список таких видов, распространение которых ограничено пределами зоны нормативной конодонтовой шкалы. Эти виды наряду с видом-индексом могут служить индикатором данного зонального подразделения и применяться для его опознания при отсутствии вида-индекса. Например, для зоны *firmus* такими видами являются

Таблица 3

Биозоны конодонтов гжельского яруса Урала

Касимов	Г ж е л ь с к и й							Ассель	Ярус
<i>firmus</i>	<i>simulator</i>	<i>vitali</i>	<i>virgilicus</i>	<i>simplex</i>	<i>bellus</i>	<i>wabaunsensis</i>	<i>isolatus</i>		Зона Конодонты
									<i>S. crassus</i>
									<i>S. dolioliformis</i>
									<i>S. firmus</i>
									<i>S. gracilis</i>
									<i>S. pawhuskaensis</i>
									<i>S. pictus</i>
									<i>S. praenuntius</i>
									<i>S. zethus</i>
									<i>I. excedus</i>
									<i>I. magnificus</i>
									<i>I. toretzianus</i>
									<i>I. undatus</i>
									<i>G. magna</i>
									<i>S. auritus</i>
									<i>S. elegantulus</i>
									<i>S. gravis</i>
									<i>S. luganicus</i>
									<i>S. simulator</i>
									<i>S. sinistrum</i>
									<i>I. lobulatus</i>
									<i>S. stigmatis</i>
									<i>S. oppletus</i>
									<i>S. vitali</i>
									<i>I. tersus</i>
									<i>S. elongatus</i>
									<i>I. comprimerus</i>
									<i>I. insolitus</i>
									<i>Go. canadensis</i>
									<i>Go. sp. A</i>
									<i>S. postsimulator</i>
									<i>S. virgilicus</i>
									<i>S. triangularis</i>
									<i>S. simplex</i>
									<i>S. bellus</i>
									<i>S. tenuialveus</i>
									<i>S. longilatus</i>
									<i>S. bonus</i>
									<i>S. costaeiflabellus</i>
									<i>S. fissus</i>
									<i>S. variabilis</i>
									<i>S. limulus</i>
									<i>Sw. expansus</i>
									<i>So. velivolus</i>
									<i>S. acuminatus</i>
									<i>S. wabaunsensis</i>
									<i>S. longus</i>
									<i>S. isolatus</i>

Примечание. *S.* – *Streptognathodus*, *I.* – *Idiognathodus*, *G.* – *Gondolella*, *Go.* – *Gondolelloides*. Темными линиями обозначены биозоны видов конодонтов; ? – формы не найдены, но их присутствие в данном стратиграфическом интервале вероятно.

Streptognathodus praenuntius Chern. и *Idiognathodus magnificus* Stauffer et Plummer, которые могут быть использованы для определения зоны при отсутствии *S. firmus* Kozitskaya.

Для опознания зоны *simulator*, кроме вида-индекса, может служить находка конодонтов *S. auritus* Chern., *S. gravis* Chern., *S. luganicus* Kozitskaya, *S. sinistrum* Chern. (см. табл. 3). Совместное присутствие таких видов, как *S. elegantulus*, *S. stigmatis* Chern., *I. lobulatus* Kozitskaya, с видом *S. zethus* Chern. также позволяет опознать зону *simulator*.

В комплексную характеристику зоны *vitali* из весьма многочисленных встречающихся в ней конодонтов после установления их биозон можно указать только два вида, биозоны которых не выходят за пределы данной зоны. Это виды *S. oppletus* Ellison и *I. celator* Chern., которые наряду с видом-индексом могут служить для опознания зоны *vitali*. Для той же цели может быть использовано совместное присутствие *I. lobulatus* Kozitskaya и (или) *S. stigmatis* Chern. с любым из видов *I. tersus* Ellison, *S. elongatus* Gunnell, *I. comprimerus* Chern., *I. insolitus* Chern.

Вышележащая зона *virgilicus* безошибочно узнается по узко распространенному характерному виду *S. triangularis* Chern. и последнему представителю конодонтов группы *simulator* – *S. postsimulator* Chern. Совместное присутствие таких видов, как *I. comprimerus*, *I. insolitus*, *S. impetus* Chern., с большой долей вероятности свидетельствует об их нахождении в зоне *virgilicus*.

Я пропущу не очень четко выделяемую зону *simplex* и прокомментирую выше расположенную зону *bellus*, с которой связано появление многочисленных стрептогнатодид с полноразвитыми ребристыми парапетами. Многие из этих видов не выходят за пределы соответствующей стратозоны. Среди них *S. longilatus* Chern. et Ritter, *S. fissus* Chern., *S. variabilis* Chern., *S. limulus* Chern., *Solkognathus velivolus* Chern., по находке которых можно опознать зону *bellus*.

Наконец, терминальная зона гжельского яруса – *wabaunsensis*, для которой может быть указано совместное присутствие таких видов, как *S. acuminatus* Gunnell, *S. bonus* Chern., *S. bellus* Chern. et Ritter, *S. longus* Chern. Их совокупность можно ввести в комплексную характеристику указанной зоны.

Следует обратить внимание на то, что для определения биозон видов конодонтов, включенных в дальнейшем в комплексную характеристику зональных подразделений нормативной шкалы, использованы данные

по двум разрезам, относящимся к разным фациальным типам. Комплексная характеристика увеличит корреляционный потенциал шкалы и даст возможность распространить действие нормативной шкалы на более отдаленные разрезы и тем самым привлечь дополнительные сведения для уточнения биозон рассмотренных видов и пополнения комплексной характеристики зональных подразделений новыми видами.

Продолжая описанную последовательность операций по увеличению корреляционного потенциала шкалы, можно получить нормативную шкалу для выполнения вначале межрегиональных, а затем межконтинентальных корреляций без снижения ее детальности.

Сведения о биозонах видов любой группы ископаемых, определенных по нормативной зональной шкале, могут служить не только для комплексной характеристики зональных подразделений этой шкалы. Знание биозон видов каких-либо групп ископаемых организмов позволяет конструировать из них корректные автономные зональные шкалы (отдельно, например, по фораминиферам, брахиоподам и другим группам ископаемых). Зональные подразделения данных шкал хорошо сопоставляются между собой и с подразделениями нормативной зональной шкалы, по которой установлены биозоны всех видов (Черных, 2005).

На рис. 5 представлены результаты определения биозон некоторых видов брахиопод по нормативной конодонтовой шкале в переходных отложениях между франским и фаменским ярусами верхнего девона на западном склоне Южного Урала (разрезы Большая Барма, Аккыр, Рязяк и Кук-Караук). Данные о распространении конодонтов и брахиопод в этих разрезах взяты из работы Р.Ч. Тагариевой, Л.Г. Мизенс (2015). На схеме показано распространение 11 видов брахиопод (B_1 – B_{11}), установленное по конодонтовой зональной шкале, которая в данном случае принята за нормативную. Интервалы Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4 , Z_5 и Z_6 отражают положение стратозон в разрезах верхняя *rhenana*, *linguiformis*, нижняя *triangularis*, средняя *triangularis*, верхняя *triangularis* и нижняя *crepida* соответственно.

Заштрихованными прямоугольниками обозначены биозоны соответствующих видов брахиопод. Еще раз отметим, что полученные биозоны построены по результатам изучения четырех разрезов. Ясно, что часть из них или все могут остаться неизменными или измениться (увеличиться) после привлечения данных по каким-то другим разрезам или

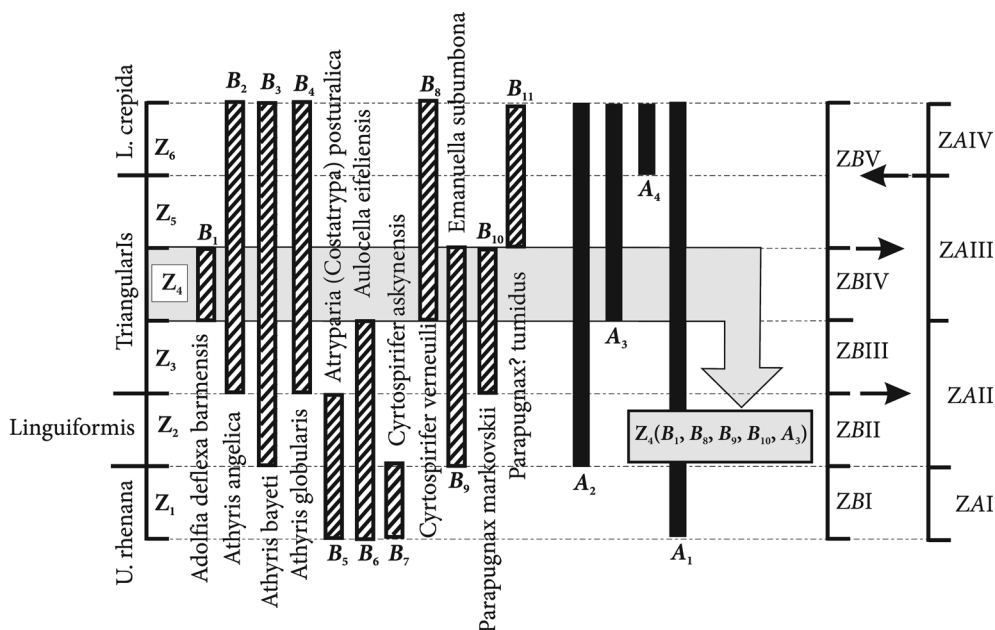


Рис. 5. Биозоны видов позднедевонских брахиопод (B_1 – B_{11}) и видов условной группы организмов (A_1 – A_4), установленные по нормативной конодонтовой шкале.

Пояснения см. в тексте

после более тщательных поисков брахиопод в исследованных разрезах. Однако сейчас для нас важны принципиальные основания предлагаемой методики, которую мы рассмотрим подробнее.

На рис. 5 выделяется один вид *Adolfia deflexa barmensis*, биозона которого не выходит за пределы стратозоны средняя triangularis (Z_4), и это тот случай, когда вид непосредственно войдет в зональный комплекс одноименной зоны. Такой вид можно рассматривать как индикатор зоны Z_4 . Более широкие биозоны других видов позволяют отнести к комплексной характеристике этой зоны только совместное присутствие видов, вынесенных в буквенном обозначении под стрелкой на сером поле, очерченном прямоугольником. Кроме того, для опознания этой конодонтовой зоны достаточно установить совместное нахождение в разрезе таких двух видов, как *Cyrtospirifer verneuili* и *Emanuella subumbona* или *Cyrtospirifer verneuili* и *Parapugnax markovskii*. Следовательно, и в этом случае знание биозон видов брахиопод (как и любой другой группы ископаемых), определенных по конодонтовой шкале, позволяет

внести некоторые из них или их сочетание в комплексную характеристику конкретной зоны шкалы. Подобные данные можно использовать для опознания конодонтовой зоны по находкам видов брахиопод в тех разрезах, где конодонты либо отсутствуют, либо еще не найдены.

Для опознания зоны верхняя *rhénana* можно использовать также вид *Cyrtospirifer askynensis*. Совместное присутствие в разрезе *Atyroparia* (*Costatrypa*) *posturalica* вместе с *Athyris bayeti* и (или) *Emanuella subumbona* дает возможность определить принадлежность вмещающих отложений зоне *linguiformis*. Можно сделать и другие подобные извлечения из рис. 5, которые позволяют увеличить возможность опознания зон нормативной конодонтовой шкалы по данным о распространении брахиопод.

Обращаю внимание на принципиальную разницу между «комплексной характеристикой», полученной описанным способом, и комплексом видов, входящих в биостратиграфическую комплексную зону (оппель-зону). Список видов при установлении биостратиграфической комплексной зоны составляется из совместно встречающихся видов в стратоне (слое, пачке, свите и т. п.), т. е. по существу в границах подразделений литологической шкалы, которая обычно имеет весьма ограниченный корреляционный потенциал. Комплексная характеристика зоны нормативной биохронологической шкалы выполняется по совместному нахождению форм в пределах стратозоны, т. е. в границах зонального подразделения биохронологической зональной шкалы, имеющей больший корреляционный потенциал, чем литологическая шкала. Такой подход, опирающийся на зональную шкалу, построенную по ортостратиграфической группе, позволяет значительно увеличить корреляционный потенциал шкалы, не влияющий негативно на ее детальность и не приводящий к скольжению границ зональных подразделений в разных разрезах.

3.7. Построение автономных биохронологических шкал

Полученные сведения о биозонах видов определенной группы могут быть использованы для построения на их основе автономной зональной шкалы. Можно утверждать, что корректное конструирование автономных (монотаксонных) шкал должно выполняться только после установ-

ления биозон всех видов, которые предполагается применять. Известный специалист по созданию зональных нуммулитовых шкал Б.Т. Голев полагает, что «региональные и межрегиональные зоны, выделенные без приведения данных о биозонах видов, должны считаться невалидными» (1980, с. 51). Я думаю, что это требование следует предъявлять к построению любых зональных хронологических шкал.

Традиционное строительство шкал на основе тейльзон постоянно требует поправок на изменение диапазона существования видов до тех пор, пока не будет установлены истинные биозоны видов, использованные для шкалы. По-видимому, рациональнее начинать создание шкалы с определения биозон соответствующих видов, применяя имеющуюся информацию (собственные и опубликованные данные), в дальнейшем пополняемую все новыми и новыми сведениями о стратиграфическом распространении видов.

Из установленных биозон видов брахиопод, представленных на рис. 5, можно сконструировать зональную шкалу, состоящую из пяти зон (ZBI, ZBII, ZBIII, ZBIV и ZBV), положение которых в разрезе определяется по уровням появления видов этой группы. Первые четыре зоны соответствуют зонам нормативной (конодонтовой) шкалы, а пятая охватывает две последние зоны конодонтовой шкалы. Предлагаемый алгоритм построения зональной шкалы является оптимальным. Во всяком случае, по сравнению с традиционным способом создания шкал из тейльзон. Однако в качестве обязательного условия он требует наличия нормативной (в нашем случае конодонтовой) шкалы, по которой выделяются биозоны видов брахиопод.

Существенно, что построенные таким образом автономные шкалы по разным группам ископаемых сопоставимы и между собой, и с зональной нормативной шкалой. Это следует из условия минимальности зональных подразделений нормативной шкалы, по которой определяются биозоны видов какой-либо группы ископаемых. В соответствии с данным условием любая биозона может быть выражена только целым количеством зональных подразделений шкалы. В связи с этим и выделяемые зоны автономных шкал отвечают целому числу нормативных зон, а значит, границы стратозон, установленные по автономным шкалам, в подобном случае непременно совпадут с границами стратозон нормативной шкалы. Это можно видеть на рис. 5, где справа показаны две зональные шкалы. Одна из них – уже знакомая брахиоподовая шкала ZB.

Вторая – ZA, построенная аналогичным образом по некоторой условной группе ископаемых, биозоны которых обозначены черными прямоугольниками. Зональные подразделения рассматриваемой шкалы, как и брахиоподовой, выделены по уровням первого появления видов в разрезе.

Таким образом, сама методика построения автономных шкал неизбежно приводит к тому, что границы зональных подразделений обеих шкал (ZA и ZB) сопоставлены между собой и с зонами нормативной шкалы. Это позволяет выполнить унификацию стратиграфических схем, построенных по разным группам ископаемых.

Кроме того, сопоставив созданные описанным методом шкалы между собой, можно убедиться, что границы некоторых стратозон брахиоподовой шкалы не имеют аналогов на условной шкале ZA и, наоборот, – у нижней границы стратозоны ZAIV нет соответствующей ей границы среди брахиоподовых стратозон. Данные некоррелируемые границы отмечены на рис. 5 стрелками. Это значит, что с помощью одной из шкал нельзя установить и сопоставить отдельные стратиграфические уровни, которые хорошо фиксируются с помощью другой шкалы. Такого рода сведения помогут избежать ненужных дискуссий по поводу установления границ некоего стратона (яруса, отдела, системы) с помощью нескольких автономных шкал, построенных по разным группам ископаемых. Попутно отметим, что один из видов (A_3) условно введенной группы ископаемых может быть помещен в комплексную характеристику зонального подразделения Z_4 и использован в комплексе с видами брахиопод *Emanuella subumbona* и (или) *Parapugnax morkovskii* для опознания зоны Z_4 нормативной конодонтовой шкалы.

Зональная шкала, при построении которой использованы данные о распространении видов верхнедевонских брахиопод только в южноуральских разрезах, имеет региональное значение. С ее помощью можно коррелировать разрезы разновозрастных отложений, размещенных на территории Уральского региона.

Аналогичная работа по определению биозон брахиопод нижнего карбона и построению автономной зональной брахиоподовой шкалы выполнена на основе анализа сведений о распространении видов на более широкой территории, включающей восточный склон Урала и Дно-Днепровский прогиб (Черных, Кучева, 2016). Ясно, что сконструированная по этим данным зональная брахиоподовая шкала имеет более

широкое применение и может быть использована для межрегиональной корреляции разновозрастных отложений.

В этом случае в качестве нормативной шкалы, по которой определялись биозоны видов брахиопод, была взята фораминиферовая шкала (табл. 4). Распределение видов брахиопод проанализировано в хорошо изученных и расчлененных с детальностью до горизонтов стратотипических и опорных разрезах Среднего и Южного Урала, а также Доно-Днепровского прогиба. Используются данные, опубликованные в ряде работ (Кучева, 2015; Наливкин, 1979; Стратотипи регіональних..., 2011). Отложения нижнекаменноугольных разрезов Кипчак, Нижняя Гусиха, Покровское, Усть-Рассоха и Донбасса представлены монотонной в литологическом отношении толщей известняков. В вулканогенно-карбонатном разрезе Грязнушинский косьвинский горизонт турнейского яруса выражен известняками с прослоями туффилов общей мощностью около 200 м. В вулканогенно-терригенно-карбонатном разрезе Усть-Греховка скопления брахиопод приурочены к пачке известняков с прослоями аргиллитов общей мощностью 100–120 м.

Количество установленных таксонов в каждом разрезе значительно большее, чем приведено в табл. 4. Выбор был сделан в пользу тех видов, которые встречаются в большинстве анализируемых разрезов и представлены характерными формами, относительно систематической принадлежности которых у специалистов нет разногласий. Несомненно, что с пополнением сведений о стратиграфическом распределении брахиопод в разрезах нижнекаменноугольных отложений других регионов биозоны указанных видов могут и, скорее всего, будут изменяться. По имеющимся данным четко определилась возможность построить для названного стратиграфического интервала трехзонную шкалу, включающую верхнетурнейскую зону *Levitusia humerosa*, и две зоны в составе нижнего визе – *Delepineia lebedevi*–*Ovatia markovskii* и *Linoprotonia probus*. Детальность брахиоподовой шкалы несколько уступает таковой по фораминиферам. Однако знание соотношений зональных подразделений этих шкал позволяет опознать подразделения нормативной (в нашем случае фораминиферовой) шкалы тогда, когда в разрезе присутствуют остатки брахиопод и нет фораминифер.

В отличие от рассмотренного случая, когда один из видов брахиопод или их сочетание можно было ввести в комплексную характеристику зоны нормативной (конодонтной) шкалы и использовать для ее

идентификации, здесь распространение брахиопод такой возможности не предоставляет. Хотя с помощью введения таких маркеров, как «присутствие одних видов при отсутствии других видов брахиопод», можно опознать зоны фораминиферовой шкалы. Например, присутствие в разрезе вида *Levitusia humerosa* позволяет опознать фораминиферовую зону *Tetrataxis sussaica*–*Eotextularia diversa*, распространение видов *Delepinea lebedevi* и *Ovatia markovskii* в отсутствие вида *Linoprotonia probus* – фораминиферовую зону *Eoparastaffella simplex*–*Eogloboendothyra ukrainica*.

Установление уровней первого появления ряда видов в разрезах позволяет предложить зональную брахиоподовую шкалу, подразделения которой приведены в соответствие с зонами нормативной шкалы (см. табл. 4).

По мере того как все большее количество групп ископаемых вовлекается в описанную процедуру, мы можем получить сколь угодно полную комплексную характеристику зональных подразделений инициальной шкалы, причем – подчеркнем еще раз – в комплекс могут входить любые (а не только палеонтологические) стратифицирующие признаки. Построенная таким образом зональная шкала будет политаксонной в строгом смысле и по мере пополнения комплексной характеристики зон разнообразными стратифицирующими признаками обеспечит выполнение корреляции сколь угодно далеко расположенных разрезов геологически одновозрастных отложений.

4.1. Общие замечания

Изложенных сведений о шкалах и зональных подразделениях достаточно для того, чтобы обсудить их применение в биостратиграфических исследованиях, предварив это обсуждение краткой исторической справкой. Г.П. Леонов был одним из немногих, кто детально проследил историю формирования понятий «ярус» и «зона» и посвятил специальный раздел в двухтомной монографии зональному методу в стратиграфических построениях (1974).

В историческом обзоре развития зональной идеи в работе Г.П. Леонова наиболее ценно указание на то, что «зональная классификация в целом рассматривалась исследователями биостратиграфического направления, в особенности Оппелем и Павловым, прежде всего как метод исследования, дающий возможность достаточно точно сопоставлять разрезы удаленных местностей для тех или других “теоретических целей”, в первую очередь палеогеографических» (Леонов, 1974, с. 33).

Термин «метод зональной классификации» первым употребил А.П. Павлов, когда разъяснял свой подход к подразделению отложений «на основании признаков палеонтологических, добытых путем изучения распределения видов *Cephalopoda*» (1884, с. 4). При этом он использовал кавычки, видимо, хорошо понимая условность и предварительность данной дефиниции. Г.П. Леонов говорит уже о зональной классификации без всяких кавычек, хотя вполне ясно, что речь идет о зональной биохронологической шкале. По непонятным причинам ни здесь, ни на последующих более чем 50 страницах, отведенных рассмотрению зонального метода, он почти ни разу не упоминает о зональных подразделениях хронологической шкалы, а пишет только о зонах как субстратных подразделениях разрезов.

Отсутствие четкой дифференциации подразделений шкал и разрезов, а также представление о зоне только как о субстратной единице разреза являются главными причинами, по которым до сих пор не было

дано четкого определения основному – зональному – методу стратиграфической корреляции. Понятно, что последовательность зональных комплексов пород в разрезе не вызывает представления о хронологической шкале. Поэтому А. Оппель говорит в данном случае об идеальном профиле, «члены которого будут одновозрастными в различных регионах, характеризуясь всегда одними и теми же видами» (OppeI, 1858, s. 3). Т. Гексли в 1862 г. предложил использовать для корреляции разрезов гомотаксис, при ближайшем рассмотрении являющийся ничем иным, как БХШ. Однако ни сам Т. Гексли, ни другие исследователи никогда не применяли термин «шкала» для обозначения инструмента корреляции, изобретенного и названного автором «гомотаксисом».

Г.П. Леонов называет хронологическую шкалу «шкалой хронологической классификации» (1973, с. 15), а зональный метод корреляции вслед за А.П. Павловым обозначает как «метод зональной классификации», поскольку иначе, как совокупность слоев, зону не мыслит. Совокупность слоев можно классифицировать, но уж никак не признавать шкалой. Так возникает искусственное сооружение из плохо соединяемых слов «шкала хронологической классификации» вместо естественного для подобного случая понятия «хронологическая шкала».

Смешение шкалы как инструмента хронологического различения геологических объектов с самими геологическими объектами приводит к логическим накладкам не только в случае с зональными шкалами. Например, известный теоретическими разработками в стратиграфии Леонтий Леонтьевич Халфин с одобрением принял так называемый принцип Никитина – Чернышева в следующей формулировке: «Очевидно, региональные (местные) подразделения, эти реальные геологические тела, каждое из которых знаменует тот или иной этап истории развития региона, и подразделения МСШ, при помощи только палеонтологического метода датирующие эти этапы, глубоко и принципиально различны: региональная стратиграфическая схема выражает геологическую историю региона, а МСШ представляет собой лишь хронологию этой истории. Те и другие принципиально различны по их природе, по критериям и методам их выделения, по их назначению и практическому использованию. Все это является выражением принципа Никитина – Чернышева – принципа “двоякого характера геологических классификаций”, противостоящего концепции ЕСШ» (1980, с. 67).

В этом отрывке хорошо видно, что в первом случае имеется в виду собственно субстратное выражение хронологических подразделений – «реальные геологические тела» – и остается за кадром РСШ, существующая до МСШ и независимо от нее. Во втором случае МСШ рассматривается только как хронологическая шкала и остаются за кадром те региональные субстратные подразделения (реальные геологические тела), которые, собственно, и послужили для выделения их хронологических аналогов, организованных в МСШ.

Постоянно упускается из виду главное обстоятельство: чтобы МСШ стала хронологией геологической истории какого-либо региона, например Урала, нужно датировать уральские региональные субстратные подразделения (геологические тела) по этой шкале, т. е. сопоставить, скоррелировать их с соответствующими стратотипическими разрезами, например Западной Европы. Почему-то данную операцию принято считать «определением возраста по внешней шкале», хотя это обычная корреляция по хронологической шкале. Я хочу сказать, что МСШ и РСШ принципиально ничем не различаются, кроме выполняемой каждой из них служебной функции: первая принята за привилегированную, стандартную шкалу, а вторая служит для регионального применения. Однако они обе – хронологические, и принципы их построения едины. У любого (хронологического) подразделения каждой из этих шкал существует материальный эквивалент – геологическое тело, стратон. Региональные хронологические шкалы принято представлять только как субстратные, состоящие из геологических тел, а МСШ – только как хронологические (временные). Если это сделать волевым порядком, то, конечно, появится «двойкий характер геологических классификаций» в понимании Л.Л. Халфина.

Еще более точно этот взгляд выражен в следующей цитате: «Международная шкала – это счисление времени, хронология, а региональные схемы – это сама история, события которой датируются посредством хронологии» (Гурари, Халфин, 1966, с. 8). Попутно снова отметим устойчивость взглядов стратиграфов на наличие двух разных шкал: хронологическую (геохронологическую, временную), которой якобы является МСШ, и стратиграфическую (субстратную, составленную из реальных геологических тел) региональную шкалу, которую Л.Л. Халфин называет «схема». Я могу только повторить, что субстратных шкал не существует (см. подраздел 2.2), а хронологические шкалы (схемы) условно можно разделить на региональные и Международную, которая также в

основе региональная, но принята в качестве международного стандарта. Я привел этот хрестоматийный пример, чтобы еще раз подчеркнуть необходимость в стратиграфии четко различать подразделения хронологических шкал (ярусных, зональных или других) и стратиграфические подразделения разреза (стратоны, геологические тела), чтобы избежать надуманных принципов и беспредметных дискуссий.

Главное, что подчеркивают первопроходцы зональной стратиграфии и с чем не спорит Г.П. Леонов, – основное назначение зональных биохронологических шкал состоит в выполнении корреляции (параллелизации) границ стратонов более или менее отдаленных разрезов. Далее для упрощения я буду употреблять выражения «корреляция разрезов», «корреляция стратонов», подразумевая под этим корреляцию границ определенных стратонов конкретных разрезов.

Расчленение разреза с помощью зональной шкалы – операция, предваряющая сопоставление стратонов разных разрезов. Выделяемые при этом стратозоны имеют литологические границы, совмещенные с уровнями возникновения соответствующих видов-индексов (или заменяющих их видов, входящих в зональный комплекс). В связи с тем что стратозона не является в настоящее время картируемой единицей, расчленение разреза на стратозоны может рассматриваться как сугубо подготовительный этап для последующей корреляции.

Зональная биохронологическая шкала – модельное представление хронологического времени в виде последовательности наименьших хронологических подразделений – зон. Единственное назначение зональных БХШ – расчленение разрезов и корреляция стратиграфических границ стратиграфических подразделений. Только с помощью такой шкалы возможно корректное (с соблюдением принципов стратиграфии, в частности принципа Гексли) сопоставление отдаленных разрезов. Корреляционный потенциал данной шкалы может быть увеличен (вплоть до глобального) установлением комплексной характеристики каждого зонального подразделения.

В метрологии при построении шкал порядка выделяются эталоны измеряемого свойства. Зональные биохронологические шкалы также имеют материальные эталоны, выбираемые более или менее произвольно, как те или другие стратотипические разрезы (лимитотипы), в которых определено положение границ той или иной стратозоны с помощью палеонтологических реперов.

Как было сказано, основное назначение зональной шкалы – корреляция стратиграфических подразделений путем корреляции их границ. Положительная корреляция стратиграфических границ в отдаленных разрезах или, иначе говоря, доказательство хронологической тождественности границ считается достигнутым, если сопоставляемые границы в разрезах занимают место между двумя нижними границами одних и тех же последовательных стратозон, т. е. попадают в конкретную стратозону и тем самым датируются соответствующей зоной (на шкале). Аналогично тому, как использование шкалы порядка для установления равенства измеряемого свойства у разных объектов предполагает их расположение на шкале между смежными подразделениями (эталоны).

В частности, при определении коэффициента твердости минералов по шкале Мооса, если два каких-либо минерала царапают, например, кальцит (твердость 3) и не царапают флюорит (твердость 4), то их твердости можно считать равными с точностью, обеспечиваемой шкалой. Естественно, реальная твердость, скорее всего, различается у рассматриваемых образцов так же, как разновозрастность коррелируемых стратиграфических границ определяется только «с точностью до зоны». Аналогия может быть прослежена и дальше. Твердость минералов, получивших одинаковый коэффициент твердости указанным способом, можно после этого сопоставить напрямую, проверив, который из них царапает другой, с соответствующим выводом о его большей твердости. Однако насколько она больше по шкале Мооса – сказать нельзя. Точно так же, если коррелируемые стратиграфические границы датируются одной и той же зоной и у нас есть возможность проследить и найти обе границы в одном разрезе, то мы можем указать (по их взаимному стратиграфическому положению), какая из них древнее, а какая моложе. Тем не менее, как и в случае с минералами, мы не можем по зональной шкале выяснить, насколько именно древнее или моложе. Зональная шкала позволяет датировать возраст геологического объекта с точностью до зоны.

Из сказанного следует важный для нас вывод: возраст стратиграфической границы (граница яруса, отдела, системы и т. д.) датируется по зональной хронологической шкале как конкретная зона. Или в общем случае: два сопоставляемых геологических объекта считаются разновозрастными (хронологически тождественными), если они размещаются в пределах одинакового числа одноименных стратозон (Черных, 2005).

4.2. Определение зонального метода

Г.П. Леонов уделил зональному методу отдельную главу в работе 1974 г., отметив его «чрезвычайно важную роль» в современной стратиграфии. Среди общих предпосылок успешного использования зонального метода в стратиграфии он указал на необходимость обильной концентрации органических остатков в тех отложениях, где предполагается его применение. Однако одного этого условия недостаточно. «Степень использования зонального метода... зависит... не только от характера палеонтологического содержания исследуемых слоев, но и от общих взглядов исследователя на принцип, метод и общую схему стратиграфической классификации» (Леонов, 1974, с. 62). Как мне представляется, самым важным критерием для принципиальной оценки «общих взглядов» является то содержание, которое вкладывает специалист в понятие «зональный метод расчленения и корреляции разрезов на палеонтологическом основании», или, говоря проще, какое определение он дает данному методу. Однако ни у Г.П. Леонова, ни в других стратиграфических монографиях, чьи авторы широко используют рассматриваемый метод, не приводится никаких сведений, касающихся его определения, характерных особенностей, возможностей, границ применения и прочих данных, которыми принято сопровождать методические основания работы.

Как неоднократно отмечалось, зональный метод предназначен для корреляции стратиграфических подразделений. Это его единственное назначение. Именно с такой целью прибегали к нему стратиграфы-первопроходцы А. Оппель, А.П. Павлов, С. Бакмэн, Е. Дакке. Данный подход сохраняет свою актуальность для сопоставления удаленных разрезов и в настоящее время.

Труднее осознается сам базис зонального метода, и практически все современные специалисты полагают, что дело здесь в определении типов зон, которые устанавливают и используют при расчленении и корреляции разрезов. Отсюда возник богатейший номенклатурный арсенал зональных (и интразональных) подразделений, значительную часть которых – 90 штук – не поленился извлечь из опубликованных работ разных авторов О. Шиндевольф (1975, с. 56–58).

Чтобы попытаться опознать в этом списке истинную зону, т. е. то подразделение, которым оперирует специалист, корректно используя

щий зональный метод для корреляции разрезов, нужно как минимум дать ему определение. Для решения данной задачи необходимо отвлечься от понятия «стратиграфическая шкала», трактуемого как сводный разрез определенных отложений «без пропусков и перекрытий», и осознать, что «в самой глубокой теоретической основе все стратиграфические шкалы одинаковы в своей хронологичности» (Мейен, 1989, с. 27). Нужно вспомнить определение хронологической шкалы, сформулированное С.В. Мейеном следующим образом: «Совокупность событий, специально подобранных для дальнейших временных сопоставлений (т. е. для последующей корреляции)...» (там же, с. 30). Кроме того, по Мейену, в шкале оставляют только признаки, пригодные для дальнейшей корреляции этого разреза с другими. Иными словами, ни для чего другого хронологические шкалы не предназначены.

Итак, шкала – это совокупность одних и тех же (стратифицирующих) признаков, которые повторяются в одной и той же последовательности во всех конкретных разрезах. Т. Гексли назвал бы такую последовательность *гомотаксисом*, поскольку данный термин обозначает одинаковую последовательность одноименных признаков. Именно подобную последовательность палеонтологических признаков он предложил использовать для корреляции разноместных разрезов. Однако сам Т. Гексли о шкалах ничего не говорил и, судя по всему, даже не подозревал (как и те, кто писал о принципе Гексли позднее), что для установления геологической одновозрастности геологических объектов он предложил строить и применять хронологическую шкалу – шкалу порядка – гомотаксис.

Следующим шагом на пути к определению зонального метода должен быть выбор тех событий, которые следует «специально подобрать» для построения зональной биохронологической шкалы, непременно помня при этом, что зоны – наименьшие подразделения зональной хронологической шкалы. Здесь необходимо учесть тот перечень требований, которые уместно предъявить к корректному конструированию хронологической шкалы. Поскольку она создается на биологической (палеонтологической) основе, постольку в качестве базиса нужно выбрать необратимый биологический процесс, чьи последовательные стадии можно рассматривать как элементарные, далее неделимые (как говорит Дж. Кэлломон, «на нижнем пределе делимости») события (Callomon, 1964, p. 271). Таким процессом является эволюция органического мира, а ее элементарной единицей выступает биологический вид.

Кроме того, взятая в качестве базиса эволюционная последовательность видов обеспечивает также выполнение одного из главных требований, предъявляемых к корректному построению шкалы: шкала должна быть непрерывной. Понятно, что получить фактические данные для строительства такой шкалы можно только в некотором приближении к идеалу. Одним из приемов, позволяющих двигаться в этом направлении, является выбор монотаксонного эволюционного базиса шкалы.

После сказанного можно сформулировать определения зонального метода и зонального подразделения хронологической шкалы. Зональный метод заключается в корректном построении и использовании зональной хронологической шкалы, наименьшим подразделением которой является зона. Несмотря на тривиальность, данное определение имеет основополагающее значение в успешном применении самого эффективного способа корреляции границ стратиграфических подразделений – зонального метода.

Во-первых, принятие этих формулировок оставляет в стороне беспредметные разговоры о «самостоятельности и объективности собственно биостратиграфических подразделений» в разрезе. Их объективность и самостоятельность целиком зависят от корректности построения зональных хронологических шкал, с помощью которых мы устанавливаем субстратные подразделения в разрезе, эквивалентные зональным единицам шкалы. Во-вторых, данные определения исключают саму постановку традиционных вопросов о биостратиграфических и хроностратиграфических подразделениях с учетом географического критерия, которые также традиционно рассматриваются только как подразделения разреза (Леонов, 1974; Раузер-Черноусова, 1967). Если принять первичность хронологических шкал и вторичность устанавливаемых по ним подразделений в разрезах, то вопрос сводится только к оценке корреляционного потенциала шкалы, используемой для сопоставления разрезов. Все хронологические шкалы первоначально возникают как «местные» и по мере усиления их корреляционных возможностей становятся «региональными», «провинциальными» и «глобальными», т. е. «хроностратиграфическими».

Кроме этого, в полной мере осознаются и используются минимальность зоны как подразделения хронологической шкалы и биологический базис ее выделения по далее неделимому событию – «существованию вида». Это позволяет избежать псевдоопределений возраста объектов

по зональной хронологической шкале, указанных как части зоны (нижняя, средняя, верхняя).

4.3. Корреляция стратиграфических границ

Расчленение разреза с помощью зональной шкалы предваряет сравнение стратонов разных разрезов. Определяемые при этом стратозоны имеют литологические границы, совмещенные с уровнями появления соответствующих видов-индексов (или заменяющих их видов, входящих в зональный комплекс). Так как стратозона не является картируемой единицей, расчленение разреза на стратозоны может служить сугубо подготовительным этапом для последующей корреляции.

Ранее я назвал процедуру установления хронологической тождественности стратонов с помощью стратиграфической шкалы *стратиграфической корреляцией*, или, коротко, – *корреляцией* (Черных, 2005). Два сопоставляемых стратона считаются хронологически тождественными («одновозрастными»), если они размещаются в пределах одинакового числа одноименных зон данной БХШ. Если интересует корреляция отдельно взятой границы (нижней или верхней) данного стратона, то ее можно совместить с наиболее близко пространственно расположенной в разрезе границей стратозоны и сравнить с аналогично установленной границей стратона в некотором другом разрезе, применяя для этой цели ту же зональную шкалу. Необходимо подчеркнуть еще раз, что корреляция корректна только в том случае, когда коррелируемая граница стратона в сопоставляемых разрезах определяется как зона одной и той же БХШ. Иначе говоря, для надежной корреляции границы некоторого стратона в разных разрезах непременным условием является установление положения этой границы внутри конкретной стратозоны.

Наиболее точно положение стратиграфических границ определяется по зональной биохронологической шкале. Ее базисом является эволюционная последовательность видов (фратрия), а зональная маркировка выполнена по факту существования конкретных видов (видов-индексов) в их эволюционной (стратиграфической) последовательности.

Таким образом, шкала маркирована на последовательные зоны Z_A , Z_B , Z_C и т. д., размещение которых на шкале определяется взаимным положением моментов существования видов A , B , C и т. д. в их эволю-

ционной последовательности. Каждой зоне отвечает реальный природный объект – например стратозона SZ_A , представленная конкретными породами в разрезе – от уровня появления в разрезе вида A до уровня появления вида B . Еще раз хочу обратить внимание на то, что здесь речь идет именно о «появлении вида в разрезе», поскольку на шкале мы используем однородное и хронологически одномоментное событие «существование вида». Каждая точка в интервале разреза, отнесенного к стратозоне SZ_A , датируется полной зоной A , и все эти точки хронологически одновозрастны.

Если интересующая нас граница некоторого яруса попадает в разрезе в этот интервал, то мы датируем ее, как и любые объекты в пределах стратозоны, соответствующей полной зоной A . Таким образом, положение стратиграфической границы отвечает полной зоне A , в какую бы часть стратозоны A ни была помещена граница. Это именно та реальная точность, с какой возможно определить положение стратиграфической границы с помощью зональной БХШ. Более точного инструмента для выполнения данной операции нет.

Однако объемная стратиграфическая граница геологов (особенно тех, кто занимается геологическим картированием) по понятным причинам не устраивает, и стратиграфы конструируют иллюзорную линейную границу путем совмещения основания стратозоны с определяемой стратиграфической границей яруса. Почему я называю такую границу иллюзорной, становится понятным, если учесть, что нет возможности определить, какой частью представлена в разрезе данная стратозона и, значит, установить истинное положение ее основания. Стратозона может быть представлена в одном разрезе нижней частью, в другом – самой верхней, словом, какой угодно. Из этого следует, что истинное «основание стратозоны», которое совмещается с границей яруса, с помощью зональной шкалы или иным способом в конкретном разрезе установить невозможно.

Та же неопределенность сохраняется и в любом другом разрезе, куда транслируется стратиграфическая граница, совмещенная с основанием одноименной стратозоны, которая и здесь может быть выражена любой частью. Следовательно, закрепляя в стратотипе некий уровень и коррелируя его как нижнюю границу яруса, мы реально остаемся в том же зональном интервале неопределенности, как если бы устанавливали возраст основания яруса как зону A .

4.4. Концепция GSSP

Разрешить эту ситуацию как будто призвана концепция GSSP (Global Stratotype Section and Point), в которой операция маркировки стратиграфической границы с указанием абсолютного времени (радиометрического, магнитометрического и другого внешнеотсчетного времени) обрела некую обязательность (Cowie, 1986; Guidelines..., 1986). Смысл этой концепции состоит в предложении фиксировать в специально подобранном разрезе нижнюю границу общего стратиграфического подразделения (например, яруса) и точки на ней для установления момента, с которым связана эта граница, и ее последующей глобальной корреляции. «Правильный выбор GSSP дает реальную точку в породе, а не абстрактную концепцию – все другие методы могут привести к диахронности. Это позволяет надеяться, что точка останется фиксированной, несмотря на стратиграфические открытия над и (или) ниже этой точки» (Guidelines..., 1986, р. 5). «Строгое требование в отношении GSSP необходимо для того, чтобы определить надлежащим образом момент геологического времени» (ibid.).

4.4.1. Хронометрическая датировка стратиграфической границы

Иными словами, концепция была заявлена как средство стабилизации положения стратиграфических границ основных (ярусных) подразделений в конкретном разрезе-эталоне (стратотипе) в том числе на основе определения момента физического времени, якобы однозначно запечатленного в каждой реальной точке породы.

Для установления нижней границы яруса авторы концепции выдвинули ряд других требований к стратотипу, которые должны, по их мнению, обеспечить стабильность границы и позволить осуществить ее глобальную корреляцию. Здесь, в частности, указаны непрерывность осадконакопления, полнота обнаженности в разрезе, достаточная мощность, насыщенность разреза ископаемыми, возможность изучения отложений магнитостратиграфическим и геохронометрическими методами и т. д. Самое существенное, с моей точки зрения, в этих рекомендациях – необходимость использования зональной биохронологической шкалы с высоким корреляционным потенциалом – сформули-

ровано очень расплывчато: как желательность выбора границы и точки внутри эволюционной линии. Рекомендация дается с оговоркой, что «опознание таких линий может быть субъективным и не обязательно более точным, чем опознание определенной комплексной зоны» (Guidelines..., 1986, p. 7).

Мне уже приходилось писать о том, что единственным инструментом определения и корреляции границ стратонов является биохронологическая зональная шкала. Корректное операциональное обеспечение этого требования подразумевает использование *элементарной* зональной БХШ, состоящей из трех последовательных филозон, внутри которой помещается определяемая граница. В разрезе устанавливаемая граница яруса совмещается с наиболее близко пространственно расположенной к ней нижней границей стратозоны, т. е. включается в эту стратозону. На шкале нижней границе яруса отвечает соответствующая зона. Как и возраст любого объекта, попадающего в некоторую стратозону, возраст нижней границы яруса определяется, таким образом, как соответствующая этой стратозоне одноименная зона на шкале.

Согласно концепции GSSP стратиграфическая граница и точка на ней фиксируются как определенный момент времени, причем под временем понимается время, измеренное в годах, т. е. астрономическое. Авторы концепции GSSP полагают, что, обозначив (зафиксировав) некую точку в специально выбранном для этой цели разрезе и обеспечив ее опознание всеми возможными методами, включая хронометрические, они тем самым гарантируют стабильность границы данного стратона и возможность ее глобальной корреляции. Чтобы оценить эффективность предлагаемого подхода, необходимо понять, какое значение может иметь хронометрическая датировка точки в стратотипическом разрезе для стабилизации положения нижней границы яруса и ее глобальной корреляции.

4.4.2. Зональная биохронологическая шкала и метрика физического времени

Зональная биохронологическая шкала (как и все шкалы порядка) является ранжированной в том отношении, что расположение ее подразделений упорядочено и каждое из них занимает вполне определенное место: во-первых, по стратиграфическому критерию, во-вторых, по фи-

логенетическому (эволюционному). Можно сказать, что данная шкала имеет ориентировку (от более древних, нижних подразделений к более молодым, верхним), совпадающую с направлением («стрелой») астрономического времени. Это вызывает желание (и иллюзию возможности) снабдить зональную хронологическую шкалу метками (моментами) астрономического («абсолютного») времени. Однако подобную процедуру невозможно осуществить в принципе. Это утверждение я постараюсь аргументировать.

Более или менее умозрительно можно принять факт существования тейльзоны, т. е. одной и той же стратозоны в конкретных разрезах, стратиграфический объем которой наверняка несколько изменяется при переходе от одного разреза к другому. Из общих соображений ясно, что в каждом из этих разрезов одна и та же стратозона может быть представлена более или менее полно. Вместе с тем зональная шкала не может помочь в установлении полноты, степени представительности стратозоны. Все одноименные стратозоны в конкретных разрезах (т. е. тейльзоны) будут определены по зональной шкале как хронологически đồngовозрастные, т. е. как одна зона.

Таким образом, в конкретных разрезах одна и та же стратозона может присутствовать в различном стратиграфическом объеме (как тейльзона) и ее хронометрический возраст в разных разрезах будет, вообще говоря, различным. Абсолютный возраст окажется различным и в пределах одного разреза в разных частях стратозоны – нижней, средней, верхней. Эти различия вступают в противоречие с их одинаковым «хронологическим возрастом», определяемым отнесением к одной и той же зоне на шкале. Чем точнее выполнены хронометрические датировки, тем явственнее будет данное противоречие. Напомню, что стратиграфическая граница любого стратона (яруса, отдела, системы) является зоной хронологической шкалы. В связи с этим хронометрическая датировка стратиграфической границы и точки в стратотипе не может иметь аналога в хронологии, где đồngовозрастными считаются бесчисленное количество точек, относящихся к зоне в разрезе. Иначе говоря, точка-момент в астрономическом времени не имеет адекватного образа в стратиграфии, где в разрезе хронологически одновременны (đồngовозрастны) все точки, принадлежащие одной зоне. По этой же причине в хронологии нет изохронной линии или изохронной поверхности, образ которой интуитивно привлекают стратиграфы (для наглядности) при выпол-

нении процедуры корреляции стратонов с помощью хронологической шкалы.

Бессмысленно наделять абсолютным возрастом (датировать) стратиграфические границы на хронологической шкале, поскольку любые из них, будь то границы ярусов, отделов или систем, представляют собой зональное подразделение. Например, на стратиграфической (геохронологической) шкале 2005 г. у нижней границы ассельского яруса стоит цифра 299 млн лет. Это нужно понимать как одно из определений абсолютного возраста, выполненное для пород, относящихся к базальной конодонтовой зоне *Streptognathodus isolatus*, которая занимает, скажем, в разрезе Айдаралаш – стратотипе границы между каменноугольной и пермской системами – около 50 м. Ясно, что данный интервал может иметь и много других хронометрических датировок, отличных от указанной, но все также определяться по хронологической зональной шкале как одна и та же нижняя граница ассельского яруса – зона *isolatus*. Соответственно, у нижней границы ассельского яруса может стоять сколько угодно разных отметок изотопного возраста, принадлежащих этой зоне и укладываемых в понятие «хронологическая одновременность».

Хронологическая шкала, по которой определена нижняя граница асселя (зона *isolatus*), и хронометрическая шкала, по которой границе присвоена метка 299 млн лет, никогда не могут быть сведены в единую шкалу геологического времени. Это безуспешно пытаются сделать сторонники хроностратиграфии – полностью умозрительного раздела стратиграфии, откуда выросла дочерняя и столь же умозрительная концепция GSSP.

Кратко сказанное можно подытожить следующим образом: хронологическую шкалу порядка нельзя совместить, слить, объединить со шкалой интервалов, каковой является хронометрическая шкала. К такому же выводу раньше меня пришел С.С. Лазарев, пройдя собственный путь прозрения, отличный от представленного здесь, и заключая его так: «...не следует ...внешнюю метрику <астрономическую> “скрещивать” с историко-геологическим временем. Пусть эта метрика остается снаружи: не нужно конструировать нежизнеспособную линейку-гибрид» (2002, с. 9).

Тех же взглядов о несовместимости событийной хроностратиграфии и хронометрической метрики, основанной на изотопных датировках, придерживался К.В. Симаков. Он пишет, что событийный подход «...к

установлению хроностратиграфических границ исключает принципиальную возможность изотопной датировки их возрастного положения по средневзвешенным показаниям разноместных радиологических часов. Трассирование хроностратиграфических границ подразумевает корреляцию протоколов реакции метакронно развивающихся разновасштабных палеоэкосистем на действие одного и того же глобального фактора. В основе ретросинхронизации лежит опирающаяся на принципы Гексли и Мейена идентификация протоколов *событий*, а не основанное на принципе абсолютно точного измерения отождествление *мгновений изотопного* (а не “абсолютного”!) *времени*» (Симаков, 1999б, с. 43).

Следовательно, наделяя абсолютным возрастом стратиграфические границы на хронологической шкале, следует отдавать себе отчет в значительной условности этих датировок, так как любые из них, будь то датировки границ ярусов, отделов или систем, фактически относятся к зональным (хронологическим) подразделениям, не имеющим однозначного возраста, измеренного в единицах физического времени. Вместе с тем совершенно ясно, что для получения реперного уровня и, возможно, точной трансляции его на отдаленные регионы приходится опираться не на хронометрические шкалы, а на биохронологические. «Критерием этой точности, – подчеркивает Б.С. Соколов, – являются биозона, содержащая таксон-индекс, и сопутствующая ему ассоциация других палеонтологических остатков, принимающая и на себя корреляционную биостратиграфическую функцию» (2011, с. 9).

Таким образом, все, что дает концепция GSSP для **реального закрепления** стратиграфической границы, – это точку в разрезе, куда может быть забит виртуальный золотой гвоздь или реальный маркер с соответствующей биркой, на которой написано, по какому поводу была проведена эта странная акция. Ничего нового, кроме использования внешнеотсчетных шкал (магнитометрии, радиометрии, шкалы вариаций отношения стабильных изотопов С и О и т. п.), данная концепция предложить не смогла. Нет нужды распространяться на тему о весьма ограниченном применении такого типа шкал в стратиграфии, тем более – для определения и стабилизации положения стратиграфических границ.

Использование хронометрической датировки для установления границы в стратотипе и ее глобальной корреляции (если кто-то и впрямь решит применить эту датировку таким образом) рано или поздно неиз-

бежно придет в противоречие с определением границы по БХШ. До тех пор пока ведущим методом в стратиграфии будет биохронологический, хронометрические критерии в выявлении стратиграфических границ будут вспомогательными, служащими только для общей ориентировки во времени-длительности. Во всяком случае, хронометрическая метка не может быть использована как индикатор стратиграфической границы в разрезе и ее глобальной корреляции без биохронологического зонального сопровождения. Она дает только самое общее, приблизительное представление о том времени (в годах), когда образовалось некоторое породное тело, например та или иная часть стратозоны.

4.4.3. Лимитотипы границ ярусов и их перемещение

Для установления стратиграфической границы необходимо определять соответствующую зону некоторой биохронологической шкалы, именно ту зону, которая обеспечивает глобальную корреляцию границы. В настоящее время это единственный критерий определения стратиграфической границы, способный гарантировать возможность ее глобальной корреляции. О значении хронометрических маркеров я уже высказал свое мнение. Относительно возможности использования для глобальной корреляции магнитостратиграфических характеристик можно отметить, что магнитостратиграфические события (инверсии магнитных полюсов) не имеют индивидуальных признаков. По этой причине они вынужденно применяются только в комплексе с другими, в частности биостратиграфическими реперами.

Стратозона должна иметь стратотип, на котором желающие могут повторить исследования автора, установившего данную зону. Здесь есть некоторая тонкость, которую следует подчеркнуть особо. О. Шиндewolf полагал (и ему на это не раз пеняли), что «после того как обработка “руководящих разрезов” завершена и результаты ее опубликованы, использованные для изучения этих разрезов шурфы следовало бы засыпать» (1975, с. 124). Он был бы совершенно прав, если бы оговорился, что речь идет о ненужности сохранения разрезов для уже построенной зональной биохронологической шкалы. Именно это он и имел в виду. Действительно, после установления на биохронологической шкале последовательности зон разрезы не нужны. Однако для получения дополнительных сведений о том, что собой представляет стратозона (ли-

тологические особенности, хронометрические и магнитометрические характеристики и т. д.), ее стратотип полезно сохранить. Таким образом, стратотипы необходимы для дальнейшего всестороннего изучения стратозон как геологических тел, имеющих точную хронологическую привязку на сконструированной шкале.

В отечественном Стратиграфическом кодексе 2006 г. указывается как желательный выбор стратотипа зоны (стратозоны) «в стратотипе или в стратотипической местности яруса» (с. 69). Я хотел бы подчеркнуть эту рекомендацию в связи с тем, что в последние годы зональные шкалы оказались востребованы и при установлении нижних границ ярусных подразделений. Поскольку зона кладется в основу определения ярусной границы, постольку становится ясно, что лимитотипом ярусной границы и стратотипом граничной зоны должен быть один и тот же разрез или, по меньшей мере, одна и та же, общая для обоих разрезов, стратотипическая местность.

Однако в соответствии с концепцией GSSP в настоящее время для установления яруса достаточно определить его нижнюю границу в некотором стратотипическом разрезе. Последний может быть выбран среди других разрезов в любой (необязательно стратотипической) местности и любом регионе, если имеет преимущества перед всеми остальными. Преимущества могут выражаться, например, в возможности получения на выбранном разрезе наряду с биохронологическими характеристиками магнитометрических, хронометрических, изотопных и других маркеров.

Концепция GSSP фактически проигнорировала исторический стратотип яруса, что полностью увязывается с идеей фиксации стратиграфической границы и точки в стратотипе как момента астрономического времени. Действительно, какая разница, где будет находиться лимитотип нижней границы кунгурского яруса – на Мидконтиненте, Урале или в Китае, если он нужен только для того, чтобы забить гвоздь в определенный момент, якобы запечатленный в породе. Однако для выполнения корреляции следует обеспечить эту границу меткой, позволяющей транслировать ее (границу) глобально. Среди таких маркеров основным и (при современном положении вещей) единственным является палеонтологический.

В частности, для корректной маркировки границы необходима последовательность трех зональных видов-индексов, составляющих в совокупности элементарную зональную шкалу, внутри которой размеща-

ется определяемая граница яруса (Черных, 2005). При этом хронометрические метки (изотопный возраст, стронциевое отношение и т. п.) – по сути только полезные аксессуары и не более того. Однако приверженцы «хроностратиграфии» вопреки реальному положению вещей считают, что именно хронометрический маркер (возраст «реальной точки в породе»), а не палеонтологические критерии, обеспечивает главное условие стабильности ярусных границ.

В связи с этим неудивительно, что в последние годы стала более или менее обычной практика перенесения лимитотипов границ ярусных подразделения МСШ из стратотипической местности в отдаленные от нее регионы. Данная акция, как было отмечено, является естественным следствием принятия концепции GSSP. Думается, что до сих пор остаются не вполне осознанными как достаточные причины для перемещения типового разреза из стратотипической местности, так и возможные его последствия.

Рассмотрим ситуацию, возникшую в последнее время при определении нижней границы кунгурского яруса на Урале для его включения в Международную стратиграфическую шкалу. Следует сразу оговорить то, что вопрос о нижней границе кунгурского яруса нельзя рассматривать отдельно от многолетнего изучения уральской ярусной стратиграфии нижнего отдела пермской системы. Именно на Урале впервые установлены все ярусы нижнего отдела этой системы. При выделении нижней границы кунгурского (как и любого другого) яруса мы не берем первый попавшийся разрез, а приходим в ту местность, куда нас ведут исторически сложившие представления о местонахождении разрезов артинского и кунгурского ярусов. На них выявляются пограничные отложения между ярусами и отыскивается такой рубеж, который можно маркировать биохронологическими метками, позволяющими проследить его глобально.

За этими операциями стоит предваряющая многолетняя палеонтолого-стратиграфическая работа по изучению стратиграфии нижней перми, занимающая многие десятилетия. К настоящему времени по уральским материалам построена зональная конодонтовая шкала нижней перми (Черных, 2005). По конодонтам установлены биохроно типы нижних границ всех ярусов и выбраны их лимитотипы. Использованные космополитные зональные виды-индексы конодонтов образуют единую эволюционную последовательность (эволюционные тренды).

Зональный конодонтовый базис, на котором зафиксировано положение границ ярусов на Урале, полностью вскрыт и детально изучен. Все это важно иметь в виду при анализе последующих соображений, связанных с желанием ряда исследователей перенести стратотип нижней границы кунгурского яруса с Урала в Северную Америку.

На Урале в пограничных отложениях артинского и кунгурского ярусов, изученных в ряде разрезов, установлена эволюционная последовательность конодонтов *Neostreptognathodus pequiopensis* – *N. pnevi* – *N. clinei* (Черных, 2006). По уровням возникновения видов выделены соответствующие одноименные зоны, образующие в совокупности элементарную зональную шкалу. Нижнюю границу кунгурского яруса в разрезе предложено совместить с уровнем появления вида *N. pnevi* Kozur et Movshovitsch (нижняя граница стратозоны *pnevi*, совпадающая с подошвой саранинского горизонта).

После многолетнего изучения разрезов артинского и кунгурского ярусов на западном склоне Южного Урала в качестве стратотипического для установления нижней границы кунгурского яруса был выбран терригенно-карбонатный разрез на правом берегу р. Юрюзань близ западной окраины с. Мечетлино (Башкортостан). Пограничные отложения артинского и кунгурского ярусов в этом разрезе охарактеризованы острокодами, фузулинидами, аммоноидеями и конодонтами. Единственный недостаток этого разреза состоит в относительно невысокой частоте встречаемости конодонтов, который, впрочем, легко преодолевается увеличением объема анализируемых проб (Chernykh et al., 2012).

Американские исследователи, используя сведения о стратиграфическом распространении конодонтов в уральском разрезе и предложенный уральский конодонтовый биохронотип границы, выполнили корреляцию разрезов Мечетлино и Роклэнд (Rockland) в Неваде и определили там положение нижней границы кунгурского яруса, аналогичное установленному на Урале. Затем они присоединили к конодонтам в пограничном интервале сопутствующий комплекс других ископаемых организмов. В частности, среди них был найден представитель отряда фузулинид *Pamirina darvasica* Leven, что, возможно, позволит транслировать границу на разрезы Тетис. С учетом этого и некоторых других особенностей разреза Роклэнд высказано мнение о желательности переноса стратотипа нижней границы кунгурского яруса в Неваду (Proposal..., 2012).

В связи с этим отмечу, что необходимая (для перемещения границы) предварительная корреляция уральского разреза с разрезом Роклэнд несет с собой понятное и неизбежное искажение хронометрического положения определяемой границы яруса. С таким же правом (той же хронометрической ошибкой) можно, сопоставив разрезы по конодонтам, перенести в уральский стратотип данные по разрезу Роклэнд. Например, ввести американские сопутствующие комплексы ископаемых (и любые другие стратифицирующие признаки в разрезе Роклэнд) в соответствующие зоны уральской конодонтовой шкалы, оставив лимитотип нижней границы кунгурского яруса на его исконном месте, после чего пользоваться уральской шкалой для еще более широких корреляций уральских, американских и любых других разрезов с разрезами того же Тетис. При этом сохранится лимитотип границы в стратотипической местности, не будет искажен ее «абсолютный» возраст, что, возможно, когда-нибудь будет иметь значение в стратиграфии. Несмотря на то что найденные в разрезе Мечетлино цирконы оказались переотложенными, хронометрическая датировка нижней границы кунгура в этом разрезе осуществлена по стронциевому отношению довольно уверенно (Schmitz, Davydov, 2012). В североамериканском разрезе данная операция невыполнима из-за плохой сохранности конодонтовых элементов.

Если предположить, что стратотип нижней границы кунгурского яруса все-таки оказался в Неваде, то чтобы установить эту границу на Урале, необходимо вновь выполнить корреляцию Мечетлинского разреза с разрезом Rockland и убедиться, что граница на Урале оказалась на прежнем месте. Операцию, более нелепую и бессмысленную, трудно себе представить. Однако именно таков должен быть порядок действий в предполагаемых условиях для того, чтобы определить положение данной границы для ее использования в Общей стратиграфической шкале России.

Установленный на Урале – стратотипической местности для артинского и кунгурского ярусов – конодонтовый стандарт нижней границы кунгура имеет глобальный корреляционный потенциал (найден в США, Канаде и Китае). Судя по этому, уральский лимитотип вполне легитимен и полностью отвечает требованиям Международной комиссии по стратиграфии в отношении определения глобального стратотипа границы. Понять, что подвигло американских исследователей взяться за перенесение границы кунгура в Неваду, невозможно без предположения

о причинах, не имеющих отношения к собственно стратиграфической аргументации.

Отдельная стратиграфическая граница яруса, вырванная из общего исторического и стратиграфического контекста установления данного ярусного подразделения в стратотипической местности и перенесенная в новое местоположение, – результат, мягко говоря, довольно странного решения, которое может быть оправдано только при безусловной неспособности исторического стратотипа выполнять свои функции. Таким оправданием могло бы стать отсутствие в нем необходимых для определения и глобальной корреляции границы палеонтологических данных. Однако даже в этом случае перенос границы в отдаленный регион весьма проблематичен. В первую очередь потому, что без достаточной палеонтологической обеспеченности невозможно выполнить глобальную корреляцию и установить положение перенесенной границы в новом регионе. Решение этого вопроса с помощью других критериев (хронометрических, магнитометрических, изотопных характеристик) без участия палеонтологических данных – совершенно невыполнимое предприятие.

При равенстве достоинств и недостатков конкурирующих разрезов приоритет должен остаться за тем из них, который располагается в стратотипической для данного яруса местности. Это следует в первую очередь из самой идеи стабилизации границ основных стратонов Международной стратиграфической шкалы.

4.5. Проверка корректности хронологических сопоставлений

Обсуждая вопрос о проверке геологической одновозрастности зональных комплексов разных регионов, Ю.Б. Гладенков указывает, что «в строгом смысле методов, которые могли бы решать этот вопрос, фактически нет» (1991, с. 7). Если понимать под «геологической одновозрастностью» синхронность в физическом смысле, то следует, безусловно, согласиться с этой точкой зрения. Однако на той же странице сказано следующее: «Часто априорно принимается, что наличие в разных районах определенной последовательности нескольких зон также может считаться достаточно надежной основой как для их сопоставления,

так и суждения об их соответствующей синхронности». По поводу этого утверждения необходимо сделать некоторые замечания. «Последовательность нескольких зон», сохраняющаяся в разных районах, – биохронологическая шкала, и ее применение для корректного сопоставления отдаленных разрезов предполагает установление в них именно последовательности конкретных зональных подразделений. В этом состоит хронологическое отождествление удаленных объектов с учетом принципа Гексли. Сравнивать разрезы по одной зоне – дело ненадежное. Тем не менее и корректное хронологическое отождествление стратонов по зональной БХШ не может служить основанием для заключения об их синхронности. Хронологические шкалы непригодны для такого рода выводов. Гексли специально ввел термин «геологическая одновозрастность» для случаев хронологического отождествления объектов, оставляя открытым вопрос об их синхронности или диахронности.

Следует считать геологически одновозрастными, т. е. хронологически тождественными, сопоставляемые отложения, если они размещаются в пределах одинакового числа одноименных зон *стандартной (нормативной)* для данного *стратиграфического интервала БХШ*. Использование при этом шкал, составленных по разным группам и не калиброванных по стандартной шкале, неизбежно приведет к противоречивым заключениям. В качестве примера, иллюстрирующего это утверждение, приведу определение возраста слоев с видом *Calceola sandalina* Lamarck, который долгое время служил руководящим для эйфельского яруса, и по его возникновению опознавалась нижняя граница среднего девона. Применение конодонтовой шкалы показало, «что этот вид появляется в районе Анжу (Франция) уже в середине нижнего девона, в Богемии – в конце нижнего девона и только в Эйфеле и Гарце – к началу среднего девона» (Нестлер, 1982, с. 87). Х. Нестлер полагает, что тем самым доказано, что «рабочая гипотеза изохронности <руководящих форм> не поддерживает критики» (там же).

Однако я думаю, что с помощью какой бы то ни было хронологической шкалы, пусть и конодонтовой, не могут быть доказаны ни диахронность разноместных объектов, ни их синхронность. Чтобы сделать вывод о разновременном появлении названного коралла или любого другого объекта в разных районах, необходимо быть уверенным, что одноименные виды конодонтов, на основе которых построена применяемая шкала, появлялись в разных районах синхронно. Чтобы под-

твердить или опровергнуть это предположение, нам вновь понадобится некая шкала. Поскольку хронометрических шкал высокой точности, пригодных для выполнения этой операции, у нас нет и никакие иные, более точные, шкалы, чем биохронологические, нам в стратиграфии не даны, то такая задача будет бесконечно повторяться, требуя все новых и новых шкал для проверки используемых. Принятие некоторой шкалы в качестве стандартной для данного стратиграфического интервала не решает проблему синхронизации разноместных объектов, но позволяет окончательно закрыть вопрос о хронологической тождественности сопоставляемых объектов.

Глава 5

ПРИНЦИПЫ СТРАТИГРАФИИ

5.1. Общие замечания

Хотелось бы начать разговор о принципах стратиграфии с объяснения, почему данная глава помещена не в начале монографии, где ей, казалось бы, приличествует быть, а после обсуждения особенностей применения зонального метода и примеров, иллюстрирующих его использование в стратиграфии. Здесь я руководствовался логикой исторического развития самой стратиграфии, в ходе которого стадия осознания основополагающих принципов этой науки оказалась едва ли не заключительной. Только в 60–70-е гг. XX в. после более чем столетней практической деятельности стратиграфов появились первые работы, авторы которых попытались эксплицировать положения, лежащие в фундаменте стратиграфических исследований. Я говорю сейчас об этом вовсе не в упрек нашим славным предшественникам, а только для того, чтобы пояснить свое желание поместить обсуждение принципов стратиграфии после того, как были описаны базовые приемы и результаты практической деятельности в области зональной биохронологии. Действительно, только после этого становится полностью ясными содержание и назначение тех принципов, которые сумел извлечь С.В. Мейен (1974) из многолетней стратиграфической практики.

5.2. Система принципов стратиграфии

Обсуждению принципов стратиграфии посвящено большое количество работ, где авторы в зависимости от понимания предмета и задач стратиграфии предлагают перечень тех или иных положений, которые, по их мнению, следует рассматривать в качестве принципиальных при выполнении стратиграфических исследований. Подробный анализ рассматриваемых принципов был выполнен О.П. Фисуненко (1985), который свел их в иерархическую схему-классификацию и подразделил на

общие (основные) и функциональные, или операциональные. Последние, единственно имеющие непосредственное отношение к интересующим нас в настоящей работе вопросам, почти полностью соответствуют предложенной С.В. Мейеном системе принципов. Именно о ней далее идет речь.

В частности, хотелось бы обсудить специфику применения и выявить взаимодействие этих принципов при решении основных задач зональной стратиграфии. Главное – показать, что совокупность данных положений является системой – объединением взаимосвязанных и определенным образом упорядоченных предписаний, однозначно диктующих последовательность и целевое назначение стратиграфических операций.

При подборе фундаментальных положений, которые могли бы составить систему принципов стратиграфии, С.В. Мейен исходит из практического опыта стратиграфических исследований, полагая, что именно неявно используемые нашими предшественниками принципы обеспечили реальные успехи стратиграфии. В частности, он пишет, что, «несмотря на теоретические разногласия, на радикальные смены во взглядах исследователей от одного поколения к другому, стратиграфия, в общем, развивалась в определенном направлении и достигла неплохих успехов. По-видимому, провозглашаемые принципы далеко не всегда соответствовали неявно принимаемым принципам» (Мейен, 1974, с. 4–5).

В другой работе он разъясняет содержание и смысл понятия «принцип» в следующих словах: «Принцип... обобщает некую познавательную операцию. Можно сказать, что принцип предписывает способ исследования...» (Мейен, 1981, с. 59). В Логическом словаре дано несколько иное толкование, впрочем, не опровергающее определение С.В. Мейена: «Основополагающее первоначало, основное положение, исходный пункт, предпосылка какой-либо теории, концепции» (Кондаков, 1975, с. 477).

Понятно, что С.В. Мейен, взявшийся за «Введение в теорию стратиграфии», не мог обойтись без явных формулировок тех принципов, которые использовали, чаще всего не отдавая себе в этом отчета, многие поколения стратиграфов. Они выполнили колоссальную работу по изучению стратисферы Земли и получили впечатляющие результаты, так и не осознав значения тех первоначал, на которые неявно опирался их труд.

В связи с этим сформулированные С.В. Мейеном принципы, как совершенно справедливо заметил О.П. Фисуненко, являются по характеру операциональными и служат для обоснования конкретных операций, выполняемых в практике стратиграфических исследований. Вместе с тем, планируя сформировать не просто перечень общих положений, а их систему, С.В. Мейен опирается на критерии корректности построения аксиоматических систем. Хотя прямо этот подход не оговаривается, он легко просматривается в контексте разъяснений, сопровождающих изложение предложенных принципов. Так, явно используется критерий независимости системы (аксиом), когда С.В. Мейен возражает против отнесения принципа актуализма к системе принципов стратиграфии на том основании, что в их число «должны входить лишь те, которые касаются только стратиграфии и всей стратиграфии» (1981, с. 59). Нарушение требования независимости системы аксиом, как известно (Кондаков, 1975), приводит к излишним аксиомам, не усиливающим эффективность их системы.

Рассматривая так называемый принцип Грессли – Реневье, вводящий в геологию категорию «фация», и принцип Смита, регламентирующий возможность сопоставления слоев по содержащимся в них ископаемым, Мейен отмечает их производный, вторичный характер. В отношении принципа Грессли – Реневье он пишет, что «понятие фациальной изменчивости предполагает уже выделенный стратон, в котором она наблюдалась. Это эмпирическое обобщение вступает в силу, когда основные принципы стратиграфии уже “отработали”» (Мейен, 1981, с. 60). Принцип Смита является частным вариантом принципа гомотаксиса (см. далее). На этом примере можно видеть, как для проверки корректности системы принципов используется известное в аксиоматике требование о независимости каждой аксиомы, входящей в систему.

Наиболее сложной оказывается проверка системы принципов на полноту, так как только практика самого стратиграфического исследования постепенно проясняет соответствие выбранной системы принципов всему спектру выполняемых при этом операций. Количество принципов, включенных в систему, должно быть и необходимым, и достаточным для осуществления всех операций стратиграфической процедуры.

Итак, С.В. Мейен предложил три принципа, опираясь на которые мы получаем возможность выполнить все необходимые стратиграфические

операции (Мейен, 1974). В их числе названы принцип Стенона (суперпозиции), принцип Гексли (гомотаксиса) и принцип хронологической взаимозаменяемости признаков (ХВП), получивший впоследствии имя его автора – Мейена.

Принцип Стенона является основополагающим в стратиграфии. Следуя ему, мы переводим пространственные взаимоотношения геологических тел во временные («раньше, чем», «позже, чем»), выделяем стратиграфические подразделения – стратоны (слои, пачки слоев и др.), а также фиксируем заключенные в них ископаемые остатки организмов. Принцип Гексли определяет возможность корреляции выделенных стратиграфических подразделений поначалу преимущественно в пределах одной биогеографической области. Принцип Мейена позволяет преодолеть территориальную и фациальную ограниченность корреляции. Эти три положения необходимы и достаточны для решения основных задач зональной биостратиграфии: расчленения разрезов на стратиграфические подразделения, построения биохронологических зональных шкал, сопоставления с их помощью конкретных разрезов (стратиграфических границ) и конструирования планетарной хронологической шкалы.

Важен и сам порядок размещения принципов в указанном перечне: каждый из них вступает в силу и обретает действенность при опоре на результаты, достигнутые при использовании установок предыдущего принципа. Так, принцип Стенона задает стрелу времени, совпадающую с направлением вектора силы тяжести (максимальным градиентом величины гравитационного поля). Следуя принципу Гексли, мы нанизываем на эту стрелу последовательность геологических (в первую очередь – палеонтологических) событий, превращая ее (последовательность) в региональную хронологическую шкалу. Принцип Мейена завершает стратиграфическую процедуру построением планетарной хронологической шкалы, которая позволяет заниматься восстановлением истории геологических процессов и пересказывать ее на языке хронологических событий, понятном геологу любой страны мира.

5.2.1. Принцип Стенона

Отмечу наиболее важные для понимания и использования в стратиграфии особенности принципов. В содержательном отношении принцип Стенона не вызывает разночтений, но все-таки для наглядности

проиллюстрирую его схемой формирования пласта в гравитационном поле так, как она дана в работе Г.А. Дмитриева и М.С. Потаповой (1971). Авторы объясняют горизонтальное залегание пласта, исходя из его формирования в условиях действия силы тяжести. Из каждой точки поверхности бассейна осадконакопления поступает по зернышку осадок. Двигаясь по направлению вектора силы тяжести, он достигает поверхности Земли и образует со временем насыпной холм-конус. Поскольку количество точек, из которых поступает осадок, практически бесконечно, то образование любого конуса ограничивается развитием соседнего с ним. Суперпозиция множества таких более или менее зачаточных конусов складывает тело пласта, чья поверхность окажется параллельной поверхности гравитационного поля (рис. 6). «Каждый слой, являясь суммой множества потенциальных конусов, должен обладать и обладает как элементами симметрии отдельного конуса, так и дополнительными элементами симметрии их множества – группой горизонтальных переносов, т. е. слой обладает бесконечной (ограниченной только площадью бассейна осадконакопления) симметрией гравитационного поля $L_{\infty}^{\infty}PT$ » (Дмитриев, Потапова, 1971, с. 164).

Таким образом, поверхность каждого пласта параллельна таковой гравитационного поля, что позволяет выбрать за «стратиграфическую нормаль» (стрелу времени) – направление, перпендикулярное поверхности напластования, совпадающее с направлением вектора силы тяжести (Салин, 1983). Последовательность находящейся в разрезе слоистой толщи ископаемых организмов, отлагавшихся в поле грави-

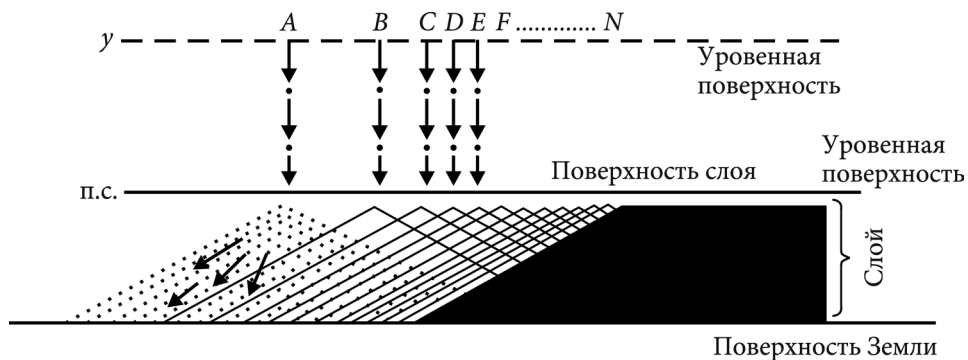


Рис. 6. Схема формирования пласта в гравитационном поле.

По: Дмитриев, Потапова, 1971. Пояснения см. в тексте

тации, совпадает с последовательностью слоев. Это дает возможность установить между ископаемыми формами те же бинарные отношения «раньше, чем», что и между заключающими их слоями пород. Извлекая из имеющегося материала последовательность видов, принадлежащих одной эволюционной линии (на первых порах видов, принадлежащих одному роду, семейству), можно строить биохронологическую зональную шкалу.

5.2.2. Принцип Гексли

По существу именно такую шкалу – шкалу порядка – ввел в обиход стратиграфии Т. Гексли, когда вместо неточного и двусмысленного понятия «одновременность» предложил применять для сопоставления разрезов *гомотаксис*, т. е. такое сходство ископаемых организмов в разрезах, которое подразумевает нахождение одноименных видов и сохранение порядка их стратиграфической последовательности в сопоставляемых разрезах. Иными словами, сходство в соотношении последовательностей ископаемых в разных разрезах предлагалось использовать как инструмент установления геологической одновозрастности.

Хотя сам автор «гомотаксиса» и те, кто впоследствии анализировали это понятие (см., например: Криштофович, 1959; Мейен, 1982), ничего не говорили о хронологической шкале, не приходится сомневаться, что гомотаксис Т. Гексли является БХШ. Чтобы опознать в нем стратиграфическую (хронологическую) шкалу достаточно сравнить их определения. С.В. Мейен дает следующую трактовку: «В конкретных разрезах, относящихся к смежным регионам, всегда есть общие признаки, отражающие следы одних и тех же обстановок и событий. Совокупность этих следов, повторяющаяся во всех конкретных разрезах, составляет общую для них региональную стратиграфическую шкалу» (1974, с. 14). Далее: «Каждая шкала – это временная, хронологическая последовательность тел (следов обстановок) или стратонов и границ между ними (следов событий), установленных по тем или иным признакам» (там же, с. 15).

Данную формулировку для наших целей можно упростить и определить стратиграфическую шкалу как хронологическую последовательность одноименных стратифицирующих признаков, общую для многих разрезов. Если встать на точку зрения С.В. Мейена в трактовке гомотаксиса и опираться не только на сукцессию организмов, как это делал

Т. Гексли, но и на любые, в том числе не палеонтологические, признаки, то под гомотаксисом следует понимать последовательность стратифицирующих признаков, выдерживающуюся во многих конкретных разрезах данного региона. Здесь имеется в виду соответствие и отдельных признаков, и их последовательности, устанавливаемой в разрезах.

Сопоставив определения, можно увидеть, что Т. Гексли, введя гомотаксис в качестве показателя одновозрастности, тем самым впервые предложил использовать для сопоставления разрезов хронологическую шкалу и определил одновозрастность сопоставляемых объектов как их хронологическое тождество. Если учесть, что под гомотаксисом сам Т. Гексли подразумевал стратиграфическую последовательность видов ископаемых организмов, то гомотаксис в авторском толковании есть не что иное, как прообраз зональной биохронологической шкалы. Нередко принцип Гексли трактуется как одна из версий принципа Смита и поэтому отождествляется с ним (Степанов, Месежников, 1979).

В статье, посвященной методу аналогий в геологических ретроспекциях (Черных, 2013), были проанализированы логические основания использования принципов стратиграфии. Далее приведены некоторые результаты этого анализа, которые помогают понять основные различия между предложениями У. Смита и Т. Гексли.

Для сравнения и установления сходства (тождества) объектов используются разные типы аналогии в зависимости от полноты сведений о сравниваемых объектах. Для рассматриваемого случая достаточно отметить применение трех типов аналогии – нестрогой, простой и строгой – для установления возрастного сходства (хронологического тождества) сопоставляемых объектов (разрезов, стратонов).

Вначале сходство предметов устанавливается методом *нестрогой аналогии* по единичным признакам, которые предполагаются не связанными. Если при этом в общих чертах вырисовывается некоторая группа сходных объектов, вводится предположение об их таксономическом единстве (принадлежности к определенному классу). Это дает возможность провести более обоснованное сопоставление предметов, включенных в данный класс, методом *простой аналогии*.

После выделения внутригрупповых подразделений по степени сходства сравниваемых признаков возрастает достоверность умозаключений по аналогии при сравнении объектов, включенных в данную группу: «...общие свойства должны быть, возможно, более специфичными для

сравниваемых предметов, т. е. принадлежать, возможно, меньшему кругу предметов» (Кондаков, 1975, с. 38). По мере все большего обособления классов сходных объектов выявляется повторяемость, регулярность в наборах тех или иных признаков, что позволяет установить наличие и специфику связей между объектами и их признаками. С этого момента для сравнения объектов может быть использована *строгая аналогия*.

В качестве примера простых и строгих аналогий можно рассмотреть метод У. Смита и метод гомотаксиса Т. Гексли, используемых для корреляции разрезов. У. Смит, утверждая, что одинаковые фауны разновозрастны, не задавался вопросами, как связаны и связаны ли отдельные виды, входящие в состав этих фаун. По данной причине возрастное отождествление слоев, содержащих руководящие виды, выполнялось по простой аналогии. Короткая цепочка умозаключений в подобном случае выглядит примерно так. Руководящая форма, найденная в разрезе A_1 и относимая к виду B по признакам $a, b, в$, имеет также признак t_1 (возраст вмещающих пород). Другая форма, обнаруженная в удаленном разрезе A_2 и отнесенная по признакам $a, b, в$ к этому же виду B , должна обладать тем же признаком t_1 , т. е. вмещающие отложения должны иметь такой же возраст. Достоверность вывода можно усилить, взяв несколько видов, совместно встречаемых в рассматриваемом слое в сопоставляемых разрезах («одинаковые фауны»).

Переход от простой аналогии к строгой осуществлен в биостратиграфии принятием принципа Гексли. Т. Гексли предложил использовать для сопоставления разрезов одинаковые стратиграфические последовательности, состоящие из видов, которые повторяются в одном и том же порядке в сопоставляемых разрезах. Следует учесть, что ему уже была известна и полностью принята дарвиновская идея органической эволюции и стратиграфическая последовательность видов была для него результатом эволюционного процесса видообразования. По этой причине сохранение одной и той же последовательности одноименных видов на обширной территории не может быть случайным и должно отражать взаимосвязь между сменяющимися друг друга во времени эволюционирующими видами. Сами виды могут рассматриваться как связанные признаки (в их число входит и время существования видов, совпадающее со временем образования вмещающих пород), характеризующие сравниваемые разрезы. В данном случае цепочка умозаключений по строгой аналогии имеет следующий вид. Эталонный (стратотипический) разрез A_1

охарактеризован стратиграфической последовательностью видов ископаемых (*A, B, B*), иначе говоря, определенным гомотаксисом, которому присваивается некая возрастная метка (признак *t*), например жединский ярус. Прочие разрезы с идентичным набором взаимосвязанных признаков (видов) *a, б, в* должны также иметь жединский возраст.

Можно сделать еще более явной взаимосвязь используемых для сопоставления разрезов признаков – выбрать для гомотаксиса не любые виды, а их эволюционный ряд, в котором виды связаны генетически (отношением «предок – потомок»). В этом случае применение принципа Гексли для заключения о хронологической тождественности слоев, вмещающих гомотаксальную последовательность видов, полностью следует строгой аналогии, а сам гомотаксис превращается в зональную биохронологическую шкалу, построенную на эволюционной последовательности видов и представляющую собой наиболее эффективное средство сопоставления разрезов по строгой аналогии.

Из принципа Гексли легко выводится постулат Смита: усеченная до одного подразделения хронологическая шкала (гомотаксис) может рассматриваться как прием сопоставления отложений по руководящим видам, который автор использовал для прослеживания одновозрастных пластов. Выделяемые с помощью метода Смита подразделения разреза можно отнести к разряду «слоев с фауной (флорой)» – вспомогательных стратиграфических подразделений. Их установление может предварять и облегчать (но не заменять!) построение и применение зональной хронологической шкалы (гомотаксиса Гексли). По этой причине следует согласиться с С.В. Мейеном, когда он вводит принцип Гексли в систему основополагающих принципов стратиграфии и исключает из нее постулат Смита, впрочем, отдавая должное значению основополагающих биостратиграфических работ этого исследователя, который «в явном виде ввел в стратиграфию палеонтологический метод» (Мейен, 1982, с. 89).

5.2.3. Принцип Стенона и принцип Гексли

Тесная связь принципов Стенона и Гексли следует из зависимости операций расчленения и корреляции. На основе расчленения многих разрезов устанавливается устойчивый (перманентный) гомотаксис признаков (хронологическая шкала) для стратиграфического интервала отложений данного региона. Затем в соответствии с принципом Стенона

выполняется расчленение нового разреза и выявляется стратиграфическая последовательность ранее использованных признаков (например, видов ископаемых). Если полученные при этом данные противоречат ранее определенному гомотаксису, то мы вправе поставить вопрос о вторичном (нарушенном) залегании слоев в рассматриваемом разрезе.

Таким образом, принцип суперпозиции определяет возможность установления гомотаксиса, а установленный гомотаксис контролирует истинность предлагаемой, исходя из принципа Стенона, стратиграфической последовательности подразделений в конкретных разрезах. Этим обеспечивается соответствие результатов операций по расчленению и корреляции в рамках требований каждого из принципов.

Попутно следует обратить внимание на то, что С.В. Мейен по существу дал второе рождение принципу Гексли. Во-первых, тем, что отделил так называемый постулат Гексли (о диахронности гомотаксальных фаун отдаленных регионов) от принципа Гексли о геологической одновозрастности отложений, содержащих идентичную последовательность одноименных ископаемых форм (т. е. гомотаксис). Во-вторых, именно С.В. Мейен указал на универсальность применения принципа Гексли в стратиграфии, расширив комплекс используемых для построения гомотаксиса стратиграфических признаков и включив в них любые стратифицирующие события, в том числе не относящиеся к палеонтологическим (1974). Если принцип Гексли в авторском толковании касался конструирования преимущественно монотаксонных биохронологических шкал, базисом которых являлись результаты изучения каких-либо групп ископаемых, то расширенная трактовка позволила перейти к политаксонным (в полном смысле этого понятия) шкалам, каждое подразделение которых имеет комплексную характеристику, включающую любые стратифицирующие признаки (см. подраздел 3.6.2).

5.2.4. Принцип Гексли и принцип Мейена

С.В. Мейен предложил также для обеспечения отдаленной корреляции стратонтов использовать принцип «хронологической взаимозаменяемости признаков» (ХВП). Он имеет тесную связь с принципом Гексли (оба используются для корреляции и определяют приемы построения хронологических шкал), но едва ли оправдана точка зрения об их идентичности (Краснов, 2007).

Гомотаксис в понимании Гексли – это сохраняющаяся на значительной территории одна и та же стратиграфическая последовательность определенных видов организмов, вызванная сходными процессами заселения данной территории и последующим саморазвитием сообщества организмов (сукцессией). Естественно, что наибольший интерес для построения гомотаксиса представляют сведения в отношении последовательных сменяющих друг друга сообществ (сукцессионных серий). Установление отдельных элементов этих серий (последовательности видов) и конструирование на этой основе хронологической шкалы являются конечным результатом исследований под управлением принципа Гексли. На данной стадии важна хронология событий, связанных с развитием сообщества организмов. Заключительная часть анализа гомотаксиса завершается созданием биохронологической шкалы, выделением зональных подразделений на шкале и в разрезе.

Как только принцип Гексли отработал, корреляция разрезов на основе гомотаксиса в пределах данного региона выполнена и стратозоны выделены, вступает в дело принцип ХВП. С.В. Мейен в письме к К.В. Симмакову приводит перефразированное им применительно к стратиграфии известное высказывание Карла Линнея: «Не признаки определяют стратон, а стратон определяет признаки» (Оноприенко, 2005, с. 88). Поскольку зона – минимальное хронологическое подразделение, постольку зональный стратон (стратозона) – это естественноеместилище хронологически взаимозаменяемых (одновозрастных) событий (признаков). Любые объекты (включая палеонтологические), следы событий, обстановок, не выходящие за пределы стратозоны, являются хронологически одновременными с видом-индексом данной зоны и, следовательно, хронологически взаимозаменяемыми. Из них может быть составлена комплексная характеристика зональных подразделений, которая превращает монотаксонную шкалу Геккеля в политаксонную шкалу Мейена – самый мощный инструмент корреляции отдаленных разрезов, так как путем пополнения банка хронологически взаимозаменяемых признаков корреляционный потенциал шкалы может быть сколько угодно значительно усилен (вплоть до планетарного).

Требуется также оговорить условия, которые определяют саму возможность установления комплекса ХВП и на которые часто не обращают внимания авторы, пересказывающие принцип Мейена «своими словами». Приведу выдержку из работы В.И. Краснова: «С.В. Мейен...

предложил еще один принцип хронологической взаимозаменяемости признаков, обосновывая его анализом фоссилий в одном и других разрезах. При отсутствии, например, аммонитов в иных разрезах, их можно заменить, например, брахиоподами или двустворками, которые содержатся вместе с аммонитами и присутствуют в других разрезах при отсутствии самих аммонитов. Этот “принцип” непосредственно связан с принципом Гексли о сходстве одинаковых возрастных последовательностей. Он лишь уточняет его возможности, и поэтому его, очевидно, не следует возводить в особый принцип, равный принципам Стенона и Гексли» (Краснов, 2007, с. 13).

Сравним данное высказывание с авторским толкованием принципа ХВП: «Использование этого принципа подразумевает комплексирование признаков и прослеживание в пространстве попеременно тех или иных признаков этого комплекса. Например, в одном разрезе мы наблюдаем связь комплексов остракод и аммонитов, в другом – тех же остракод и миоспор, в третьем – тех же миоспор и наземных позвоночных. Проследив эту смену в пространстве, мы можем сопоставить комплексы аммонитов и наземных позвоночных, которые будут хронологически взаимозаменяемыми» (Мейен, 1974, с. 23). Как будто бы у обоих исследователей речь идет об одном и том же: ископаемые встречаются вместе – значит, одновозрастные.

Однако на той же странице С.В. Мейен разъясняет существо принципа, связывая его использование с введением «более или менее обоснованных реконструкций обстановок и событий (геосистемных перестроек). Например, установив определенное соответствие в смене комплексов аммонитов и остракод и протягивая последние в те места, где аммониты отсутствуют, мы подразумеваем, что смены комплексов остракод тут и там отражают одни и те же геосистемные (палеоэкосистемные) перестройки (например, изменение гидрологического режима)» (Мейен, 1974, с. 23). С еще большей определенностью эта мысль в отношении природы хронологически взаимозаменяемых признаков высказана в главе «Каузальная стратиграфия. Геосистемы» той же работы: «Хронологически тождественными или взаимозаменяемыми являются такие стратиграфические признаки, которые отражают следы одной и той же геосистемной перестройки» (там же, с. 34). Как известно, Сергей Викторович постоянно подчеркивал геосистемную природу как стратиграфических подразделений (стратонов), так и их границ. Принадлежащая

ему короткая более поздняя формулировка принципа также имеет отчетливую геосистемную окраску: «Прослеживание следов одного события и есть принцип ХВП в действии» (Мейен, 1980, с. 66–67).

Таким образом, если принцип Гексли ориентирует нас на анализ «вертикальной», стратиграфической смены признаков, то принцип Мейена нацеливает исследование на «горизонтальную» (хронологически взаимозаменяемую) смену признаков в пределах одного стратона. Самые достоверные результаты можно получить в том случае, когда изучаются признаки, характерные для наименьшего биостратиграфического подразделения – зонального стратона (стратозоны). При этом хронологическая взаимозаменяемость признаков оказывается наиболее обоснованной. С учетом сказанного я бы определил хронологически взаимозаменяемые признаки как входящие в комплексную характеристику наименьшего (зонального) подразделения биохронологической шкалы (см. подраздел 3.6.2).

5.2.5. Системный характер взаимоотношений принципов

Как ранее отмечено, в основе использования каждого принципа лежат результаты, полученные с помощью предшествующего принципа. Например, принцип Гексли берет за основу хронологическую последовательность палеонтологических событий, устанавливаемую с помощью принципа Стенона, но отдает предпочтение тем событиям, что прослеживаются на значительной территории региона, и формирует из этой последовательности биохронологическую региональную шкалу. Применение построенной таким образом шкалы позволяет опознать стратоны в разрезах данной биогеографической провинции.

Принцип Мейена определяет возможность анализа признаков событий и обстановок в пределах установленных стратонов и создания из них комплекса хронологически взаимозаменяемых признаков, контролируемых одними и теми же палеоэкосистемными событиями. Это в свою очередь позволяет в дальнейшем провести переоценку значимости признаков, использованных при создании гомотаксиса (шкалы), и поменять их на более весомые, т. е. хронологически взаимозаменяемые, с помощью которых можно усилить корреляционный потенциал шкалы.

Таким образом, обсуждаемые операциональные принципы тесно связаны выполнением стратиграфической процедуры и могут рассматри-

ваться как элементы *единой системы*, образующей базис теоретической стратиграфии и определяющей методы проведения стратиграфических исследований. О независимости, автономности операций, осуществляемых в соответствии с названными принципами, можно говорить лишь в смысле самостоятельности стратиграфических задач, решаемых с помощью каждого из них.

ЧАСТЬ II

**МЕРОНОМИЧЕСКИЕ
ШКАЛЫ**

Зональные биохронологические шкалы, построенные по результатам изучения ортостратиграфических групп ископаемых организмов, имеют особое значение в стратиграфии. Многие из них являются неофициальными хронологическими стандартами (нормативными шкалами) для определенных стратиграфических интервалов. Именно такие шкалы наиболее востребованы как при определении биозон видов всех других групп для построения корректных автономных биохронологических шкал (см. главу 3), так и для установления границ стратиграфических подразделений Международной стратиграфической шкалы.

6.1. Ортостратиграфические группы

Вначале несколько замечаний по поводу самого термина «ортостратиграфическая группа». При всех многочисленных оговорках, которыми сопровождается его упоминание у разных авторов, признается главное: чтобы получить статус «ортостратиграфической», группа ископаемых организмов должна иметь широкое географическое распространение (по возможности глобальное) и быстро изменяться во времени, т. е. обладать высокой скоростью эволюции (Степанов, Месежников, 1979). Среди ортостратиграфических групп организмов неизменно упоминаются граптолиты, аммоноидеи, конодонты, подчеркивается детальность стратиграфического расчленения разрезов по результатам изучения их ископаемых представителей, определяемая высокой скоростью видообразовательной эволюции, отмечается значительный корреляционный потенциал построенных на них шкал, связанный с широким географическим распространением видов этих животных.

Именно в этом совмещении высокой скорости эволюции с широтой географического распространения усматривается парадокс, существо которого ясно из следующего высказывания Э. Майра: «...мы все больше убеждаемся в том, что величина популяции является самым важным по-

казателем генетического изменения. Чем меньше популяции (при прочих равных характеристиках), тем больше вероятность быстрого генетического изменения. Однако ископаемая летопись отдает предпочтение широко распространенным видам, богатым особями. Как мы теперь понимаем, эта группа видов представляет собой исключение и имеет самую низкую скорость эволюции и видообразования» (цит. по: Буко, 1979, с. 9).

В рамках обсуждаемой темы в приведенном отрывке наиболее важна мысль Э. Майра о том, что скорость эволюции находится в обратной зависимости от широты географического распространения видов. С точкой зрения Э. Майра полностью совпадает мнение известного отечественного исследователя А.И. Толмачева, который также отмечает, что широко распространенные виды «являются, как правило, относительно долго существующими» (1966, с. 50).

Из палеонтологов наиболее основательную проверку зависимости темпов видообразования от широты географического распространения выполнил А. Буко (1979), использовавший для этого данные по палеозойским брахиоподам. Результаты позволили ему присоединиться к точке зрения Э. Майра. В частности, он пишет: «...анализ данных по брахиоподам силура–девона показывает, что основная масса таксонов, имеющих длительное время существования, – это космополиты, а таксоны с коротким временем существования – в основной массе являются эндемиками» (там же, с. 154).

Эти выводы подтверждены М.А. Сенкевич (1986) на материале исследования девонских и раннекаменноугольных растительных сообществ Казахстана. Она отмечает, что «...космополитные таксоны <речь идет о лепидофитах> имеют бóльшую продолжительность существования и более высокую численность по сравнению с большинством провинциальных таксонов» (там же, с. 35).

Таким образом, широко расселяющиеся виды остаются в течение длительного времени неизменными значительно чаще, чем локально распространенные или эндемичные. Эта особенность также хорошо иллюстрируется примерами планктонных групп организмов (фораминиферами, радиоляриями), широкое расселение которых сопровождается эволюционным консерватизмом. Об этом, в частности, свидетельствуют наблюдения Г.Э. Козловой (1986), отметившей длительное существование многих видов радиолярий. Их древние комплексы «заключают, по крайней мере, 50 % транзитных видов» (там же, с. 113).

Однако данную точку зрения трудно совместить с фактом существования ортостратиграфических групп, которые отличаются именно широким географическим распространением и вместе с тем характеризуются высокой скоростью эволюции, вполне сравнимой в этом отношении с эволюцией локально размещенных видов. Напрасно искать объяснение подобному феномену, как это иногда пытаются делать исследователи (Барсков, Алексеев, 1986), в отличном от современного положении континентов, так как широта распространения ортохронологических видов оценивается на фоне размещения других групп организмов. Если бы ископаемые перемещались на разъезжающихся литосферных плитах и только в этой связи приобрели широкое географическое распространение, то космополитами оказались бы и все сопутствующие ортовидам организмы, чего в действительности не произошло.

Как представляется, рациональнее искать причину парадокса ортостратиграфических групп в самом содержании ортовидов и приемах их использования для построения высокоразрешающих зональных биохронологических шкал. Мне удобнее рассмотреть этот феномен на примере более знакомой группы верхнепалеозойских конодонтов, ортостратиграфический статус которой не подлежит сомнению.

6.2. Конодонты

6.2.1. Общие сведения о конодонтах

Начну с изложения сведений, которые являются общеизвестными, но необходимость их упоминания продиктована логикой изложения поднятой темы. Систематическая принадлежность группы организмов, несущих скелетные элементы, названные конодонтами, до сих пор вызывает дискуссии. Возможно, эта группа может оказаться близкой хетогнатам или потребует выделения самостоятельного таксономического подразделения ранга класса в составе позвоночных.

Для рассмотрения вопросов, поставленных в настоящей работе, это не имеет принципиального значения. Существенно то, что сохраняющиеся от этих животных скелетные образования, о функциональном назначении которых также можно спорить, встречаются в подавляющем большинстве случаев в виде разрозненных элементов. Обычно их

получают путем растворения карбонатных пород морского происхождения в органических кислотах. Эти дискретные элементы размером менее миллиметра или несколько более подразделяются по морфологии на несколько разновидностей. Из них одна, называемая платформенным, пектиниформным или Ра-элементом, отличается от прочих не только по морфологии, но и по значительно большей скорости изменения в процессе эволюции группы. Прочие элементы характеризуются поразительной консервативностью и практически не принимаются в расчет при стратиграфических построениях. В дальнейшем, говоря о конодонтах, я буду иметь в виду только этот, самый важный для целей стратиграфии Ра-элемент.

Следует подчеркнуть важную особенность, касающуюся нахождения конодонтов в ископаемом состоянии. Количество конодонтов в отдельных случаях может достигать несколько тысяч экземпляров на килограмм растворенной породы. В любом случае фациальный спектр и частота встречаемости конодонтов значительно превышают эти показатели для всех других групп ископаемых. В связи с этим послойный отбор конодонтов в достаточно подробной серии проб по разрезу позволяет выявить почти анимационную картину преобразования морфологии Ра-элемента в процессе эволюции группы. Это в свою очередь предоставляет возможность исследователю построить подробные эволюционные ряды, в которых отражена хронологическая последовательность стадий исторического преобразования Ра-элемента некоторой группы конодонтов. Таким путем может быть получен идеальный базис для построения зональной шкалы, в которой порядок размещения зон устанавливается по смене каждого последующего морфотипа Ра-элемента в их эволюционной последовательности.

Однако прежде чем строить шкалу, традиционно требуется представить установленный процесс трансформации Ра-элемента как последовательность необходимых для такого случая видовых форм. Здесь возникает коллизия, существо которой необходимо прокомментировать подробнее.

6.2.2. Виды у конодонтов

Установление видовых таксонов на палеонтологическом материале всегда проблематично, так как при этом обычно приходится использо-

вать только скелетные остатки некогда живших организмов. Они могут сохранять или не сохранять те признаки, которые являются диагностическими для данного вида. Однако в тех случаях, когда эти остатки дают достаточно полное представление о морфологии целого организма и в особенности когда есть возможность привлечь систематику рецентных видов той же группы, достоверность систематических построений на палеонтологическом материале значительно возрастает.

Однако в случае с конодонтами ситуация совершенно иная. Для выполнения систематической обработки материала по конодонтам представлен фактически единственный элемент скелета группы животных, аналогов которой нет в современной биоте. Единственное, что можно с большой долей вероятности предполагать, – что в течение длительного времени данный элемент эволюционирует как некая целостная структура и является гомологичным для подобных животных. Об этом свидетельствует не только общность в их строении у разных родов (критерий специального качества), но и возможность составления из них филетического ряда путем трансформации одних пектиниформных элементов в другие, более поздние по времени существования (критерий непрерывности).

Все, что можно сделать в такой ситуации, – считать (а так именно и полагают специалисты), что признаки изменяющегося в процессе эволюции конодонтов Ра-элемента являются диагностическими для установления видов. Давая названия в традиционной биномиальной номенклатуре отдельным стадиям эволюционирующего Ра-элемента, систематик устанавливает виды конодонтов.

Таким образом, возникает любопытная ситуация, когда виды выделяются только по вариациям одного-единственного элемента скелета (Ра-элемента) на протяжении длительного (даже по геологическим меркам) времени существования группы организмов. Это, несомненно, делает подобные «виды» весьма своеобразной конструкцией, которую едва ли можно отождествить с «нормальным» биологическим видом без специальной аргументации.

Между тем отождествление морфотипов пектиниформных элементов с биологическими видами самих животных является обычным в практике конодонтологов. Иногда (чаще всего) это мнение принимается молчаливо, реже оговаривается с полной определенностью, но также без серьезной аргументации (Халымбаджа, 1981). Есть попытки отстоять

точку зрения о биологичности конодонтовых видов ссылкой на успехи мультиэлементной таксономии (Барсков, 1985), что также малоубедительно, поскольку, по крайней мере, видовая диагностика конодонтов почти всегда основывается только на строении Ра-элемента и очень редко сопровождается анализом строения прочих элементов конодонтового аппарата.

Вопрос о том, насколько приближены установленные таким способом таксоны к реальным видам конодонтоносителей, остается открытым или, точнее, ответ на него не имеет необходимой конкретности. Весьма вероятно (я бы сказал, даже несомненно), что выделенный подобным образом как отдельный вид данный морфотип Ра-элемента может присутствовать у некоторого количества сосуществующих реальных родственных видов. Это утверждение я постараюсь аргументировать конкретными примерами и некоторыми косвенными общими соображениями.

6.2.3. Особенности эволюционного развития Ра-элементов

Рассмотрим особенности географического распространения и характер эволюции девонских конодонтов, взяв за основу фактические данные, представленные в сводке Г. Клаппера и Д. Джонсона (Klapper, Johnson, 1980). К настоящему времени эти сведения значительно пополнились, но для обсуждения поставленных вопросов их вполне достаточно. Авторы указанной работы проанализировали опубликованные к 1980 г. данные о распространении девонских конодонтов в Северной Америке, Европе, Африке, Азии (Зеравшанский хребет), Австралии и на Новой Земле, что позволило им выделить эпохи усиления эндемизма и космополитизма в развитии конодонтов.

Г. Клаппер и Д. Джонсон выделяют три группы видов конодонтов: эндемиков, широкого географического распространения и космополитов. Эндемичными считались те виды, распространение которых ограничено одним континентом или следующими парами регионов, которые, по мнению авторов, были в девоне географически сближенными: Новая Земля и район Североамериканских Кордильер (вместе с Канадскими арктическими островами); Европа и Северная Африка (Марокко); Европа (вместе с Марокко) и Новая Земля; Европа и Зеравшанский хребет. Широко распространенными названы виды, встреченные в сле-

дующих парах регионов: Северная Америка и Зеравшанский хребет; Австралия и Зеравшанский хребет; Северная Америка и Австралия; Европа и Австралия. Космополитными признаются виды, найденные в большинстве указанных регионов или, по крайней мере, в Северной Америке и Европе (исключая Новую Землю).

Данные о распространении эндемиков и космополитов сведены в графики, один из которых частично воспроизведен в настоящей работе с учетом имеющихся у нас сведений по распространению девонских конодонов на Урале (рис. 7). Чтобы не нарушать принятой в работе

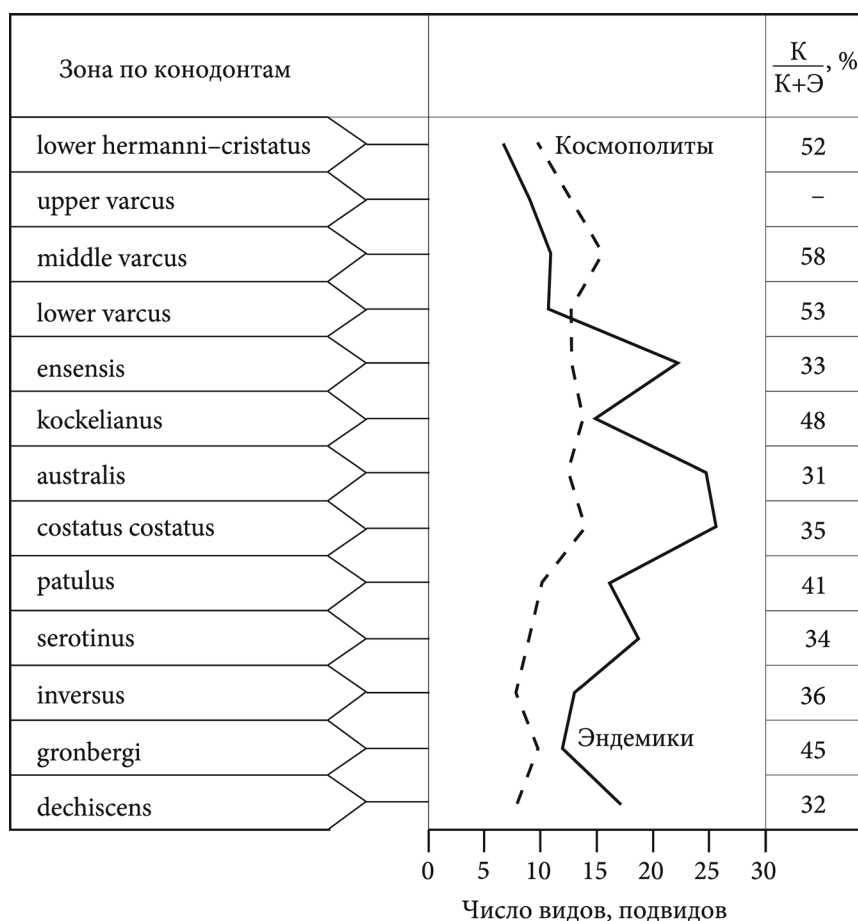


Рис. 7. Динамика разнообразия космополитов и эндемиков среди девонских конодонов.

К — количество космополитов, Э — эндемиков

Г. Клаппера и Д. Джонсона схемы районирования, Урал рассматривается как аналог Новой Земли.

Применение столь жестких требований к определению космополитов по отношению к другим группам девонской фауны привело бы, вероятно, к полному исключению среди них космополитных видов. Однако по данным, приведенным на графике, можно видеть, что даже в период усиления биогеографического провинциализма в раннем девоне (зона *dehiscens*) среди конодонтов присутствуют космополиты, составляющие до 32 % общего числа известных видов. В этапы усиления трансгрессий (в частности, зона *middle varcus*) доля космополитов возрастает до 58 %. Это, подчеркну еще раз, при том жестком требовании, когда, например, Европа и Зеравшанский хребет считаются единой областью эндемичного распространения конодонтов.

Однако основная особенность конодонтов, на которую следует обратить внимание, заключается не только в том, что среди них столь велика доля космополитных видов. Наиболее примечательным является то, что космополитизм конодонов не сказывается отрицательно на темпах их эволюции. О том, насколько энергично эволюционируют конодонты в это время, говорит уже то, что смена их морфотипов позволяет расчленить среднедевонский интервал разреза на 12 зональных подразделений, устанавливаемых главным образом по трансформации представителей одной филетической линии рода *Polygnathus*. Отмечу, что речь идет именно о космополитных видах, так как отстроенная на них зональная шкала является глобальным стандартом для среднего девона.

Отмеченная особенность конодонтов, т. е. глобальное распространение и высокая скорость эволюции, свойственна не только их среднедевонским представителям, но в еще большей мере видам позднего девона, а также карбона и ранней перми. Рассмотрим детальнее характерные свойства морфологической трансформации Ра-элементов в процессе эволюции группы на материале лучше известных мне конодонтов верхнего карбона и нижней перми.

Постепенное преобразование Ра-элементов в ходе исторического морфогенеза в сравнительно краткие периоды существования группы глобально сменяется процессами относительно быстрой однотипной трансформации сосуществующих родственных видов. Так, стадия нодуляризации (образования бугорков на поверхности Ра-элемента) стрептогнатодид на границе карбона и перми охватывает практически все

существовавшие в это время виды (см. рис. 12). Наиболее характерные нодулярные морфотипы данной стадии развития *S. wabaunsensis* Gunnell и *S. isolatus* Chern., Ritter et Wardlow **возникают на основе разных Ра-элементов** (видов), имеют глобальное распространение (Урал, Восточная Европа, Китай, Северная Америка) и чрезвычайно узкий стратиграфический диапазон распространения.

Совершенно аналогичная картина наблюдается в развитии линии *Diplognathodus* – *Sweetognathus* в пограничное асельско-сакмарское время. У самых разных представителей диплогнатодид вначале наблюдаются пустулизация, а затем дифференциация карины, в результате чего последняя превращается в линейный ряд пустулизированных бугорков – типичную особенность строения морфотипа *Sweetognathus*. Процесс перехода занимает чрезвычайно краткое время. Конечный продукт этого процесса – вид *Sw. merrilli* Kozur – известен на Урале, территории Южной Америки (Боливия), Северной Америки (США, Канада), Китая. Однако даже в пределах одного, например, Уральского региона исходными для образования данного вида являются разные виды диплогнатодусов. Так, в разрезе Усолка появлению *Sw. merrilli* непосредственно предшествует *Diplognathodus expansus* (Perlmutter), **а в разрезе Кондуровский – *D. stevensi* Clark et Carr** (рис. 8). Переход от диплогнатодусов к *Sw. merrilli* прослежен в конкретных разрезах с большой подробностью и не вызывает сомнений при построении соответствующего морфологического тренда. На Мидконтиненте предположительным предком *Sw. merrilli* назван «свой» вид *D. ellipticus* (Perlmutter), который на Урале неизвестен.

Точно так же формировался морфотип *Neostreptognathodus* в конце артинского времени: самые разные представители свитогнатид постепенно приобрели полноразвитый срединный желоб, разделяющий парные и до того времени слитые между собой каринальные гантелеобразные бугорки (рис. 9). Возникший в результате вид *N. requiopensis* Behnken также имеет глобальное распространение и найден в разрезах артинского яруса Тетической области, Урала, Северной Америки, Южной Америки, Китая.

Наконец, редукция каринальных бугорков на передних ветвях папаетов в раннекунгурское время у неострептогнатодид, приводящая к появлению космополитного морфотипа *N. pnevi* Kozur et Movshovitsch и близких к нему форм, также происходит глобально и охватывает боль-

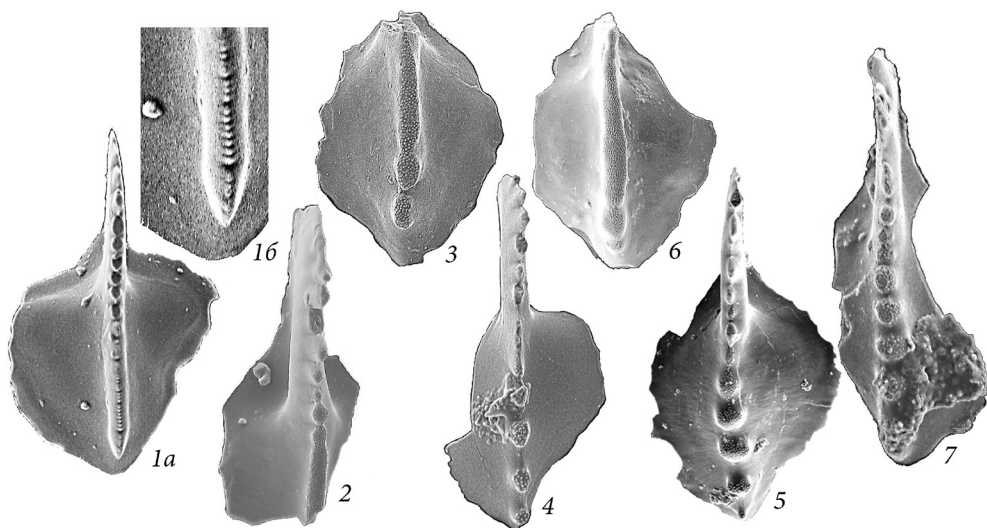


Рис. 8. Переход от морфотипа *Diplognathodus* к морфотипу *Sweetognathus* в позднеассельское–раннесакмарское время:

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; 5 – *Sw. merrilli* Kozur, полноразвитый экземпляр, верхняя часть слоя 18, тастубский горизонт, сакмарский ярус, разрез Кондуровка; 6 – *Sw. expansus* (Perlmutter), слабо намеченная дифференциация карины в задней части платформы, слой 21, верхний ассель; 7 – *Sw. merrilli* Kozur, полностью дифференцированная карина, слой 26, тастубский горизонт, сакмарский ярус, разрез Усолка

шинство существующих в это время представителей данной группы конодонтов (рис. 10, 11).

Таким образом, отмеченный процесс преобразования в родственных группах конодонтов происходил на основе разных видов (морфотипов Ра-элементов) на весьма обширной территории и приводил к формированию морфотипа, который рассматривается как один вид. Приходится признать, что описанные случаи появления одноименных видов наблюдались в каждом отдельном регионе независимо и параллельно. Иными словами, у многих родственных видов однотипные Ра-элементы развивались в изолированных популяциях сходным образом.

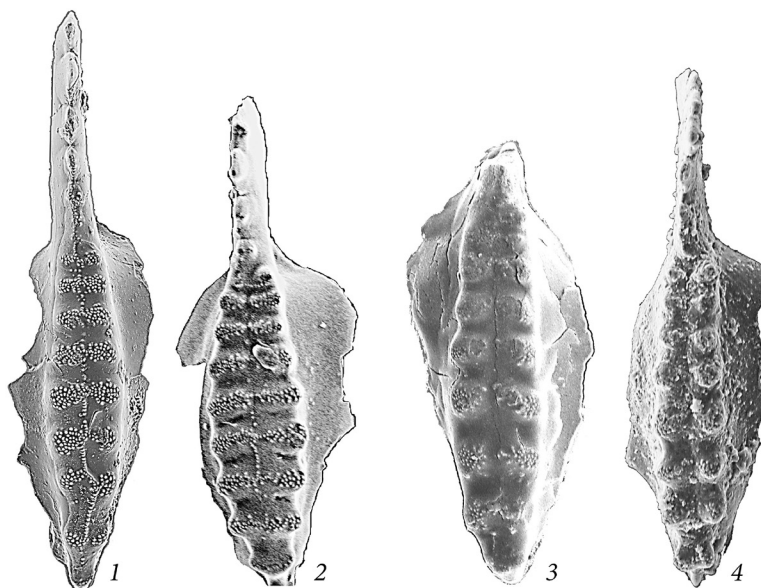


Рис. 9. Переход от морфотипа *Sweetognathus* к морфотипу *Streptognathodus* в артинском веке:

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

Эти факты, безусловно, не укладываются в прокрустово ложе биогеографических правил, в соответствии с которыми широкое распространение видов организмов должно сопровождаться эволюционным консерватизмом. Все подобные факты получают вполне естественное объяснение, если встать на позицию полиспецифической природы формальных видов конодонтов. Согласно ей такой «вид» объединяет некоторое количество членов разных сосуществующих родственных фратрий (Черных, 1984, 1986а, 1996, 2005, 2008). Каждый из этих видов имел ограниченный ареал и эволюционировал со скоростью, обычной для локально распространенных популяций данной группы организмов. Вместе с тем суммарный ареал всех одновременно существующих родственных видов, из которых (или из части которых) был составлен формальный

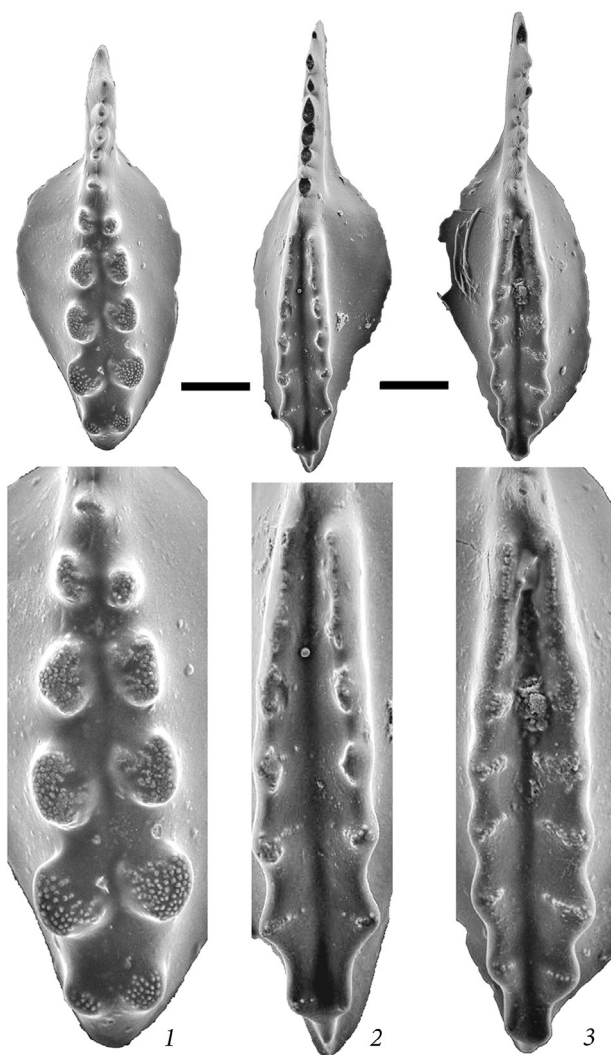


Рис. 10. Переход от морфотипа *Neostreptognathodus requopensis* Behnken к морфотипу *N. pnevi* Kozur et Movshovitsch в разрезе Мечетлино (Башкортостан):

1 – *Neostreptognathodus requopensis* Behnken, артинский ярус, слой 4; 2 – переходная форма от *N. requopensis* Behnken к *N. pnevi* Kozur et Movshovitsch, кунгурский ярус, слой 9; 3 – *N. pnevi* Kozur et Movshovitsch, кунгурский ярус, слой 9

вид, имел глобальное или, во всяком случае, более широкое, чем у одного реального вида, распространение. С этой точки зрения становится понятно, за счет чего достигается совмещение высоких скоростей эволюции и широта географического распространения ортовидов. Во-первых, из-за выборки синхронно существующих локально распространенных популяций родственных видов, а во-вторых, из-за искусственно расширенного ареала, вмещающего ареалы всех реальных видов. Приведенные факты, касающиеся глобально распространенных видов конодонтов, несомненно, подтверждают это предположение.

Таким образом, по крайней мере, в отношении глобально распространенных видов конодонтов можно предполагать, во-первых, их полиспецифическую природу и, во-вторых, то, что одни и те же морфотипы возникали независимо в разных изолиро-

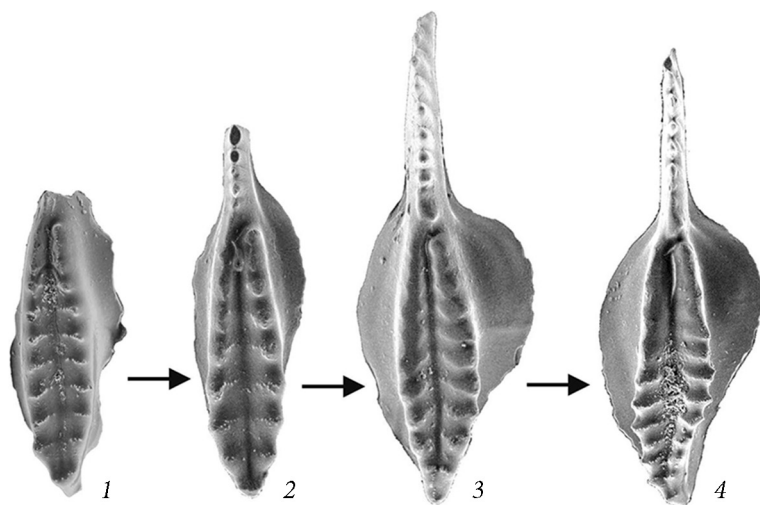


Рис. 11. Редукция передних каринальных зубцов в эволюционном тренде *Neostreptognathodus ruzhencevi* – *N. lectulus* в разрезе Мечетлино:

1 – *N. ruzhencevi*, слой 1; 2 – форма, переходная к *N. lectulus*, основание слоя 6; 3, 4 – *N. lectulus* (3 – форма из основания слоя 6, 4 – эволюционно продвинутая форма из средней части слоя 6)

ванных родственных популяциях. До сих пор практика использования таких морфотипов в стратиграфии не выявила диахронности их возникновения в разных регионах. Вероятно, можно предположить, что в этих случаях мы имеем дело с *синхронным параллелизмом* в развитии Ра-элементов в изолированных популяциях, принадлежащих некоторому количеству родственных видов.

Здесь возникает главный вопрос в отношении механизма, который мог бы обеспечить синхронное возникновение однотипных морфотипов (Ра-элементов) в изолированных популяциях родственных видов на весьма обширной территории. Поиски ответа на него не являются простой данью исследовательскому любопытству. Ситуация значительно более серьезна. Конодонтовые зональные шкалы, которые приобрели к настоящему времени столь широкое применение и авторитет, не являются, строго говоря, таксономическими, традиционно используемыми в стратиграфической биохронологии, а основаны в большинстве своем на историческом морфогенезе единственной гомологичной структуры – Ра-элемента. Можно ли (и почему, если можно) доверять таким шкалам

столь ответственную по последствиям процедуру глобальной корреляции разрезов?

Самый простой путь, по которому, собственно, и идет конодонтовая стратиграфия, это не задавать лишних вопросов до тех пор, пока стратиграфические построения, основанные на конодонтах, не приведут к противоречивым заключениям. Однако пикантность ситуации с конодонтовыми шкалами состоит в том, что обычно они принимаются как истина в последней инстанции. Главным образом это происходит потому, что по корреляционному потенциалу они, как правило, превосходят любые другие шкалы. Иными словами, проверять глобальные корреляции, осуществляемые конодонтам, нечем. Впрочем, в таком же положении окажутся любые другие, например граптолитовая или аммонитовая, шкалы, принятые в качестве стандартных для определенного стратиграфического интервала.

Ниже рассмотрен еще один путь, не являющийся альтернативным первому, но раскрывающий реальное содержание и смысл конодонтовой хронологии. Он позволяет предвидеть те последствия ее использования, которые оставались до сих пор в тени.

6.3. Гомотаксис видов и гомотаксис признаков

В связи с этим рассмотрим концепцию, предложенную для объяснения явления гомотаксиса в отношении истинных (биологических) видов организмов, которые используются для построения традиционных таксономических шкал в стратиграфии. Эта концепция, сформулированная в общих чертах Ч. Дарвином и подробно прокомментированная Т. Гексли, предполагает, что образование определенного вида происходит на ограниченной территории, занятой инициальной популяцией предкового вида. В дальнейшем вновь появившийся эволюционно продвинутый вид в ходе расселения успешно конкурирует с более древними видами и, постепенно подавляя и вытесняя их, заселяет территорию, ранее занятую эволюционными предшественниками.

Данный процесс, запечатленный в палеонтологической летописи, выражается в виде определенной стратиграфической последовательности одинаковых видов (гомотаксисе, гомотаксальной последовательности), устойчиво сохраняющейся на значительных территориях распростра-

нения мигрантов. Это позволяет использовать рассматриваемую последовательность для построения универсальных таксономических шкал. Таким образом, согласно концепции Дарвина – Гексли гомотаксальная последовательность ископаемых возникает как следствие территориальной ограниченности места образования видов и их широкого последующего расселения, в ходе которого они сохраняют неизменность или изменяются незначительно.

Переходя к рассмотрению гомотаксиса состояний отдельных признаков (в нашем случае Ра-элемента), следует признать, что отчасти он связан с гомотаксисом видов, трактуемым в духе концепции Дарвина – Гексли, поскольку, в конечном счете, носителями признаков являются особи определенных видов. В ходе видообразования одна группа видов сменяет другую и, соответственно, на смену некоторым признакам приходят новые. В связи с тем, что период, необходимый для полной смены одной группы родственных видов другой, более значительный, чем средняя продолжительность единичного видообразования, следует ожидать более длительного существования ряда признаков, общих для всех родственных видов. Такие признаки, как, например, общие особенности (план строения) пектиниформных элементов, служат для установления родовых групп конодонтов, длительность существования которых охватывает стратиграфический интервал от яруса до нескольких отделов. Анализ смены подобных признаков во времени не входит в нашу задачу.

На фоне таких константных признаков, смена которых регулируется общим ходом эволюционного развития группы, отмечаются относительно короткоживущие и периодически повторяющиеся новообразования, затрагивающие гомологичные Ра-элементы у разных родственных видов и имеющие глобальный характер. Примеры данных новообразований (нодуляризация у гжельско-ассельских стрептогнатодид, «свитогнатизация» Ра-элементов у представителей диплогнатодусов и т. п.), возникающих независимо в весьма отдаленных популяциях родственных групп конодонтов, были приведены ранее. Собственно этот процесс параллельного появления одинаковой последовательности идентичных признаков в родственных фратриях и приводит к наиболее ценному для биохронологии гомотаксису признаков (морфотипов) Ра-элемента у конодонтов, наблюдающемуся на обширных территориях. Существенно, что в любом регионе и каждом конкретном разрезе можно найти

все переходные формы от инициальных морфотипов к конечному члену упомянутых эволюционных рядов. Предположение, что все мельчайшие трансформации Ра-элемента, отмечаемые в последовательных слоях разреза, возникли в некотором центре расселения и мигрировали в строго соблюденной последовательности во все, в том числе весьма удаленные, регионы, маловероятно. Для объяснения этого явления концепция центров происхождения и миграции видов явно не пригодна.

6.4. Эволюционные осцилляции

В поисках объяснения синхронного однотипного преобразования Ра-элементов в родственных изолированных популяциях я обратил внимание на характерный феномен, установленный в свое время группой новосибирских ученых при рассмотрении современных популяций плодовых мух. Существо этого явления состоит в том, что в определенные годы в пространственно разобщенных (и изолированных) популяциях одного вида, а также в популяциях родственных видов генофонды меняются одновременно и сходным образом. Так, «с 1968 г. по всем исследованным популяциям дрозофилы на территории СССР отмечено быстрое повышение частоты наследственных аномалий типа *abnormal abdomen*, которые прежде в природе были очень редки. Сходство популяций в этом отношении еще тем более удивительно ввиду их крайней географической разобщенности» (Голубовский и др., 1974, с. 82).

Данные о сходных и параллельных изменениях генофондов для популяций *D. pseudoobscura* были также получены Т. Добжанским, который дал этому феномену название «эволюционные осцилляции». Масштаб описанного явления впечатляющ: процесс синхронного повышения частоты определенных признаков охватывает изолированные и полуизолированные популяции родственных видов на территории протяженностью в сотни и тысячи километров и практически одновременно. Несмотря на то что причины эволюционных осцилляций так и остались невыясненными, сам факт синхронного и однотипного преобразования гомологичных признаков в изолированных популяциях родственных видов твердо установлен.

Подобную картину мы наблюдаем в морфологических преобразованиях конодонтов, примеры которых приведены ранее. Так, в позднем

карбоне ряд стрептогнатодусов (*S. elongatus* Gunnell, *S. longilatus* Chern. et Ritter, *S. bellus* Chern. et Ritter, *S. vitali* Chern., *S. triangularis* Chern. и многие другие) обнаруживает присутствие редких форм с единичными, реже многочисленными бугорками на внутренней и (или) боковой стороне платформы на уровне окончания карины. В раннем асселе частота нодулярных форм резко возрастает. Наряду с перечисленными морфотипами в массовом количестве появляется стрептогнатодусы группы конодонтов *S. isolatus* Chern., Ritter, Wardlow. У ее представителей число нодулей увеличивается за счет дробления части поперечных ребер, которые группируются вместе с боковыми нодулями на сформировавшейся дополнительной лопасти (рис. 12).

Понятно, что палеонтологическая летопись не может сохранить единичные события в повышении частот наследственных аномалий, подобные тем, которые наблюдаются в современных популяциях. На ископаемом материале запечатлены многократно повторяющиеся события, растянутые во времени. Они прессуются и контрастируют палеонтологической летописью, сохраняющей наиболее часто происходящие события в виде суммарной картины морфогенеза. Однако даже в этих условиях резкое повышение частоты встречаемости нодулярных морфотипов фиксируется в чрезвычайно узком стратиграфическом диапазоне. Например, в разрезе Усольский максимум в распространении стрептогнатодусов группы *S. isolatus* приходится на слой мощностью менее 10 см.

Связывать данное событие с какими-то особенными внешними условиями этого времени, давшими преимущественное развитие видам с нодулярными Ра-элементами, не приходится, поскольку наряду с ними и в обычном количестве встречаются Ра-элементы, полностью лишенные нодулей. Аналогичную картину можно усмотреть в преобразовании диплогнатодусового морфотипа по пути дифференциации карины. В позднем асселе среди этих форм, относимых к разным видам, попадаются редкие экземпляры с зачаточной дифференциацией. На границе асселя и сакмары наблюдаются резкое увеличение числа подобных форм и их преобразование в свитогнатусовый морфотип с полностью дифференцированной кариной (см. рис. 8).

Подчеркнем, что указанные процессы резкого повышения частот определенных признаков у конодонтов отмечаются на огромной территории, охватывающей Северную и Южную Америку, Евразию.



Рис. 12. Разнообразие нодулярных морфотипов рода *Streptognathodus* в пограничных отложениях карбона и перми на Южном Урале:

1–7 – позднекаменноугольные формы, 8–18 – раннеассельские формы из зоны *isolatus*

6.5. Дивергентная эволюция признаков

Подобные эволюционные осцилляции должны иметь влияние на последующее развитие сосуществующих близкородственных популяций, ареалы которых перекрываются. Чтобы понять характер этого воздействия, нужно кратко рассмотреть особенности дивергентной эволюции в областях перекрывания ареалов родственных видов. Происхождение из одного корня и значительная общность в экологических требованиях определяют повышенную совместную встречаемость родственных видов (Майр, 1947; Черных, 1986б).

В области перекрывания ареалов между представителями родственных видов возникают конкурентные отношения. Их следствием является дивергенция, или смещение признаков. Вначале оно носит экологический характер (смещаются экологические ниши конкурентов), действуя в соответствии с принципом Гаузе против конкуренции. Впоследствии экологическая дивергенция усиливается отбором тех морфологических различий, которые облегчают экологическое расхождение видов (Майр, 1968).

Морфологическая дивергенция в случае взаимоотношений родственных видов имеет ряд особенностей. В частности, она затрагивает гомологичные признаки и, как правило, немногие из них, которые принято называть дифференцирующими признаками. Расхождение сопровождается усилением изменчивости дифференцирующих признаков и стабилизацией прочих. Поскольку в число дифференцирующих попадают наиболее переменные признаки, постольку усиление их изменчивости в процессе дивергенции приводит к длительному их сохранению в качестве дифференцирующих у большой группы родственных видов. Эта особенность была известна естествоиспытателям еще в позапрошлом веке как эмпирический «закон уравнительной изменчивости», сформулированный английским энтомологом В. Уолшем. Этот закон гласит: «Если какой-либо признак изменчив в одном виде данной группы, то он будет проявлять тенденцию к изменению и в других родственных видах; и если какой-либо признак совершенно константен в одном виде данной группы, он будет стремиться быть константным у родственных видов» (цит. по: Вавилов, 1967, с. 11–12). Скелетные элементы конодонтов как нельзя лучше демонстрируют рассматриваемую особенность: самыми

лабильными на протяжении всего времени существования этой группы организмов являются Ра-элементы, в то время как прочие отличаются паразитической консервативностью.

Само расхождение при конкурентных взаимодействиях родственных видов имеет уравновешенный характер, сдвигая количественные характеристики дифференцирующих признаков в противоположные стороны, чем, собственно, и достигается максимальный эффект смещения признаков. В простейшем случае, если, например, в качестве дифференцирующего признака оказываются размеры тела или какой-либо его части, то у одного из конкурентов они увеличиваются, а у другого уменьшаются на сравнимую величину (Дажо, 1975; Одум, 1975). Уравновешенный характер дивергенции и длительное сохранение одних и тех же признаков в качестве дифференцирующих приводят к постепенному смещению их количественных показателей *в определенном направлении* (Черных, 19866), т. е. вызывает формирование морфологических трендов, столь свойственных эволюции Ра-элементов у конодонтов (см. рис. 14).

Рассмотрим, как повлияют эволюционные осцилляции, о которых шла речь ранее, на расхождение родственных видов. Состояние экологического равновесия между конкурирующими популяциями, достигнутое при дивергенции, сохраняется до тех пор, пока остаются стабильными внешние условия и константны структуры популяций. Изменение частот признаков, возникших в результате эволюционных осцилляций, означает, что при этом возрастает или резко сокращается количество особей, обладающих данным признаком. Иными словами, эволюционные осцилляции резко перестраивают структуру популяций. Это в свою очередь влечет за собой обострение конкурентных отношений с известными последствиями – экологическим расхождением и дивергенцией по одноименным признакам.

В связи с тем что запускающие процесс однотипные эволюционные осцилляции происходят синхронно и единообразно на обширных территориях, а в качестве дифференцирующих сохраняются одни и те же признаки у большинства родственных популяций, морфологическая дивергенция осуществляется синхронно и приводит к близким результатам во всех (в том числе изолированных) популяциях родственных видов. Исследуем более детально процесс дивергенции и направленного изменения Ра-элемента у конодонтов группы *Streptognathodus* на протя-

жении позднегжельско-ассельского времени по материалам, собранным в разрезе Усольский.

6.6. Дивергенция у конодонтов

6.6.1. Характеристика разреза и его опробование

Представленный в этом подразделе фактический материал происходит из верхнегжельско-нижнеассельских отложений ранее упоминаемого разреза Усольский (см. подраздел 3.4.2). Разрез вскрывает моноклинально залегающую непрерывную толщу верхнекаменноугольных и нижнепермских отложений (до артинского яруса включительно). Гжельско-ассельский интервал мощностью 47 м представлен непрерывной серией карбонатно-глинистых пород (Чувашов и др., 1990), переполненных конодонтами, относящимися в основном к роду *Streptognathodus*.

Из указанной мощности пород на долю аргиллитов приходится 20 м, мергелей – 12 м, известняков (микритов) и доломитизированных известняков – 15 м. Учитывая, что глинистые осадки в постседиментационной стадии уплотняются в 3,0 раза, мергели – в 1,7 раза, а микриты почти не уплотняются (Петтиджон, 1981), следует оценивать общую мощность осадков, отложившихся за гжельско-ассельское время на рассматриваемой территории, не менее 95 м. Время образования отложений гжельского и ассельского ярусов составляет примерно 9,3 млн лет (Стратиграфический..., 2006). Приблизительная оценка средней скорости накопления осадков в этой части разреза указывает на цифру в районе 1 см за 1000 лет, что по классификации Е.Ю. Барабошкина (2009) позволяет отнести разрез Усольский к конденсированному типу.

Пограничные отложения верхнего гжеля и нижнего асселя были многократно опробованы (Черных, 2005, 2006) на шести уровнях в карбонатных слоях 16/1 (мощностью 0,1 м), 16/2 (0,05), 16/3 (0,1), 16/4 (0,2), 16/5а (0,1) и 16/5б (мощностью 0,1 м), охватывающих последовательные конодонтовые зоны *wabaunsensis*, *isolatus*, *glenisteri*, *cristellaris*, *recreatus* (рис. 13). Конодонты, встреченные в слоях 16/1 и 16/2, которые в разрезе разделяют 5 см, рассматриваются в настоящей работе как происходящие из одного слоя мощностью 0,2 м.

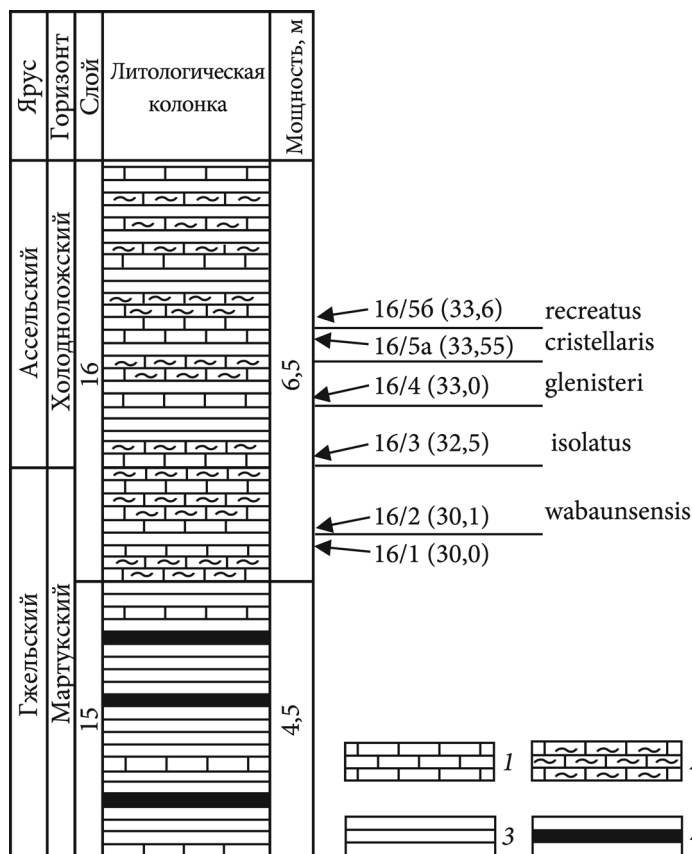


Рис. 13. Фрагмент гжельско-ассельской части разреза Усолка:

1 – известняки, 2 – мергели, 3 – аргиллиты, 4 – аргиллиты с конкрециями фосфоритов; стрелками обозначены опробованные слои с указанием номера пробы и расстояния от основания разреза (в скобках); справа указаны зональные подразделения разреза

Из каждого слоя отбиралась проба, соответствующая полной мощности слоя. В дальнейшем она подвергалась стандартной обработке (дроблению, растворению в уксусной кислоте, отмучиванию нерастворимого остатка, сушке, ситованию, ручному отбору конодонтов под микроскопом из фракции менее 0,50 мм и крупнее 0,25 мм).

Из каждой пробы были извлечены свыше 700 (из пробы 16/5a – более 1000) экземпляров конодонтов, принадлежащих роду *Streptognathodus*. Исходя из указанной скорости осадконакопления, следует считать, что конодонты, выделенные из каждого слоя, представляют собой скелетные элементы животных, живших и сменявших друг друга в течение

приблизительно 10 000–20 000 лет. Для геохронологии такая продолжительность не является значимой. Обычно считается, что все экземпляры конодонтов, полученные из одного маломощного слоя, если среди них нет явно переотложенных более древних форм, являются одновозрастными. Однако при решении биологических вопросов, касающихся, в частности, элементарных процессов эволюции, которые рассматриваются в настоящем подразделе, продолжительность времени в десятки тысяч лет игнорировать нельзя.

Учитывая значительную продолжительность накопления осадков конкретного слоя, можно предполагать, что отобранные из него конодонты принадлежат как членам исходных популяций, так и тем, которые возникали впоследствии в процессе эволюционного развития. Иными словами, каждая такая проба содержит смесь разновозрастных Ра-элементов, различное строение которых является свидетельством исторического морфогенеза исходного Ра-элемента.

Действительно, среди конодонтов, извлеченных из конкретного слоя микритов, присутствуют различающиеся по деталям строения Ра-элементы стрептогнатодид. Одни из них известны из нижележащего слоя, другие появляются в данном слое впервые. Наиболее примечательно, что между ними всегда присутствуют промежуточные формы, позволяющие построить морфологические тренды, демонстрирующие направленное изменение некоторого признака строения Ра-элемента. Как уже отмечено, направленное эволюционное изменение морфологических особенностей должно возникать при конкурентных взаимоотношениях популяций родственных видов, вызывающих дивергенцию, сопровождающуюся направленной трансформацией морфологических признаков.

Однако до сих пор подобные прогнозы о характере и эволюционных последствиях ансамблевой эволюции родственных видов имели чисто умозрительный характер и не обладали фактической аргументацией. Один из способов расшифровки этого процесса по данным об изменении морфологического разнообразия конодонтов в серии последовательных проб, отобранных из разреза Усольский, рассмотрен далее.

6.6.2. Методика изучения

Прежде чем непосредственно перейти к обсуждению приемов изучения эволюционной дивергенции конодонтов, напомним, что фор-

мальные виды конодонтов рода *Streptognathodus* устанавливаются исключительно по особенностям морфологии Ра-элемента. Проверить пригодность тех или иных деталей строения Ра-элемента в качестве критерия видовой диагностики невозможно. По этой причине мы рассматриваем дивергентное развитие (исторический морфогенез) только Ра-элементов, не решая вопрос об их отнесении к тому или иному реальному виду. Не исключено, что близкие, но разные биологические виды могут быть обладателями идентичных Ра-элементов, как и то, что одни и те же биологические виды содержат несколько различающиеся по деталям строения Ра-элементы. Для нас существенно то, что при соприкосновении ареалов популяций родственных видов происходит их экологическое разобщение с поддерживающим его изменением морфологии Ра-элемента у членов конкурирующих популяций. Возможно, что данный процесс в отдельных случаях идет реально на внутривидовом уровне, в других – дивергируют виды. Главное, что и в том, и другом случаях так или иначе трансформируются Ра-элементы и этот процесс может быть прослежен на палеонтологическом материале.

К сожалению, в силу того что функциональное назначение Ра-элементов скелета конодонтов, а тем более частных особенностей их строения неизвестно, при анализе смешанного комплекса Ра-элементов в каждом изученном слое приходится руководствоваться некоторыми методическими установками общего характера. Так, чтобы дифференцировать смешанный комплекс Ра-элементов в слое и разместить их в хронологическом порядке, необходимо определить общую тенденцию эволюционной трансформации стрептогнатодид. Кроме этого, принимается во внимание специфический (уравновешенный) характер смещения признаков при взаимодействии родственных популяций, приводящий к направленному изменению дифференцирующего признака, о чем сказано ранее.

Остановимся на том, каким образом устанавливается общая тенденция эволюционных изменений стрептогнатодусов в течение позднегжельско-раннеассельского времени. Собственно, эту возможность предоставляет анализ послойно собранных комплексов конодонтов (последовательно снизу вверх по разрезу). Просматривая собранные коллекции конодонтов из последовательных слоев и фиксируя первое появление ранее неизвестных Ра-элементов, мы определяем их стратиграфическую последовательность и интерпретируем ее как изменение

морфологии Ра-элемента во времени. Такая последовательность Ра-элементов представлена на рис. 14.

Анализ этой последовательности позволяет установить наличие морфотипов с единичными бугорками на внутренней боковой стороне платформы в слое 16/1. В последующее время (в слое 16/2) количество бугорчатых форм возрастает, в том числе за счет появления морфотипов, у которых происходит дробление поперечных ребер. В следующем слое (16/3) отмечается резкое увеличение числа разнообразных форм с полноразвитыми нодулярными структурами, включающими многочис-

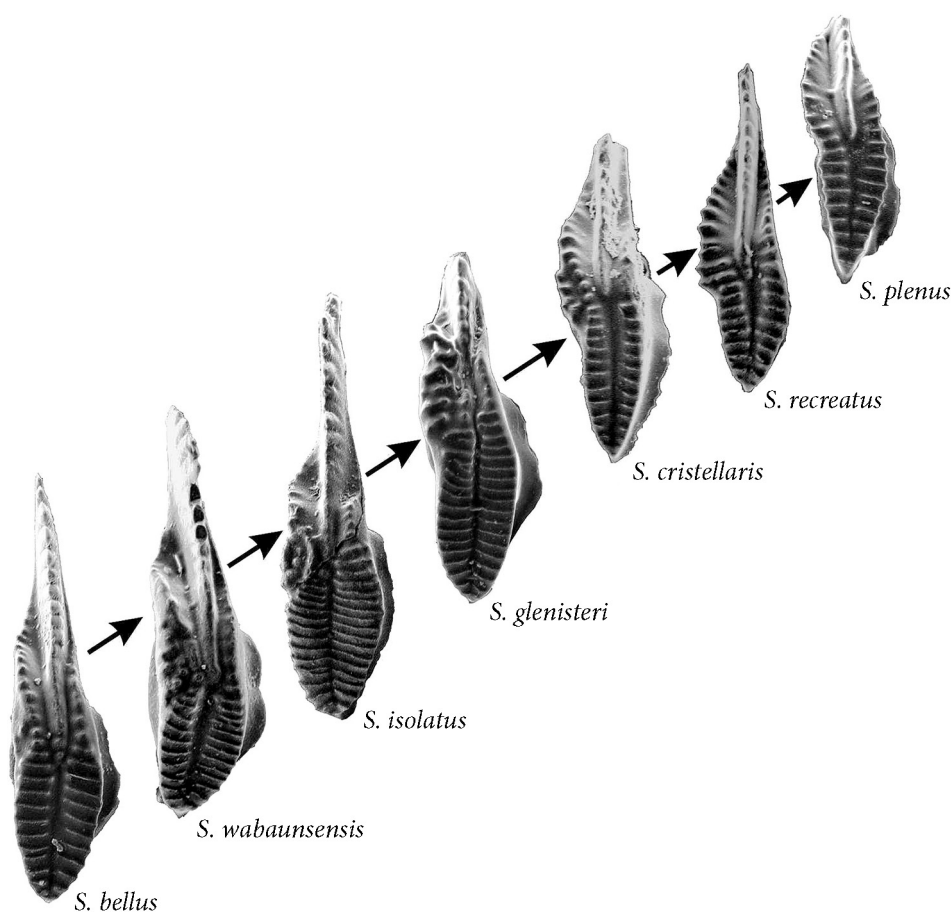


Рис. 14. Эволюционный тренд позднежелских и раннеассельских зональных видов-индексов рода *Streptognathodus* в разрезе Усолка.

Пояснения см. в тексте

ленные бугорки на вновь образованной боковой дополнительной лопасти, которая отделяется от тонкого парапета подковообразной ложбиной (группа *S. isolatus*). Подчеркнем, что в этом случае речь идет о взрывоподобном характере возникновения форм с полноразвитыми нодулярными структурами. Это утверждение следует из сопоставления особенностей морфологии стрептогнатодусов из слоя 16/3 с теми, что найдены в предшествующих и последующих слоях. Стрептогнатодусы, собранные ниже и выше слоя 16/3, имеют особенность, позволяющую по строению нодулярной структуры для любых двух экземпляров Ра-элемента почти всегда найти промежуточную между ними форму. В связи с этим из них довольно легко составляется морфологический ряд, в котором каждый последующий член постепенно изменяет строение нодулярных структур и приближается по этому признаку к конечному члену ряда.

Совершенно иначе обстоит дело с конодонтами из слоя 16/3. При значительном разнообразии стрептогнатодид каждый морфотип индивидуален и имеет полностью завершенную нодулярную структуру. Самое примечательное, что между ними отсутствуют переходные формы. Весьма вероятно, что этот факт объясняется не действительным отсутствием дивергенции на данном временном интервале, а повышенными скоростями процесса, кратким временем реально существовавших малочисленных переходных форм, присутствие которых в силу указанных обстоятельств не получило отражения в палеонтологической летописи. Собственно, именно *относительное* резкое возрастание скорости дивергентных превращений и имеется в виду, когда я говорю о взрывоподобном характере появления форм с полноразвитыми нодулярными структурами во время формирования слоя 16/3.

Рассмотрение конодонтов из последующих слоев (16/4 и в особенности 16/5а и 16/5б) обнаруживает последовательное снижение количества Ра-элементов с полноразвитыми нодулями и появление таких форм, у которых бугорки вновь сливаются в ребра. Происходит восстановление нормального ребристого внутреннего парапета. Этот реверсивный процесс приводит к возникновению морфотипов, весьма напоминающих обычных позднекаменноугольных стрептогнатодид, полностью лишенных бугорков. Отметим, что в это время между основными морфотипами встречаются многочисленные переходные формы, из которых составляются отчетливые морфологические тренды.

Таким образом, вырисовывается общая картина эволюции Ра-элементов в течение рассматриваемого времени, включающая на начальной стадии их постепенное преобразование в направлении формирования нодулярных структур, затем быстрое становление морфотипов с полноразвитыми нодулярными образованиями и реверсивный процесс их постепенной редукции в конце раннеассельского времени (см. рис. 14).

Вместе с тем было понятно, что общее направленное развитие нодулярных структур обязано дивергентному характеру эволюции, который должен вскрываться при тщательном анализе строения Ра-элементов в каждом слое небольшой мощности. Ясно, что даже в 10-сантиметровом слое оказывается спрессованным многоактный процесс дивергенции по определенному признаку, и нам приходится восстанавливать отдельные фрагменты участников этого процесса, совместно присутствовавших в комплексе конодонтов (Ра-элементов) из конкретного слоя. В идеале каждый такой слой следовало бы разрезать алмазной пилой на отдельные тончайшие пластинки и выделять конодонты из пластинки отдельно. Затем полученные конодонты нужно расположить в стратиграфическом порядке, и тогда можно было бы увидеть близкую к реальной картину дивергенции анализируемых признаков. Однако более простой путь – получить конодонты из относительно небольшой мощности слоя и построить схему их дивергенции, для чего расставить их, исходя из установленной направленности дивергентной эволюции наиболее ясно выраженного дифференцирующего признака с учетом ее уравновешенного характера.

Безусловно, в предложенных далее построениях можно найти много субъективного, на этом же фактическом материале каждый исследователь мог бы внести изменения в представленные схемы. Однако я рассчитываю на то, что читатель примет во внимание пионерность попытки восстановить реальный процесс эволюционного развития группы по данным палеонтологической летописи и не будет слишком требователен к строгости обоснования предложенных схем дивергенции.

Итак, в качестве дифференцирующих признаков, по которым шло расхождение близкородственных Ра-элементов, были выбраны габитус платформы и строение нодулярных структур. В соответствии с этим дифференцировались формы с широкими платформами изометричных

очертаний и формы с удлинёнными узкими платформами. Дивергентные пары подбирались таким образом, чтобы обеспечить уравновешенный характер дивергенции: широкоплатформенным морфотипам противопоставлялись узкоплатформенные, *находящиеся на той же стадии преобразования нодулярных структур*, что и широкоплатформенные. Порядок следования дивергентных актов контролировался знанием общего направления трансформации нодулярных структур. Инициальным морфотипом (видом) на каждом временном уровне считался тот, который встречается и в нижележащем слое. Это условие обеспечивает непрерывность общего процесса эволюционных преобразований группы родственных морфотипов.

6.6.3. Реконструкция дивергентного развития

В соответствии с приведенными соображениями рассмотрим непосредственно особенности эволюционной дивергенции нодулярных стрептогнатодид отдельно на каждом из пяти интервалов – от слоя 16/(1, 2) до 16/56. *Все экземпляры, которые использованы для составления схемы дивергенции в течение времени формирования конкретного слоя, происходят только из данного слоя.*

Слой 16/(1, 2) (зона *wabaunsensis*)

В качестве инициального морфотипа принят *S. bellus*, известный также из подстилающего слоя 15. Дивергенция стрептогнатодид по ширине платформы на этом временном отрезке привела к возникновению двух ветвей: узких удлинённых форм и форм с более широкими платформами. Нодулярные структуры в каждой из них дивергировали от более простых (с единичными бугорками на боковой поверхности) к типичному морфотипу *S. wabaunsensis*, у которого боковые бугорки дополняются бугорками, возникающими путем дробления поперечных ребер на уровне окончания карины (рис. 15). Этот процесс приводит к сужению внутреннего парапета, и от поперечных ребер, противостоящих нодулям, остается только тонкая цепочка бугорков (см. рис. 15, 6, 7). Крайний член нижнего ряда форм (см. рис. 15, 6) по особенностям строения нодулярной структуры почти достигает уровня *S. isolatus*, но в отличие от него его нодули не отделены от ребер парапета. Количество выделенных дивергентных актов – не более трех за 20 тыс. лет.

Слой 16/3 (зона *isolatus*)

Как отмечено ранее, в это время возникают разнообразные морфотипы с полноразвитыми нодулярными структурами на одной (внутренней) или обеих сторонах платформы. Представление о степени разнообразии стрептогнатодид на данной стадии развития дает рис. 16. Общей чертой строения всех встречающихся на этом стратиграфическом уровне форм является наличие у них боковой дополнительной лопасти, на которой сосредоточены бугорки, отделенные от внутреннего парапета неглубоким подковообразным желобом.

Переходных форм между основными морфотипами не встречено, и каждый из них рассматривается как формальный вид (*S. isolatus*, *S. semiglotus*, *S. bipartitus*, *S. nodulinearis*, *S. russoflangulatus*, *S. invaginatus* и т. д.). Я считаю событие возникновение нодулярных морфотипов феноменом эволюционных осцилляций (резким увеличением частоты наследственных аномалий), повлекшее дальнейшее дивергентное развитие представителей группы нодулярных стрептогнатодид.

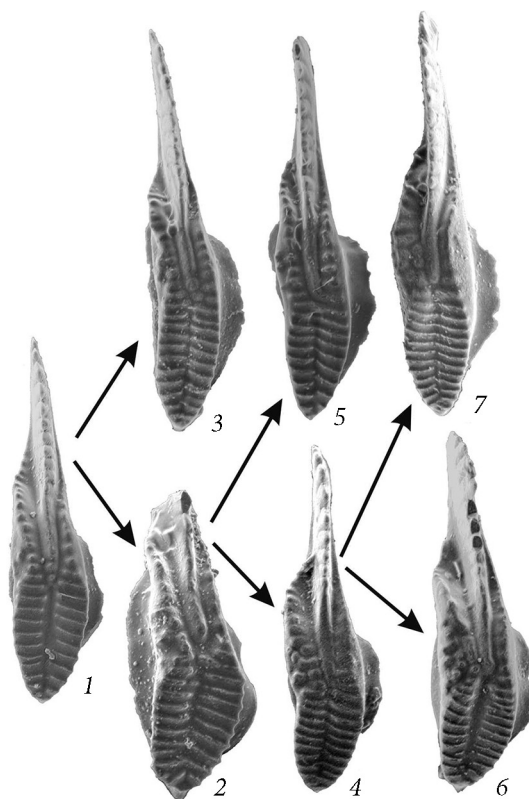


Рис. 15. Схема дивергенции Ра-элементов в слоях 16/1 и 16/2 (верхняя часть гжельского яруса, зоны *bellus-wabaunsensis*):

1 – инициальный морфотип *S. bellus*; 3, 5, 7 – ветвь морфотипов с удлинённой и относительно узкой платформой: 3, 5 – формы с боковым расположением бугорков, 7 – форма с бугорками, возникшими при дроблении поперечных ребер (*S. wabaunsensis*); 2, 4, 6 – ветвь морфотипов с относительно широкой и укороченной платформой: 2 – форма с боковым расположением бугорков, 4 – форма, у которой к боковым бугоркам присоединяются бугорки, появившиеся при дроблении поперечных ребер внутреннего парапета (*S. wabaunsensis*), 6 – форма, переходная от *S. wabaunsensis* к *S. isolatus*

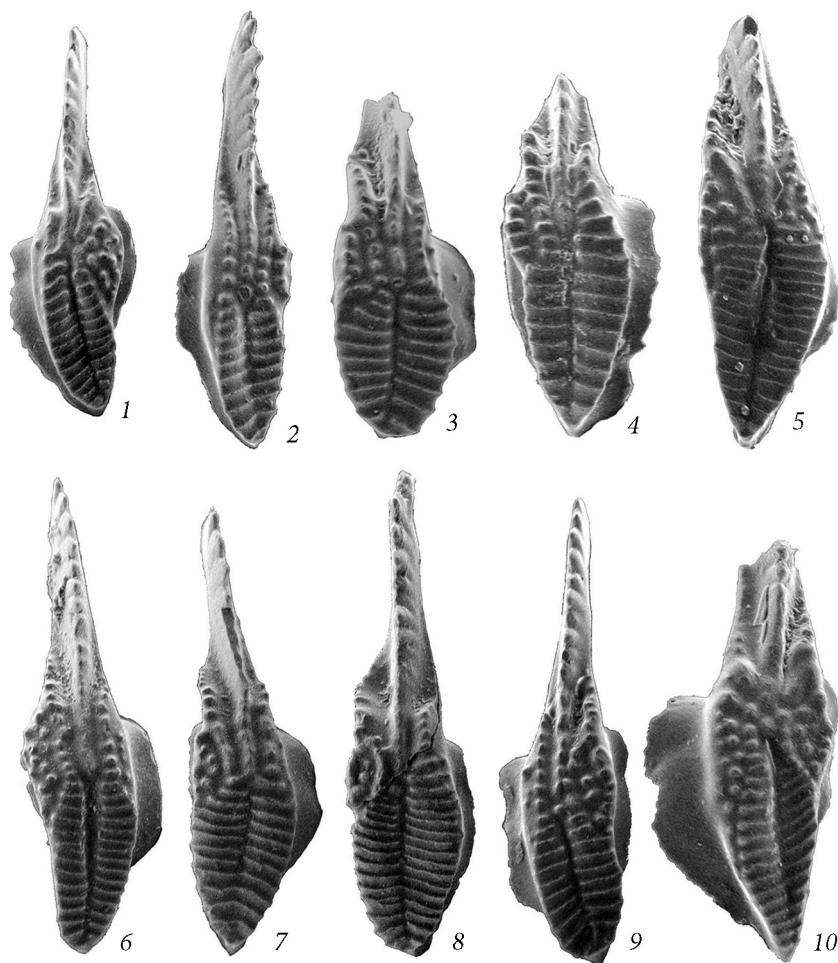


Рис. 16. Морфологическое разнообразие стрептогнатодусов в слое 16/3 (основание ассельского яруса, зона *isolatus*):

1 – *S. semiglottus*; 2 – *S. nodulinear*; 3 – *S. invaginatus*; 4 – *S. bipartitus*; 5 – *S. aff. bipartitus*; 6, 9 – *S. russoflangulatus* (правая и левая формы соответственно); 7, 8 – *S. isolatus*; 10 – *S. n. sp.*, форма с гипертрофией нодулярных образований

Слой 16/4 (зона *glenisteri*)

Этот слой мощностью 0,2 м следует через полметра за слоем 16/3. В нем найдено более 800 экземпляров конодонтов. В качестве инициального был взят типичный *S. isolatus* – морфотип, перешедший из слоя 16/3.

На данном временном интервале наблюдается отчетливая дивергенция стрептогнатодид по габитусу платформы, сопровождающаяся также постепенной редукцией нодулей. На ранних стадиях дивергенции отдельные бугорки сливаются в короткие хаотично ориентированные ребрышки (рис. 17, 2), затем из них восстанавливаются длинные немногочисленные поперечно ориентированные ребра (рис. 17, 4–7). Обращает на себя внимание, что на данном этапе внутренний парапет как бы вталкивается восстановленными ребрами внутрь платформы и окончание карины, которое в обычном случае противопоставлено срединному желобу платформы, упирается во внутренний парапет (см. рис. 17, 4, 5). Эта характерная особенность строения подобных морфотипов была использована для выделения вида *S. glenisteri*. Дальнейшая дивергенция последовательно сокращала число восстановленных ребер, которые затем укорачивались, вновь превращались в единичные бугорки и, наконец, полностью редуцировались. Параллельно восстанавливался внутренний парапет.

На завершающей стадии возникают формы (рис. 17, 10, 11), почти неотличимые от позднекаменноугольных морфотипов *S. longus* (узкоплатформенная форма) и *S. bellus* (широкоплатформенная). Выделяются пять дивергентных актов, произошедших в течение 20 тыс. лет.

Слой 16/5a (зона *cristellaris*)

В качестве инициального взят морфотип, возникший после первой дивергенции во время формирования предыдущего слоя 16/4. Его характерной особенностью является наличие как отдельных единичных бугорков, так и бугорков, частично слившихся между собой и образовавших короткие ребра (ср. рис. 17, 2 и 18, 1). Выше по разрезу в последующих слоях этот морфотип отсутствует.

Первый акт дивергенции по ширине платформы приводит, с одной стороны, к появлению узкоплатформенного морфотипа, напоминающего вид *S. isolatus* (рис. 18, 2), с другой – к возникновению широкоплатформенной удлиненной формы, обладающей сросшимися нодулями в области пережима платформы (рис. 18, 3). Последующая дивергенция последней формы по признаку «ширина платформы» приводит к появлению двух ветвей морфотипов. Одна из них (нижняя) включает формы с удлиненной узкой платформой, другая (верхняя) – формы с более изометричной платформой. В обеих ветвях образуется тренд, каждый



Рис. 17. Схема дивергенции Ра-элементов в слое 16/4 (ассельский ярус, зона *glenisteri*):

1 – инициальный морфотип *S. isolatus*; 3, 5, 7, 9, 11 – ветвь морфотипов с широкой платформой: 3 – форма из группы *S. wabaunsensis* с частично слившимися бугорками,

5 – *S. aff. bipartitus*, отличается от номинального морфотипа смещением карины к внутреннему парапету (как у морфотипа *S. glenisteri*), 7 – форма с полностью слившимися бугорками, 9 – форма с реликтовыми бугорками, внешне почти неотличимая от гжельского морфотипа *S. bellus*, 11 – форма с полностью редуцированными бугорками; 2, 4, 6, 8, 10 – ветвь морфотипов с относительно узкой удлиненной платформой: 2 – форма с полностью слившимися бугорками и реликтом передней ветви внутреннего парапета, 4 – *S. glenisteri*, форма с восстановленными ребрами, образованными слившимися бугорками, 6 – *S. paraisolatus*, форма с единичными ребрами, сформированными слившимися бугорками, 8 – форма, похожая на гжельский морфотип *S. bellus*, с реликтовыми бугорками и восстановленной передней ветвью внутреннего парапета, 10 – *S. longus*, форма, лишенная нодулярных образований, с полностью восстановленным внутренним парапетом

последующий член которого демонстрирует направленное развитие нодулярных структур: вначале постепенное срастание бугорков в поперечно расположенные ребра, а затем их полную редукцию и восстановление ребристого парапета.

На схеме дивергенции на рис. 18 более полно представлена ветвь короткоплатформенных морфотипов. В противопоставляемой ей ветви форм с узкой удлиненной платформой, по-видимому, некоторые промежуточные морфотипы не найдены и обозначены знаком вопроса. Выделяются семь актов дивергенции, произошедших в течение 10 тыс. лет.

Слой 16/56 (зона *cristellaris*)

В качестве инициального взят морфотип *S. cristellaris*, перешедший на обсуждаемый временной уровень из предыдущего слоя и закончивший существование во время формирования слоя 16/56. На представленной схеме (рис. 19), как и в предыдущих случаях, показана дивергенция по ширине платформы с учетом общей эволюционной тенденции в направлении редукции нодулярных структур и восстановления нормальной ребристости внутреннего парапета. При дивергенции наблюдается разделение стрептогнатодид на две ветви: одна из них включает формы, имеющие удлиненную относительно узкую платформу, вторая состоит из форм с относительно широкой и укороченной платформой. Параллельно с этим в каждой ветви происходит редукция нодулярных структур. В обеих ветвях отмечается последовательное появление форм, проходящих одинаковые стадии трансформации нодулярных структур. Вначале наблюдается слияние нодулей в аномально удлиненные попе-

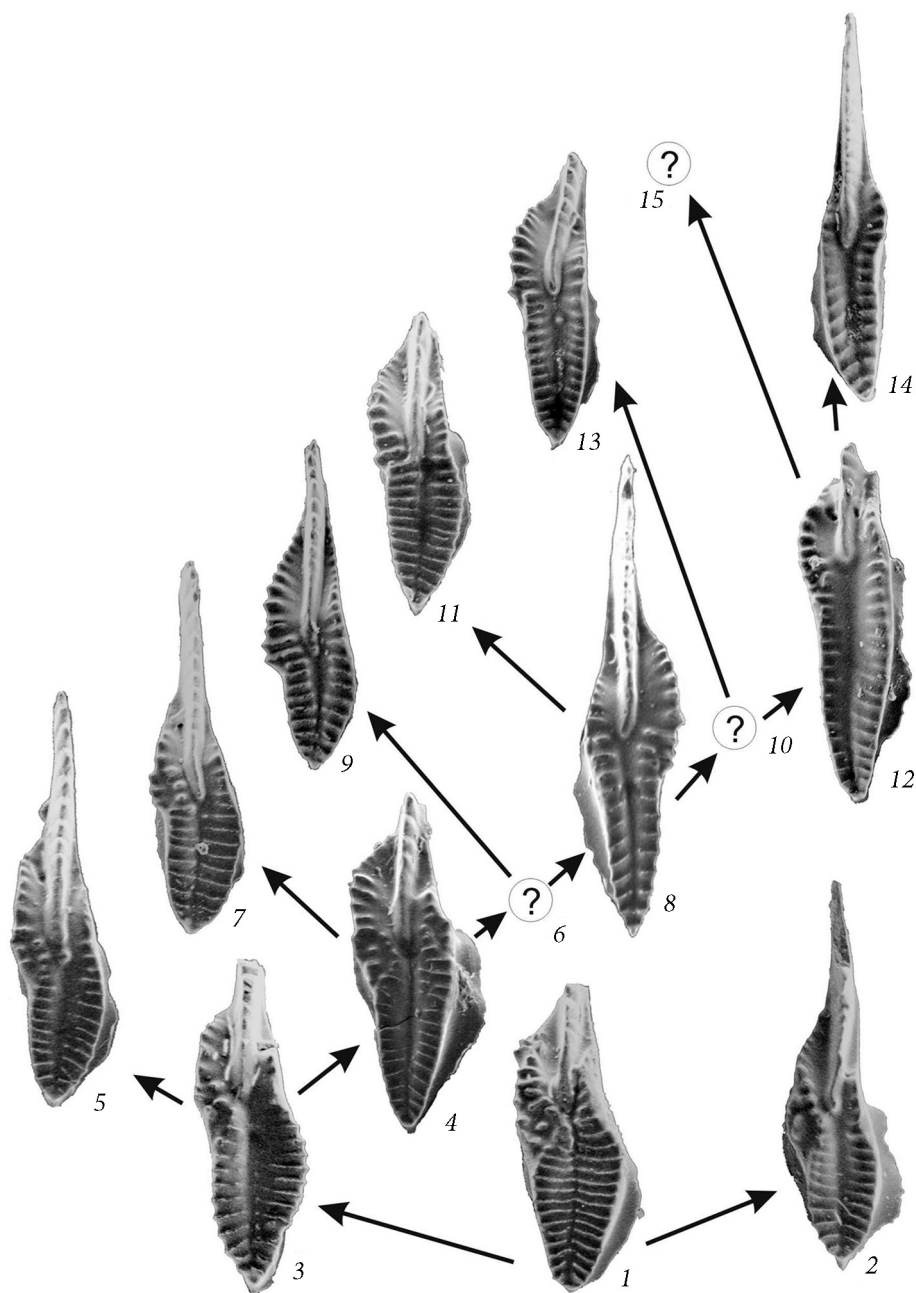


Рис. 18. Схема дивергенции Ра-элементов в слое 16/5а (ассельский ярус, зона cristellaris):

1 – инициальный морфотип *S. aff. isolatus*, форма с частично слившимися бугорками;
 2 – вторично образованный морфотип *S. isolatus*; 3 – *S. aff. isolatus* с единичными бугор-

ками и укороченной передней ветвью внутреннего парапета; 4, 6, 8, 10, 12, 14 – ветвь морфотипов с узкой удлиненной клиновидной платформой: 4 – *S. aff. cristellaris*, форма с единичными ребрами из слившихся бугорков, 6 – предполагаемая (ненайденная) форма типа *S. cristellaris* с узкой клиновидной платформой, 8 – морфотип *S. recreatus* с восстановленными выступающими за край платформы ребрами, 10 – предполагаемая (ненайденная) форма с единичным ребром, выступающим за край платформы, 12 – морфотип с полностью восстановленным внутренним парапетом, 14 – морфотип, близкий по габитусу платформы позднегжельскому виду *S. triangularis*; 5, 7, 9, 11, 13, 15 – ветвь морфотипов с относительно широкой и округленной платформой: 5 – морфотип *S. cristellaris* с ребрами из слившихся бугорков и неполно восстановленным внутренним парапетом, 7 – морфотип, переходный между *S. cristellaris* и *S. recreatus*, с выступающими за край платформы восстановленными ребрами, отделенными бороздой от частично восстановленного внутреннего парапета, 9 – морфотип *S. recreatus* с выступающими за край платформы восстановленными ребрами и полностью восстановленным внутренним парапетом, 11, 13 – морфотипы с единственным реликтовым аномальным ребром, выступающим за край платформы, 15 – предполагаемая форма (ненайденная), полностью лишенная реликтовых восстановленных ребер

речные ребра (см. рис. 19, 4, 5), затем число аномальных ребер сокращается до единичного и восстанавливается нормальная ребристость внутреннего парапета. В результате серии последовательных дивергенций на заключительных стадиях возникают формы, у которых на месте размещения нодулей платформа несет отчетливое углубление (синус), впоследствии все менее заметное у конечных членов каждой ветви (см. рис. 19, 10, 11, 13). Выделяются не менее шести актов дивергенции, произошедших в течение 10 тыс. лет.

6.6.4. Особенности дивергентной эволюции конодонтов и ее значение для биохронологии

Общей закономерностью представленной эволюционной трансформации стрептогнатодид является то, что конечные члены каждой ветви, возникшие в процессе дивергенции на каждом временном интервале, как правило, не переходят на следующий уровень. Можно предположить, что последовательные акты дивергенции, происходящей на стыке ареалов родственных популяций, ведут их по пути все большей экологической специализации, завершающейся вымиранием наиболее специализированных членов группы. Этот же факт косвенно подтверждает правильность принятой точки зрения о характере и направлении эволю-

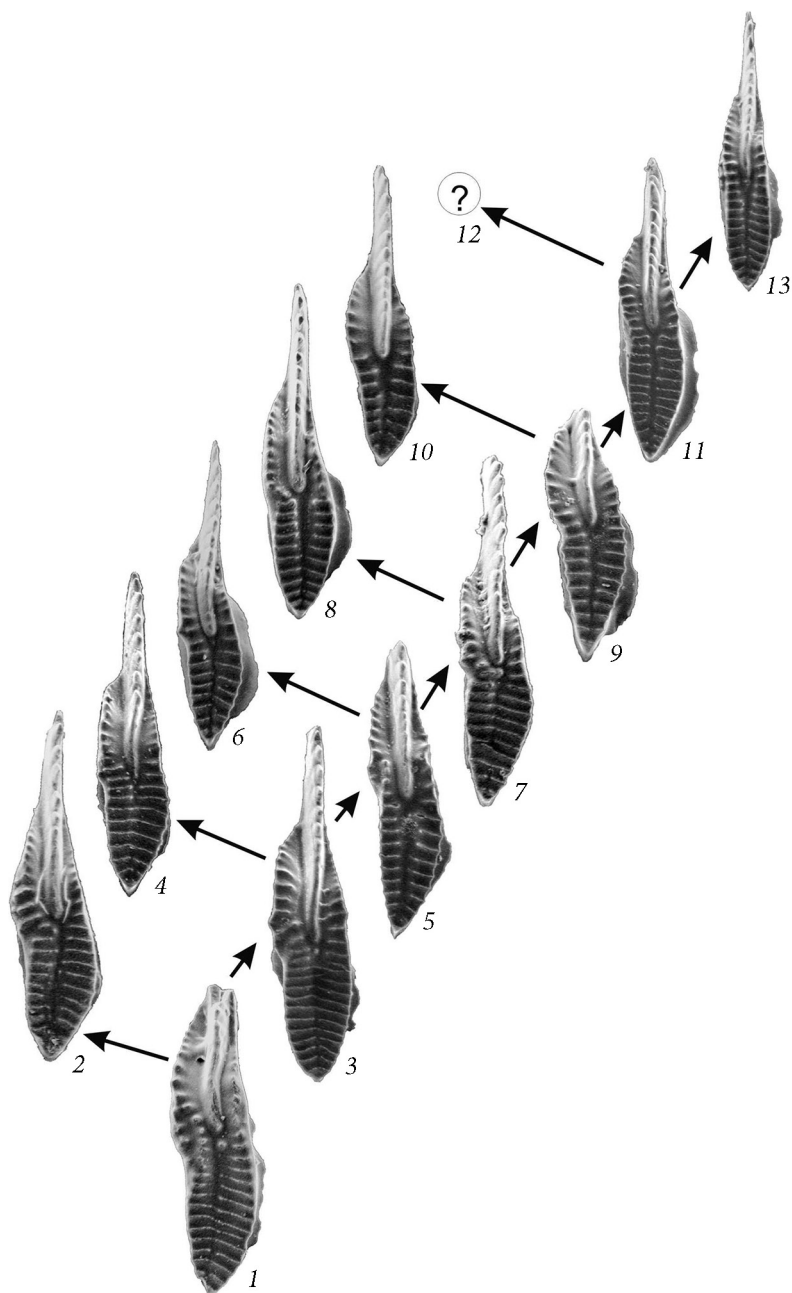


Рис. 19. Схема дивергенции Ра-элементов в слое 16-56 (ассельский ярус, зона *cristellaris*):

1 – инициальный морфотип *S. cristellaris*; 3, 5, 7, 9, 11, 13 – ветвь морфотипов с удлиненной платформой: 3 – форма с боковыми ребрами из слившихся бугорков, 5 – форма

с реликтовыми бугорками, 7 – форма с аномальными ребрами, выходящими за край платформы, 9 – *S. plenus*, форма с полностью восстановленным внутренним парапетом и синусом на месте ранее присутствовавших нодулярных образований, 11, 13 – *S. aff. plenus*, формы с постепенно исчезающим синусом, на боковой поверхности последней формы видны три реликтовых мелких бугорка; 2, 4, 6, 8, 10, 12 – ветвь морфотипов с относительно укороченной платформой: 2 – морфотип, близкий *S. recreatus*, с аномально удлинненными ребрами, разрывающими внутренний парапет, 4, 6 – формы с единичным восстановленным ребром, выступающим за край платформы, 8 – форма с синусом на месте ранее присутствовавших нодулярных образований, 10 – *S. plenus*, форма с полностью восстановленным внутренним парапетом и почти исчезнувшим синусом, 12 – предполагаемая форма, подобная 13, но с более короткой изометричной платформой

ции Ра-элементов, использованной для построения схем дивергенции на отдельных этапах эволюционного развития группы. К сожалению, не зная функционального назначения Ра-элемента, невозможно интерпретировать адаптивное содержание изменений в его строении.

Морфотипы, появившиеся на начальных актах дивергенции, переходят на следующий возрастной уровень, некоторые из них оказываются исходными для следующего уровня дивергентных превращений. Это можно понимать так, что ранние, слабо специализированные члены фратрии сохраняются более длительное время, чем возникающие на их основе последующие специализированные формы, существующие относительно непродолжительное время.

Эволюционное изменение ширины платформы имеет явные ограничения. Наиболее явственно смещение по признаку «ширина платформы» отмечается на первых актах эволюционной дивергенции. В результате образуются две ветви Ра-элементов: одна из них включает узкоплатформенные формы, вторая – широкоплатформенные. В дальнейшем в каждой ветви этот признак стабилизируется. В то же время дивергенция, затрагивающая расхождение форм по особенностям строения нодулярных структур, вызывает направленный характер их развития и приводит к прогрессивной редукции нодулей. Так, в течение всего раннеассельского времени после появления стрептогнатодид с хорошо развитыми нодулярными структурами можно видеть, как их последующее развитие идет в сторону постепенного исчезновения этих структур и восстановления нормальной для представителей данной группы поперечных ребер на внутреннем парапете.

На каждом из рассмотренных временных отрезков описанный процесс характеризуется определенной эквифинальностью. Он повторяется заново на основе инициального морфотипа, переходящего с предыдущего возрастного уровня, и завершается появлением форм, полностью лишенных нодулей. При переходе на все более высокие стратиграфические уровни последовательно возрастает скорость дивергенции: в объединенном слое 16/(1, 2) один акт за 7 тыс. лет, в 16/4 – за 4 тыс., в слоях 16/5a и 16/5b – за 2 тыс. лет. Средняя скорость дивергенции в течение раннеассельского времени составляет примерно один акт за 3 тыс. лет. Установленная продолжительность одного акта смещения признаков – в общем случае, по-видимому, недостаточная для образования нового вида – позволяет предполагать, что элементарные стадии трансформации морфологии Ра-элемента, выделенные в настоящем исследовании, отвечают эволюционным процессам на подвидовом уровне.

Направленная редукция нодулярных структур в течение раннеассельского времени приводит к возникновению форм, лишенных бугорков или имеющих единичные реликтовые бугорки и близких по морфологии к тем позднекаменноугольным морфотипам, на основе которых началось формирование нодулярных стрептогнатодид. Этот факт свидетельствует о возможности неоднократного появления близких (но все-таки различающихся) морфотипов Ра-элементов на разных стратиграфических уровнях.

Наиболее важным следствием стратиграфического плана из рассмотренного процесса преобразования гжельско-ассельских конодонтов является несомненная непрерывность зональной биохронологической шкалы, в качестве базиса которой взят непрерывный морфологический тренд изменения нодулярной структуры. Отмечу также возможность после восстановления дивергентного развития выделить в составе прежней зоны *cristellaris* три зоны: нижнюю – собственно *cristellaris*, среднюю *recreatus* и терминальную *plenus*.

До того как была составлена схема дивергенции, соответствующие виды-индексы *S. recreates* и *S. plenus* встречались вместе с *S. cristellaris* в слое 5 и только пополняли ее комплексную характеристику. Тщательная разбраковка комплекса конодонтов из нижней и верхней частей этого слоя и вскрытие реально происходящего процесса рецессивного развития позволили уверенно указать место данных морфотипов в эволюции

онном тренде и в конечном счете осознать возможность выделения соответствующих новых зон в составе прежней *cristellaris*.

Завершая краткий экскурс в область дивергентной эволюции, следует заметить, что привлечение эволюционных осцилляций для объяснения параллельного и синхронного возникновения признаков не является альтернативой концепции Дарвина – Гексли, служащей основой понимания гомотаксиса видов, а скорее, должно рассматриваться как важное дополнение, касающееся гомотаксиса признаков. Значение синхронного преобразования отдельных признаков для целей стратиграфической корреляции трудно переоценить. Фактически это единственный известный нам процесс, позволяющий перейти от геологической одновременности (гомотаксальности, по Гексли) к установлению истинной синхронности сильно удаленных геологических объектов. Критерии распознавания признаков, синхронно образующихся в изолированных популяциях родственных видов, совершенно не разработаны на палеонтологическом материале. Из общих соображений ясно, что речь может идти об относительно короткоживущих вариациях количественного, реже качественного характера, возникающих на основе гомологичных структур (гомологичных частей скелета) родственных видов. В рассмотренном процессе развития стрептогнатодид в качестве эволюционных осцилляций можно рассматривать возникновение нодулярных структур. Такую точку зрения подтверждает взрывоподобный характер этого события и его широкое географическое распространение, включающее территорию Северной Америки (США, Канада) и Евразию (Донбасс, Урал, Китай).

Возвращаясь к конодонтовой хронологии, следует еще раз подчеркнуть, что она базируется именно на выделении дискретных стадий в историческом морфогенезе Ра-элемента. Эти стадии интерпретируются в форме соответствующих видовых таксонов, им присваиваются названия в традиционной биномиальной номенклатуре. Систематизированный таким образом материал используется в биостратиграфии классическим способом: устанавливается стратиграфическая (хронологическая) последовательность формальных видов и по смене членов этой последовательности определяются зоны на шкале. Практические следствия из такого подхода известны: конодонтовые шкалы позволяют осуществлять глобальную корреляцию границ стратонов.

Таким образом, выделение и анализ исторического морфогенеза эволюционно лабильной структуры, гомологичной для большой груп-

пы ископаемых организмов и развивающейся как некая целостность, позволяют получить весьма универсальные биохронологические шкалы для решения стратиграфических задач. В случае с конодонтами использование такой шкалы навязано исследователю почти насильно, так как ничего другого, кроме Ра-элемента, не дано. Однако ситуация с конодонтами показательна именно в смысле самого подхода к применению результатов изучения ископаемых для целей стратиграфии. Можно взять любую другую группу ископаемых и попробовать (уже сознательно, специально) выделить из скелета некую лабильную структуру, гомологичную для представителей данной группы, и рассматривать ее изменение в стратиграфической последовательности, выделяя отдельные стадии (признаки) трансформации как некие «виды» безотносительно ко всем другим признакам скелета. Если такой подход при анализе конодонтов обеспечил построенным на них шкалам столь значительный корреляционный потенциал, то можно надеяться, что и для другой группы ископаемых он будет иметь те же последствия.

Глава 7

МЕРОНОМИЧЕСКИЕ ШКАЛЫ КАК ИНСТРУМЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ

7.1. Основные особенности мерономических шкал

Как можно понять из содержания предыдущей главы, шкалы, построенные по результатам изучения эволюционной трансформации отдельной части скелета, гомологичной для длительно существующей группы ископаемых, значительно отличаются от таксономических, традиционно используемых в биостратиграфии. Базисом для построения подобных шкал является последовательность эволюционных преобразований отдельной части скелета, сохраняющейся в ископаемом состоянии. Я предложил называть такие шкалы *мерономическими* – от понятия «мерон», введенного в систематику С.В. Мейеном (1977) и обозначающего «класс частей», в случае конодонтов – это Ра-элемент. Как показано далее, данные шкалы отличаются высоким корреляционным потенциалом и дают возможность сопоставить разновозрастные отложения на большой территории.

Кроме конодонтовых зональных шкал, к мерономическим также можно отнести зональные шкалы, построенные по результатам изучения других групп ископаемых, например граптолитов. При их использовании для целей зональной биохронологии внимание специалистов направлено на исследование деталей строения рабдосомы – части скелета, несомненно, гомологичной для всех представителей этой группы животных. Стандартная последовательность зональных форм граптолитов является последовательностью состояний во времени гомологичного скелетного элемента – рабдосомы. По-видимому, также гомологичны и части самой рабдосомы, например отдельные теки, которые подвергаются детальному описанию, включающему данные об общих размерах, скорости нарастания ширины, форме тек, плотности их размещения и т. п. Только традиционная практика присваивать бинаминальные («видовые») названия стратиграфически значимым членам, выявленным на основе анализа последовательных стадий развития раб-

досомы, маскирует реальный прием выделения морфотипов и построения на их последовательности мерономической шкалы.

Кроме высокого корреляционного потенциала, можно отметить ряд других достоинств мерономических, в частности конодонтовых, шкал, связанных с особенностями их базиса, в качестве которого используется эволюционная трансформация Ра-элемента. Так, чтобы воссоздать истинные филогенезы на основе изучения ископаемых остатков организмов и дать убедительную аргументацию выявленной последовательности видов, необходимо изучить множество частных разрезов, 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, насчитывающей не менее трех зон, можно легко выявить в одном разрезе. Это 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 при развитии образуют ряд направленно изменяющихся стадий, т. е. эволюционный тренд. Направленным я называю такой ряд стадий эволюции признака, в котором каждый последующий член приближается по определенному параметру (морфологической характеристике) к состоянию конечного члена ряда.

Морфологические 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 низкой представительности ископаемых в конкретных разрезах. Как только уловлена общая тенденция в изменении признака, члены тренда, не найденные в одном разрезе, но обнаруженные в некоторых других, легко совмещаются в единую последовательность, исходя из знания общего направления морфогенеза. Кроме этого, практическое применение сконструированной на основе морфологического тренда шкалы при корреляции разрезов не требует нахождения идентичных последовательностей зональных форм (гомотаксиса). Сопоставление зачастую

может быть выполнено по присутствию в разрезах единичных морфотипов, положение которых в тренде твердо установлено.

7.2. Корреляция

Все-таки главным достоинством мерономических шкал является возможность с их помощью сопоставить разрезы весьма удаленных регионов. По результатам изучения конодонтов разработана зональная шкала для гжельского яруса (Черных, 2012) и нижней перми (Черных, 2005), позволившая осуществить корреляцию ряда уральских разрезов (Черных, 2000, 2002, 2012а, б). Шкала была успешно адаптирована к разрезам гжельского яруса Восточно-Европейской платформы (Сунгатулина, 2008; Горева, Алексеев, 2010; Alekseev, Goreva, 2007; Gzhel..., 2009). В настоящей работе показана возможность выполнения корреляции уральских разрезов верхнего карбона и нижней перми с одновозрастными отложениями США, Канады, Китая и некоторых других районов планеты с помощью конодонтовых шкал.

Однако прежде чем использовать зональную шкалу, разработанную на уральских материалах, необходимо убедиться, что установленный по результатам изучения конодонтов на Урале гомотаксис видов-индексов сохраняется в том регионе, с которым предполагается выполнить корреляцию. С этой целью каждый раздел, посвященный корреляции ярусных подразделений верхнего карбона и нижней перми Урала с одновозрастными отложениями конкретного региона, сопровождается короткой справкой о распределении зональных видов-индексов конодонтов в данном регионе. В том случае, когда удастся убедиться в совпадении гомотаксисов, излагаются соображения о возможной корреляции сравниваемого с Уралом региона. Иногда из-за недостаточной изученности конодонтов в регионе приходится только ориентировочно наметить сопоставление с уральскими подразделениями.

Основная цель настоящего подраздела работы – продемонстрировать возможности мерономических зональных шкал для корреляции разрезов. Зональная шкала по конодонтам для верхнекасимовско-гжельского стратиграфического интервала была представлена в подразделе 3.4 (см. рис. 3).

7.2.1. Корреляция верхнекаменноугольных отложений

7.2.1.1. Корреляция верхней части касимовского яруса

Восточно-Европейская платформа. Северная Америка. Мидконтинент

Прежде чем начать разговор о корреляции гжельского яруса, следует дать самые краткие сведения о терминальном подразделении ниже лежащего касимовского яруса – зоне *firmus*, которая хорошо транслируется по конодонтам из восточной Европы на Урал и территорию США (Мидконтинент). Зона *firmus* была выделена на Урале на основе изучения южноуральских разрезов верхнего карбона (Черных, 2000). Вид-индекс *S. firmus* Kozitskaya очень часто встречается в отложениях верхней части одноименной зоны в Никольском разрезе (слои 5, 6), разновозрастных отложениях разреза Усолка (слой 4/1) и переходит в вышележащие отложения следующей зоны *simulator* гжельского яруса.

Вместе с *S. firmus* Kozitskaya в пределах касимовского яруса найдены следующие конодонты: *Streptognathodus pictus* Chern., *S. dolioliformis* Chern., *S. gracilis* Stauffer et Plummer, *S. praenuntius* Chern., *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), *S. zethus* Chern. et Reshetkova, *Idiognathodus magnificus* Stauffer et Plummer, *I. undatus* Chern., *I. toretzianus* Kozitskaya. Из названных форм только *S. praenuntius* Chern. и *Idiognathodus magnificus* Stauffer et Plummer не выходят за верхний предел распространения зоны, т. е. за верхнюю границу касимовского яруса. Морфологически близкие виды *S. dolioliformis* Chern. и *S. pictus* Chern. довольно часто встречаются как в зоне *firmus*, так и в вышележащей *simulator*, однако массовое развитие *S. pictus* Chern. приходится на ранний гжель. Вид *S. zethus* Chern. et Reshetkova наиболее характерен для верхней части зоны, но продолжает встречаться и в вышележащих отложениях гжельского яруса. Особо следует отметить вид *S. praenuntius* Chern., который, вероятно, является предковым по отношению к *S. simulator* Ellison (Черных, 2005). *S. praenuntius* Chern. близок североамериканскому виду *I. eudoraensis* Barrick, Heckel et Boardman, считающему американскими специалистами также предтечей вида *S. simulator* Ellison (Barrick et al., 2008).

В США зона *firmus* впервые была выделена С. Риттером (Ritter, 1995) на территории Мидконтинента в объеме самых верхов Миссурия (из-

вестняк Stanton) и нижней части Вирджилия (серия Дуглас и первая половина серии Шони). С. Риттер, принимая существующую на время написания его статьи широкую концепцию вида *S. simulator* Ellison, указывал совместное появление этого вида с *S. firmus* Kozitskaya в основании Eudora Shale циклотемы Stanton и сопоставлял этот уровень с основанием восточноевропейской зоны *simulator*. Еще раньше в отложениях верхнего Винчела на территории Техаса американские исследователи Дж. Бэррик и Д. Бордман (Barrick, Boardman, 1989) описали конодонты в составе выделенного ими комплекса *S. firmus* – *S. alekseevi*, включающего характерные для зоны *firmus* виды *S. gracilis* Stauffer et Plummer, *S. zethus* Chern. et Reshetkova, *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth) и собственно *S. firmus* Kozitskaya. В более поздней публикации Дж. Бэррика с Ф. Гекелом (Barrick, Heckel, 2000) нижняя граница распространения *S. firmus* Kozitskaya поднята почти до основания Вирджилия.

Следует обратить внимание на то, что в первых американских публикациях (Barrick, Boardman, 1989; Barrick et al., 2004; Ritter, 1995;), в которых в разрезах Мидконтинента идентифицирован вид *S. firmus* Kozitskaya, к последнему был отнесен выделенный позднее на Урале вид *S. vitali* Chern. С этим связан широкий первоначально принимаемый интервал распространения *S. firmus* Kozitskaya вплоть до формации Lecompton у С. Риттера и еще выше – до формации Торека у Дж. Бэррика с соавторами (Barrick et al., 2004). Однако в 2006 г. Д. Бордман, Ф. Гекель и Д. Ворк (Boardman et al., 2006) в работе, посвященной конодонтам и аммонитам из пограничных касимовско-гжельских отложений Мидконтинента, установили знакомую нам по уральским разрезам последовательность конодонтов: в циклотеме Cass – верхнекасимовский комплекс *Streptognathodus zethus* Chern. et Reshetkova и *I. aff. simulator* (Ellison), выше в циклотеме Oread – раннегжельский *I. simulator* (Ellison). Еще выше в циклотеме Lecompton они указывают типичных представителей уральской зоны *vitali*: *S. vitali* Chern., *S. ruzhencevi* Kozur и *I. tersus* Ellison.

Зона *firmus* прослежена в Подмоскowie (Alekseev, Goreva, 2007; Горева, Алексеев, 2010), где вид-индекс появляется во второй пачке русавкинской свиты, и Донбассе (Козицкая и др., 1978). Верхняя граница зоны фиксируется по уровню возникновения вида-индекса вышележащей зоны *simulator*.

7.2.1.2. Корреляция гжельского яруса

Урал. Восточно-Европейская платформа

Непрерывную серию отложений гжельского яруса на западном склоне Южного Урала мы изучали в разрезе Усолка, расположенном на правом берегу р. Усолка против курорта Красноусольский (Башкортостан), разрезе Никольский на правом берегу р. Урал в 2 км к западу от с. Никольское (Оренбургская область) и разрезе Айдаралаш в Казахстане (Chernykh, Ritter, 1994, 1996, 1997; Chernykh et al., 1997). Именно на этих разрезах была разработана зональная шкала гжельского яруса по результатам исследования конодонтов (Черных, 2000, 2002). Данная шкала позволила выполнить послойную корреляцию разноместных выходов гжельских образований на Урале, в том числе разнофациальных отложений, вскрываемых названными разрезами (см. табл. 2). По табл. 2 можно оценить мощность соответствующих конодонтовых стратозон и их послойное наполнение в каждом из разрезов. Например, стратозона *vitali* в глинисто-карбонатном конденсированном Усольском разрезе включает слой 12 мощностью 4,6 м. Эта же стратозона во флишевом Никольском разрезе содержит слои от 11 до 22/1 общей мощностью 125,5 м. Кроме того, в табл. 2 отражено соотношение конодонтовых и фузулинидовых зон, дающее представление о детальности расчленения гжельского яруса по конодонтам и фузулинидам.

В 1984 г. А.С. Алексеев с соавторами (1984) опубликовал результаты изучения конодонтов из пограничных отложений касимова-гжеля, вскрытых Русавкинским карьером в Подмосковье. Исследовав стратиграфическое распределение конодонтов в этой части разреза, авторы сделали важные уточнения в отношении биозон таких видов, как *S. firmus*, *S. luganicus*, *S. oppletus*, ранее считавшихся касимовскими, а в действительности заходящих в нижнюю часть гжельского яруса, как и в уральских разрезах. Особенно важны установление уровня самого раннего возникновения форм из группы *S. simulator* (вероятно, *I. eudoraensis* Barrick, Heckel et Boardman) в трошковской толще и высказанное в работе мнение о целесообразности проведения нижней границы гжельского яруса по уровню первого появления вида *S. simulator*.

В Подмосковье зоне *simulator* соответствует верхняя часть русавкинской свиты; зона *vitali* охватывает большую часть добрятинского горизонта; к зоне *virgilicus* отнесены павловопосадский горизонт и нижняя

часть ногинского горизонта, остальная, большая часть последнего составляет зону *bellus*; мелеховский горизонт отнесен к зоне *wabaunsensis* (Alekseev, Goreva, 2007), которая ранее И.С. Барсковым с соавторами (Зональная шкала..., 1984) рассматривалась в составе ассельского яруса.

Четыре комплекса конодонтов, выделенные Р.И. Козицкой (Опорный разрез..., 1983) в разрезе верхнекаменноугольных отложений, вскрытых Скосырской скважиной в Преддонецком прогибе, включают большинство видов, хорошо известных на Урале. Это позволяет без труда опознать в указанных комплексах характерные виды-индексы уральских зон *simulator*, *vitali*, *wabaunsensis*. В первом комплексе присутствуют *S. simulator*, *S. luganicus* и формы, отнесенные к виду *S. simulator* со знаком aff., значительно позднее описанные на Урале как *S. sinistrum* Chern. Второй комплекс включает вид *S. ruzhencevi* Kozur, встречающийся на Урале вместе с *S. vitali*, а один из изображенных в работе экземпляров под названием *S. ruzhencevi* (там же, табл. XXXVIII, фиг. 15) следует относить к *S. vitali*. В третьем комплексе присутствуют формы с полноразвитой ребристостью парапетов (*S. elongatus* Gunnell, *S. ruzhencevi*). Вероятно, отложения, содержащие этот комплекс, следует сопоставить с уральской стратозоной *simplex*. Четвертый комплекс включает более высокий зональный вид-индекс *S. wabaunsensis* Gunnell. Экземпляры, определенные в монографии как *S. wabaunsensis* (там же, табл. XXXIX, фиг. 6–8), следует относить к неизвестному на время написания работы виду-индексу *S. isolatus* Chern., Ritter et Wardlaw, что свидетельствует о более высоком (ассельском) положении отложений, включающих четвертый комплекс конодонтов.

Северная Америка. Мидконтинент

К настоящему времени предложены две зональные шкалы для интервала Миссурий–Вирджиллий Мидконтинента, построенные по результатам изучения конодонтов (Ritter, 1995; Barrick et al., 2004). Полезные для корреляции сведения о распределении конодонтов в пограничных отложениях касимовского и гжельского ярусов на Мидконтиненте приведены в публикации Д. Бордмана (Boardman, 1999), а также в более поздней коллективной статье Д. Бордмана с соавторами (Boardman et al., 2006). Использование данных о стратиграфическом распределении конодонтов этих и ряда других работ позволяет довольно уверенно выполнить

корреляцию подразделений верхнекасимовско-гжельских отложений Южного Урала и Северо-Американского континента.

Однако прежде чем перейти к рассмотрению вопросов корреляции названных регионов, необходимо уточнить некоторые частные особенности стратиграфического распределения видов-индексов в разрезах Мидконтинента. Начну с данных, представленных С. Риттером (Ritter, 1995). Распространение вида *Streptognathodus firmus* Kozitskaya у него указано с цикла Stanton (Eudora) по Lecompton (Queen Hill) включительно. Наиболее молодой представитель этого вида из Queen Hill Shell изображен на рис. 9.5 (ibid.). Я считаю, что этот экземпляр следует отнести к виду *S. vitali* Chern., который в то время, когда готовилась к публикации работа С. Риттера, еще не был установлен. Присутствие *S. vitali* Chern. в Queen Hill отмечено также в публикации Бордмана с соавторами (Boardman et al., 2006). Изображение этого вида из Queen Hill (ibid., tabl. 2, fig. 6) не вызывает сомнений в правильности сделанного определения. Весьма вероятно, что и другая форма из Queen Hill, обозначенная авторами как *S. aff. firmus* Kozitskaya (ibid., tabl. 2, fig. 4), является переходной к *S. vitali* Chern.

Таким образом, *S. vitali* Chern. возникает, по крайней мере, с уровня Queen Hill Shell, а распространение *S. firmus* Kozitskaya, вероятно, заканчивается вблизи этого уровня. Поясню, на чем основывается это предположение. Вид *S. vitali* Chern., несомненно, происходит от *S. firmus* Kozitskaya. Опыт изучения конодонтов гжельского яруса свидетельствует о незначительном перекрывании диапазонов распространения родительского и дочернего видов у гжельских конодонтов. Если считать Queen Hill уровнем первого появления *S. vitali* Chern., то, вероятно, верхний предел распространения *S. firmus* Kozitskaya не может значительно превышать этот уровень. Во всяком случае, в Queen Hill найдена только переходная форма от *S. firmus* Kozitskaya к *S. vitali* Chern. и не обнаружен собственно *S. firmus* Kozitskaya.

Также вызывают сомнения указанный С. Риттером (Ritter, 1995) интервал распространения другого вида-индекса *S. virgolicus* Ritter и, в частности, уровень его первого появления в Queen Hill Shell. Вид *S. virgolicus* Ritter происходит из форм, подобных *S. vitali* Chern. С этой точки зрения их совместное возникновение на уровне Queen Hill Shell маловероятно. Скорее, вид *S. virgolicus* Ritter должен был возникнуть в более позднее время. В серии фотоизображений этого вида в работе С. Риттера

(ibid., fig. 10.11–14) только форма на рис. 11, названная автором переходной от *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth) к *S. virgilicus* Ritter, происходит из Queen Hill Shell. Можно соглашаться или не соглашаться с мнением о генетической близости этих двух видов, но бесспорно то, что данная форма не относится к *S. virgilicus* Ritter, что и зафиксировано в ее определении С. Риттером. Все прочие изображенные в публикации типичные экземпляры *S. virgilicus* Ritter, в том числе голотип, происходят из отложений группы Wabaunsee (подгруппы Nemaha), т. е. выше уровня возникновения *S. vitali* Chern.

Более очевидна необходимость внесения корректив в данные С. Риттера по поводу уровня появления вида *S. simulator* Ellison. Собственно, их уже сделали американские авторы (Barrick et al., 2008), которые описали формы из Eudora Shale циклотемы Stanton (верхний Миссурий) как самостоятельный вид *Idiognathodus eudoraensis* Barrick, Heckel et Boardman. Эти формы С. Риттер отнес к *S. simulator* (Ellison), а Д. Бэррик с соавторами (Barrick et al., 2004) вначале обозначили как *I. aff. simulator* (Ellison), а затем выделили как новый вид *I. eudoraensis* Barrick, Heckel et Boardman. Уровень первого появления вида *I. simulator* (Ellison) в узком смысле они указывают с Heebner Shell циклотемы Oread.

В первой зональной шкале по конодонтам для верхнекасимовско-гжельских отложений на территории Мидконтинента, предложенной С. Риттером (Ritter, 1995), выделено шесть зон. В пределах касимова (верхней части Миссурия) указана зона *S. gracilis*. Вышележащая зона *S. firmus*, которую С. Риттер сопоставляет с восточноевропейской зоной *S. simulator*, открывает гжельский ярус. Далее следуют зоны *S. pawhuskaensis deflectus*, *S. virgilicus*, *S. brownvillensis*, *S. wabaunsensis*, *S. aff. S. barskovi*. Две последние на шкале С. Риттера обозначены как принадлежащие ассельскому ярусу. Здесь же замечу, что одна из статей в «Путеводителе геологических экскурсий по разрезам среднего и верхнего Пенсильвания на территории Мидконтинента» (Guidebook..., 1999), принадлежащая Д. Бордману (Boardman, 1999), содержит сведения о совместном присутствии в циклотеме Brownville таких видов, как *S. brownvillensis* Ritter и *S. bellus* Chern. et Ritter., и появлении *S. wabaunsensis* Gunnell в верхней части циклотемы Americus. Эти данные вполне соответствуют распределению указанных видов, установленному на Урале.

Через 5 лет Д. Бэррик и Ф. Гекель (Barrick, Heckel, 2000) предложили почти такую же шкалу, заменив в ней зону *firmus* двумя последователь-

ными зонами *S. zethus* и *S. simulator* и **разделив зону *virgolicus* на нижнюю (lower *virgolicus*) и верхнюю (upper *virgolicus*)**. Позднее Д. Бэррик с соавторами (Barrick et al., 2004) **опубликовали несколько видоизмененную зональную шкалу**. Главной новацией было разделение симуляторных морфотипов на собственно *Idiognathodus simulator* (Ellison) и *I. aff. simulator* с соответствующим выделением одноименных зон. Последовательность зон в этой шкале выглядит следующим образом: *S. gracilis*, *I. aff. simulator*, *S. zethus*, *I. simulator*, *S. virgolicus* s. l., *S. brownvillensis*, *S. wabaunsensis*. **Наибольшую ценность предложенной шкалы составляет разделение *I. simulator* (Ellison) на *I. simulator* (s. s.) и *I. aff. simulator***. Позднее последний вид был описан как новый – *I. eudoraensis* Barrick, Heckel et Boardman. **Данная систематическая операция позволила определить короткоживущий космополитный вид *I. simulator* (Ellison) и использовать его в качестве индикатора нижней границы гжельского яруса общей стратиграфической шкалы (Cyclothem..., 2007).**

Анализ приведенных данных дает возможность констатировать, что порядок следования видов-индексов, установленный на Урале (*S. firmus*, *S. simulator*, *S. vitali*, *S. virginicus*, *S. bellus*, *S. wabaunsensis*, *S. isolatus*), сохраняется на Мидконтиненте Северной Америки. Это в свою очередь позволяет с учетом замечаний и опорой на сведения, изложенные в указанных публикациях американских авторов, обозначить основные коррелируемые рубежи, которые отмечены в развитии верхнекаменноугольных конодонтов Северной Америки и Урала.

Наиболее четко и единообразно нижняя граница гжельского яруса устанавливается по появлению вида *Streptognathodus simulator* Ellison, которое на Мидконтиненте приходится на сланцы Heebner циклотемы Oread, в Усольском разрезе лежит в основании слоя 4/2, а в Никольском разрезе – в основании слоя 7. Протяженность стратозоны *simulator* не вполне ясна на Мидконтиненте, но, судя по присутствию последующего уральского вида-индекса *S. vitali* Chern. в циклотеме Lecompton, вероятно, она не выходит за пределы известняков Spring Branch. Эта же стратозона в Усольском разрезе охватывает слои 4/2–4/11, а в Никольском – 7–10 (см. табл. 2).

Следующая стратозона *vitali* – от уровня появления вида-индекса до уровня возникновения типичных *S. virgolicus* Ritter – на Мидконтиненте соответствует интервалу разреза от циклотемы Lecompton до циклотемы Burlingame. На Урале эта стратозона в Усольском разрезе установлена в

пределах слоя 12, а в Никольском включает слои 11–22/1. Нижняя граница стратозоны *virgilicus* в североамериканских разрезах, вероятнее всего, находится в пределах циклотемы Burlingame. Верхняя граница проводится по уровню появления короткоживущего вида *S. brownvillensis* Ritter в циклотеме Brownville. Данный вид встречается на Урале только в разрезе Никольский. Однако вместе с ним наблюдается космополитный вид *S. bellus* Chern. et Ritter, и по уровню его возникновения легко идентифицировать верхнюю границу стратозоны *virgilicus* на Урале и Мидконтиненте.

Как уже говорилось, Д. Бордман указывает на совместное нахождение *S. brownvillensis* Ritter и *S. bellus* Chern. et Ritter в циклотеме Brownville. Этот уровень в Усольском разрезе соответствует примерно основанию слоя 15. Таким образом, стратозоны *virgilicus* и *brownvillensis* на Мидконтиненте отвечают трем уральским стратозонам: собственно *virgilicus*, а также *simplex* и *bellus*.

Нижняя граница стратозоны *wabaunsensis* на Мидконтиненте, по С. Риттеру (Ritter, 1995), размещается в пределах циклотемы Falls City. Однако представленные в работе изображения форм, которые он считает *S. wabaunsensis* Gunnell (в широком понимании), вызывают сомнения в правильности этой точки зрения. Экземпляр на рис. 10.17, охарактеризованный автором как «примитивная форма с единственным бугорком на внутренней стороне платформы» (ibid., p. 1149), значительно ближе к *S. bellus* Chern. et Ritter. Формы этого вида вблизи зоны *wabaunsensis* часто приобретают единичные бугорки (псевдонодули) на внутренней стороне платформы. По-видимому, данная форма является переходной от *S. bellus* Chern. et Ritter к *S. wabaunsensis* Gunnell. Однако и она найдена в циклотеме Americus, т. е. стратиграфически выше известняков Falls City. Экземпляр на рис. 10.20 (ibid.), несомненно, относится к *S. acuminatus* Gunnell и обнаружен в Hughes Creek Shale, т. е. непосредственно над циклотемой Americus. Приведенные сведения заставляют полагать, что нижняя граница стратозоны *wabaunsensis*, устанавливаемая по уровню появления космополитного вида *S. wabaunsensis* Gunnell, лежит в основании известняков формации Foraker.

Более поздняя работа Д. Бордмана (Boardman, 1999) содержит сведения о находке комплекса конодонтов, состоящего из *S. wabaunsensis* Gunnell, *S. elongatus* Gunnell, *S. farmeri* Gunnell, *S. flexuosus* Chern. et Ritter, в верхней части циклотемы Americus. Д. Бэррик с соавторами (Bar-

rick et al., 2008) принимают основание циклотемы *Americus* за уровень первого появления *S. wabaunsensis* Gunnell и, следовательно, за нижнюю границу одноименной зоны.

Особого упоминания заслуживает обстоятельная работа группы американских авторов (Boardman et al., 2009), в которой по материалам изучения конодонтов из верхнегжельских и нижнепермских разрезов Мидконтинента предложена зональная шкала. В качестве ее базиса взята эволюционная последовательность представителей рода *Streptognathodus*. Сведения о стратиграфическом распространении конодонтов, приведенные в этой публикации, еще неоднократно упоминаются в дальнейшем. Здесь же отмечу присутствие в верхнем гжеле Мидконтинента конодонтов, хорошо известных в уральских разрезах. Это такие виды, как *Streptognathodus bellus* Chern. et Ritter, *S. brownvillensis* Ritter, которые возникают на близком стратиграфическом уровне и являются индикаторными видами для зоны *bellus* и в Америке, и на Урале. Выделяемая американскими исследователями последующая зона *flexuosus* по уровню появления установленного впервые на Урале вида *S. flexuosus* Chern. et Ritter также может быть сопоставлена с более широко понимаемой уральской зоной *bellus*. Наконец, предлагаемые авторами зоны *farmeri* и *binodosus* отвечают уральской зоне *wabaunsensis*.

Возвращаясь к работе С. Риттера (Ritter, 1995), отмечу, что экземпляр из Bennett Shale, изображенный на рис. 10.19 и обозначенный автором как «продвинутая форма с изолированным нодулярным полем» (ibid., p. 1149), должен быть отнесен к *S. isolatus* Chern., Ritter et Wardlaw, который является видом-индексом нижней границы пермской системы. Сам С. Риттер отмечает, что подобные формы «впервые появляются в верхней части Glenrock Limestone формации Red Eagle Limestone» (ibid., p. 1145). Следовательно, верхняя граница зоны *S. wabaunsensis* и гжельского яруса, устанавливаемая по уровню возникновения вида *S. isolatus* Chern., Ritter et Wardlaw, на Мидконтиненте лежит в основании формации Red Eagle Limestone.

С этими представлениями вполне согласуются наблюдения упомянутых ранее авторов (Boardman et al., 2009), которые помещают верхнюю границу гжельского яруса в основание сланцев Bennett формации Red Eagle Limestone. В табл. 5 сопоставлены формационные подразделения верхнего карбона Мидконтинента и стратозоны Южного Урала.

Таблица 5

**Схема сопоставления отложений гжельского яруса Мидконтинента
(США) и Урала**

Мидконтинент, США*		Урал**	
Ярус	Формация	Стратозона	Ярус
Asselian	Red Eagle Limestone	isolatus	Ассельский
Virgilian	Johnson Shale Foraker Limestone	wabaunsensis	Гжельский
	Janesville Shale Falls City Limestone Onaga Shale Upper Wood Siding	bellus-simplex	
	Richardson Subgroup Nemaha Subgroup	virgilicus	
	Sactox Subgroup Topeka Limestone Deer Creek Tecumseh Shale Lecompton Limestone	vitali	
	Kanwaka Shale Oread Limestone (Heebner Shale)	simulator	
	Lawrence Stranger	firmus	Касимовский
	Missourian		
	Stanton Limestone		

* По: Barrick, Boardman, 1989; Ritter, 1995; Barrick, Heckel, 2000; Boardman, Heckel, Work, 2006.

** По: Черных, 2002.

Калифорния

Результаты изучения конодонтов и фузулинид на территории восточной Калифорнии (Keeler Basin) опубликованы группой американских исследователей (Stevens et al., 2001). Стратиграфический диапазон изученных отложений формации Keeler Canyon – от среднего карбона до сакмарского яруса нижней перми.

По конодонтам выделен ряд местных зон. Мы начнем их рассмотрение с зоны C5, в пределах которой отмечено присутствие таких видов, как *Streptognathodus elegantulus* Stauffer et Plummer, *S. excelsus* Stauffer et Plummer, *I. magnificus* Stauffer et Plummer. Этот комплекс конодонтов,

найденный в высокой части Cerro Gordo Spring, свидетельствует о ее позднекасимовском возрасте. Аналогичный набор встречается на Урале в стратозоне *firmus*. Следующая зона C6 характеризуется присутствием конодонтов *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), *S. excelsus* Stauffer et Plummer, *S. virgolicus* Ritter, *S. brownvillensis* Ritter. Этот комплекс, обнаруженный в верхней части Cerro Gordo Spring – нижней части Salt Tram, является, несомненно, гжельским и объемлет большую часть гжельского яруса вплоть до зоны *bellus* включительно. Верхняя часть гжеля, предположительно, представлена зоной C7, хотя здесь установлены только *S. tenuialveus* Chern. et Ritter, *S. costae flabellus* Chern. et Ritter и не найден *S. wabaunsensis* Gunnell – вид-индекс терминальной зоны гжельского яруса.

Канадский Арктический архипелаг

Ч. Хендерсон с соавторами (Henderson et al., 1995) опубликовали сведения о верхнекаменноугольных конодонтах и мелких фораминиферах Канадского Арктического архипелага. По результатам изучения конодонтов они выполнили зональное подразделение разреза, включающее зоны *Adetognathus lautus*–*Streptognathodus elegantulus* (верхняя часть касимовского яруса, непосредственно подстилающая гжельские образования), *Streptognathodus simulator*–*Idiognathodus sp. cf. I. lobulatus* (нижний гжель) и *Streptognathodus nodulinear* (гжель). Вызывает сомнения правильность определения последнего вида. На фотоизображении видно, что линейный ряд бугорков располагается с внешней стороны платформы, тогда как у *Streptognathodus nodulinear* – всегда с внутренней (*ibid.*, tabl. 1, fig. 2). Скорее, эта форма относится к уральскому новому виду *S. stigmatis* Chern., известному на Урале из зоны *vitali* (Черных, 2012). По-видимому, гжельская часть разрезов формаций Nansen и Canyon Fiord включает две последовательные зоны – *simulator* и *vitali*.

Китай

Известно относительно небольшое количество работ, содержащих сведения о стратиграфическом распределении конодонтов гжельского яруса Китая, которые можно было бы адаптировать к решению задач корреляции китайских и уральских разрезов. Наиболее важными с этой точки зрения являются две публикации, где представлены подробные данные о конодонтах из разреза Nashui (Luosu) в южной части про-

винции Guizhou (Wang Zhi-hao, 1991; Wang Zhi-hao, Qi Yu-ping, 2003). В обеих работах сохранена единая нумерация образцов, из которых получены конодонты.

В первой статье (Wang Zhi-hao, 1991) были подведены итоги предшествующего пятилетнего этапа изучения конодонтов из пограничных каменноугольно-пермских отложений Китая. Работа написана на китайском языке, и английское резюме дает самое общее представление в отношении ее содержания. Однако в ней приведены четыре таблицы с изображениями найденных форм с точной привязкой к разрезу, что позволяет использовать эти данные при анализе конодонтовых комплексов, описанных во второй публикации (Wang Zhi-hao, Qi Yu-ping, 2003).

В последней работе приводятся более полные сведения о позднекасимовских и гжельских конодонтах из разреза Nashui Южного Гуижоу. На основе изучения конодонтов из разреза Nashui (Luosu) авторы предложили зональную шкалу верхнего карбона. Здесь представляет интерес только ее верхняя часть начиная с зоны *S. guizhouensis*, занимающей верхнюю часть далаанского яруса (образцы № 97–106). Среди конодонтов, найденных в пределах этой зоны мощностью 12 м, кроме вида-индекса, указаны следующие виды: *S. elegantulus* Stauffer et Plummer, *S. oppletus* Ellison, *S. parvus* Dunn, *I. delicatus* Gunnell, *I. magnificus* Stauffer et Plummer, *I. sinuosus* Ellison et Graves. Можно поставить под сомнение присутствие в данном зональном комплексе *S. parvus* Dunn, *I. delicatus* Gunnell, *I. sinuosus* Ellison et Graves. Обычно эти виды встречаются ниже уровня появления *I. magnificus* Stauffer et Plummer. Все изображенные в работе экземпляры обнаружены значительно ниже зоны *S. guizhouensis*. Остальные виды обычны в верхах касимовского яруса, и отмеченный интервал разреза можно сопоставить с уральской стратозоной *firmus*.

Авторами выделена зона *S. luosuensis* (= *S. simulator*), которая является терминальной для далаанского яруса в Китае и базальной в гжельском ярусе Урала. Зональный комплекс, кроме вида-индекса, включает следующие виды: *S. luosuensis* Wang et Qi, *S. guizhouensis* Wang et Qi, *S. oppletus* Ellison, *Adetognathus paralautus* Orchard. В приведенном списке вызывает сомнение правильность определения последнего вида. Экземпляры типичных *A. paralautus* Orchard представлены в работе 1991 г. (Wang Zhi-hao, 1991, tabl. I, fig. 7, 8), и эти формы найдены в сакмарском

ярус (образец № 148, зона *M. bisselli*). Все прочие, более древние, находки адетогнатусов в отложениях верхнего карбона (например, образец № 109), по-видимому, относятся к *A. lautus* (Gunnell). Зона *simulator* (= *luosuensis*) хорошо опознается на Урале, и 5,5 м известняков, завершающих ярус Dalaan в разрезе Nashui, могут быть сопоставлены с одноименной стратозоной Усольского и Никольского разрезов (табл. 6).

Следующий метровый интервал разреза в основании мапингского яруса принадлежит зоне *I. nashuiensis*, в которой, кроме нового вида, использованного в качестве индикатора ее нижней границы, установлено присутствие только одного вида, отнесенного к *Adetognathus paralautus* Orchard (см. наши замечания по поводу этого вида). В данной зоне нет ни одного вида конодонтов, который можно использовать для отдаленной корреляции с уральскими.

Затем следует зона, которую китайские исследователи называли *S. firmus* и отвели ей интервал 6,5 м, в который попадают образцы № 111–115.

Таблица 6

**Схема сопоставления зонального расчленения отложений
гжельского яруса Южного Китая и Урала**

Южный Китай*		Урал**	
Ярус	Стратозона (№ образца)	Стратозона	Ярус
Zisongian	isolatus (125)	isolatus	Ассельский
Mapingian	wabaunsensis (123–124)	wabaunsensis	Гжельский
	tenuialveus (116–122)	bellus–simplex	
	«firmus» (111–115)	virgilicus–vitali	
	nashuiensis (110–111)	simulator	
Dalaan	luosuensis (107–109)		
	guizhouensis (97–106)	firmus	Касимовский

* По: Wang-Zhi-hao, Qi Yu-ping, 2003.

** По: Черных, 2002.

Нижняя граница зоны фиксируется по появлению формы, определенной как *S. firmus* Kozitskaya. Среди видов, найденных в пределах зоны, кроме вида-индекса, указаны *S. pawhuskaensis* (Harris et Hollingsworth), *S. simplex* Gunnell, *S. elegantulus* Stauffer et Plummer. По поводу данной зоны и видов, составляющих ее комплексную характеристику, необходимо сделать некоторые замечания.

В образце № 111 найдена форма, определенная как *S. elegantulus* Stauffer et Plummer. Ее изображение представлено в работе 1991 г. (Wang Zhi-hao, 1991, tabl. III, fig. 10) и затем в публикации 2003 г. (Wang Zhi-hao, Qi Yu-ping, 2003, tabl. 4, fig. 12). Этот морфотип, известный в уральских разрезах как *S. vitali* Chern., является видом-индексом одноименной уральской зоны, следующей непосредственно выше зоны simulator. Заметим также, что в североамериканских, уральских и восточноевропейских разрезах вид *S. firmus* Kozitskaya не поднимается выше зоны simulator. Скорее всего, китайские исследователи приняли все тот же *S. vitali* Chern. за *S. firmus* Kozitskaya. Во избежание путаницы было бы целесообразно выбрать для обсуждаемой зоны другой вид-индекс. В любом случае бесспорно, что *S. vitali* Chern. впервые возникает в основании данной зоны и ее нижняя граница может быть сопоставлена с нижней границей уральской зоны *vitali*.

Выше следует зона *tenuialveus* (образцы № 116–122), занимающая 10-метровый интервал разреза. В зональный комплекс, кроме вида-индекса, включены следующие виды: *S. bellus* Chern. et Ritter, *S. elongatus* Gunnell, *S. simplex* Gunnell, *S. firmus* Kozitskaya, *S. elegantulus* Stauffer et Plummer. Два последних вида в этом наборе, скорее всего, либо указаны ошибочно, либо представляют собой переотложенные формы. Остальные виды встречаются в уральских разрезах в зонах **simplex** и **bellus**. Вероятно, китайская зона *tenuialveus* соответствует этим двум уральским зонам.

Завершает мапингский ярус зона *S. wabaunsensis*, в которой вместе с видом-индексом присутствуют такие виды, как *S. tenuialveus* Chern. et Ritter, *S. bellus* Chern. et Ritter, *S. elongatus* Gunnell, *S. nodulinear* Chern. et Reshetkova. Верхняя граница зоны отбивается по появлению раннепермского вида *Streptognathodus isolatus* Chern., Ritter et Wardlaw (образец № 125). Стратозона *S. wabaunsensis* мощностью 3 м в разрезе Нашуи уверенно сопоставляется с одноименной стратозоной на Урале в Усольском и Никольском разрезах.

Можно констатировать, что в Китае в пределах гжелского яруса устанавливается такая последовательность зон: *simulator* – «*firmus*» (= *vitali*) – *tenuialveus* (= *simplex* + *bellus*) – *wabaunsensis*. В ней отсутствуют зоны *S. virgilicus* и *S. simplex*, установленные в Уральском регионе. Однако в большинстве случаев использование предложенной нами шкалы позволяет удовлетворительно решить вопрос корреляции стратиграфических подразделений разреза Nashui (Luosu) с одновозрастными подразделениями уральских разрезов (см. табл. 6).

7.2.2. Корреляция нижнепермских отложений

Зональная шкала нижней перми Урала по конодонтам рода *Streptognathodus* и *Mesogondolella* опубликована в монографии (Черных, 2005) и была успешно опробована для корреляции уральских, китайских и североамериканских разрезов. Схема уральской зональной шкалы, в которой указано соотношение конодонтовых, фузулинидовых и радиоляриевых зон, приведена в табл. 7.

7.2.2.1. Корреляция ассельского яруса

Северная Америка. Мидконтинент

Верхняя граница гжелского яруса (она же – нижняя граница ассельских образований) определяется по уровню первого появления *Streptognathodus isolatus* Chernykh, Ritter et Wardlaw в средней части известняков формации Red Eagle, которые представлены сланцами Bennett. Форма, именуемая Б. Перлмуттером *Idiognathodus wabaunsensis* (Gunnell), несомненно, относится к морфотипу *S. isolatus* и, судя по несколько незавершенному обособлению нодулярного поля, к его наиболее ранним представителям (Perlmutter, 1975, tabl. 1, fig. 2). Это подтверждают данные, приведенные в работе С. Риттера, о систематическом составе и морфологии сопутствующих конодонтов из тех же сланцев Bennett (Ritter, 1995, fig. 10.15, 19). Формы, названные С. Риттером *S. flangulatus* Gunnell (ibid., fig. 10.15) и *S. wabaunsensis* Gunnell (ibid., fig. 10.19), демонстрируют почти завершившийся переход к морфотипу *isolatus*. Таким образом, сланцы Bennett следует сопоставлять с самыми нижними горизонтами ассельского яруса.

Таблица 7

**Конодонтовые зоны нижней перми и их соотношение с зонами по
фузулинидам и радиоляриям**

Ярус	Горизонт	Фораминиферы	Конодонты		Радиолярии
Кунгурский	Иренский	Parafusulina aff. solidissima – Nodosaria sexangulata	Neostreptognathodus imperfectus		Ruzhencevispongus uralicus
	Филипповский	Nodosaria pugioidea	N. clinei		
	Саранинский	Hemigordius saranaensis	N. pnevi		
Артинский	Саргинский	Parafusulina solidissima	N. pequopensis		Polyentactinia lautitia
	Иргинский	Pseudofusulina juresanensis–Eoparafusulina lutugini	Sweetognathus clarki		Tetracircinata reconda
	Бурцевский	Pseudofusulina pedissequa–Pseudofusulina concavatas	Sw. whitei		Entactinosphaera crassicalthrata–Quinqueremis arundinea
Сакмарский	Стерлитамакский	Pseudofusulina uralensis	Sw. anceps	Mesogondolella bisselli	Rectotortum fornicatum
				M. visibilis	Campptoalatus monopterygius
				M. lata	Entactinia pycnoclada–Tortum circumfusum
	Тастубский	Pseudofusulina verneuili–Eoparafusulina tschernyschewi	Sw. binodosus	M. uralensis	Helioentactinia ikka–Haplodicanthus perforatus
Pseudofusulina moelleri		Sw. merrilli	Tetragregnon vimineum–Copielintra diploacantha		
Ассельский	Шиханский	Sphaeroschwagerina sphaerica–Globifusulina firma	S. postfusus–S. barskovi	M. pseudostriata	Haplodicanthus anfractus
				M. striata	
	Холодноложский	Pseudoschwagerina uddeni	S. fusus	M. simulata	
		Sphaeroschwagerina moelleri–Globifusulina fecunda	S. constrictus	M. belladonnae	
		Globifusulina nux	S. sigmoidalis		
			S. cristellaris		
	Sphaeroschwagerina fusiformis	Streptognathodus glenisteri–S. isolatus			

Примечание. По: Chuvashov et al., 2004, с дополнениями. Штриховыми линиями обозначены зональные границы, положение которых требует уточнения.

В верхней части формации Grenola в известняках Burr C. Риттер отмечает появление таких форм, как *Streptognathodus* cf. *longissimus* Chernykh et Resh. (Ritter, 1995, fig. 10.5, 6) и *S. aff. barskovi* Kozur (ibid., fig. 10.18), которые прослеживаются до известняков Neva включительно. Несмотря на то что названные формы определены в открытой номенклатуре, они имеют так много общего со среднеассельскими уральскими формами, что корреляция уральской зоны *constrictus* с интервалом Burr–Neva не вызывает сомнений. Правомерность этой корреляции подтверждает присутствие здесь морфотипа, названного в работе *Streptognathodus* sp. E, имеющего реликтовые бугорки на внутренней части платформы. Подобные формы весьма характерны для конодонтов среднего асселя на Урале и представляют собой переходные формы от *S. cristellaris* Chern. et Reshetkova к *S. longissimus* Chern. et Reshetkova. В верхней части известняков Neva наблюдается *Sweetognathus expansus* (Perlmutter) – вид, появившийся на Урале в самой высокой части среднего асселя и продолживший существование в верхнем асселе, что не противоречит отнесению известняков Neva к среднему асселю.

Верхняя граница ассельского яруса определяется на Урале по появлению первых представителей рода *Sweetognathus* с дифференцированной кариной – морфотипа Sw. *merrilli* Kozur. В канзасском разрезе близкие формы наблюдаются в низах формации Bader – в верхней части известняков Eiss.

Как отмечено ранее, Д. Бордман с соавторами на основе изучения исторического морфогенеза рода *Streptognathodus* предложили свою зональную шкалу для интервала поздний гжель–артинский век включительно (Boardman et al., 2009). Для последовательности формаций Burr–Eskridge они ввели зону *nevaensis*, которая примерно отвечает среднему асселю уральской шкалы (зоне *constrictus*), и зону *fuscus* для известняков формации Beattie, соответствующую уральской зоне *postfuscus* верхнего асселя. Таким образом, ассельские образования Урала довольно уверенно могут быть сопоставлены с интервалом Bennett–Eiss разрезов Канзаса Северной Америки (табл. 8).

Несмотря на значительную удаленность коррелируемых разрезов друг от друга, в них присутствуют одноименные виды конодонтов, обнаруживающие значительное морфологическое сходство. Устойчиво сохраняется их стратиграфическая последовательность (гомотаксис), что обеспечивает возможность глобальной корреля-

Таблица 8

Схема сопоставления зонального расчленения ассельско-сакмарских отложений Мидконтинента (США) и Урала

Ярус	Группа	Мидконтинент, США*		Урал**	
Wolfcampian	Council Grove	Формация	Зона	Зона	Ярус
		Easily Creek Shale	S. barskovi	Sw. anceps–M. bisselli	Сакмар-ский
		Bader Limestone		Sw. merrilli	
		Stearns Shale	S. fusus	S. postfusus	Ассельский
		Beattie Limestone		S. fusus	
		Grenola Limestone (Burr Limestone)	S. nevensis	S. constrictus	
		Grenola Limestone (part)	S. isolatus	S. sigmoidalis	
		Red Eagle Limestone (Bennett Shale)		S. cristellaris	
				S. isolatus	

* Boardman et al., 2009.

** Черных, 2005.

ции отложений ассельского яруса Урала и Мидконтинента по конодонтам.

В последние годы из нижней части отложений формации Garden Valley в Неваде Брюс Вардлоу с соавторами описали ряд ассельских форм, большая часть которых была впервые определена на Урале (Wardlaw et al., 2015). Это такие виды, как *Streptognathodus constrictus* Chern. et Reshetkova, *S. fusus* Chern. et Reshetkova, *Mesogondolella dentiseparata* (Chern. et Reshetkova), *Sweetognathus expansus* (Perlmutter), свидетельствующие о средне-позднеассельском возрасте первого конодонтового комплекса, установленного в Неваде. Особо примечательна находка в асселе Мидконтинента ранее никогда не встречаемых здесь уральских форм ассельских мезогондолелл.

Калифорния

Ассельский комплекс конодонтов указан из отложений формации Keeler Canyon, развитых в восточной части центральной Калифорнии (Stevens et al., 2001) в верхней половине подразделения Salt Tram, вы-

деленной как конодонтовая зона С8. Судя по тому что нижняя граница проводится по появлению *Sweetognathus expansus* (Perlmutter), рассматриваемую зону можно сопоставить со средней и верхней частями ассельского яруса. С этим заключением согласуются находки конодонтов *Streptognathodus constrictus* Chern. et Reshetkova, *S. fusus* Chern. et Reshetkova, *S. aff. barskovi* Kozur, *Mesogondolella dentiseparata* Chern., *M. belladontae* Chern., сделанные в данных отложениях.

Китай

В конце 1980-х гг. верхнекаменноугольные и нижнепермские конодонты интенсивно изучали в Китае. Результаты отражены в работах известных китайских конодонтологов Донг Жи-жонга (Dong Zhi-zhong), Ванг Ченг-юаня (Wang Cheng-yuan), Ванг Жи-хао (Wang Zhi-hao), Канг Пей-квана (Kang Pei-quan) и многих других. Большинство работ издано на китайском языке, и только английские резюме, стратиграфические колонки, латинские названия видов и их фотоизображения могут быть использованы для получения части необходимой информации при корреляционных сопоставлениях.

Затруднения при корреляции ассельских отложений по конодонтам возникают из-за разночтения в диагностике идентичных видов, присутствующих в уральских и китайских разрезах. В связи с этим при сопоставлении разрезов ассельского яруса использовались только те работы, в которых приведены фотоизображения наиболее важных для корреляции видов конодонтов с их точной привязкой к изученным разрезам. Сходство некоторых форм в работах китайских авторов с уральскими видами настолько значительно, что их можно отождествить без всяких колебаний. Однако определения, сопровождающие данные формы, часто не совпадают с моими представлениями об их систематической принадлежности. Прежде чем приступить к корреляции, я взял на себя смелость откорректировать разночтения, касающиеся представленных изображений. В большинстве таких случаев речь идет о видах, которые были впервые установлены на уральских материалах.

Работа Канг Пей-квана с соавторами посвящена биостратиграфии шельфовых фаций, развитых на территории округа Ziyun провинции Guizhou (Kang Pei-quan et al., 1987). В ней под названием *Streptognathodus gracilis* Stauffer et Plummer представлена форма (ibid., tabl. II, fig. 8). По нашему мнению, ее следует отнести к виду *Streptognathodus isolatus*

Chernykh, Ritter et Wardlaw и принять, что стратиграфический уровень 02-1, где она найдена, лежит в пределах зоны *isolatus*.

На уровне 6B₆ вновь указан *S. gracilis*. Судя по изображению формы, авторами к этому виду отнесена, безусловно, среднеассельская форма с реликтовым бугорком на парапете, которая отвечает виду *S. barskovi* Kozur (Kang Pei-quan et al., 1987, tabl. II, fig. 7). Аналогичный стратиграфический уровень 6B₆ занимает форма под названием *S. elongatus* Gunnell, которую мы относим к *S. longissimus* Chern. et Reshetkova (ibid., tabl. II, fig. 3). На этом же стратиграфическом уровне найдены формы, именуемые в публикации *Mesogondolella bisselli* (Clark et Behnken) (ibid., tabl. III, fig. 3–6). По моему мнению, они являются *M. simulata* (Chernykh). На близком уровне 6C₁ исследователи отметили присутствие вида *Mesogondolella bisselli* (Clark et Behnken) (ibid., tabl. III, fig. 1, 2). Данный вид можно уверенно отождествить с *M. belladontae* (Chern.).

В правомерности ревизии определений конодонтов убеждает тот факт, что *S. barskovi*, *S. longissimus*, *M. belladontae*, *M. simulata*, а также сопутствующие *S. fuchengensis* Zhao, *S. elongatus* Gunnell, указанные самими авторами, на Урале также встречаются совместно в границах конодонтовой зоны *constrictus*, представляющей среднюю часть ассельского яруса. Таким образом, анализ систематической принадлежности конодонтов, обнаруженных в пределах обсуждаемой части разреза Ziyun County, позволяет обозначить положение нижней границы ассельского яруса на уровне 02-1 по нахождению зонального вида *S. isolatus*, а также аналог уральской зоны *constrictus* (средняя часть ассельского яруса) – в интервале 6C₁–6B₆.

Верхний ассель-сакмарский ярус в данном разрезе можно распознать на уровне 14-4 по присутствию характерной формы *Adetognathus paralautus* Orchard, которая на Урале не известна ранее этого времени, и ориентировочно наметить нижнюю границу стерлитамакского горизонта сакмарского яруса по появлению поздне-сакмарской формы *M. bisselli* на уровне 17-3. Стратиграфическая последовательность всех названных форм в обсуждаемом разрезе Китая полностью соответствует аналогичной последовательности одноименных конодонтов в уральских разрезах. Общая мощность ассельских образований в разрезе составляет порядка 190 м.

Одна из работ Ванг Жи-хао посвящена исследованию положения границы между каменноугольной и пермской системами в Китае по

результатам изучения конодонтов (Wang Zhi-hao, 1991). Наиболее информативным оказался разрез отложений яруса Мапинг (разрез Nashui, Луодиан) в провинции Гуижоу, ранее упоминавшийся при обсуждении корреляции гжельских образований. В приведенных далее списках конодонтов для тех из них, определения которых откорректированы мною по фотографиям, указаны соответствующие таблицы и фигуры в работе Ванг Жи-хао.

На стратиграфическом уровне, где взят образец № 125, встречаются следующие формы: *Streptognathodus isolatus* Chern., Ritter et Wardlaw (tabl. II, fig. 4), *S. nodulinaris* Resh. et Chern. (tabl. I, fig. 5, 6), *S. simplex* Gunnell (tabl. I, fig. 1), *S. elongatus* Gunnell (tabl. IV, fig. 3), *Adetognathus lautus* Gunnell (tabl. I, fig. 9). Названный комплекс, безусловно, является нижнеассельским, судя по присутствию в нем *S. isolatus*, соответствующий стратиграфический уровень располагается в основании ассельского яруса.

Следующий информативный образец № 132 – находка зонального среднеассельского вида *Mesogondolella belladontae* (Chern.) (tabl. II, fig. 6). Более высокий стратиграфический уровень, на котором отобран образец № 136, отмечен присутствием *Streptognathodus* aff. *barskovi* Kozur с реликтовыми бугорками на внутренней стороне платформы (tabl. I, fig. 11). Подобные формы встречаются в пределах той же зоны *belladontae-constrictus*, и, следовательно, этот уровень лежит в пределах среднего асселя.

Предположительно, верхнеассельский вид *Adetognathus paralautus* Orchard найден в образце № 147, а из следующего образца № 148 получены сакмарские *Mesogondolella bisselli* (Clark et Behnken). К сожалению, фотоизображения последней формы в работе Ванг Жи-хао не представлено. Однако с большой долей уверенности можно полагать уровень образца № 147 самым близким кровле ассельских отложений в рассмотренном разрезе.

В публикации 1994 г. Ванг Жи-хао вновь вернулся к изучению конодонтов из разреза Nashui (Wang Zhi-hao, 1994). По результатам данного исследования предложено зональное расчленение нижнепермской части рассмотренного разреза – от нижнего асселя до кунгура включительно. В пределах ассельского яруса указаны четыре зоны: *Streptognathodus wabaunsensis*–*S. nodulinaris*, *Streptognathodus barskovi*, *Mesogondolella dentiseparata* и *Sweetognathus inornatus*. Первая из названных зон,

судя по комплексу конодонтов, вполне отвечает уральской зоне *isolatus*. Среди изображенных в работе конодонтов, найденных в пределах этой зоны, присутствуют, по-видимому, вид-индекс *S. isolatus* Chern., Ritter et Wardlaw (ibid., tabl. 1, fig. 14), *S. nodulinear* Reshetkova et Chern., а также другой характерный для этой зоны вид *S. bipartitus* Chern. (ibid., tabl. 4, fig. 13). Вторая и третья зоны соответствуют уральским *constrictus*, *fusus* и *postfus*. Зону, именуемую *Sweetognathus inornatus*, следует коррелировать с верхней частью тастубского горизонта сакмарского яруса (уральской зоной *binodosus*).

Иран

Н.Б. Рассказова (2010) опубликовала описание ассельских конодонтов, полученных из верхней части формации Заладу, отложения которой обнажаются вблизи деревни Гушкамар (восточная часть Ирана). Среди них, судя по приведенным фотоизображениям, присутствуют *S. isolatus* Chern., Ritter et Wardlaw, *S. nodulinear* Reshetkova et Chern. и ряд неорнаментированных стрептогнатодонтид, из которых можно опознать *S. bellus* Chern. et Ritter, *S. simplex* Gunnell и *S. elongatus* Gunnell (там же, рис. 4). В целом такой комплекс конодонтов характерен на Урале для нижнего асселя (зона *isolatus*). Сомнение вызывает присутствие в нем вида *S. bellus*, который в уральских разрезах не поднимается выше зоны *wabaunsensis*. Возможно, это переотложенная форма.

7.2.2.2. Корреляция сакмарского яруса

Попытки опознать аналоги сакмарского яруса в отдаленных от Урала регионах по результатам изучения конодонтов предпринимались неоднократно разными исследователями (Комплексы..., 1979; Kozur, 1978; Larson, Clark, 1979; Permian..., 1979). Ко времени появления указанных работ, авторы которых пытались отыскать возрастные аналоги сакмарского яруса, в частности на Мидконтиненте, известные на Урале сакмарские конодонты включали единственный бесспорно сакмарский вид *M. bisselli* (Clark et Behnken) и сомнительные каменноугольные и ассельские формы (Комплексы..., 1979), по-видимому, являющиеся переотложенными.

Как показало детальное изучение конодонтов из разрезов сакмарского яруса в стратотипической местности, именно на рубеже ассельского

и сакмарского времени происходят значительные изменения в составе этой группы. В частности, полностью или почти полностью исчезают представители рода *Streptognathodus*, доминирующие на Урале в ассельском веке. В уральском сакмарском бассейне им на смену приходит богатейшая по таксономическому разнообразию группа мезогондолелл. Кроме этого, наиболее важным событием, приуроченным к данному рубежу, следует считать появление первых представителей рода *Sweetognathus* с дифференцированной кариной – морфотипа *Sweetognathus merrilli* Kozur, найденного к настоящему времени на Урале в двух разрезах – Усольском и Кондуровском. В первом зафиксирована последовательность свитогнатид, состоящая из верхнеассельского *Sweetognathus expansus* (Perlmutter), нижнетастубского *Sw. merrilli* Kozur и позднетастубского *Sw. binodosus* Chern. В разрезе Дальний Тюлькас, который в значительной мере дублирует Усольский, найден и следующий – стерлитамакский – морфотип ряда – *Sw. anceps* Chern. (Черных, 2005).

Особую ценность приобретает находка *Sw. merrilli* в Кондуровском разрезе. Во-первых, потому что этот разрез является стратотипическим для сакмарского яруса. Во-вторых, потому что в нем детально прослежена эволюционная линия *Diplognathodus* aff. *stevensi* – *Sweetognathus merrilli*. Наконец, потому что именно морфотип *S. merrilli* Kozur служит единственным маркером нижней границы сакмарского яруса, который известен не только на Урале, но и на территории Северной Америки и Китая.

Как отмечено ранее, в сакмарском веке на Урале доминирующей группой конодонтов являются мезогондолеллы. Часть из них продолжает существовать с позднеассельского времени. Среди вновь появившихся мезогондолелл наиболее важна морфологически выразительная и короткоживущая форма *Mesogondolella uralensis* Chern. Она хорошо вписывается в эволюционный ряд *M. belladontae* – *M. simulata* – *M. striata* – *M. pseudostriata* – *M. arcuata* – *M. uralensis* – *M. monstra*, который использован для построения зональной биохронологической шкалы ассельско-сакмарских отложений (Черных, 2005). По виду *M. uralensis* в основании сакмарского яруса была выделена одноименная зона *uralensis*. В настоящее время описан богатый комплекс других мезогондолелл, характеризующих эту зону на Урале. Сюда относятся *M. lacerta* Chern., *M. paralacerta* Chern., *M. parafoliosa* Chern. и ряд других новых форм. Зона *uralensis* хорошо распознается на Южном Урале в ряде разрезов (Усольском, Симском, Кондуровском и др.).

Однако существенным недостатком тастубских мезогондолелл является их эндемичность – почти все они пока известны только на Урале, что делает их малоэффективными для межрегиональных корреляций. Обнаружение космополитного короткоживущего морфотипа *Sweetognathus merrilli* Kozur в составе зоны *uralensis*, который появляется в разрезах на близком стратиграфическом уровне с *Mesogondolella uralensis* Chern., позволило осуществить глобальную корреляцию нижней границы сакмарского яруса и, в частности, указать ее положение в разновозрастных разрезах Северной Америки.

Вопрос о происхождении морфотипа *Sweetognathus merrilli* Kozur неоднократно обсуждался исследователями, которые высказывали по этому поводу разные мнения. Так, автор морфотипа Х. Коцур рассматривал его как связующее звено между *Diplognathodus ellipticus* (Perlmutter) и *Sweetognathus whitei* (Rhodes). В. Свит считал наиболее вероятным предком *Sw. merrilli* морфотип *Diplognathodus expansus*. С. Риттер склонен поддержать мнение В. Свита о *D. expansus* как возможном предке *Sw. merrilli*. Во всяком случае, между авторами нет расхождений в том, что какие-то из видов ассельских диплогнатодусов дали начало развитию первым свитогнатусам. Я также согласен с этим мнением. Вопрос в другом: от одного или нескольких видов диплогнатодусов берет начало вид *Sw. merrilli* Kozur и, если от нескольких, то на одном или разных стратиграфических уровнях появляется этот вид? Переход от диплогнатодусового морфотипа к свитогнатусовому происходит всегда единообразно: путем формирования вначале папиллярного (пустулизированного) строения первоначально сплошной карины у диплогнатодусов и затем ее дифференциации на ряд небольших изолированных бугорков с ясной папиллярной орнаментацией их поверхности.

Судя по имеющимся у нас данным, этот процесс затронул разные виды ассельских диплогнатодусов и происходил в одно и то же время (точнее, на одном хронологическом уровне) в разных участках уральского бассейна. В зависимости от того, какой именно вид диплогнатодусов являлся предковым, возникающие при этом свитогнатусы могут несколько различаться по деталям строения. У них могут быть разными количество каринальных бугорков, общие очертания края базальной полости, длина и высота свободного листа и т. п. Вместе с тем все они характеризуются общим сходством в строении важнейшего элемента для диагностики данного вида – карины. У первых свитогнатусов она

состоит из одного ряда простых округленных в поперечном сечении свободно размещенных бугорков, поверхность которых имеет мелкоямчатую (папиллярную) орнаментацию. Все такие формы, независимо от частных особенностей их строения, мы относим к одному морфотипу и именуем его *Sweetognathus merrilli* Kozur. В Кондуровском разрезе этот морфотип сформировался на основе *Diplognathodus* aff. *stevensi* Clark et Carr, и процесс перехода хорошо иллюстрируется фактическим материалом (см. рис. 8).

В Усольском разрезе предковой формой являлся, по-видимому, *D. expansus* (Perlmutter), встречающийся в верхнеассельской части разреза и отличающийся по частным особенностям строения от *D.* aff. *stevensi*. В связи с этим усольские представители *Sw. merrilli* несколько отличаются от кондуровских, но также обладают всеми отмеченными признаками данного морфотипа. Наиболее существенно то, что и в Усольском, и Кондуровском разрезах первые свитогнатусы возникают на одном стратиграфическом уровне – практически одновременно с зональной короткоживущей *Mesogondolella uralensis* Chern. С учетом сказанного уровень первого появления морфотипа *Sweetognathus merrilli* Kozur может быть использован в качестве хорошего маркера нижней границы сакмарского яруса, который позволяет транслировать эту границу за пределы Уральского региона.

Северная Америка. Мидконтинент

Первые свитогнатусы, определенные как *Sw. merrilli* Kozur, зафиксированы в районе развития нижнепермских отложений восточного Канзаса (США), в верхней части известняка Eiss формации Bader Limestone, занимающих высокое стратиграфическое положение в составе группы Council Grove. Аналогичная находка *Sw. merrilli* Kozur сделана в западном Техасе в Стекланных горах в пределах развития продельтовых отложений (алевролитов с фрагментами растительных остатков, известняков с прослоями известняковых конгломератов) формации Neal Ranch – в 52 м выше основания разреза (Ross, 1963; Wardlaw, Davydov, 2000). Несмотря на то что граница сакмарского яруса в пределах Северо-Американского континента строго установлена по виду-индексу только в двух названных разрезах, она может быть прослежена более широко с использованием данных по другим группам ископаемых. В частности, в работе Б. Вардлоу и В. Давыдова по результатам изучения фузулинид

сделан вывод, что примерным аналогом указанного положения границы сакмарского яруса может служить базальная часть формации Carbon Ridge (Невада). В Калифорнии интервал, в котором может быть зафиксирована эта граница, находится в пределах зон В и С **McClaude Limestone** (Wardlaw, Davydov, 2000).

Следующий характерный уровень внутри тастубского горизонта совпадает с моментом появления *Sw. binodosus* Chern., происходящего от *Sw. merrilli* Kozur, который также продолжает встречаться в зоне *binodosus*.

Верхняя граница тастубского горизонта (и, следовательно, нижняя граница стерлитамакского) на Урале проводится по появлению космополитного вида *Mesogondolella bisselli* (Clark et Behnken). Главную трудность в его использовании для определения и корреляции этой границы составляет длительное существование *M. bisselli* – от стерлитамакского горизонта до саргинского включительно. Определить уровень первого возникновения данного вида можно только в серии последовательных проб в разрезах, хорошо охарактеризованных конодонтами. Отдельные пробы с *M. bisselli* малоинформативны.

Зона *bisselli* охватывает стратиграфический диапазон от уровня первого появления вида-индекса до уровня возникновения космополитного вида *Sweetognathus whitei* (Rhodes). Последний уровень совпадает с нижней границей артинского яруса на Урале. В пределах зоны *Sweetognathus anceps*, кроме вида-индекса, установлено присутствие *Mesogondolella visibilis* Chern., *M. lata* Chern., *M. bisselli* (Clark et Behnken) и завершающих существование адетогнатодид.

Характерное сочетание свитогнатусов *S. anceps* Chern. с *M. bisselli* (Clark et Behnken) в породах, залегающих стратиграфически ниже уровня первого появления *Sw. whitei*, служит основанием для их отнесения к верхнесакмарской (стерлитамакской) части разреза нижнепермских отложений на Урале и в других регионах. На Мидконтиненте аналогами верхнесакмарских отложений принято считать средний вольфкэмп. В штате Юта ему соответствует верхняя часть формации Querrh, где Дж. Ларсон и Д. Кларк нашли *M. bisselli* вместе с *Sw. whitei* и *Streptognathodus elongatus* и в связи с этим датировали вмещающие отложения как «верхнетастубские? – нижнестерлитамакские» (Larson, Clark, 1979). Исходя из приведенных ими данных ясно, что эта часть разреза формации Oquirrh не древнее низов артинского яруса.

Относительно подстилающих отложений так называемой зоны *Idiognathodus ellisoni*, первоначально установленной Д. Кларком (Clark, 1974) в Неваде, много неясностей. Они возникают начиная с определения номинативного вида, который разные исследователи причисляют то к *Idiognathodus delicatus* Gunnell, то к *Streptognathodus wabaunsensis* Gunnell. В любом случае общая морфология этого вида не оставляет сомнения в его позднекаменноугольном возрасте. Примерно то же самое или более раннее время существования имеют и другие конодонты, входящие в ассоциацию *ellisoni*. Вероятнее всего, весь этот комплекс конодонтов переотложенный, а вмещающие его отложения (верхние части формаций **Riepe Springs и Oquirrh, Lenox Hills**), **судя по их стратиграфическому положению ниже уровня первых *Sweetognathus whitei* (Rhodes), являются позднесакмарскими, но не содержат конодонтов in situ.**

В ранее упоминаемой работе Д. Бордмана с соавторами (Boardman et al., 2009), посвященной зональному расчленению верхнего карбона и нижней перми Мидконтинента по конодонтам, сакмарский интервал представлен зонами *S. barskovi*–*S. postconstrictus*–*S. trimilus*. По данным исследователей, нижняя граница зоны *barskovi* совпадает с уровнем появления вида *Sweetognathus merrilli* Kozur. **Верхняя граница зоны *trimilus* отмечена первым появлением вида *Sw. whitei* (Rhodes).** Таким образом, несомненно, что последовательность формаций от Bader Limestone до **Matfield Shale, отвечающая указанным трем зонам, может рассматриваться как возрастной аналог сакмарского яруса** (табл. 9). Примечательно, что в описываемой работе представлена деталь строения свитогнатуса, который авторы отнесли к *Sw. merrilli* Kozur (Boardman et al., 2009, tabl. 29, fig. 3). **Однако на этом фотоизображении отчетливо видны элементы зарождающейся срединной борозды и гантелеобразное строение части нодулей – характерная особенность вида *Sw. anceps* Chern.** Данный экземпляр происходит из верхней части формации Wreford (известняк Schroyer), что позволяет грубо сопоставить стратозону *S. trimilus* с уральской стратозоной *Sw. anceps*–*M. bisselli*.

В Калифорнии аналогом тастубского горизонта сакмарского яруса являются пограничные отложения формаций Keeler Canyon и Lone Pine, изученные группой исследователей (Stevens et al., 2001). Конодонтовая зона C9, выделенная в этом интервале, содержит *Sweetognathus merrilli* Kozur и *Mesogondolella lata* (Chern.).

Таблица 9

**Схема сопоставления зонального расчленения сакмарско-артинских
отложений Мидконтинента (США) и Урала**

Ярус	Мидконтинент, США*		Урал**	Горизонт	Ярус
? Leonardian	Формация	Зона	Зона	Бурцевский	Артинский
	Barneston Limestone	S. florensis	Sw. whitei		
Wolfcampian	Matfield Shale Wreford Limestone	S. trimilus	Sw. anceps–M. bisselli	Стерлитамакский	Сакмарский
	Speiser Shale Funston Limestone Blue Rapids Shale Crouse Limestone Easley Creek Shale	S. postconstrictus	Sw. binodosus	Тастубский	
	Bader Limestone	S. barskovi	Sw. merrilli		

* По: Boardman et al., 2009.

** Черных, 2006.

Канада

Несомненными аналогами стерлитамакского горизонта сакмарско-го яруса являются известняки Harper Ranch Group на юге Британской Колумбии, вмещающие характерную ассоциацию конодонтов, описанную М. Очером и П. Форстером как «*Adetognathus* фауна» (Orchard, Forster, 1988). Для этого комплекса они приводят следующий список конодонтов: *Adetognathus paralautus* Orchard, *Sweetognathus inornatus* Ritter, *Neogondolella bisselli* (Clark et Behnken), *Diplognathus* sp. A, *Ellisonia con- flexa* (Ellison).

Первая из названных в этом списке форм служит отличительным элементом верхнеассельской-сакмарской уральской ассоциации конодонтов и не встречается до сих пор в артинских отложениях. Вторая форма,

названная в работе *Sweetognathus inornatus* Ritter, присутствует в первом комплексе в единственном экземпляре, изображение которого приводится в еще одной публикации М. Очера (Orchard, 1984). Судя по всему, это *Sw. binodosus* Chern. – форма, близкая к встреченной в сакмарских (тастубских) отложениях в Усольском разрезе. Об этом свидетельствуют такие признаки, как существенная разобоченность бугорков карины, их немногочисленность и значительный изгиб каринального гребня на заднем конце. Вероятнее всего, это – позднесакмарская форма. Форма, обозначенная как *N. bisselli* (Clark et Behnken), имеет, как ранее отмечалось, широкий стратиграфический диапазон, и ее первое появление приурочено к низам стерлитамакского горизонта. Конодонт, который именуется *Diplognathodus* sp. A, практически неотличим от сакмарских диплогнатодусов из разреза Кондуровка, отнесенных нами к *D. aff. stevensi* Clark et Carr. Таким образом, отложения, вмещающие данный комплекс конодонтов (Фауна 1), скорее, следует параллелизовать с отложениями стерлитамакского горизонта сакмарского яруса Урала (табл. 10).

В ранней работе М. Очера показано стратиграфическое распределение конодонтов, входящих в этот комплекс (Orchard, 1984, tabl. 23.1). Примечательно, что *Sweetognathus* aff. *Sw. whitei*, который в работе 1988 г. (Orchard, Forster, 1988) отнесен к виду *Sw. inornatus* (= *Sw. binodosus*), появляется раньше *M. bisselli*, т. е. как и в уральских разрезах. Уральский гомотаксис сохраняется и в канадских разрезах. Это значит, что уральская шкала может быть использована для корреляции сакмарских отложений и на территории Канады.

В Арктической Канаде аналогичный комплекс конодонтов, включающий *Sweetognathus inornatus* (= *Sw. binodosus*), *Adetognathus paralautus* и *Mesogondolella bisselli*, описан из верхней части формации Raanes и нижней части формации Great Bear Cape на территории бассейна Свёрдруп (Beauchamp, Henderson, 1994). Вмещающие этот комплекс конодонтов отложения, несомненно, следует относить к сакмарскому ярусу (см. табл. 10).

Китай

В Китае конодонты *Sw. inornatus* (= *Sw. binodosus*) найдены в верхней части формации Taiyuan в провинции Anhui, в окрестностях города Huainan (Ding Hui, Wan Shilu, 1990). Здесь эти формы встречены совместно с *Sw. whitei* (слой L1). По-видимому, вмещающие отложения

Таблица 10

Схема сопоставления зонального расчленения сакмарских, артинских и кунгурских отложений Канады и Урала

Британская Колумбия, Канада*		Бассейн Свердруп, Канадская Арктика**	Урал***	Горизонт	Ярус
? Leonardian	Фауна	Зона	Зона	Саранинский	Кунгурский
	Фауна 4 (частично) <i>Neostreptognathodus ruzhencevi</i>	Зона P9 <i>N. prayi</i> – <i>N. ruzhencevi</i>	<i>N. pnevi</i>		
	Фауна 3 (верхняя) <i>Sweetognathus</i> – <i>Neostreptognathodus requopensis</i>	Зона P8 <i>N. requopensis</i> – <i>N. clarki</i>	<i>N. requopensis</i>	Саргинский	Артинский
	Фауна 3 (нижняя) <i>Sweetognathus</i> – <i>Neostreptognathodus clarki</i>		<i>Sw. clarki</i>	Иргинский	
	Фауна 2 <i>Sw. whitei</i>	Зона P7 <i>M. bisselli</i> – <i>Sw. whitei</i>	<i>Sw. whitei</i>	Бурцевский	
Wolfcampian	Фауна 1 <i>Adetognathus</i>	Зона P6b <i>Sw. inornatus</i> – <i>A. paralautus</i>	<i>Sw. anceps</i> – <i>M. bisselli</i>	Стерлитамакский	Сакмарский
		Зона P6a <i>M. bisselli</i> – <i>A. paralautus</i>			

* Orchard, Forster, 1988.

** Beauchamp, Henderson, 1994.

*** Черных, 2006.

относятся к самым низам артинского яруса. В 16,5 м ниже по разрезу установлен характерный комплекс конодонтов нижней и средней зон ассельского яруса. Вероятно, данные отложения 16-метровой мощности относятся к верхнему асселю или сакмарскому ярусу.

Разрез Ziyun County в провинции Guizhou содержит ассельские отложения, включая верхнюю часть (слои 17–21), где встречены *Mesogondolella striata* Chern. (согласно определению авторов – *M. bisselli*) и *Adetognathus paralautus* Orchard (Kang Pei-quan et al., 1987). Первые свитогнатидаы, близкие *Sw. anceps* Chern., в этом разрезе указываются в слое 22.

Вероятно, данный короткий интервал, включающий часть слоев 21 и 22, соответствует сакмарскому ярусу. Этому выводу не противоречат найденные в рассматриваемых слоях фузулиниды.

7.2.2.3. Корреляция артинского яруса

Степень изученности артинских конодонтов на Урале и, как следствие, возможность использования этой группы для корреляции значительно слабее, чем для ассельского интервала разреза. Это связано с рядом причин, из которых главные – пониженная встречаемость конодонтов в артинских отложениях Урала, технологические трудности извлечения конодонтов из песчаников, широко развитых в уральских разрезах артинского яруса, относительно низкое систематическое разнообразие и слабо разработанная систематика артинских конодонтов.

Изученные к настоящему времени на Урале артинские конодонты относятся к трем родам: *Mesogondolella*, *Sweetognathus* и *Neostreptognathodus*. Значение их представителей для определения и трансляции нижней границы артинского яруса неравноценно. Род *Mesogondolella* представлен в артинском веке космополитным видом *M. bisselli* (Clark et Behnken), который возникает в стерлитамакское время и прослеживается по всему разрезу артинского яруса вплоть до саргинского горизонта включительно. Возможно, столь длительное существование вида в большей степени связано со слабой изученностью артинских мезогондолелл, а не с действительным эволюционным консерватизмом конодонтов, относимых к данному виду. Вместе с тем *M. bisselli* является непременным членом нижнеартинской ассоциации конодонтов как на Урале, так и в разновозрастных разрезах других регионов мира. В иргинском горизонте артинского яруса вместе с *M. bisselli* (Clark et Behnken) присутствует *M. laevigata* Chern., известный пока только на Урале.

Как отмечалось ранее, первые типичные представители рода *Sweetognathus* (*S. merrilli* Kozur) появляются в основании сакмарского яруса. В тастубское время к ним присоединяются *Sw. binodosus* Chern. В позднестерлитамакское время возникают своеобразные конодонты вида *Sw. anceps* Chern., отличающиеся от *Sw. whitei* (Rhodes) главным образом отсутствием полноразвитого срединного ребра. Они продолжают встречаться вместе с первыми артинскими *Sw. whitei* (Rhodes). В одной и той же выборке присутствуют формы, близкие названным видам. Очень ве-

роятно, что *Sw. anceps* – предковый по отношению к *Sw. whitei* (Rhodes). Последний вид наблюдается только с основания артинского яруса. В иргинском горизонте артинского яруса присутствует *Sw. behnkeni* Kozur – форма, близкая *Sw. whitei* (Rhodes), но с латерально разросшимися бугорками. Здесь же найдены формы, относящиеся к виду *Sw. clarki* (Kozur).

Свитогнатида доминируют в продолжение большей части артинского века. Однако нужно оговорить используемую в настоящей работе концепцию рода *Sweetognathus*, разработанную группой исследователей (Mei et al., 2002). В соответствии с пропагандируемыми ими представлениями в состав рода *Sweetognathus*, кроме традиционных его представителей, должно войти некоторое число видов, ранее относимых к роду *Neostreptognathodus*. Я имею в виду тех из них, у которых обнаружено слияние части каринальных зубцов, свойственное свитогнатидам. Это конодонты, которые до сих пор рассматривались в составе рода *Neostreptognathodus*: *Neostreptognathodus clarki* Kozur, *N. obliquidentatus* Chern., *N. ruzhencevi* Kozur, *N. transitus* Kozur, *N. tschuvashovi* Kozur.

Всех названных конодонтов авторы новой концепции рода *Sweetognathus* включают в синонимику первого вида и называют его *Sweetognathus clarki* (Kozur). Я являюсь умеренным сторонником подобных взглядов и, разделяя мнение указанных исследователей на объем рода *Sweetognathus*, не считаю оправданным столь значительное укрупнение объема вида *Sw. clarki* (Kozur). Все названные виды должны сохранить видовую принадлежность и лишь сменить род.

Таким образом, в первой половине артинского века, вплоть до иргинского времени включительно, отсутствуют неострептогнатиды и конодонты представлены преимущественно представителями родов *Mesogondolella*, *Sweetognathus* и очень редко – *Adethognathus*, *Diplognathodus*. Наиболее полезным для корреляции нижней границы артинского яруса является космополитный вид *S. whitei* (Rhodes), как правило, встречающийся в комбинации с *M. bisselli* (Clark et Behnken). В бурцевском горизонте продолжают существовать *Sw. obliquidentatus* (Chern.) и некоторые новые виды свитогнатусов и мезогондолелл. В иргинском горизонте отмечаются конодонты группы *Sw. clarki* (Kozur) и *Mesogondolella laevigata* Chern.

Вместе с перечисленными конодонтами, характерными для раннеартинского времени, часто встречаются ассельские переотложенные

стрептогнатодиды, которых Х. Коцур (Комплексы..., 1979) использовал для зонального расчленения и корреляции артинских отложений. Примесь переотложенных ассельских форм в артинских отложениях на Урале полностью исчезает в иргинском горизонте. Таким образом, на Урале наличие переотложенных ассельских конодонтов является косвенным указанием на низкое стратиграфическое положение (не выше бурцевского горизонта) отложений внутри артинского яруса.

Первые неострептогнатодиды появляются только в саргинское время. Здесь в первую очередь следует назвать космополитный вид *Neostreptognathodus requiopensis* Behnken.

Перечисленными видами почти ограничивается тот арсенал конодонтовых индикаторов нижней границы артинского яруса, который мы имеем в настоящее время для глобального прослеживания этой границы. Однако, несмотря на сравнительно бедный комплекс конодонтов для данного стратиграфического интервала, в силу того что большинство из названных форм является космополитами, интересующий нас интервал, на который приходится артинский ярус, может быть указан практически во всех регионах мира, где получили развитие морские отложения соответствующего возраста.

Северная Америка. Мидконтинент

В ранних работах американских исследователей нижнюю границу артинского яруса связывали с уровнем первого появления *Neostreptognathodus requiopensis* Behnken (Permian..., 1979). В настоящее время имеющиеся данные о распространении этого вида свидетельствуют о значительно более высоком уровне его возникновения – в саргинском горизонте, где он действительно сосуществует с последними представителями *Sw. whitei* (Rhodes), – так, как это указано во всех американских источниках.

В упомянутой работе Д. Кларка с соавторами рассмотрено распространение конодонтов в пермских отложениях на территории Great Basin (Permian..., 1979). Авторы выделили стратиграфическую последовательность ряда комплексов конодонтов. В частности, ассоциацию (assemblage) конодонтов *Neogondolella bisselli*–*Sweetognathus whitei*, включающую, кроме номинативных видов, представителей родов *Ellisonia*, *Haniognathus*, *Anchignathodus*, характеризующую, как они полагают, верхнестерлитамакскую часть разреза в Техасе, Юте, Айдахо и Неваде.

С. Риттер (Ritter, 1995) дополнительно отмечает присутствие в ней *Sweetognathus adenticulatus* Ritter. Стратиграфически более высокий комплекс конодонтов с *Neostreptognathodus requiopensis* рассматривается как раннеартинский.

Уровень возникновения *N. requiopensis* на Урале располагается в основании саргинского горизонта и является верхнеартинским. По-видимому, нижнюю границу артинского яруса в пределах формации Oquirrh (северо-западная часть штата Юта) было бы правильнее размещать по уровню первого появления *Sw. whitei* (Rhodes). Эта форма вместе с *Mesogondolella bisselli* (Clark et Behnken) **была найдена в верхней части разреза Spanish Fork формации Quirrh в нижнеартинской, на мой взгляд, пачке пакстоуна.** Присутствие среди конодонтов *Streptognathodus elongatus* Gunnell на данном стратиграфическом уровне, скорее всего, следует связывать с переотложением.

Ф. Родс впервые описал *Sw. whitei* из песчанистых известняков в самой верхней части песчаников Tensleep одноименной формации (Mayoworth, штат Wyoming) (Rhodes, 1963). Как и в формации Quirrh, здесь вместе с *Sw. whitei* присутствуют многочисленные стрептогнатодусы, которые Ф. Родс в большинстве определил как *S. elongatus* Gunnell и единственный экземпляр – как *S. wabaunsensis* Gunnell. Судя по представленным в работе изображениям стрептогнатодусов, среди них, кроме *S. elongatus* Gunnell, присутствуют средне- и верхнеассельские представители этого рода, вероятно, переотложенные из более древних пород. Экземпляры *Sw. whitei*, отмечаемые в этом комплексе, по внешним признакам являются эволюционно незначительно продвинутыми и, скорее, нижнеартинскими – не выходящими за пределы бурцевского горизонта. К сожалению, более точной оценке стратиграфического положения вмещающих известняков мешает несогласное залегание на них сланцев Орече.

Анализ эволюции представителей рода *Sweetognathus* выполнил С. Риттер, детально проследив стратиграфическое распространение конодонтов в сакмарско-артинском интервале разрезов восточного Канзаса (Chase Group), западной части штата Юта (Burbank Hills), Невады (Ripetown Formation, Moorman Ranch) и штата Вайоминг (верхняя часть формации Tensleep Sandstone) (Ritter, 1986). Он был одним из первых, кто, с моей точки зрения, правильно поместил зону *Sw. whitei*–*M. bisselli* в основание артинского яруса и связал его нижнюю границу с уровнем

появления *Sw. whitei* (Rhodes). Основываясь на данных этого автора, можно сделать следующие выводы. Для Chase Group нижняя граница артинского яруса лежит в основании известняков Florence восточного Канзаса, где стратиграфически ниже уровня возникновения *Sw. whitei* обнаружен его эволюционный предшественник – *Sw. inornatus* (= *Sw. binodosus*). Менее уверенно нижняя граница артинского яруса может быть указана для западной Юты в 6 м выше основания формации Rieretown, где *Sw. whitei* и *Sw. inornatus* найдены в одной пробе. В Неваде *Sw. whitei* встречается по всему разрезу той же самой формации мощностью почти 300 м, начиная с уровня, лежащего на 10 м выше основания разреза. Однако, как и в предыдущем случае, сопутствующий комплекс форм не позволяет однозначно решить вопрос о первом появлении этого вида.

С. Риттер вслед за Ф. Родсом повторил опробование разреза в верхней части песчаников Tensleep (штат Вайоминг) и нашел в 9 м ниже кровли несколько экземпляров *Sw. whitei*, *Sw. inornatus* и *Sw. adenticulatus*. Совместное существование этих форм позволяет предполагать, что вмещающие их отложения относятся к основанию артинского яруса.

Д. Бордман с соавторами установили зону *S. florensis*, охватывающую отложения формации Barneston (Boardman et al., 2009). Базальная часть данной формации представлена известняками Florence, где, кроме вида-индекса, присутствуют *Sw. merrilli* Kozur и *Sw. whitei* (Rhodes). Среди экземпляров, отнесенных исследователями к последнему виду, в отложениях Florence встречаются формы с неполноразвитым срединным ребром (ibid., tabl. 29, fig. 6), которые, с нашей точки зрения, следует относить к *Sw. anceps* Chern. Совместное нахождение *Sw. anceps* и *Sw. whitei* свидетельствует о раннеартинском (бурцевском) возрасте известняков Florence (см. табл. 9).

Канада. Британская Колумбия

Ч. Хендерсон и А. МакГуган описали ряд конодонтов из пермских отложений группы Ishbel, обнажающихся в юго-западной части Альберты и на юго-востоке Британской Колумбии (Henderson, McGugan, 1986). Я приведу здесь перечень тех конодонтов, которые, несомненно, являются артинскими. Классическая для низов артинского яруса пара видов *M. bisselli* (Clark et Behnken) и *Sweetognathus whitei* (Rhodes) указана для нижней части формации Ross Creek (зона 3). В следующей зоне 4 в преде-

лах этой же формации найдены конодонты *Neostrephognathodus pequiopensis* Behnken и *N. exsculptus* Igo. Первый из названных видов не наблюдался на Урале ранее саргинского горизонта. Второй отмечается в основании кунгурского яруса (Kozur, 1995). Однако есть сомнения в правильности определения этого вида. Так, изображенная форма имеет четко выраженную асимметрию в расположении свободного листа, составляющего одно целое с левым парапетом, что не характерно для типичного вида *N. exsculptus* Igo (Henderson, McGugan, 1986, fig. 8.4). Поэтому рациональнее ориентироваться на первое появление зонального вида *N. pequiopensis* Behnken и зону 4 коррелировать с саргинским горизонтом.

В терминальной для формации Ross Creek зоне 5 указано присутствие конодонтов *N. ruzhencevi* Kozur и *N. pnevi* Kozur. Фотоизображения последнего вида (ibid., fig. 8.11–14) и сама концепция вида *N. pnevi* Kozur (ibid., p. 232) свидетельствуют о том, что под *N. pnevi* Kozur авторы понимают нечто отличное от вида, установленного Х. Коцуром (Комплексы..., 1979). К *N. ruzhencevi* Kozur также отнесены только те формы, которые характеризуются асимметричным положением свободного листа, слитым с правым или левым парапетом. В оригинальном диагнозе вида эта особенность не была указана (Kozur, Mostler, 1976). Таким образом, зона 5, представляющая верхнюю часть формации Ross Creek, может быть все еще артинской или нижней частью кунгурского яруса.

М. Очер вначале один (Orchard, 1984), а затем в соавторстве с П. Форстером (Orchard, Forster, 1988) описали конодонты из сакмарско-артинских отложений Harper Ranch на юге центральной части Британской Колумбии в районе карьера Kamloops. Ими выделена стратиграфическая последовательность четырех конодонтовых комплексов. Здесь представляет интерес характеристика второго и третьего, названных соответственно «*Sweetognathus whitei* фауна» и «*Sweetognathus–Neostrephognathodus* фауна». Фауна 2 характеризуется номинативным видом, который развивается, по мнению М. Очера, из *Sweetognathus inornatus* (= *Sw. binodosus*) одновременно с исчезновением *Adetognathus*. Регулярно встречаются *Ellisonia* и *Hindeodus*, тогда как род *Mesogondolella* выражен скудно. Представители рода *Diplognathodus* наблюдаются спорадически, но иногда преобладают среди прочих конодонтов. Кроме того, отмечаются единичные *Sw. behnkeni* Kozur и *Neogondolella* n. sp. A.

Наиболее информативным в представленном комплексе является *Sw. whitei* (Rhodes), который в уральских разрезах до сих пор неизвес-

тен ранее бурцевского горизонта. То же самое можно сказать и о другом родственном виде – *Sw. behnkeni* Kozur, найденном в Тюлькасском разрезе несколько выше уровня первого появления *Sw. whitei* (Rhodes) уже в пределах нижней части иргинского горизонта. Здесь же обнаружен *Sw. clarki* (Kozur) – вид-индекс одноименной зоны, установленной в пределах иргинского горизонта в разрезе Дальний Тюлькас (Черных, 2006). Близкое стратиграфическое положение этого вида зафиксировано в нижней части актастинского подъяруса в разрезе Актасты на Южном Урале. *Mesogondolella bisselli* – постоянно сопутствующий вид в раннеартинской ассоциации конодонтов. Все данные говорят о том, что указанный М. Очером комплекс конодонтов Фауны 2 находится в нижней половине артинского яруса и его возникновение определяет нижнюю границу возрастных аналогов артинского яруса в Британской Колумбии.

В нижней части распространения Фауны 3 наблюдается вид *Sweetognathus clarki* (Kozur), который в уральских разрезах характеризует иргинский горизонт. В верхних горизонтах Фауны 3 встречен вид *Neostreptognathodus pequiopensis* Behnken, первое появление которого в уральских разрезах отмечается начиная с саргинского горизонта. Наконец, присутствие *Neostreptognathodus sulcopicatus* (Youngquist, Hawley et Miller) и *N. ruzhencevi* Kozur в интервале распространения Фауны 4 позволяет наметить верхнюю границу артинского яруса (см. табл. 10).

Следует обратить внимание на тот факт, что в рассмотренном районе (как и на территории Северной Америки в целом) первые неострептогнатодусы появляются в разрезе выше уровня исчезновения *Sw. whitei* или незначительно его перекрывают. Во всяком случае, в основании разрезов артинского яруса в Северной Америке, где распространен комплекс конодонтов зоны *Sw. whitei*–*M. bisselli*, неострептогнатодусы отсутствуют. В уральских разрезах наблюдается совершенно та же картина: возникновение первых неострептогнатодусов в саргинском горизонте застает *Sw. whitei* в завершающей стадии существования. В конце саргинского времени на Урале типичные *Sw. whitei* полностью исчезают.

Канадский Арктический архипелаг

Детальное изучение конодонтов из формаций Raanes, Great Bear Cape и Trappers Cove бассейна Sverdrup позволило исследователям предложить зональное расчленение сакмаро-артинских образований на

ряд зон, которые можно сопоставить с уральскими зонами (Beauchamp, Henderson, 1994) (см. табл. 10). Позднее Ч. Хендерсон дал краткое изложение этих данных в тезисной форме (Henderson, 1999). В частности, он отметил, что характерный комплекс конодонтов, включающий *Sweetognathus whitei* (Rhodes) и *Mesogondolella bisselli* (Clark et Behnken), найден им в самой верхней части формации Raanes и нижней части формации Great Bear Cape. Подстилающие отложения содержат типичный сакмарский комплекс конодонтов (*Sweetognathus merrilli*, *Mesogondolella bisselli*, *Adetognathus paralautus*), а перекрывающие – иргинско-саргинский (*Sweetognathus clarki*, *N. pequiopensis*). Таким образом, в разрезах отложений бассейна Sverdrup четко фиксируется нижняя граница артинского яруса по появлению *Sw. whitei* (Rhodes).

Там же Ч. Хендерсон в верхней части разреза формации Great Bear Cape выделяет зону *Neostreptognathodus ruzhencevi* (= *N. aff. ruzhencevi*), расположенную непосредственно выше пород с *N. pequiopensis* и *N. clarki* (= *Sweetognathus clarki*). Исследователь отметил, что среди конодонтов, которые он обнаружил в этой зоне, часть экземпляров *N. aff. ruzhencevi* представлена формами, переходными к *N. pnevi*. Подобные формы на Урале я отношу к виду *N. lectulus*, они возникают на том же стратиграфическом уровне, что и *N. pnevi*. По-видимому, отложения зоны *N. ruzhencevi* являются пограничными между артинским и кунгурским ярусами. На корреляционной схеме (см. табл. 10) они условно отнесены к кунгурскому ярусу.

Южная Америка. Боливия

Конодонтам и биостратиграфии верхнего карбона и нижней перми (до артинского яруса включительно) Боливии посвящена работа группы авторов (Riglos Suárez et al., 1987). В пределах 215-метрового интервала карбонатного разреза формации Sorocabana они установили последовательность четырех комплексных зон: *S. elongatus*, *I. ellisoni*, *M. bisselli*–*Sw. whitei* и *N. pequiopensis*–*Sw. behnkeni*. Среди конодонтов, присутствующих в первой зоне, можно опознать *S. mizensi* Chern. (ibid., tabl. 19.1, fig. 1, 12) и *S. constrictus* Reshetkova et Chern. (ibid., fig. 4). Эти виды характерны для среднего асселя Урала (зона *constrictus*).

О сопоставлении второй зоны с уральскими возрастными аналогами ничего определенного сказать нельзя, так как ее номинальный вид *I. ellisoni* Clark et Behnken на Урале не найден, а о сопутствующих конодонтах

в указанной работе нет сведений (Riglos Suárez et al., 1987). Следующая комплексная зона *M. bisselli*–*Sw. whitei* в изученных разрезах охарактеризована, по мнению авторов, только номинальными видами. Однако в таблице фотоизображений найденных экземпляров можно опознать морфотип, переходный от *Sw. binodosus* Chern. к *Sw. anceps* Chern. (ibid., tabl. 19.2, fig. 10), и *Mesogondolella lacerta* Chern. (ibid., tabl. 14). Оба названных вида рода *Sweetognathus* и *M. lacerta* встречаются в основании рассматриваемой зоны, и эта часть разреза не моложе сакмарского яруса. Более высокий интервал разреза является артинским и фиксируется по уровню возникновения *Sw. whitei* (Rhodes).

Наконец, последний интервал разреза, отнесенный к зоне *N. requopensis*–*Sw. behnkeni*, продолжает артинский ярус. Вид *N. requopensis* Behnken на Урале отмечается не ранее саргинского горизонта, а *M. bisselli* (Clark et Benken) не проходит в данный горизонт. В боливийском разрезе эти два вида также не встречаются совместно. Весьма вероятно, что последняя комплексная зона является саргинской (табл. 11).

Китай

В разрезе Luosu (Luodian, провинция Guizhou) Ванг Жи-хао отмечает присутствие *Sw. whitei* в 316 м от основания разреза (Wang Zhi-hao, 1991). Ниже этого уровня находится интервал (слой 32) в 3,8 м с бедной фауной мезогондолелл – *M. bisselli* и, вероятно, переотложенной среднеассельской *M. dentiseparata*. Еще ниже на протяжении 13,2 м прослежена ассоциация конодонтов, постоянными членами которой являются *Sw. binodosus* и *M. bisselli*. Таким образом, в рассмотренном разрезе установлена классическая последовательность *Sw. binodosus* – *Sw. whitei* с небольшим разрывом в 3,8 м, где отсутствуют оба эти вида. Судя по морфологическим особенностям вида *Sw. whitei*, представленного довольно развитыми формами, можно полагать, что нижняя граница артинского яруса находится внутри слоя 32, за время формирования которого произошла трансформация *Sw. binodosus* в *Sw. whitei*.

В более поздней работе Ванг Жи-хао приводятся сведения о распределении конодонтов в этом же разрезе и предложена схема зонального расчленения возрастных аналогов ассельского, сакмарского, артинского и кунгурского ярусов (Wang Zhi-hao, 1994). Судя по представленным данным, аналогом артинского яруса в разрезе Luosu является 88-метровый интервал (слои 11–21), отнесенный к зонам *whitei* и *requopensis*.

Таблица 11

Схема сопоставления зонального расчленения сакмарско-артинских отложений Боливии (формация Копакабана) и Урала

Ярус	Формация	Южная Америка, Боливия*	Урал**	Горизонт	Ярус
? Leonardian	Copacabana	N. pequopensis–Sw. behnkeni	N. pequopensis	Саргинский	Артинский
		M. bisselli–Sw. whitei	Sw. clarki	Иргинский	
			Sw. whitei	Бурцевский	
Wolfcampian		M. bisselli–Sw. whitei (часть)	Sw. anceps–M. bisselli	Стерлитамакский	Сакмарский

* Riglos Suárez et al., 1987.

** Черных, 2006.

В пределах первой из них, кроме вида-индекса, встречены *Mesogondolella bisselli* (Clark et Behnken), *M. striata* (Chern.) и *Sweetognathus inornatus* Ritter (= *Sw. binodosus*). В отложениях зоны pequopensis вместе с видом-индексом найдены *Mesogondolella bisselli* (Clark et Behnken), *Sweetognathus inornatus* Ritter (= *Sw. binodosus*) и *Neostreptognathodus* sp.

Корея

Южнокорейский исследователь Су-Ин Пак обнаружил в известняках формации Unamasa в районе угольного месторождения Mungyeong характерную ассоциацию конодонтов, включающую *Streptognathodus elongatus*, *Idiognathodus ellisoni* (= *S. wabaunsensis*), *Sweetognathus whitei* (Soo-In Park, 1989). Этот смешанный комплекс конодонтов практически тождествен тому, что был открыт Родсом в песчаниках Tensleep Вайоминга. Очень вероятно, что нижняя граница артинского яруса в разрезе, который в работе назван «stream bed», расположена в 18 м выше его основания, где отмечено первое появление *Sw. whitei*.

7.2.2.4. Корреляция кунгурского яруса

В настоящее время нижняя граница кунгурского яруса на Урале совмещается с основанием саранинского горизонта. В качестве лимитотипа предложен разрез переходных артинско-кунгурских отложений на р. Юрюзань у с. Мечетлино (Черных, 2006; Чувашов, Черных, 2000, 2011).

На границе артинского и кунгурского ярусов в уральских разрезах некоторые виды неострептогнатусов, такие как *Neostreptognathodus requiopensis* Behnken и *N. ruzhencevi* Kozur, обнаруживают редукцию каринальных зубцов в передней части парапетов. Образуется характерный морфотип, обладающий гладкими парапетами в передней половине платформы и короткорребристыми, узловатыми – в задней. В качестве самостоятельного вида он был описан Х. Коцуром на уральском материале из саранинского горизонта под названием *N. pnavi* Kozur. Нижняя граница кунгурского яруса проводится по уровню появления *N. pnavi* в хроноклине *N. requiopensis* – *N. pnavi* и *N. lectulus* в хроноклине *N. ruzhencevi* – *N. lectulus* (см. рис. 10, 11; Черных, 2012в). Впоследствии *N. pnavi* найден в ряде районов Северной Америки (США, Канада) и, как я предполагаю, – в Китае (см. далее).

Вместе с этим морфотипом на Урале продолжают существовать ранее появившиеся *N. requiopensis*, *N. ruzhencevi* и вновь возникшие своеобразные короткоживущие виды *N. kamajensis* Chern., *N. clinei* Behnken с узкими парапетами, несущими частую поперечную штриховку, и *N. pseudoclinei* Kozur с узким желобом между гладкими и тесносближенными парапетами. В пределах кунгурского яруса выделены две зоны – *pnavi*, отвечающая саранинскому горизонту, и *clinei*, соответствующая филипповскому горизонту.

К началу кунгурского века на Урале полностью исчезают доминирующие в артинском веке виды *Mesogondolella bisselli* (Clark et Behnken) и *Sweetognathus whitei* (Rhodes). Причем сохраняющиеся свитогнатодиды, близкие последнему виду, обнаруживают заметную редукцию каринальных зубцов: число парных зубцов уменьшается, часть зубцов теряет свою пару и т. п. Такие аберрантные формы на близком стратиграфическом уровне встречаются в ряде разрезов на Урале и в Китае.

Таковы основные особенности комплекса кунгурских конодонтов, на основе которых можно проследить нижнюю границу кунгурского яруса за пределами уральского региона.

Северная Америка

Сведения о конодонтах из отложений, одновозрастных кунгурскому ярусу, были впервые получены Ф. Бенкеном (Behnken, 1975). Наибольший интерес представляют результаты изучения конодонтов из разрезов на территории штата Невада (формации Requor и Kaibab), откуда были описаны виды *N. requorensis* Behnken, *N. sulcoplicatus* Youngquist, Hawley et Miller, *N. clinei* Benken и *N. prayi* Behnken. Выделено несколько комплексных зон. Зона *N. requorensis* включает нижнюю и среднюю часть Лэнарда и соответствует на Урале саргинскому горизонту артинского яруса и саранинскому горизонту кунгурского яруса. Верхнюю часть Лэнарда (или Cathedralian по техасскому стандарту) составляет комплексная зона *N. sulcoplicatus*–*N. prayi*. Вместе с видами-индексами в ней присутствует *N. clinei* Behnken, а в более поздней работе (Behnken et al., 1986) в зоне *N. sulcoplicatus* на территории штата Айдахо отмечены находки *N. pnevi* Kozur. На Урале совместное существование *N. clinei* Behnken и *N. pnevi* Kozur определяет филипповский горизонт кунгурского яруса. На этом основании филипповский горизонт может быть сопоставлен с отложениями формаций Grandeur и Kaibab. Более высокая часть американских разрезов содержит виды, неизвестные на территории Урала.

Стратиграфически важный вид *N. pnevi* Kozur, уровень первого появления которого определяет нижнюю границу кунгурского яруса, встречен также в ряде других районов США: на юго-востоке штата Айдахо, северо-востоке Юты, северо-востоке Невады. Однако далеко не во всех разрезах, где сделаны подобные находки, можно установить уровень первого возникновения *N. pnevi* Kozur. Обычна ситуация, когда данный вид присутствует в комплексе с такими формами, как *N. sulcoplicatus* Y., H. et M., *N. prayi* Behnken, неизвестными на Урале, но, по-видимому, занимающими более высокое положение, чем уровень первого появления *N. pnevi*. Самым близким по времени возникновения к *N. pnevi* можно считать *N. prayi*, и присутствие этих двух видов совместно с *N. clinei* (без *N. sulcoplicatus*) может быть использовано для грубой корреляции нижней части кунгурского яруса Северной Америки и Урала.

Так, на северо-западе территории штата Юта в разрезе Grandeur формации, входящей в группу Park City в Cedar Range, Б. Вардлоу и Дж. Коллинсон выделили 50-метровую зону, в пределах которой встре-

чаются *N. pnevi* Kozur совместно с *N. tschuvashovi* Kozur (Wardlaw, Col-linson, 1986). Последний вид на Урале известен из верхнеартинских отложений. Непосредственно выше кровли этой зоны появляется *N. prayi*. По всей вероятности, именно в данном интервале, ближе к его нижней части, следует помещать нижнюю границу кунгурского яруса.

Безусловно, к кунгuru нужно отнести нижнюю часть известняков Kaibab (до уровня появления *N. sulcoplicatus*) в Неваде и Юте. Однако вопрос о точном положении аналога нижней границы кунгурского яруса остается открытым, так как здесь *N. pnevi* присутствует совместно с *N. prayi* Behnken, *Sweetina festiva* (Bender et Stoppel), что указывает на более высокое стратиграфическое положение вмещающих пород.

Наиболее благоприятным для определения обсуждаемого уровня представляется разрез в Стекланных горах (Glass Mountains) Восточного Техаса, где в 15 м от основания формации Skinner Ranch отмечается первое появление примитивных *N. requiopensis*, что соответствует уровню саргинского горизонта. *N. pnevi* в этом разрезе наблюдается на 33 м выше уровня первого возникновения *N. requiopensis* и еще через 31 м сделана первая находка *Mesogondolella idahoensis* Y., H. et M. Данный разрез примечателен тем, что дает представление о хронологическом порядке следования названных видов конодонтов. Вероятно, именно в нем наиболее четко можно провести нижнюю границу кунгурского яруса по уровню появления *N. pnevi*.

В 1979 г. группа американских исследователей опубликовала результаты длительного изучения пермских конодонтов на территории Great Basin (Permian..., 1979). Из этих данных отмечу находку вида *N. pnevi* Kozur (названного в работе *Neostreptognathodus* n. sp. D) в известняках Kaibab штата Невада. Авторы указывают комплекс *N. prayi* – *N. n. sp. D* – *Neogondolella idahoensis*, который характеризует главным образом Ленард и располагается непосредственно выше комплекса *N. requiopensis*. Однако в статье не приводятся подробные сведения о реальном распространении названных видов по разрезу. Можно только предполагать, что уровень первого появления вида *N. n. sp. D* отбивает нижнюю границу кунгурского яруса в отложениях известняка Kaibab.

В Канадском Арктическом архипелаге на территории бассейна Sverdrup в разрезе Great Bear Cape формации Ч. Хендерсон выделяет зону *N. ruzhencevi*, расположенную непосредственно выше пород с *N. requiopensis* и *N. clarki* (= *Sweetognathus clarki*) (Henderson, 1999). Автор отме-

тил, что среди конодонтов, которые он обнаружил в этой зоне, часть экземпляров *N. ruzhencevi* представлена формами, переходными к *N. pnevi*, т. е., вероятно, относятся к виду *N. lectulus*, чьи представители на Урале появляются в основании кунгурского яруса (см. рис. 11). По-видимому, в пределах развития отложений зоны *N. ruzhencevi* на территории бассейна Свердруп находится нижняя граница кунгурского яруса.

Китай

В работе китайских авторов, посвященной конодонтам из шельфовых фаций Ziyun County провинции Guizhou, среди форм, определенных как *N. requiopensis*, я обнаружил экземпляры, имеющие явные признаки редукции зубцов в передней части парапетов (Kang Pei-quan et al., 1987, tabl. II, fig. 9, 14). Их правильнее относить к *N. pnevi*. Они найдены в слое 35 вместе с *N. sulcopicatus*. Этот уровень, конечно, более высокий, чем нижняя граница кунгурского яруса. Однако несомненным и чрезвычайно важным является факт обнаружения *N. pnevi* Kozur в указанном разрезе. По-видимому, более тщательные поиски в отложениях, подстилающих слой 35, позволят найти уровень первого возникновения *N. pnevi* Kozur и тем самым указать положение нижней границы кунгурского яруса в данном разрезе.

7.3. Общая оценка использованных шкал для целей отдаленной корреляции

Подводя итоги выполненной корреляции, можно отметить, что зональная шкала, построенная по результатам изучения уральских конодонтов, позволяет сопоставить нижние границы ярусных подразделений верхнего карбона и нижнего отдела пермской системы в весьма удаленных от Урала регионах (США, Канада, Боливия, Китай, Иран). При сравнении внутриярусных подразделений наиболее впечатляющие результаты достигнуты при корреляции гжельских образований Урала и Северной Америки (Мидконтинента). Во всяком случае, можно констатировать наличие единой для указанных регионов последовательности видов-индексов конодонтов в интервале от верхней части касимовского до нижней части ассельского ярусов. Эта последовательность включает следующие виды: *Streptognathodus firmus* Kozitskaya – *S. simulator* Ellison –

S. vitali Chern. – *S. virgilicus* Ritter – *S. bellus* Chern. et Ritter – *S. wabaunsensis* Gunnell – *S. isolatus* Chern., Ritter et Wardlaw.

Некоторое уменьшение эффективности предложенной зональной шкалы при сопоставлении нижнепермских внутриярусных стратонов напрямую зависит от разной изученности конодонтов в том или другом регионе. К сожалению, в последнее десятилетие наблюдается общее неуклонное постепенное снижение активности ведения палеонтолого-стратиграфических исследований со всеми вытекающими последствиями. Приятным исключением является увеличение количества палеонтолого-стратиграфических работ в Китае. По мере повышения числа и качества публикаций, посвященных, в частности, результатам изучения нижнепермских конодонтов, все более расширяются возможности опознавания уральских стратиграфических реперов на территории этого региона, особенно в Южном Китае.

Остаются проблематичными определение и корреляция верхней границы кунгурского яруса (и, следовательно, верхней границы Западноуральского отдела пермской системы) в связи с тем, что попытки найти конодонты в отложениях соликамского горизонта пока не принесли положительных результатов. Итоги изучения конодонтов казанского яруса из стратотипических разрезов Среднего Поволжья и Прикамья (Черных и др., 2001; Chernykh, 2002) позволяют только вчерне наметить возможное решение данного вопроса. Описанные в 2001 г. казанские конодонты относятся к двум родам – *Stepanovites* и новому роду *Kamagnathus*, который представлен в коллекции двумя новыми видами – *Kamagnathus khalimbadzhai* Chern. и *K. volgensis* Chern. Первый из названных видов появляется с самого основания казанского яруса (в байтуганских слоях), а второй – в верхней части верхнеказанского подъяруса (в «модиоловом горизонте»). Присутствие этого морфотипа отмечено на севере территории штата Юта (США) в пределах зоны *Neogondolella serrata*–*Neostreptognathodus newelli*–*Penicularis bassi* (зона 3, по: Wardlaw, Collinson, 1986). Камагнатусы также встречены в самых низах зоны *Neogondolella phosphorensis*–*Thamnosia depressa* (зона 4, по тому же источнику) вместе с первыми *N. phosphorensis* Y., H. et M., но до сих пор не были найдены вместе с первыми мерриллинами *Merrillina galeata* (Bender et Stoppel). Это позволяет коррелировать казанский ярус с формацией Road Canyon североамериканского регионального стандарта. Маловероятно, чтобы верхнеказанский подъярус вышел за пределы Роуда, так

как в большой коллекции казанских конодонтов не обнаружилось ни одного экземпляра мерриллин, появляющихся не ранее Ворда.

Однако для полной ясности в отношении уровня первого появления камагнатусов необходимо выяснить, действительно ли именно они (а не *Sweetina*) первыми возникают в низах зоны 3. Не менее важно установить эволюционных предшественников для группы «неплатформенных» (nonplatform) конодонтов, что позволило бы с полной определенностью указать уровень возникновения первых камагнатусов и тем самым обозначить верхнюю границу Западноуральского отдела пермской системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение я хочу еще раз выделить наиболее важные вопросы, поднятые в работе, и оценить, насколько убедительные ответы удалось на них получить.

1. Самым трудоемким оказалось осознание хронологического наполнения геологического времени. Казалось бы, что может быть проще? Во-первых, «геохронологическая единица охватывает время образования отложений соответствующего общего (“хроностратиграфического”) подразделения». Во-вторых, «поскольку геологическое время не материально, геохронологические единицы, хотя и основаны на реально соответствующих стратиграфических подразделениях, сами не являются стратиграфическими подразделениями» (Степанов, 1958, с. 32). Этот взгляд на стратиграфические и геохронологические подразделения был узаконен на II Международном геологическом конгрессе в Болонье еще в 1881 г. и с тех пор остается неизменным для подавляющего большинства стратиграфов, хотя время от времени несколько меняется терминология и периодически возникают вопросы о том, какие из подразделений первичны, а какие вторичны.

Более всего меня не устраивало «нематериальное геологическое время» – понятие, практическое использование которого недоступно в стратиграфии. Однако в реальных исследованиях «хроностратиграфия», несмотря на принятые установки, постоянно пользуется услугами биостратиграфии и в особенности зональной биостратиграфии. Наблюдая, как специалисты проверяют представительность какого-либо яруса в конкретном разрезе с помощью размещения в нем стандартной последовательности зон, я понял, что зональный метод дает возможность «померить геологическое время» не нематериальными физическими единицами, а вполне объективными событиями из жизни органического населения Земли. Что-то мерить можно только с помощью какого-то инструмента, в данном случае таким инструментом служит зональная биохронологическая шкала.

То, что при изучении ретроспективных геологических систем неполной сохранности можно рассчитывать только на шкалы порядка, т. е. на время-порядок, время-последовательность, а не на время-длительность,

я полностью уяснил. Иными словами, в биостратиграфии можно рассчитывать на строительство и использование только хронологических шкал, которые (как и любые шкалы) следует считать модельным представлением измеряемого объекта, в данном случае – геологического времени. Отсюда непосредственно следует, что существуют две тесно связанные, но, несомненно, раздельно существующие ипостаси – шкала как измерительный инструмент и объекты, которые с ее помощью измеряются (расчленяются) и сопоставляются. Вопрос, что из них первично, что вторично, меня не слишком занимал. Было ясно, что вначале сами объекты измерения диктуют, каков должен быть базис шкалы порядка, а затем, после конструирования, шкала будет определять порядок разделения объекта на составные части (стратоны). Однако лишь после создания зональной шкалы могут появиться отвечающие ей подразделения разреза.

Этот, казалось бы, тривиальный вывод устойчиво оказывался за рамками восприятия исследователей. В особенности это касается зональной биостратиграфии, в которой базисное понятие «зона» и категория «зональная шкала» неизменно относились только к разрезу, что делало зону материальной единицей, а шкалу – также субстратной конструкцией – сводным разрезом, состоящим из материальных зон.

Взгляд на зональную шкалу как на сводный разрез, оставляющий без внимания существование собственно зональной хронологической шкалы, исключал возможность реального признания зоны за наименьшую хронологическую единицу, минимальное подразделение зональной биохронологической шкалы. Также был при этом исключен важный вывод о том, что все зональные подразделения БХШ являются равноценными (эквиполентными) и определяются только порядком их размещения на шкале.

Согласно традиционному взгляду, зона – отложения с комплексом ископаемых, сформировавшиеся за определенное «геохронологическое» время, т. е. время физическое, обыденное. При таком взгляде зоны, составляющие сводный разрез-шкалу, не могут быть равноценными. Это видно по тому, что они имеют в разрезе разные мощности, сложены различными в фациальном отношении комплексами пород, которые, конечно, отлагались в течение разного физического времени. Естественно, что и зональное подразделение подобной субстратной шкалы не может быть минимальным и неделимым. В разрезе любую зону можно

подразделять не только на «нижнюю, среднюю и верхнюю» части, но и на любое количество слоев и прослоев. Отсюда следует целый арсенал «подзональных единиц»: подзон, зонул, подзонул, биогоризонтов и т. п. Соответственно, если шкала представляет собой сводный разрез, то и возраст интересующего объекта, попадающего в пределы той или иной части зонального подразделения, можно определять как «низы» или «верхи» зоны.

Привести в соответствие, унифицировать субстратные шкалы, построенные по разным группам ископаемых и мыслимые как сводный разрез, совершенно невозможно. Только с этим связано представление о несовпадении биостратиграфических границ, установленных по разным группам организмов. Данное несовпадение исчезает, как только мы начинаем строить автономные шкалы, определив предварительно биозоны участвующих видов по нормативной зональной биохронологической шкале. Исходя из условия, что зональное подразделение БХШ является наименьшим, все биозоны характеризуются целочисленным количеством нормативных зон и, следовательно, границы зон автономных и нормативной зональных шкал так или иначе совпадают (см. подраздел 3.6.2).

Противопоставление «субстратных» стратиграфических шкал, представляемых в виде сводного разреза, их нереальным эквивалентам в «геохронологическом» времени стало для меня камнем преткновения. Первые я не мог признать шкалами, поскольку без выделения из них биостратиграфической составляющей ими как шкалами нельзя пользоваться. Однако считать субстратной биостратиграфическую шкалу тоже никак не получалось. В отношении нереального геохронологического времени не слишком понятно, что с ним можно делать в стратиграфии. Формальная необходимость в нем появлялась тогда, когда нужно было описывать прошедшие геологические события так, словно ты был их участником. В этом случае по признаку, следует ли специалист «геохронологическому стилю изложения» или нет, принято определять его стратиграфическую квалификацию. Так, если говорится о времени, когда жили археоциаты, следует сказать «раннекембрийская эпоха», а если о породах, в которых находятся их ископаемые остатки, – «нижнекембрийский отдел». Хотя при этом можно просто говорить о раннекембрийском, позднедевонском, археозойском и любом другом *времени*. Зачем тогда нужно «геохронологическое» время?

Таким образом, проблему со стратиграфическими и геохронологическими шкалами было нужно решать. Спасительной для меня оказалась простая и ясная мысль С.В. Мейена о том, что все стратиграфические шкалы в основе хронологические. С этого момента я понял, что инструмент, позволяющий выполнять базовые стратиграфические операции (расчленение, корреляцию), – хронологическая шкала, в которой заключено вполне реальное, событийное время. Субстратных стратиграфических шкал быть не может. Это один из главных выводов, сделанных в работе, и я считаю, что он достаточно обоснован.

Чтобы завершить эту тему, я рискну нарушить стилистический формат, выбранный для изложения данного раздела, и привести свой письменный ответ одному из видных специалистов-стратиграфов по поводу высказанной им приверженности взгляду на стратиграфическую шкалу как на сводный разрез и возможность выделения бесконечного числа все более мелких подразделений внутри зоны. Итак, вот выдержка из моего письма.

«Это не я сказал, что зона является наименьшим подразделением стратиграфической шкалы. Такое решение было принято на Парижской сессии Международного геологического конгресса в 1900 г. Данное решение никто не отменял. Конечно, детализация шкалы, как Вы верно заметили, не может иметь заранее обозначенного предела. Однако всякий раз после детализации наименьшее подразделение шкалы должно быть названо зоной. Например, разделение существующей зоны А на подзоны A_1 и A_2 должно сохранить название А для нижней подзоны, а верхняя подзона должна получить собственное название как новая. Новые зональные подразделения не уничтожают ранее выделенные, а дополняют их. Следовательно, говоря о зоне как о минимальном подразделении хронологической шкалы, я не исключаю возможность детализации зональной шкалы. Тем не менее решения конгресса нужно выполнять и название “зона” должно быть закреплено за наименьшим (на данный момент) подразделением шкалы. Пока речь шла только о номенклатурной стороне дела.

Значительно труднее согласиться с таким Вашим утверждением: “Для меня всякая стратиграфическая шкала – это сводный разрез, возникающий в результате корреляции нескольких конкретных разрезов друг с другом”. Если Вы относите к стратиграфическим шкалам биохронологическую шкалу, то разрез – только промежуточная стадия ее построения.

Если Вы извлекаете из разреза стратиграфическую последовательность ископаемых и хотели бы выделить из нее эволюционный ряд форм, то конечный результат данной работы – собственно биохронологическая шкала на эволюционной основе – будет значительно отличаться от разрезов, на которых Вы выполнили эту работу. Затем нужно изучить ряд других конкретных разрезов и убедиться, что выбранная Вами гомотаксальная последовательность видов (подвидов, морфотипов и т. п.) сохраняется и, возможно, требует введения более весомых (хронологически взаимозаменяемых) видов-маркеров. Наконец, для усиления корреляционного потенциала шкалы неплохо позаботиться о комплексной характеристике зональных подразделений шкалы. Только теперь Вы можете подумать о строительстве сводного разреза, так как до сих пор у Вас не было инструмента (биохронологической шкалы), чтобы его построить.

Однако теперь он, вообще говоря, не очень нужен. У нас есть шкала. Не разрез, от которого мы довольно сильно абстрагировались, хотя и не забываем о том, что модельное представление времени (т. е. шкалу) мы, конечно, получили из разрезов. Теперь мы должны четко различать: а) конкретный разрез, в котором с помощью шкалы мы можем указать материальный эквивалент зоны – слоистую толщу с границами, устанавливаемыми, как Вы заметили, “по появлению”; б) зональную шкалу, построенную по далее неподразделяемым событиям “существование вида А”, “существование вида В” и т. д. Причем каждое следующее событие завершает предшествующую зону и начинает следующую за ней зону. Говоря о “неподразделяемом событии”, я держу в голове требование о том, что зона – наименьшее подразделение шкалы. Я выбрал в качестве такого события “существование вида ископаемого”, потому что эволюционный ряд форм (фратрия), необходимый мне для построения идеального основания хронологической шкалы, имеет для членов этого ряда минимальную размерность – “вид”.

Как С.В. Мейен, я всячески стараюсь избегать обращения ко времени-длительности в хронологических построениях. Если я скажу, как делают многие при определении зоны, что зона – это время существования вида-индекса зоны от момента его появления до времени возникновения следующего за ним вида-индекса, то исчезнет целостность, неделимость событий, на которых строится зональная шкала. Если мы можем заменить существование вида событиями “появление”, “исчезновение”, “расцвет”, то минимальность зоны, основанной на событии “существо-

вание”, будет опровергнута. И последнее: почему я так держусь именно за событие “существование” и отказываюсь от других названных. В первую очередь из-за упомянутой Вами неполноты геологической летописи. Появление вида в разрезе очень неточно можно интерпретировать как “возникновение”, а исчезновение – как его “вымирание”. Событие “существование” устанавливается непосредственно по факту находки ископаемых. Тем самым снимаются совершенно неконструктивные вопросы о том, что появление в разрезе может быть не первым, а исчезновение не последним и т. п.

Теперь в отношении противопоставления зон и стратозон. Я рассматриваю зону как подразделение шкалы, которую считаю модельным представлением хронологического времени, а соответствующую данному зональному (на шкале) подразделению слоистую толщу (в изучаемом разрезе) называю стратозоной. Зона – наименьшая, далее неподразделяемая (на данный момент нашей исследовательской деятельности) единица. Стратозону, как Вы отмечаете, “можно расчленять вплоть до слоев, мощность которых составляет доли миллиметра, т. е. практически до бесконечности”. Однако все эти подразделения не могут быть отражены на шкале (шкала не разрез) и будут (каждое из них) датироваться полной зоной. Это расчленение О. Шиндевольф относил к простратиграфическим операциям. Действительно, далеко не все или почти все выделенные Вами миллиметровые слои нельзя коррелировать, используя имеющуюся зональную шкалу.

При обсуждении зональных подразделений нужно иметь ясное представление, о чем идет речь: о шкале или разрезе. Если Вы утверждаете, как это обычно и бывает, что некая граница стратона находится в нижней (средней, верхней части) зоны А, то, следовательно, Вам известно, как различить части зоны А. Ваше знание нужно реализовать, корректно выделив, скажем, нижнюю и верхнюю части зоны на шкале. Однако, как правило, во всех таких случаях речь идет о зоне в разрезе, т. е. о стратозоне. В данном разрезе зона может быть представлена своей, например, самой верхней частью. Когда Вы говорите, что “граница лежит в нижней части зоны”, в действительности она располагается в “нижней части верхней части” зоны. Установить это по имеющейся шкале нельзя. Я думаю, что подобные примеры можно умножить, но и того, что я привел, достаточно, чтобы отказаться от представления о шкале как о сводном разрезе».

На этих позициях я остаюсь поныне и полагаю, что в работе они достаточно аргументированы.

2. Теперь я кратко останавлиюсь на базисе хронологической шкалы. Ясно, что она должна строиться на событийной основе. Что можно использовать в качестве базиса такой *событийной* шкалы в стратиграфии, чтобы она, во-первых, удовлетворяла понятному требованию непрерывности, во-вторых, не допускала повторения уже задействованных для маркировки событий, а события эти были одномерны и однотипны по природе? Ответ можно получить из длительной практики биостратиграфических исследований.

Конечно, в качестве базиса следовало взять историческое развитие органического населения Земли, т. е. воспользоваться биохронологическим исчислением геологического времени. Еще точнее: нужно опираться на эволюционную последовательность видов организмов. Именно этот базис обеспечивает непрерывность шкалы и, как учит теория эволюции, имеет необратимый характер, а также сохраняет определенную стабильность в режиме изменяющихся внешних условий (независимость от фаций).

Зная возражения по этому поводу, основанные на неполноте палеонтологической летописи, субъективности наших эволюционных построений, я продолжаю настаивать на эволюционном базисе биохронологических шкал. Понятно, что этот идеальный базис при использовании палеонтологической летописи реально недостижим, но я считаю, что декларация его необходимости и единственности направляет работу специалиста по верному пути.

3. Отдельная проблема заключается в определении минимального подразделения биохронологической шкалы. По формальным соображениям такая единица должна называться зоной, поскольку на Парижской сессии МГК еще в 1900 г. было принято данное решение. Понятно, что в качестве наименьшего события, соответствующего минимальному подразделению БХШ, следует избрать элементарный акт необратимого эволюционного процесса, являющегося, как отмечено ранее, основой биохронологической шкалы.

Однако возникает вопрос о том, что считать элементарным *событием*, которое следует использовать при маркировке зональной БХШ. Здесь я долго путался в тенетах традиционного толкования этой процедуры. Самым притягательным для меня было событие возникновения

(первого появления) вида. Казалось, что оно как нельзя лучше подходит для выделения нижней границы зоны. Несколько хуже дело обстояло с границей, устанавливаемой по исчезновению вида, поскольку возможное переотложение (во флишевых разрезах) ископаемых остатков могло сильно исказить истинное положение границы зоны. В качестве индикатора верхней границы зоны в разрезе можно было применять первое появление следующего вида-индекса, и все становилось на свои места.

Однако по зрелому размышлению столь привычная процедура маркировки шкалы столкнулась с принципиальными трудностями. Собственно событие, по которому выделяется зона, – событие «существование вида». Оно является минимальным и его нельзя делить на части (возникновение, исчезновение), иначе мы потеряем само событие. Самое главное – о чем идет разговор: о зоне на шкале или зоне в разрезе? Данный вопрос никогда не задается в традиционных стратиграфических дискуссиях. Если о зоне на шкале, то речь должна идти о событиях «возникновение» (а не первое появление в разрезе) и «вымирание» (а не исчезновение в разрезе) вида. Ясно, что из-за неполноты палеонтологической летописи отождествлять эти события с появлением и исчезновением ископаемых остатков вида в разрезе нельзя. Следовательно, реально имеется возможность фиксировать на шкале только событие «существование вида» в качестве элементарного подразделения шкалы – видовой зоны.

Таким образом, на шкале мы имеем лишь порядок существования видов в их эволюционной последовательности, причем существование каждого следующего вида в данной последовательности упраздняет предыдущую зону и устанавливает новую. Это и есть модельное представление геологического времени с помощью биохронологической шкалы.

Вместе с тем субстратный аналог зоны в разрезе, который я называю стратозоной, имеет нижнюю и верхнюю границы и объем. Словом, это обычное геологическое породное образование, можно делить его части и говорить об уровнях первого появления вида и его исчезновения в пределах стратозоны. Однако отразить части стратозоны и рассматриваемые уровни на зональной шкале невозможно. В силу минимальности зонального подразделения все события, происходящие в пределах стратозоны, датируются полной зоной. «Неполной» зоны не бывает ввиду ее минимальной размерности. Ее нечем измерить, чтобы установить степень представленности в разрезе. Данную точку зрения на хронологию

ческую шкалу и ее наименьшее подразделение я нахожу правильной и считаю нужным ее придерживаться.

4. Мне было известно мнение (Шиндевольф, 1975; Мейен, 1974; Симаков, 1998; Лазарев, 2002) о невозможности сведения геологического времени к физическому (обыденному). Однако справедливость обозначенной точки зрения можно почувствовать только после осознания минимальной размерности зонального подразделения биохронологической шкалы. Я понял, что зона – момент хронологического времени, который не имеет ничего общего с моментом обыденного времени. Даже мельчайшие слои в пределах стратозоны (в разрезе) имеют один и тот же, самый точный хронологический возраст, равный данной зоне. Вместе с тем каждый из слоев обладает собственным возрастом, измеренным в годах, отличным от такового любого другого слоя стратозоны. Из этого следует, что снабжать хронологическую шкалу метками физического времени, как это принято в хронологии человечества (эпоха Эдуарда VII, 1901–1910 гг.), бессмысленно. Средневзвешенная метка в 299 млн лет на границе карбона и перми, установленная в конкретном разрезе, неизбежно будет меняться при переходе к следующему разрезу пограничных отложений карбона и перми.

Таким образом, возраст любого объекта (в том числе стратиграфической границы), размещенного в пределах стратозоны, определяется полной зоной. Это и есть та максимальная точность, с которой может быть определен возраст любого стратиграфического (геологического) объекта, в частности стратиграфической границы. Следовательно, именно зона является границей стратиграфического подразделения. Например, для упомянутого случая на шкале границей карбона и перми служит конодонтовая зона *isolatus*. В разрезе мы условно совмещаем границу какого-либо отдела или системы, установленную по регионально-геологическим признакам, с пространственно наиболее близкой нижней границей стратозоны. При последующей корреляции в другом разрезе мы считаем эту границу также совпадающей с основанием той же стратозоны. Однако вопрос о том, та ли это нижняя граница, которую мы имели в предыдущем разрезе стратозоны, остается открытым, поскольку все части стратозоны хронологически одновозрастные.

В завершение темы о соотношении хронологического и хронометрического определения стратиграфических границ приведу пространную выдержку из работы К.В. Симакова (1999б), в которой дается оценка

традиционного способа выяснения изотопного возраста стратиграфических границ. «Далее, при определении изотопного возраста границ применяется метод усреднения имеющихся датировок, разброс которых на разных интервалах МСШ колеблется от 20 до 100 млн лет (Шкала..., 1985). В ряде случаев возрастные положения границ устанавливаются путем интерпретации и (или) экстраполяции имеющихся весьма приблизительных данных. При этом для определения “усредненного” возраста границ привлекаются материалы, полученные из самых разных, зачастую весьма удаленных и резко различающихся по своей геологической истории регионов. Между тем предложение использовать такие средневзвешенные значения для определения положения и прослеживания границ подразделений МСШ в глобальном масштабе равносильно применению средневзвешенных температур для оценки состояния среднестатистического больного в госпиталях всего мира. В этой ситуации одновременное “включение” локальных радиологических часов, связанных с разноместными палеоэкосистемами, может быть только случайным совпадением никак причинно не связанных друг с другом событий – например извержения в Восточной Сибири и формирования глауконитов в Южной Америке» (Симаков, 1999б, с. 39–40).

Непросто держать себя «в рамках» хронологического, событийного восприятия геологического времени, когда приходится заниматься биостратиграфическими исследованиями и думать о скоростях миграции, темпах эволюции живших в далеком прошлом представителях фауны и флоры. Однако считаю, что другого времени у нас в стратиграфии нет и с этим так или иначе придется смириться.

5. Существует еще один вопрос, ответ на который отыскивается с большим трудом: в чем заключается временной характер зоны? Если для ответа на этот вопрос необходимо понимание зоны как «комплекса пород, отложившихся за время жизни одного вида или фаунистического сообщества» (Шиндевольф, 1975, с. 52), то мы вновь попадаем в обыденное время, которому не место в хронологии. Кроме того, давно известно, что зона приобретает хронологическое значение только после включения ее в общую зональную последовательность, т. е. в зональную хронологическую шкалу. Что же собой представляет это хронологическое время-последовательность, считываемое с зональных биохронологических шкал? Если отвлечься от привычного времени, то этот вопрос совсем не прост.

Биохронологическое время – непрерывный поток событий, происходящих в процессе развития жизни на нашей планете. Их порядок задает эволюция организмов, принадлежащих определенной генетической линии, информацию о которой мы извлекаем из палеонтологической (стратиграфической) летописи. Выбранное элементарное событие «существование вида» предполагало построение БХШ на основе открытия линии генетически связанных видов одного рода: существование каждого следующего вида заканчивает предыдущую зону и открывает следующую за ней. Особенно хорошо для этой операции подходили конodontы: очень часто морфотипы, принадлежащие данному роду, выстраивались в стратиграфическую последовательность форм с направленно изменяющимся гомологичным признаком.

Такие непрерывные морфологические эволюционные тренды являются безукоризненной основой для конструирования биохронологической шкалы: во-первых, потому что они в значительной части устанавливаются в одном разрезе, во-вторых, пропущенные и найденные в других разрезах члены тренда занимают в нем вполне определенное место, исходя из состояния направленно трансформирующегося признака. Это дает возможность избежать построения сводного разреза, необходимого в других случаях для детального восстановления морфогенетической линии. Построение сводного разреза требует использования имеющихся шкал для выполнения процедуры корреляции и почти неизбежно сопровождается стратиграфическими ошибками.

Однако вернемся к основной проблеме. После того как зональная шкала построена, какое время мы считываем с зональных биохронологических шкал? Для меня теперь ответ только один: мы считываем с хронологических шкал время-порядок, время-последовательность событий «существование видов-индексов» и при этом никогда не задаемся вопросом о физической длительности жизни этих видов. Существование организмов не рассматривается «во времени», сам поток событий используется в качестве темпоральной основы для оценки размещения на ней геологических объектов и определения, какой из них более ранний, а какой – поздний. Это лишь порядок следования без обращения к привычному времени-длительности.

Для того чтобы время-последовательность было непрерывным, без «провалов», необходимо обеспечить непрерывность шкалы. Это достигается тем, что в разрезе смежные события «существование вида-пред-

ка *A*», «существование вида-потомка *B*» должны перекрываться. Так обычно и происходит в результате дивергентной эволюции. Интервалы распространения всех смежных видов конодонтов, образующих морфологический тренд, перекрываются. Использование непрерывной шкалы для определения временной характеристики других геологических объектов позволяет указать место, которое они занимают на шкале. Это в свою очередь дает возможность сделать вывод о хронологическом тождестве (геологической одновозрастности) объектов, если они размещаются в пределах одних и тех же зональных подразделений шкалы, либо заключить, что один из сравниваемых объектов моложе (древнее) другого в зависимости от их взаимного положения на шкале. При этом ни в коем случае нельзя пытаться вообразить и привлечь обыденное (физическое) время существования вида-индекса, в течение которого якобы происходили интересующие нас геологические события. Такого времени в стратиграфии нет.

Желательно, чтобы стратиграфы тренировали темпоральное восприятие ретроспективных событий, некогда происходивших в системах неполной сохранности, какой предстает перед нами история геологических событий, только в режиме «раньше, чем», «позже, чем» и «геологически одновременно». Подчеркну: не синхронно, а геологически (т. е. хронологически) одновременно.

6. Еще одна проблема, которая многие годы беспокоила меня, связана с направленной эволюцией организмов, которая, как отмечалось ранее, служит наилучшим базисом биохронологической шкалы. В свое время я предложил ансамблевую модель дивергентного развития родственных видов в местах перекрывания ареалов их популяций. Об этом подробно рассказано в настоящей работе. Здесь я даю краткую справку о данной модели, основанной на следующих положениях:

- дивергенция затрагивает одноименные признаки;
- направление и величина изменений признаков у дивергирующей пары видов взаимно уравновешены;
- усилена изменчивость дифференцирующих признаков;
- дивергируют (при прочих равных условиях) наиболее изменчивые признаки;
- стабилизируются общие признаки.

Анализ этой модели приводит к выводу о направленном развитии родственных видов по ограниченному числу признаков при длительном

сохранении или многократном возобновлении конкурентных взаимоотношений рассматриваемых видов (Черных, 19866). Собственно речь идет о феномене, хорошо известном в биологии под именем морфологической дивергенции, или смещения признаков в условиях симпатрии родственных видов.

В качестве хрестоматийного приводится пример в отношении двух видов скальных поползней рода *Sitta*, описанных впервые К. Вори (Vaurie, 1951). Эти виды неразличимы в Европе, где они аллопатричны, и резко различаются по размерам клюва и заглазничной полоски в Иране, где их популяции симпатричны. В литературе это явление представлено только с помощью подобных примеров статичного характера. Динамика трансформации признаков декларируется, но не сопровождается фактами. Это понятно, поскольку скорость эволюционного изменения дифференцирующих признаков такова, что не подразумевает мониторинг.

Я попробовал получить динамическую картину морфологической дивергенции признаков из фактов палеонтологии. Было необходимо убедиться, что дивергентное развитие видов будет сопровождаться направленным изменением дифференцирующих признаков. Положительные, как мне представляется, результаты исследования отражены в подразделе 6.6.3 настоящей работы. При рассмотрении дивергентного развития родственных видов у конодонтов самым важным является вывод о синхронном параллелизме эволюционной трансформации представителей этой группы организмов на огромной территории, включающей европейскую часть России, Урал, Китай, Северную и Южную Америку.

Вообще конодонтофориды, получившие бесспорное признание среди стратиграфов как ортостратиграфическая группа, недостаточно оценены палеонтологами. Изучение конодонтов дает возможность получить подробнейшие серии хронологической последовательности Ра-элементов и восстановить почти анимационную картину эволюции этой части скелета, гомологичной на протяжении весьма длительного времени для большого количества представителей конодонтонесущих животных. На примере конодонтов можно получить доказательства истинности положений, лежащих в основе модели ансамблевого развития родственных видов.

Дивергентное развитие в данной группе из многочисленных элементов скелета главным образом затрагивает только Ра-элемент. Он имеет

повышенную изменчивость. Рамиформные элементы скелета трансформируются слабо. Часто отмечается направленная изменчивость Ра-элемента как характерная особенность дивергентной эволюции конодонтов, т. е. все происходит так, как предсказывает разработанная модель ансамблевой эволюции родственных видов. Результаты, относящиеся к этой части работы, можно считать удовлетворительными.

7. Последнее, о чем нужно сказать особо, – собственно зональный метод в стратиграфии. Очень хотелось дать его строгое определение, разработать аксиоматику, указать возможности и границы применения. Все оказалось и проще, и сложнее одновременно. Формулировка сводится к указанию, что при этом методе используются корректно построенные зональные биохронологические шкалы. Однако это почти тавтологическое определение потребовало ответа на следующий уже непростой вопрос: что представляют собой корректно сконструированные зональные биохронологические шкалы?

Когда идет речь об аксиоматике зонального метода в биохронологии, в действительности необходимо сформулировать аксиомы, лежащие в основе построения зональной БХШ. Само определение БХШ – шкала порядка и модельное представление геологического времени – почти никакой аксиоматики не отражает. Главный элемент, вокруг которого можно возводить аксиоматические подпорки, – это зональное подразделение шкалы. Первая аксиома – положение, принимаемое без доказательства, – признание зоны наименьшей биохронологической единицей. Данное утверждение не столь очевидно, и для его принятия недостаточно сослаться только на решение II сессии МГК. Однако у любой шкалы должно быть минимальное, предельное, далее неделимое подразделение – это утверждение вполне можно считать аксиоматическим. Назвать ее зоной или иначе – вопрос второстепенный.

Значительно более важен вопрос о том, что собой представляет наименьшая единица БХШ. Здесь необходимо вспомнить, что биохронологическая шкала – как все хронологические шкалы – по природе событийная. Видовая зона – минимальное подразделение зональной БХШ потому, что видообразование является элементарным актом необратимого эволюционного процесса, лежащего в основе биохронологического исчисления геологического времени. Именно по данной причине *элементарным событием*, которое я предложил использовать для установления наименьшего подразделения, является событие «существо-

вание вида». Это второе аксиоматическое по содержанию утверждение. Из него следует вывод о невозможности разделить на части указанное элементарное событие. Если вы решили при строительстве шкалы использовать, например, событие «акме-» (расцвет) вида, то вводимое подразделение, базирующееся на части события «существование вида», не может быть подразделением корректно сконструированной зональной БХШ.

Очень трудно приходило осознание того, что зона на шкале как наименьшее ее подразделение не может иметь «нижней» и «верхней» границ. Действительно, если они существуют, то должны что-то ограничивать. Пускать в зону хронологической шкалы физическое время («время существования вида») нельзя, и если зона – наименьшая хронологическая единица, то померить ее нечем. Следовательно, зона – это момент хронологического времени в биостратиграфии. Случайно или с пониманием сути дела, но именно так – *момент* – была названа зональная хронологическая единица на сессии МГК в Болонье в 1881 г. На шкале она должна быть обозначена просто линейной меткой, риской. Эта мысль никак не увязывалась с традиционным восприятием зональной шкалы как природной конструкции, состоящей из «материальных объективно существующих» субстратных зональных подразделений, содержащих комплекс ископаемых организмов.

Чтобы поставить все на свои места, потребовалось четкое размежевание зоны как подразделения шкалы и зоны как подразделения разреза. Несмотря на тривиальность этой акции, которую, однако, до сих пор никто из специалистов не пытался провести строго и последовательно, я считаю ее одной из важнейших при оформлении аксиоматики зонального метода в биостратиграфии. Если не оговорить, о какой зоне идет речь (подразделении шкалы или разреза), можно долго и безрезультатно вести дискуссию. Кто-то будет говорить, что зону можно делить на части, обсуждать, в какой именно (нижней или верхней) встречается прослой туфа и т. д. Я буду утверждать, что зона как наименьшее подразделение не может делиться на части, установить, какой именно частью она представлена в разрезе, нельзя, и датировать положение туфового прослоя можно только полной зоной, но не ее частью.

Вся аксиоматика зонального метода должна касаться только хронологической шкалы и ее основного подразделения – зоны. Выделение материальной, субстратной зоны – стратозоны – в разрезе выполняется

после того, как построена шкала и на палеонтологической основе установлены зональные подразделения.

Принятие аксиомы о видовой зоне, признанной в качестве наименьшего подразделения биохронологической шкалы, приводит к первому следствию: все объекты, находящиеся в пределах данной зоны в разрезе, датируются полной зоной. Это даже не нужно обосновывать, так как зона – момент хронологического времени и она не может иметь частей. На шкале она всегда «полная».

Наиболее неожиданный вывод отсюда состоит в том, что стратиграфические границы любых стратонов датируются по зональной шкале как определенная зона. Рекомендация совмещать такие границы с нижней границей соответствующей зоны, пространственно ближайшей к определяемой стратиграфической границе, приобретает чисто формальный (точнее – условный) характер. На зональной хронологической шкале границ у зональных подразделений нет: хронологическое значение зон устанавливается только их положением на шкале. Выбранная для маркировки, например, яруса нижняя граница стратозоны имеет на шкале точечную привязку и датируется полной соответствующей зоной. В частности, границей карбона и перми на конодонтовой шкале является зона *isolatus*, которая отмечена на шкале рискской, расположенной выше зоны (риски) *wabaunsensis* и ниже зоны (риски) *glenisteri*.

Это максимальная точность, с какой можно определить «возраст» любого геологического объекта, в том числе границу, которой хотелось бы придать линейную размерность. Все попытки придать границе в разрезе реально «линейный вид» путем совмещения с нижней границей одноименной стратозоны в результате приводят к формированию чисто условной границы. Действительные хронологические границы любых стратиграфических объектов всегда объемны. Данный вывод в отношении объемной границы между стратонами совершенно неожиданно для меня совпал с так называемым принципом Карпинского, который длительное время безуспешно пытался ввести в обиход стратиграфии Л.Л. Халфин. Фактически объемная в разрезе зона, выполняющая роль нижней границы любого стратиграфического подразделения, является в разрезе промежуточной субстратной областью, где запечатлен переход в составе палеонтологических остатков от ниже- к вышележащему стратиграфическому подразделению. Вопрос о том, включать ли ее в один из смежных стратонов или оставить в качестве промежуточ-

ной между ними, как предлагал А.П. Карпинский, в подобном случае непринципиален, т. е. это вопрос договоренности. Для его решения приемлем любой из вариантов.

Основной вывод об объемном характере стратиграфических границ, определяемых по зональной хронологической шкале, представляется мне наиболее значимым для практической стратиграфии, но требует дальнейшего осмысления. На этом можно завершить краткий обзор и оценку принципиальных соображений и заключений, приведенных в настоящей работе.

SUMMARY

Valery V. Chernykh.

The basics of zonal biochronology. Ekaterinburg: Uralian branch RAS, 2017.

The book consists of an introduction, two parts, seven chapters and a conclusion. The introduction states the main provisions of zonal biochronology, and clarifies the content and meaning of the term “zonal biochronology”. The area of biostratigraphy, which uses methods of construction of zonal chronological scales, is based on the evolutionary sequence of fossil species and relates to zonal biochronology. For various reasons, evolutionary lineages (phratrii or “brotherhoods”) are the ideal basis to create biochronological zonal scales. First, they provide zonal scales that meet the continuity requirement; secondly, in the case of the evolutionary sequence of species, one should be able to depend on its irreversible character and stability (independence of facies conditions). Despite the fact that such a perfect basis is not practically achievable, the statement of its necessity directs the professional work of the specialist who is constructing such a scale into a certain direction, and necessitates the use of a step by step approach to fit the scale into a designated ideal.

The first part is devoted to the method of zonal biochronology and includes five chapters. Chapter 1 deals with the problem of time in the stratigraphy. It is shown that the chronological perception of time has a monopolistic position in stratigraphy and cannot be replaced by chronometry. Chronometric markers, if they do not contradict the biochronological data, are considered as useful additions.

Chapter 2 is devoted to the description of biochronological zonal scales. All stratigraphic scales are chronologically or event based. From a given section a zonal biochronological scale inherits only its chronology, but not its materiality. The term “stratigraphic” only means that the chronological scale is used for solving stratigraphic problems. A zonal biochronological scale as a model representation of time is not a consolidated section and cannot consist of material zonal divisions.

The term and concept of “zone” is proposed which is assigned to the smallest unit of the chronological scale and the term “stratozone” is used for its material equivalent in a particular section. A species zone is the smallest unit of subdivision of the biochronological scale not only and not so much by definition, but because speciation is an elementary act of an irreversible evolutionary process in the underlying biochronological calculation of geological time. For this reason, the elementary event, which is used to establish the zone of the biochronological scale, cannot be divided into parts due to the risk of being lost; the event is “the existence of a species.”

The peculiarities of zone and stratozone, and the types of zonal subdivisions, are examined in detail. It is concluded that only one type of zonal subdivision can be used for the correct construction of continuous zonal scales, in fact, the zone and most other types of zones, should be attributed to “the beds with fauna (flora).” Only one, the smallest subdivision, i. e., zone, can be in the scale.

The third chapter is devoted to methods of constructing and improving zonal scales. In this chapter are examined methods of the unification of autonomous zonal scales (a scale based on one group of fossils) that are constructed based on different groups of fossils. To make it possible to compare the autonomous zonal scales built for a specific stratigraphic interval, it is necessary to have a standard, normative scale for it. The zone of a standard (orthostratigraphic) scale is accepted as the lowest chronological subdivision, thus the defined biozone of the species always corresponds to the integer number of the normative scale. This definition, in turn makes it possible to directly compare the zonal subdivisions of autonomous scales built based on different groups, between each other and with the zones of the normative scale. In other words, the proposed method makes it possible to bring scales into a strict system and to unify the scales constructed based on different groups of fossils. One can then carry out comprehensive utilization of independent scales for identifying and tracing the boundaries of stratigraphic units. Knowledge of the biozones of the species identified by one normative scale can also form a comprehensive description of the zonal subdivisions of the same normative scale. With the help of such a scale the biozone of those species that will later be used to build autonomous zonal scales can be determined. Specific examples show that the proposed plan allows the enhanced correlation potential of zonal scales without compromising their detail, and builds autonomous zonal scales which are comparable with each other and with the standard scale.

Chapter 4 is devoted to the actual method used in zonal biostratigraphy. The method itself is defined as a method of performing an operation on the stratigraphic subdivision and correlation of sections with the help of a well-built biochronological zonal scale. Because the zone is accepted as the smallest unit of the scale, so far all of the objects that are within the zone date back to the full zone. This concept applies to any geological object, including a stratigraphic boundary and provides the maximum possible accuracy of the position of the stratigraphic boundary, which gives a basis for the use of a zonal biochronological scale. The practice of the conditional combining of stratigraphic boundaries of a straton (stratigraphic unit of a section) with some boundaries of the stratozone (stratigraphic zone) (usually located closest in the section) comes not from their actual match, but provides a practical purpose – to follow the given straton as widely as possible using the zonal scale.

The concept of a GSSP, proposed to ensure the stability of the boundaries of the stratigraphic units of the International Stratigraphic Scale, is discussed. It is concluded that it is impossible to combine chronological and chronometric dating into a single timescale.

The first part of the book is concluded with a chapter on the operational principles of stratigraphy. The principles of Stenon, Huxley and Meyen are discussed in detail. It is shown that they are the elements of a single system, which forms the basis of theoretical stratigraphy and their defining stratigraphic methods for performing research. One of the conclusions of this section is the assertion that homotaxis, as proposed by Thomas Huxley to determine the geological coevality of geological objects being compared, is essentially a biochronological scale.

The second part of the book is entitled “Meronomic scales.” Special meronomic orthostratigraphic types of scales are established based on the historical development of certain parts of the skeleton, homologous to members of the group of organisms used for the construction of the scale. “Meron”, a term introduced into systematics by S.V. Meyen, and meaning a “class of pieces”, is the best suited to refer to Pa elements in conodonts, and respectively, for the name of the meronomic zonal scale proposed for them. The method of the constructing of meronomic scales is illustrated by the example of conodonts. It is shown that species of conodonts are established based on the structural features of the pectiniform Pa element homologous to a large number of representatives of Late Paleozoic conodonts. Thus, the evolution-

ary sequence of morphotypes of the Pa element, often characterized by the direction of change (trend) of the structure of that element, is the foundation for the basis of the conodont zonal scale.

A detailed reconstruction of the process of the evolutionary divergence of Late Carboniferous and Early Permian conodonts, the streptognatodids, has been made based on paleontological material and has proved that the directional change of the Pa element accompanies the divergent development of a group of related species. The reconstructed chronoclade is used as a basis for the meronomic zonal scale of the Asselian.

How similar scales work practically that are not built on a traditional taxonomic basis, is exemplified by the use of conodont scales that allow making the global correlation of Upper Carboniferous and Lower Permian deposits.

The author's assessment of most important results of the work performed is given in the conclusion.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А.С. О содержании и функциях «Международной стратиграфической шкалы» // Бюл. МОИП. Отд.: Геол. 2007. Т. 82, вып. 4. С. 73–79.

Алексеев А.С., Барсков И.С., Мигдисова А.В. О конодонтах пограничных слоев гжельского и касимовского ярусов верхнего карбона в карьере Русавкино (Московская область) // Палеонтологическая характеристика стратотипических и опорных разрезов карбона Московской синеклизы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. С. 123–131.

Барaboшкин Е.Ю. Конденсированные разрезы: терминология, типы, условия образования // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4: Геол. 2009. № 3. С. 13–20.

Барсков И.С. Конодонты в современной геологии // Итоги науки и техники. Общая геология. 1985. Т. 19. С. 93–221.

Барсков И.С., Алексеев А.С. Конодонты среднего и верхнего карбона Подмоскoвья // Изв. АН СССР. Сер.: Геол. 1975. № 6. С. 84–99.

Барсков И.С., Алексеев А.С. Конодонты: мифы и реальность // Бюл. МОИП. Отд.: Геол. 1986. Т. 61, вып. 5. С. 64–71.

Барсков И.С., Алексеев А.С., Горева Н.В. Пути развития платформенных конодонтов в среднем и позднем карбоне Московской синеклизы и их значение для разработки зональной шкалы // Закономерности исторического развития ископаемых организмов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. С. 15–34.

Бодылевский В.И. О стратиграфической зоне // Тр. Всесоюзного научно-исследовательского геологического института (ВСЕГЕИ). Нов. сер. 1964. Вып. 102. С. 25–32.

Буко А. Эволюция и темпы вымирания. М.: Мир, 1979. 318 с.

Вавилов Н.И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Линнеевский вид как система. Л.: Наука, 1967. 91 с.

Ганелин В.Г. Три концепции теории стратиграфии и Стратиграфический кодекс СССР // Сов. геология. 1992. № 5. С. 77–81.

Гладенков Ю.Б. Современные проблемы зональной стратиграфии // Изв. АН СССР. Сер.: Геол. 1991. № 10. С. 3–8.

Голев Б.Т. Стандартная зональная шкала на примере нуммулитов // Изв. АН СССР. Сер.: Геол. 1980. № 4. С. 51–56.

Гоманьков А.В. Геологическое время и его измерение. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 58 с.

Горева Н.В., Алексеев А.С. Конодонтовые зоны верхнего карбона России и их глобальная корреляция // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2010. Т. 18, № 6. С. 35–48.

Голубовский М.Д., Иванов Ю.Н., Захаров И.К., Берг Р.Л. Исследование синхронных параллельных изменений генофондов в природных популяциях плодовых мух *Drosophila melanogaster* // Генетика. 1974. Т. 10, № 4. С. 72–82.

Грант В. Эволюция организмов. М.: Мир, 1980. 407 с.

Гурари Ф.Г., Халфин Л.Л. Реформа правил стратиграфической классификации необходима // Геология и геофизика. 1966. № 4. С. 3–14.

Давыдов В.И., Попов А.Б. Разрез «Никольский» // Путеводитель геологических экскурсий. Международный конгресс «Пермская система земного шара». Ч. II, вып. 2. Разрезы пермской системы бассейна р. Урал (западный склон Южного Урала): препринт. Свердловск, 1991. С. 32–53.

Дажо Р. Основы экологии. М.: Прогресс, 1975. 415 с.

Дмитриев Г.А., Потапова М.С. Учение о симметрии как общий метод познания закономерностей развития Земли // Пути познания Земли. М.: Наука, 1971. С. 153–171.

Егоян В.Л. Тенденции в развитии общей стратиграфии. Ст. 1. Квази-стратиграфические шкалы // Бюл. МОИП. Отд.: Геол. 1987а. Т. 62, вып. 1. С. 3–15.

Егоян В.Л. Тенденции в развитии общей стратиграфии. Ст. 2. «Самостоятельные» шкалы и проблема цели в стратиграфии // Бюл. МОИП. Отд.: Геол. 1987б. Т. 62, вып. 5. С. 24–36.

Зональная шкала карбона Восточно-Европейской платформы по конодонтам / И.С. Барсков, А.С. Алексеев, Н.В. Горева и др. // Палеонтологическая характеристика стратотипических и опорных разрезов карбона Московской синеклизы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. С. 143–151.

Козицкая Р.И., Косенко З.А., Липнягов О.М., Немировская Т.И. Конодонты карбона Донецкого бассейна. Киев: Наукова думка, 1978. 136 с.

Козлова Г.Э. Радиоляриевая зональная шкала бореального палеогена // Зональная шкала по микроорганизмам и методы ее разработки: тез. докл. X ВМС. Л., 1986. С. 113–114.

Комплексы конодонтов нижней перми Приуралья и проблемы корреляции нижнепермских отложений / Е.В. Мовшович, Х. Коцур, А.М. Павлов и др. // Конодонты Урала и их стратиграфическое значение. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979. С. 94–131.

Кондаков Н.И. Логический словарь-справочник. М.: Наука, 1975. 720 с.

Краснов В.И. Вопросы теории в практической стратиграфии // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2007. Т. 2. С. 1–24.

Криштофович А.Н. Унификация геологической терминологии и новая система региональной стратиграфии // Избр. соч.: в 3 т. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959. Т. 1. С. 345–379.

Кучева Н.А. Распространение брахиопод зоны *Delepinea lebedevi-Ovatia markovskii* в разрезах Южного и Среднего Урала // Ежегодник-2014. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 162. Екатеринбург, 2015. С. 26–32.

Лазарев С.С. Понятие «время» и геологическая летопись земной коры // Вопросы философии. 2002. № 1. С. 77–89.

Леонов Г.П. Основы стратиграфии: в 2 т. М.: Изд-во Моск. ун-та. Т. 1. 1973. 530 с.; Т. 2. 1974. 486 с.

Майр Э. Систематика и происхождение видов с точки зрения зоолога. М.: Изд-во иностр. лит., 1947. 504 с.

Майр Э. Зоологический вид и эволюция. М.: Мир, 1968. 597 с.

Международный стратиграфический справочник / под ред. Х. Хедберга; пер. с англ. И.С. Барскова. М.: Мир, 1978. 226 с.

Международный стратиграфический справочник. Сокращенная версия. International Stratigraphic Guide / под ред. М. Мёрфи, А. Сальвадора; отв. ред. русскоязычного издания Ю.Б. Гладенков. М.: ГЕОС, 2002. 38 с.

Мейен С.В. Введение в теорию стратиграфии. М., 1974. 186 с. Рукопись. Деп. в ВИНТИ, № 1749-74.

Мейен С.В. Таксономия и мерономия // Вопросы методологии в геологических науках. Киев: Наукова думка, 1977. С. 25–33.

Мейен С.В. От общей к теоретической стратиграфии // Сов. геология. 1981. № 9. С. 58–69.

Мейен С.В. Концепция гомотаксиса и ее значение в геохронологии // Развитие учения о времени в геологии. Киев: Наукова думка, 1982. С. 88–99.

Мейен С.В. Время без часов, или похвальное слово создателям геохронологии // Знание – сила. 1986. № 12. С. 33–34.

- Мейен С.В.* Введение в теорию стратиграфии. М.: Наука, 1989. 216 с.
- Меннер В.В.* Зоны в практике стратиграфических исследований (история установления, типы и природа) // Изв. АН СССР. Сер.: Геол. 1980. № 3. С. 5–17.
- Месежников М.С.* Зональные стратиграфические подразделения (назначение, содержание, виды) // Изв. АН СССР. Сер.: Геол. 1992. № 6. С. 5–15.
- Найдин Д.П.* Так что же такое стратиграфия? // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1994. Т. 2, № 2. С. 3–11.
- Наливкин Д.В.* Брахиоподы турнейского яруса Урала. Л.: Наука, 1979. 247 с.
- Нестлер Х.* Ископаемая фауна как показатель времени // Современное значение палеонтологии для стратиграфии: тр. XXIV сессии ВПО. Л.: Наука, 1982. С. 85–88.
- Одум Ю.* Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
- Оноприенко В.И.* Письма С.В. Мейена К.В. Симакову // Памяти Сергея Викторовича Мейена (к 70-летию со дня рождения): тр. Международной палеоботанической конференции. М.: ГЕОС, 2005. С. 78–102.
- Опорный разрез пограничных слоев карбона и перми юга Восточно-Европейской платформы (гжельский и ассельский ярусы, скважина № 4199 (Скосырская) / И.А. Алексеева, И.В. Глушенко, В.К. Иванов и др.; ред. коллегия: проф. Д.Л. Степанов (отв. ред.), М.А. Калмыкова, Д.С. Кашик, Е.В. Мовшович. Л.: Наука, 1983. 123 с.
- Павлов А.П.* Нижневолжская юра. Классификация отложений и списки ископаемых. М., 1884. 25 с.
- Петтиджон Ф.Дж.* Осадочные породы: пер. с англ. М.: Недра, 1981. 751 с.
- Поярков Б.В., Скворцов В.П.* Расчленение нижнекаменноугольных отложений Киргизии по данным изучения фораминифер // Вопросы микропалеонтологии. 1977. Вып. 20. С. 54–67.
- Пояркова З.Н., Поярков Б.В.* Соотношение стратиграфических подразделений низшего и высшего рангов // Изв. АН СССР. Сер.: Геол. 1980. № 4. С. 68–74.
- Пояркова З.Н., Поярков Б.В.* Стратиграфические подразделения низшего и высшего рангов // Стратиграфия и палеонтология девона и карбона. М.: Наука, 1982. С. 151–165.

Рассказова Н.Б. Конодонты карбона и перми из разреза Заладу (Восточный Иран) // Бюлл. МОИП. Отд.: Геол. 2010. Т. 85, № 6. С. 28–40.

Раузер-Черноусова Д.М. О зонах единых и региональных шкал // Изв. АН СССР. Сер.: Геол. 1967. № 7. С. 104–118.

Ремизова С.Т. Фузулиноиды Тимана: эволюция, биостратиграфия и палеобиогеография. Екатеринбург: УрО РАН; Коми научный центр, 2004. 218 с.

Рогов М.А., Гуляев Д.Б., Киселев Д.Н. Биогоризонты – инфразональные биостратиграфические подразделения: опыт совершенствования стратиграфии юрской системы по аммонитам // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2012. Т. 20, № 2. С. 101–121.

Салин Ю.С. Стратиграфическая корреляция / под ред. акад. Ю.А. Косыгина. М.: Недра, 1983. 157 с.

Сенкевич М.А. Эволюция палеозойских лепидофитов и экостратиграфия // Теория и опыт экостратиграфии. Таллин: Валгус, 1986. С. 31–36.

Симаков К.В. Измерение реального времени // Вестник РАН. 1998. Т. 68, № 2. С. 136–147.

Симаков К.В. Введение в теорию геологического времени. Становление. Эволюция. Перспективы. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1999а. 557 с.

Симаков К.В. Методологические аспекты геологического времени // Наука на северо-востоке России (к 275-летию Российской академии наук). Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1999б. С. 29–43.

Соколов Б.С. Биохронология и стратиграфические границы // Проблемы общей и региональной геологии. Новосибирск, 1971. С. 155–178.

Соколов Б.С. Палеонтология докембрия и акрохроны биосферной эволюции (к теории расширяющейся биосферы) // Темпы эволюции органического мира и биостратиграфия: материалы LVII сессии Палеонтологического общества. СПб., 2011. С. 3–10.

Степанов Д.Л. Принципы и методы биостратиграфических исследований: тр. Всесоюз. нефт. н.-и. геол.-развед. ин-та. Вып. 113. Л.: Гостоптехиздат, 1958. 180 с.

Степанов Д.Л., Месежников М.С. Общая стратиграфия (принципы и методы стратиграфических исследований). Л.: Недра, 1979. 423 с.

Стратиграфический кодекс. Изд. 2-е / под ред. А.И. Жамойды. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1992. 120 с.

Стратиграфический кодекс России. Изд. 3-е / под ред. А.И. Жамойды. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.

Стратотипи регіональних стратотипичних підрозділів карбону і нижньої пермі Доно-Дніпровського прогину / В.І. Полетаєв, М.В. Вдовенко, О.К. Щоголев и др. ІГН НАНУ (Інститут геологічних наук Національна академія наук України). Київ: Логос, 2011. 236 с.

Сунгатуллина Г.М. Биостратиграфия верхнекаменноугольных отложений востока Русской плиты по конодонтам // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2008. Т. 150, кн. 3. С. 183–197.

Тагариєва Р.Ч., Мизєнс Л.Г. Разрезы западного склона Южного Урала, перспективные для выбора точки регионального стратотипа нижней границы фаменского яруса // Литосфера. 2015. № 3. С. 33–56.

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.

Фисуненко О.П. Принципы стратиграфии. Ворошиловград, 1985. 101 с. Деп. в УкрНИИНТИ, № 1758.

Халфин Л.Л. Теоретические вопросы стратиграфии. Новосибирск: Наука, 1980. 200 с.

Халымбаджа В.Г. Конодонты верхнего девона Русской платформы, Южного Тимана, Полярного Урала и их стратиграфическое значение. Казань: Изд-во Каз. гос. ун-та. 1981. 216 с.

Черных В.В. Принципы установления границ стратонев общей стратиграфической шкалы: препринт. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 56 с.

Черных В.В. Метод отдельных признаков в биостратиграфии // Бюл. МОИП. Отд.: Геол. 1986а. Т. 61, № 5. С. 56–64.

Черных В.В. Проблема целостности высших таксонов. М.: Наука, 1986б. 143 с.

Черных В.В. Зональная шкала нижней перми по конодонтам рода *Neogondolella* // Ежегодник-1987. Тр. ИГГ УрО АН СССР. Свердловск, 1988. С. 17–21.

Черных В.В. Методы построения и корреляции зональных биохронологических шкал // Новые данные по геологии Урала и Средней Азии. Свердловск: УрО АН СССР, 1989. С. 3–10.

Черных В.В. Критерии маркировки зональных биохронологических шкал // Новые данные по стратиграфии верхнего палеозоя–нижнего кайнозоя Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1993. С. 173–178.

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

Черных В.В. Ортохронологические группы в стратиграфии // Материалы по стратиграфии и палеонтологии Урала. Вып. 1. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. С. 194–219.

Черных В.В. Современное обоснование и корреляция ярусных границ нижней перми по конодонтам // Ежегодник-1997. Тр. ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 1998. С. 22–26.

Черных В.В. Зональные подразделения верхнего карбона на Южном Урале по конодонтам // Зональные подразделения карбона общей стратиграфической шкалы России: материалы всероссийского совещания, 29–31 мая 2000 г. Уфа: Гилем, 2000. С. 100–101.

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 Урала 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. Определение ярусных границ Международной стратиграфической шкалы по конодонтам // Литосфера. 2008. № 1. С. 3–17.

Черных В.В. Проблемы зональной стратиграфии // Литосфера. 2009. № 5. С. 3–14.

Черных В.В. Конодонты гжельского яруса Урала. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012а. 158 с.

Черных В.В. Корреляция гжельских и нижнепермских отложений Урала // Литосфера. 2012б. № 4. С. 30–52.

Черных В.В. Конодонтовые биохроно типы нижней границы кунгурского яруса на Урале // Ежегодник-2011. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 159. Екатеринбург, 2012в. С. 27–32.

Черных В.В. Актуализм и метод аналогий в геологических ретроспекциях // Литосфера. 2013. № 4. С. 39–49.

Черных В.В. Зональные хронологические шкалы и стратиграфические границы // Литосфера. 2014. № 3. С. 3–10.

Черных В.В. Парадоксы стратиграфии // Геология и геофизика. 2015. Т. 56, № 4. С. 682–693.

Черных В.В., Кучева Н.А. Политаксонные и монотаксонные зональные шкалы в биостратиграфии // Литосфера. 2016. № 5.

Черных В.В., Халымбаджа В.Г., Силантьев В.В. Представители рода *Katagnathus* gen. nov. (конодонты) из отложений казанского яруса Поволжья // Материалы по стратиграфии и палеонтологии Урала: сборник научных трудов. Вып. 6. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. С. 74–82.

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

Чувашов Б.И., Черных В.В. Разрез Мечетлино (Южный Урал) – потенциальный лимитотип нижней границы кунгурского яруса // Докл. АН. 2011. Т. 441, № 5. С. 657–660.

Чувашов Б.И., Дюпина Г.В., Мизенс Г.А., Черных В.В. Опорный разрез верхнего карбона и нижней перми центральной части Бельской впадины (Западный склон Южного Урала): препринт. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. 55 с.

Чувашов Б.И., Дюпина Г.В., Мизенс Г.А., Черных В.В. Опорные разрезы верхнего карбона и нижней перми западного склона Урала и Приуралья. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 479 с.

Чувашов Б.И., Дюпина Г.В., Мизенс Г.А., Черных В.В. Разрез «Красноусольский» // Путеводитель геологических экскурсий. Международный конгресс «Пермская система земного шара». Ч. II, вып. 1. Свердловск, 1991. С. 5–48.

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

Шкала геологического времени / А.В. Кокс, П.Г. Ллевеллин, К.А.Г. Пиктон и др. М.: Мир, 1985. 140 с.

Alekseev A.S., Goreva N.V. Conodont zonation for the Type Kasimovian and Gzhelian stages in the Moscow Basin, Russia: Proceeding of the XV International Congress on Carboniferous and Permian Stratigraphy / ed. by Th.E. Wong. Utrecht: Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2007. P. 229–242.

Arkell W.J. Jurassic geology of the world. L.: Publication Oliver and Boyd, 1956. P. I–XV, 1–806.

Barrick J.E., Boardman D.R. Stratigraphic distribution of morphotypes of *Idiognathodus* and *Streptognathodus* in Vissourian–Lower Virgilian Strata, North-Central Texas // Middle and Late Pennsylvanian chronostratigraphic boundaries in North-Central Texas: glacial-eustatic events, biostratigraphy,

and paleontology. Texas Tech University Studies in Geology. 1989. Vol. 2. P. 167–188.

Barrick J.E., Heckel P.H. A provisional conodont zonation for Late Pennsylvanian (late Late Carboniferous) strata in Midcontinent region of North America // Newsletter on Carboniferous Stratigraphy. 2000. No. 18. P. 15–22.

Barrick J.E., Heckel P.H., Boardman D.R. *Idiognathodus simulator* (Ellison, 1941) and *I. eudoraensis* n. sp., members of a chronostratigraphically significant group of Late Pennsylvanian (late Kasimovian–early Gzhelian) conodonts with asymmetrically grooved P_1 elements // Micropaleontology. 2008. Vol. 54, no. 2. P. 125–137.

Barrick J.E., Lambert L.L., Heckel P.H., Boardman D.R. Pennsylvanian conodont zonation for Midcontinent North America // Revista Espanola de Micropaleontologia. 2004. Vol. 36. P. 231–250.

Beauchamp B., Henderson Ch. The Lower Permian Raanes, Great Bear Cape and Trappers Cove formations, Sverdrup Basin, Canadian Arctic: stratigraphy and conodont zonation // Bull. Canadian Petroleum Geology. 1994. Vol. 42, no. 4. P. 562–567.

Behnken F.H. Leonardian and Guadalupian (Permian) conodont biostratigraphy in western and southwestern United States // J. Paleont. 1975. Vol. 49, no. 2. P. 284–315.

Behnken F.H., Wardlaw B.R., Stout L.N. Conodont biostratigraphy of the Permian Meade Peak Phosphatic Shale Membra, Phosphoria Formation, southeastern Idaho // Contributions to Geology. University of Wyoming. 1986. Vol. 24, no. 2. P. 169–190.

Boardman D.R. Virgilian and lowermost Permian sea-level curve and cyclothems // Guidebook for XIV-ICCP Field Trip no. 8. Middle and Upper Pennsylvanian (Upper Carboniferous) Cyclothem Succession in Midcontinent Basin, USA / ed. by P.H. Heckel. Kansas Geological Survey. 1999. Open-file Report no. 99-27. P. 103–118.

Boardman D.R., Heckel P.H., Work D.M. Conodont and ammonoid distribution of proposed Kasimovian–Gzhelian boundary in lower Virgilian strata in North American Midcontinent // Newsletter on Carboniferous Stratigraphy, 2006. Vol. 4. P. 29–34.

Boardman D.R., Wardlaw B.R., Nestell M.K. Stratigraphy and Conodont Biostratigraphy of Uppermost Carboniferous and Lower Permian from North American Midcontinent // Kansas Geological Survey. 2009. Bull. 255. P. 42.

Buckman S.S. The Bajocian of the Sherborne District: its Relation to Subjacent and Superjacent Strata // Quart. J. of the Geological Society of London. 1893. Vol. 49. P. 479–522.

Buckman S.S. The term “Hemera” // Geol. Mag. 1902. New ser., vol. 9. P. 554–557.

Callomon J.H. Notes on the Callovian and the Oxfordian Stages // Colloque du Jurassique. Luxembourg, 1962. Luxembourg, 1964. P. 269–291.

Chernykh V.V. Refined taxonomy of robust no platformed conodonts improves correlation of the Kazanian to the West Texas standard // 36th Annual Meeting of GSA. Abstracts. 2002. Vol. 34, no. 3.

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

Chernykh V.V., Ritter S.M. Conodont biostratigraphy of the Nikolsky section (southern Urals): a progress report // Permophiles. 1996. No. 29. P. 37–40.

Chernykh V.V., Ritter S.M. Streptognathodus (conodonta) succession at the proposed Carboniferous–Permian boundary stratotype section, Aidaralash Creek, Northern Kazakhstan // J. Paleont. 1997. Vol. 71, no. 3. P. 459–474.

Chernykh V.V., Ritter S.M., Wardlaw B.R. Streptognathodus isolatus new species (Conodonta): proposed index for the Carboniferous–Permian boundary // J. Paleont. 1997. Vol. 71, no. 1. P. 162–164.

Chernykh V.V., Chuvashov B.I., Davydov V.I., Schmitz M.D. Mechetlino Section: A candidate for the Global Stratotype and Point (GSSP) of the Kungurian Stage (Cisuralian, Lower Permian) // Permophiles. 2012. No. 56. P. 21–34.

Chuvashov B.I., Chernykh V.V., Amon E.O. Sakmarian stage of Cis-Uralian division of Permian system: biostratigraphy and correlative potential // Permophiles. 2004. Vol. 44. P. 10–11.

Clark D.L. Factors of Early Permian conodont paleoecology in Nevada // J. Paleont. 1974. Vol. 48, no. 4. P. 710–720.

Cowie J.W. Guidelines for boundary stratotypes // Episodes. 1986. Vol. 9, no. 2. P. 78–82.

Cowie J.W., Ziegler W., Boucot A.J. et al. Guidelines and statutes of the International Commission on Stratigraphy (ICS) // Courier Forschungsinstitut Senckenberg. 1986. S. 1–14.

Cyclothem (“digital”) correlation and biostratigraphy across the global Moscovian–Kasimovian–Gzhelian stage boundary interval (Middle–Upper Pennsylvanian) in North America and eastern Europe / P.H. Heckel, A.S. Alekseev, J.E. Barrick et al. // *Geology*. 2007. Vol. 35. P. 607–610.

Dacque E. Grundlagen und methoden der Paläogeographie. Jena: Fischer, 1915. 499 s.

Ding Hui, Wan Shilu. The Carboniferous–Permian conodont event-stratigraphy in the South of the North China Platform // *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*. 1990. Vol. 118. P. 131–155.

Guidebook for XIV-ICCP Field Trip no. 8. Middle and Upper Pennsylvanian (Upper Carboniferous) Cyclothem Succession in Midcontinent Basin, USA / ed. by P.H. Heckel. Kansas Geological Survey. 1999. Open-file Report no. 99-27. 236 p.

Guex J. Biochronological correlations. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1991. 252 p.

Gzhel section. Stratotype of Gzhelian Stage / A.S. Alekseev, N.V. Goreva, T.N. Isakova et al. // Type and reference Carboniferous sections in the South part of the Moscow Basin: Field trip guidebook of International Field Meeting of the I.U.G.S. Subcommittee on Carboniferous Stratigraphy “The historical type sections, proposed and potential GSSP of the Carboniferous in Russia”. Moscow, August 11–13, 2009. Moscow: Borissiak Paleontological Institute of RAS, 2009. P. 115–137.

Harrington H.J. Space, things, time and events – an essay on stratigraphy // *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists*. 1965. Vol. 49, no. 10. P. 1601–1646.

Henderson Ch.M. Correlation of Cisuralian and Guadalupian stages in the Sverdrup Basin, Canadian Arctic Archipelago // XIV ICCP. Pander Society. Can. Paleontol. Conf. Abstr. Calgary, 1999. P. 57–58.

Henderson Ch.M., McGugan A. Permian conodont biostratigraphy of the Ishbel Group, southwestern Alberta and southeastern British Columbia // *Contributions to Geology*. University of Wyoming. 1986. Vol. 24. P. 219–235.

Henderson Ch.M., Pinard S., Beauchamp B. Biostratigraphic and sequence stratigraphic relationships of Upper Carboniferous conodont and foraminifer distribution, Canadian Arctic Archipelago // *Bull. Canadian Petroleum Geology*. 1995. Vol. 43. P. 226–246.

Kang Pei-quan, Wang Cheng-yuan, Wang Zhi-hao. Carboniferous–Permian conodont biostratigraphy in the shelf facies of Ziyun County, Guizhou // *Acta Micropalaeontologica Sinica*. 1987. Vol. 4, no. 2. P. 179–198.

Klapper G., Johnson J.G. Endemism and dispersal of Devonian conodonts // *J. Paleont.* Vol. 54, no. 2. 1980. P. 400–455.

Kozur H. Beiträge zur Stratigraphie des Perm. Teil II. Die Conodontenchronologie des Perms // *Freiberger Forsch.* 1978. H. C334. S. 85–161.

Kozur H. Permian conodont zonation and its importance for the Permian stratigraphic standard scale // *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck.* 1995. Bd 20. S. 165–205.

Kozur H., Mostler H. Neue Conodonten aus dem Jungpaläozoikum und der Trias // *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck.* 1976. Bd 6, 3. S. 1–33.

Larson J.A., Clark D.L. The Lower Permian (Sakmarian) Portion of the Oquirrh Formation, Utah // *Brigham Young University Geology Studies.* 1979. Vol. 26, pt 3. Conodont Biostratigraphy of the Great Basin and Rocky Mountains. P. 135–142.

Mei Sh., Henderson Ch.M., Wardlaw B.R. Evolution and distribution of the the conodonts *Sweetognathus* and *Iranognathus* and related genera during the Permian, and their implications for climate change // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.* 2002. Vol. 180. P. 57–91.

Miller T.G. Time in stratigraphy // *J. Paleont.* 1965. No. 8. P. 113–131.

Oppel A. Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschland // *Jh. Ver. Vaterl. Naturk. Württemberg.* 1856–1858. Bd 12–14. 857 s.

Orchard M.J. Early Permian conodonts from Harper Ranch Beds, Kamloops area, southern British Columbia // *Current Research. Pt B. Geological Survey of Canada.* 1984. Paper 84-1B. P. 207–215.

Orchard M.J., Forster P.J.L. Permian conodont Biostratigraphy of the Harper Ranch beds, near Kamloops, southern-central British Columbia // *Geological Survey of Canada.* 1988. Paper 88-8. P. 1–27.

Perlmutter B. Conodonts from uppermost Wabaunsee Group (Pennsylvanian) and Admire and Council Grove Groups (Permian) in Kansas // *Geologica et Palaeontologica.* 1975. Vol. 9. P. 95–115.

Permian Conodont Biostratigraphy in the Great Basin / D.L. Clark, T.R. Carr, F.H. Behnken et al. // *Brigham Young University Geology Studies.* 1979. Vol. 26, pt 3. P. 143–150.

Proposal for base-Kungurian GSSP / Ch.M. Henderson, B.R. Wardlaw, V.I. Davydov et al. // *Permophiles.* 2012. No. 56. P. 8–21.

Rhodes F.H.T. Conodonts from the topmost Tensleep sandstone of the Eastern Big Horn Mountains, Wyoming // *J. Paleont.* 1963. Vol. 37, no. 2. P. 401–408.

Riglos Suárez M., Hünicken M.A., Merino D. Conodont biostratigraphy of the Upper Carboniferous–Lower Permian rocks of Bolivia // *Conodonts: investigative techniques and applications* / ed. by R.L. Austin. London: Ellis Horwood Publishers, 1987. P. 317–325.

Ritter S.M. Taxonomic revision and Phylogeny of post-Early crisis *bisselli-whitei* Zone conodonts with comments on Late Paleozoic diversity // *Geologica et Palaeontologica*. 1986. Vol. 20. P. 139–165.

Ritter S.M. Upper Missourian–Lower Wolfcampian (Upper Kasimovian–Lower Asselian) conodont biostratigraphy of the Midcontinent, U.S.A. // *J. Paleont.* 1995. Vol. 69, no. 6. P. 1139–1154.

Ross C.A. Standard Wolfcampian Series (Permian), Glass Mountains, Texas: *Geol. Soc. Am. Mem.* vol. 88. 1963. 205 p.

Schmitz M.D., Davydov V.I. Quantitative radiometric and biostratigraphic calibration of the Pennsylvanian–Early Permian (Cisuralian) time scale and pan-Euramerican chronostratigraphic correlation: *Geol. Soc. America Bull.* 124. 2012. P. 549–577.

Stevens C.H., Stone P., Ritter S.M. Conodont and Fusulinid Biostratigraphy and History of the Pennsylvanian to Lower Permian Keeler Basin, East-Central California // *BYU Geology Studies*. 2001. Vol. 46. P. 99–142.

Soo-In Park. Microfossils of the Permo-Carboniferous Strata of Nongam Area in Mungyeong Coalfield // *J. Korean Earth Science Society*. 1989. Vol. 10, no. 1. P. 102–110.

Sigal J. Existe-t-il plusieurs stratigraphies? // *Bull. trimester. du Serv. d'inform. geol. France*. 1961. Vol. 13, no. 51. P. 2–5.

Sylvester-Bradley P.C. Towards an international code of stratigraphic nomenclature // *Paleont. and Stratigr.* 1967. R.C. Moore commemor. vol. / ed. by C. Teichert, E.L. Yochelson. P. 49–56.

Vaurie C. Adaptive differences between two sympatric species of nuthatches (*Sitta*) // *Proc. X Intern. Ornithol. Congr.* 1950. Uppsala, 1951. P. 163–166.

Wang Zhi-hao. Conodonts from Carboniferous–Permian boundary strata in China with comments on the boundary // *Acta Palaeontologica Sinica*. 1991. Vol. 30, No. 1. P. 6–41.

Wang Zhi-hao. Early Permian conodonts from the Nashui section, Luodian of Guizhou // *Palaeoword*. 1994. No. 4. P. 203–224.

Wang Zhi-hao, Qi Yu-ping. Upper Carboniferous (Pennsylvanian) conodonts from south Guizhou of China // *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*. 2003. Vol. 109. P. 379–397.

Wardlaw B.R., Collinson J.W. Paleontology and deposition of the Phosphoria Formation // Contributions to Geology. University of Wyoming. 1986. Vol. 24, no. 2. P. 107–142.

Wardlaw B.R., Davydov V.I. Preliminary Placement of the International Lower Permian Working Standard to the Glass Mountains, Texas // Permo-philos. 2000. No. 36. P. 11–14.

Wardlaw B.R., Gallegos D.M., Chernykh V.V., Snyder W.S. Early Permian conodont fauna and stratigraphy of the Garden Valley Formation, Eureka County, Nevada // Micropaleontology. 2015. Vol. 61, iss. 4–5. P. 369–387.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
 Часть I. ЗОНАЛЬНЫЙ МЕТОД В БИОХРОНОЛОГИИ	
Глава 1. Время в стратиграфии	9
1.1. Время-последовательность и время-длительность	9
1.2. Хронология	11
1.3. Хроостратиграфия	14
1.4. Безвременная стратиграфия	16
1.5. Зональное время	19
Глава 2. Зона и зональные биохронологические шкалы	22
2.1. Зональная биохронология	22
2.2. Хронологическая шкала и стратиграфическая шкала	24
2.3. Зона и зональные биохронологические шкалы	28
2.4. Зона и стратозона	30
2.5. Зона как подразделение биохронологической шкалы	35
2.6. Зона как подразделение разреза	39
2.7. Зона как общестратиграфическое подразделение	41
2.8. Зона и ярус	44
2.9. Типы зональных подразделений	45
Глава 3. Методы построения и унификации зональных биохро- нологических шкал	57
3.1. Требования к построению зональных биохронологических шкал	58
3.1.1. Непрерывность биохронологических шкал	58
3.1.2. Маркировка биохронологических шкал	59
3.1.3. Элементарная биохронологическая шкала	60
3.2. Построение биохронологической шкалы методом синтеза тейльзон	61
3.3. Построение элементарной инициальной шкалы	63
3.4. Зональная шкала гжельского яруса по конодонтам	66
3.4.1. Выбор группы ископаемых	66
3.4.2. Выбор опорного разреза	68
3.4.3. Построение зональной шкалы гжельского яруса	69

3.5. Стандартная зональная шкала	81
3.6. Совершенствование зональных биохронологических шкал	81
3.6.1. Моно- и политаксонные биохронологические шкалы	82
3.6.2. Комплексная характеристика зональных подразделений биохронологической шкалы	86
3.7. Построение автономных биохронологических шкал	95
Глава 4. Зональный метод в биостратиграфии	101
4.1. Общие замечания	101
4.2. Определение зонального метода	106
4.3. Корреляция стратиграфических границ	109
4.4. Концепция GSSP	111
4.4.1. Хронометрическая датировка стратиграфической границы	111
4.4.2. Зональная биохронологическая шкала и метрика физичес- кого времени	112
4.4.3. Лимитотипы границ ярусов и их перемещение	116
4.5. Проверка корректности хронологических сопоставлений	121
Глава 5. Принципы стратиграфии	124
5.1. Общие замечания	124
5.2. Система принципов стратиграфии	124
5.2.1. Принцип Стенона	127
5.2.2. Принцип Гексли	129
5.2.3. Принцип Стенона и принцип Гексли	132
5.2.4. Принцип Гексли и принцип Мейена	133
5.2.5. Системный характер взаимоотношений принципов	136

Часть II. МЕРОНОМИЧЕСКИЕ ШКАЛЫ

Глава 6. Ортохронология	141
6.1. Ортостратиграфические группы	141
6.2. Конодонты	143
6.2.1. Общие сведения о конодонтах	143
6.2.2. Виды у конодонтов	144
6.2.3. Особенности эволюционного развития Ра-элементов	146
6.3. Гомотаксис видов и гомотаксис признаков	154
6.4. Эволюционные осцилляции	156

6.5. Дивергентная эволюция признаков	159
6.6. Дивергенция у конодонтов	161
6.6.1. Характеристика разреза и его опробование	161
6.6.2. Методика изучения	163
6.6.3. Реконструкция дивергентного развития	168
6.6.4. Особенности дивергентной эволюции конодонтов и ее значение для биохронологии	175
Глава 7. Мерономические шкалы как инструмент корреляции ..	181
7.1. Основные особенности мерономических шкал	181
7.2. Корреляция	183
7.2.1. Корреляция верхнекаменноугольных отложений	184
7.2.1.1. Корреляция верхней части касимовского яруса ...	184
7.2.1.2. Корреляция гжельского яруса	186
7.2.2. Корреляция нижнепермских отложений	198
7.2.2.1. Корреляция ассельского яруса	198
7.2.2.2. Корреляция сакмарского яруса	205
7.2.2.3. Корреляция артинского яруса	214
7.2.2.4. Корреляция кунгурского яруса	224
7.3. Общая оценка использованных шкал для целей отдаленной корреляции	227
Заключение	230
Summary	247
Список литературы	251

Научное издание

Валерий Владимирович Черных

ОСНОВЫ ЗОНАЛЬНОЙ БИОХРОНОЛОГИИ

Рекомендовано к изданию
ученым советом Института геологии и геохимии
и президиумом УрО РАН

Редактор **М.О. Тюлюкова**
Компьютерная верстка **Н.С. Глушковой**

ISBN 978-5-7691-2464-8



Подписано в печать 20.12.2016. Формат 70×100 1/16.
Бумага типографская. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 15,0. Тираж 300 экз.