

ПАРАДОКСЫ СТРАТИГРАФИИ**В.В. Черных***Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого УрО РАН, 620075, Екатеринбург, Почтовый пер., 7, Россия*

Обсуждается ряд противоречивых положений и установок в теории и практике стратиграфии, рассмотренных как парадоксы. Обращается внимание на принципиальную невозможность совместить широкое географическое распространение некоторой группы организмов с высокой скоростью видообразования ее представителей. Однако именно эта особенность традиционно принимается как основная для определения ортостратиграфических групп ископаемых организмов. Рассмотрен дуализм использования времени в стратиграфии, приведший к возникновению хроностратиграфии и концепции GSSP. Доказывается несовместимость хронологических и хронометрических датировок в стратиграфии. И, наконец, рассмотрен парадокс наименьшей хронологической единицы, связанный с тем, что в зональной хронологии существуют не одна, а несколько наименьших единиц — зон.

Ортостратиграфическая группа, хроностратиграфия, хронология, хронометрия, хронологические шкалы, зональное подразделение, концепция GSSP, стратиграфические границы.

PARADOXES OF STRATIGRAPHY**V.V. Chernykh**

Some contradictory positions and concepts of the theory and practice of stratigraphy regarded as “paradoxes” are discussed. Attention is paid to the fundamental impossibility to associate the wide geographic distribution of a group of organisms with a high rate of speciation of these organisms. However, it is this feature that is commonly used as the basis for determining orthostratigraphic groups of fossil organisms. The dualism of time in stratigraphy, which led to the emergence of chronostratigraphy and the GSSP concept, is considered. The incompatibility of chronological and chronometric datings in stratigraphy is proved. Finally, the paradox of the smallest chronological unit is examined, which is related to the existence of not one but several smallest units (zones) in zonal chronology.

Orthostratigraphic group, chronostratigraphy, chronology, chronometry, chronological scale, zonal subdivision, GSSP concept, stratigraphic boundaries

ВВЕДЕНИЕ

Здоровый консерватизм является одним из важных условий успешного развития науки: он охраняет необходимую для этого преемственность взглядов исследователей, противостоит поспешному натиску реформаторов и позволяет сохранить сами основания данного научного направления.

Очень показательным в этом отношении является развитие стратиграфии, которое является примером явной выраженной методической и методологической консервативности, когда на протяжении столетия сохраняются однажды принятые нормы и правила проведения научных исследований. Интересно, что в течение всего этого времени специалисты из поколения в поколение демонстрируют поразительное постоянство не только в соблюдении правил ведения стратиграфических исследований, но и в нарушении этих правил, и чаще всего даже не замечают этого. Это позволило в свое время С.В. Мейену на основании анализа устоявшихся за столетие норм и правил исследовательской деятельности сформулировать принципы стратиграфии и указать основные типы стратиграфических ошибок [Мейен, 1974]. Такая ситуация показалась мне примечательной, и я попытался внести свой посильный вклад в перечень стратиграфических накладок, выведя их под названием «парадоксы стратиграфии».

ПАРАДОКС ОРТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ГРУПП

Вначале несколько замечаний по поводу самого термина «ортостратиграфические группы». При всех многочисленных оговорках, которыми сопровождается упоминание этого термина 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. иметь высокую скорость эволюции [Степанов, Мессежников, 1979]. Среди ортостратиграфических групп организмов неизменно упоминаются граптолиты, аммоноидеи, конodontы, подчеркивается детальность стратиграфического расчленения разрезов по результатам изучения их ископаемых представителей, определяемая высокой скоростью видообразовательной эволюции,

© В.В. Черных, 2015

DOI: 10.15372/GiG20150404

отмечается высокий корреляционный потенциал построенных на них шкал, связанный с широким географическим распространением видов этих животных.

Собственно именно в этом совмещении высокой скорости эволюции с широтой географического распространения и усматривается парадокс, существо которого ясно из следующего высказывания Э. Майра: «...мы все больше убеждаемся в том, что величина популяции является самым важным показателем 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 приведенном отрывке наиболее важна мысль Э. Майра о том, что скорость эволюции находится в обратной зависимости с широтой географического распространения видов. Однако эту точку зрения трудно совместить с самим 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.

Я неоднократно излагал свои соображения по поводу возможной подоплеку описанного парадокса на примере использования конодонтов при построении детальных зональных шкал с высоким корреляционным потенциалом [Черных, 1986, 1987, 2005, 2008]. В частности, мною было показано, что при построении зональных шкал по конодонтам используются эволюционные тренды изменений морфологии определенного элемента скелета (Ра-элемента), гомологичного для всех представителей животных-конодонтоносителей. На основании индивидуальных особенностей строения Ра-элемента выделяются «роды» и «виды» конодонтов. Прослеживая затем смену установленных таким образом «видов» и выделяя в их развитии характерные стадии (морфотипы), выявляют эволюционные (морфологические) тренды, которые затем используют в качестве основы для построения зональной шкалы. Ясно, что установить по единственному элементу скелета виды конодонтов можно только случайным образом и поэтому очень редко они могут оказаться действительно настоящими видами животных. В подавляющем большинстве случаев однотипный Ра-элемент скелета может присутствовать у разных, хотя и родственных видов животных. По этой причине общая площадь распространения формального вида конодонтов, устанавливаемого по Ра-элементу, включает в себя суммарный ареал географического распространения некоторого количества реальных видов животных-конодонтоносителей. Это обстоятельство вполне объясняет необычайно широкое (для реального биологического вида) географическое распространение формальных видов (Ра-элементов) конодонтов, которое не сопровождается снижением темпов видообразовательной эволюции.

Использование таких «видов» позволяет построить детальные шкалы с высоким корреляционным потенциалом. Но построенные на такой основе зональные шкалы отличаются от таксономических шкал, традиционно используемых в биостратиграфии. Я предложил называть их «мерономическими» — от понятия «мерон» (класс частей, в данном случае Ра-элемент), введенного в систематику С.В. Мейеном [1977]. По таким шкалам оказывается возможным сопоставить разновозрастные, содержащие конодонты отложения Урала, Европы, Северной Америки, Азии. Я не стану останавливаться на предложенном объяснении синхронного параллелизма в развитии аллопатрических популяций родственных видов, привлечение которого необходимо для обоснования возможности глобальной корреляции по конодонтам. Это было сделано ранее в ряде опубликованных работ [Черных, 2005, 2008].

Я думаю, что близкое положение сохраняется при построении биохронологических шкал на основе граптолитов, тентакулитов, отчасти аммоноидей. В систематике аммоноидей обращается пристальное внимание на характер эволюционного изменения строения межкамерных перегородок — признака, несомненно, гомологичного для всех представителей этой стратиграфически ценной группы ископаемых. Такой подход к систематике аммоноидей обнаруживает определенную близость с выделением таксонов у конодонтов по гомологичному Ра-элементу.

Таким образом, универсальные хронологические шкалы, построенные на основе эволюции морфотипов, являются не теми, привычными в биостратиграфии, таксономическими, а, скорее, мерономическими шкалами [Черных, 2008]. И этим объясняется парадоксальность получаемых с их помощью результатов — совмещение широких корреляций и детальности сопоставляемых стратонов.

ПАРАДОКС ВРЕМЕНИ В СТРАТИГРАФИИ

«Надежда, что идеальной может стать метрическая шкала, по меньшей мере, наивна».

Б.С. Соколов

«Существует только одна стратиграфия, задача которой — хронологическое и историческое 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. 34]. В них подчеркивается необходимость четко отграничить физическое измерение времени (хронометрию) от исторического расчленения времени (хронологии) и закрепить в стратиграфии в качестве основного хронологического восприятие времени.

Эпиграф к настоящему разделу статьи, взятый из работы Бориса Сергеевича Соколова [1971, с. 165], предельно точно выражает мысль об иллюзорности надежд на разработку хронометрических оснований стратиграфии.

Сергей Викторович Мейен также настаивал на невозможности использования метрики физического времени в качестве основы стратиграфических исследований. Его точка зрения о принципиальной и практической невозможности сведения стратиграфии к метрическому подходу неоднократно высказывалась в его работах [Мейен, 1974, 1981] и наиболее четко обозначена в переписке с Кириллом Владимировичем Симаковым [Онопrienко, 2005]. Сам С.В. Мейен, по его собственному признанию, даже в тех случаях, когда ему чисто умозрительно приходится обращаться к актуалистическим моделям, например при взвешивании признаков для выбора «правильной гомотаксальности», пользуется той же самой хронологической шкалой порядка. Только отношения раньше/позже для этого случая «преобразуются в отношения быстрее/медленнее, т.е. картина остается чисто качественной, топологической» [Онопrienко, 2005, с. 90].

Отмеченная принципиальная «хронологическая» позиция классиков стратиграфии имеет прямое отношение к одному из парадоксов, который связан с использованием в стратиграфии самого загадочного атрибута материального мира — времени. Но в нашем случае нет причин глубоко вдаваться в философское и физическое осмысление этого понятия. Достаточно сказать, что стратиграфы в течение ста с лишним лет создавали свою историческую шкалу времени — хронологическую шкалу — и мерили геологическое время не циклами астрономических процессов, а теми геологическими и биологическими событиями, которыми это время было наполнено. В итоге мы имеем сегодня самую точную, зональную биохронологическую шкалу, которая позволяет детально воссоздать геологическую историю Земли, по крайней мере, на протяжении последних 542 млн лет.

Хронологические шкалы относятся к *шкалам порядка*. Пользуясь хронологической шкалой, мы устанавливаем временные бинарные отношения «раньше, чем» между геологическими телами [Гоманьков, 2007].

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, мы с успехом используем в стратиграфии то самое время-порядок, которое С.В. Мейен [1986] назвал «временем без часов», и, казалось бы, при существующем положении в стратиграфии вполне можем и должны 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. И, действительно, как-то неладно 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 и примириться. Но в действительности процесс раздвоения времени пошел значительно далее области стилистики и затронул самые 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 продолжает свое бытие [Международный..., 1978, 2002] и, мало того, породила не менее странную дочернюю концепцию GSSP [Cowie, 1986; Cowie, Ziegler et al., 1986].

Хроостратиграфия взяла под свою руку 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» [Международный..., 2002, с. 28]. Не остались в стороне и отечественные исследователи, признавшие, что «...основной особенностью хроостратиграфических подразделений является изохронность их границ» [Степанов, Мессежников, 1979, с. 357]. Все попытки урезонить создателей и адептов новой области стратиграфии-

ческих 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.

Нередко даже самым горячим приверженцам исторической стратиграфии изменяет чувство хронологического времени. Так, защищая понимание биостратиграфической зоны в качестве временного подразделения, многие из них апеллируют 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 большую 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» и, 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 же такое зона — слои ли это во времени или время, запечатленное в слоях [Мессежников, 1992] — совершенно бесплодны и потому излишни в «стратиграфии без часов». Конечно, мы легко можем себе представить материальные слои, сформировавшиеся за определенное (нематериальное) время. Но именно этого нематериального времени мы в стратиграфии и не имеем.

Субстратным подразделением, отвечающим зоне Z_A , является стратозона (субстратная зона) SZ_A — комплекс пород, заключенный в границах существования вида А, ограниченного «сверху» уровнем существования вида-потомка Б. Все операции в разрезе с использованием последовательности литологических слоев, позволяющей с помощью принципа суперпозиции установить, какие слои моложе, а какие древнее, не имеют прямого отношения к собственно стратиграфии, а относятся, по словам О. Шиндевольфа, к простратиграфическим операциям. Все эти операции не могут получить адекватного отражения на биохронологической зональной шкале, так как все слои в пределах стратозоны SZ_A датируются полной зоной Z_A , т.е. являются в хронологическом смысле одновозрастными.

Заметим также, что обыденное (физическое) время, в течение которого происходило накопление осадков (пород), относимых к разным стратозонам, чаще всего, по-видимому, различно. Вероятно, в литологически выдержанных, фациально однотипных разрезах можно предполагать примерное сохранение скорости накопления осадков и на этом основании дать относительную оценку времени, за которое произошло формирование каждой из стратозон, сравнив их мощности. В отдельных случаях можно убедиться в правильности такой оценки по результатам радиометрических исследований [Churkin et al., 1977]. Однако при этом сохраняется неопределенность в отношении того, насколько полно представлена та или иная стратозона в каждом из изучаемых разрезов. По этой причине сравнение в единицах физического времени продолжительности зон по их относительной мощности также сохранит свою неопределенность. Приходится принять условие, что все одноименные подразделения хронологической шкалы (и в первую очередь — зоны) являются равноценными (эквивалентными) и отличаются друг от друга единственным признаком — положением на шкале.

Далее я рассмотрю порядок установления стратиграфических границ, при котором делается попытка осуществить новейший синтез хронологии и хронометрии, что многим представляется весьма перспективным, учитывая несомненные успехи, которые в последние десятилетия сделала изотопная радиохронометрия.

ПАРАДОКС УСТАНОВЛЕНИЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ГРАНИЦ

«Вопрос о стратиграфических границах является важнейшим в стратиграфии и, следовательно, в биостратиграфии. Положение последней, кратко рассмотренное выше, позволяет считать решение проблемы стратиграфических границ, прямо вытекающим из биохронологической методики определения и систематики геологического времени»

Б.С. Соколов

Тесно связанным с парадоксом времени можно считать парадокс определения стратиграфических границ. В связи с тем, что в конкретных разрезах одна и та же стратозона может присутствовать в раз-

личном стратиграфическом объеме (как тейльзона), ее хронометрический возраст в разных разрезах может быть, вообще говоря, различным. Возраст также будет различным в пределах одного конкретного разреза стратозоны в разных ее частях — нижней, средней, верхней. Эти различия будут вступать в противоречие с их одинаковым «хронологическим возрастом», определяемым отношением к одной и той же зоне на шкале. Чем точнее выполнены хронометрические датировки в разных «хронологически одновозрастных» разрезах, тем более явственно будет выступать это противоречие. В этом, собственно, и состоит парадокс определения (установления) стратиграфических границ на основе их хронологического и «абсолютного» возраста.

Наиболее точно стратиграфические границы определяются по зональной биохронологической шкале, базисом которой 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 А, В, С и т.д. в их эволюционной последовательности. В таком понимании зоны на шкале представляют собой безразмерные риски (не имеют протяженности, равноценны, дискретны). Каждой такой зоне отвечает реальный природный объект — например, стратозона SZ_A , представленная конкретными породами в разрезе — от уровня появления в разрезе вида А до уровня появления в разрезе вида В. Я еще раз хочу обратить внимание на то, что здесь речь идет именно о «появлении вида в разрезе», так как на шкале мы используем однородное и хронологически одномоментное событие «существование вида». Каждая точка в этом интервале разреза, отнесенного к стратозоне SZ_A , датируется полной зоной А, и все эти точки хронологически одновозрастны. Если интересующая нас граница некоторого яруса попадает в разрезе в этот интервал, то мы датировем границу этого яруса, как и любые объекты в пределах стратозоны, соответствующей полной зоной А. Получается, таким образом, что стратиграфическая граница оказывается реально отвечающей полной зоне А и имеет в разрезе некую протяженность (толщину, мощность, равную стратозоне). Это именно та реальная точность, с которой возможно определить положение стратиграфической границы с помощью зональной биохронологической шкалы. 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 ее «иллюзорной», становится понятным, если учесть, что мы не можем определить, какой своей частью представлена в конкретном разрезе данная стратозона и, следовательно, не можем установить истинное положение ее основания. Стратозона может быть представлена и нижней, и самой верхней, словом, какой угодно своей частью. Из этого следует, что истинное «основание стратозоны», которое мы совмещаем с границей яруса, с помощью зональной шкалы или каким-то другим способом в конкретном разрезе установить невозможно. Та же неопределенность сохраняется и в любом другом разрезе, куда мы транслируем стратиграфическую границу, совмещая ее с основанием одноименной стратозоны, которая и здесь может быть представлена любой своей частью. Иными словами, закрепив в стратотипе некий уровень и коррелируя его как нижнюю границу яруса, мы реально остаемся в том же зональном интервале неопределенности, как если бы мы просто определяли основание яруса как зону А.

Разрешить этот парадокс, как будто бы, призвана концепция GSSP, в которой операция маркировки стратиграфической границы с указанием абсолютного времени (хронометрического, магнитометрического и всякого другого внешнеотсчетного времени) обрела уже некую обязательность [Cowie, 1986; Cowie et al., 1986]. Смысл этой концепции состоит в предложении фиксировать в специально подобранном разрезе нижнюю границу стратиграфического подразделения (например, яруса) и точки на ней для определения момента времени, с которым связана эта граница, и для 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» [Cowie et al., 1986, с. 5]. «Строгое требование в отношении GSSP необходимо для того, чтобы определить надлежащим образом момент геологического времени» [Там же].

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

Стратиграфическая граница любого стратона (яруса, отдела, системы) является по существу определенной зоной хронологической шкалы. В этой связи хронометрическую датировку стратиграфической границы и точки в стратотипе нельзя совместить с хронологической датировкой соответствующей этой границе зоны, где одновозрастными является бесчисленное количество точек, относящихся к данной зоне. Иначе говоря, точка-момент в хронометрии не имеет адекватного образа в хронологии, где все

одновозрастные (одномоментные) точки принадлежат наименьшему подразделению — зоне. По этой же причине в хронологии нет изохронной линии или изохронной поверхности в физическом смысле. Коротко все сказанное можно подытожить так: хронологическую шкалу порядка нельзя совместить, слить, объединить со шкалой интервалов, каковой является хронометрическая шкала. К этому же выводу, но с другой аргументацией раньше меня пришел С.С. Лазарев [2002].

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) единицам, 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, — является биозона, содержащая таксон-индекс и сопутствующая ему ассоциация других палеонтологических остатков, принимающая 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 (магнитометрия, радиометрия, шкала вариаций отношения стабильных изотопов С и О и т.п.), пока эта концепция предложить не смогла. Нет нужды распространяться на тему о весьма ограниченном применении такого типа шкал в стратиграфии, тем более — для определения и стабилизации стратиграфических границ.

Использование хронометрической датировки для определения границы в стратотипе и ее глобальной корреляции (если кто-то и впрямь решит использовать эту датировку таким образом) рано или поздно неизбежно придет в противоречие с определением границы по биохронологической шкале. До тех пор, пока ведущим методом в стратиграфии будет биохронологический, хронометрические критерии в определении и установлении стратиграфических границ будут вспомогательными, служащими только для общей ориентировки во времени-длительности.

ПАРАДОКС НАИМЕНЬШЕЙ ХРОНОЛОГИЧЕСКОЙ ЕДИНИЦЫ

Сессия Международного геологического конгресса в Париже (1901 г.) определила зону как наименьшую, элементарную биостратиграфическую единицу. Ранее на сессии Международного геологического конгресса в Болонье (1881 г.) зона как минимальная хронологическая единица получила название *момент*.

Обсуждаемый парадокс состоит в том, что в зональной стратиграфии существует не одно, а несколько наименьших основных подразделений хронологической шкалы, что, несомненно, должно считаться, по меньшей мере, странным, удивительным, иначе говоря, парадоксальным.

В российском Стратиграфическом кодексе [2006] предлагается выделять такие подразделения, как хронозона и биостратиграфическая зона. Если сравнить способы установления этих двух типов зон, то мы обнаружим, что они, в общем-то, идентичны. Действительно, согласно кодексу, хронозоны устанавливаются по биостратиграфическим данным, их границы определяются 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 самое время хронозона рассматривается как «таксономическая единица Общей стратиграфической шкалы, подчиненная ярусу» [Там же, 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 вторая выносится в не имеющую аналогов, особую категорию «биостратиграфических подразделений»? Чем, собственно, хронозона отличается от биостратиграфической зоны, в частности, от комплексной зоны? И та, и другая устанавливается по комплексу органических остатков и как та, так и другая должна, согласно кодексу, иметь свой стратотип. Если же только тем, что одна из них — хронозона — маркирует границу какого-либо яруса в его стратотипе, то это чисто служебная функция зональной шкалы, которая никак не отражается на существовании самого подразделения. И в этом случае биостратиграфическая зона абсолютно ничем не отличается от хронозоны. Может быть, дело в той особенности хронозоны, которая указывается мелким шрифтом в примечании к статье о хронозоне? В этом примечании 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» [Стра-

тиграфический... с. 22]. Это очень показательное примечание! Хотя авторы кодекса нигде не выделяли самостоятельной группы хроностратиграфических подразделений, как это сделано в Международном справочнике [2002], в цитируемом примечании совершенно отчетливо ощущается влияние хроностратиграфических установок. Интересно было бы узнать, как именно собираются авторы примечания устанавливать одновозрастность отложений без палеонтологической характеристики и сколь значительны их возможности в этом отношении. Но это — кстати сказать. Главное же 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 будем относить эти слои к той же самой комплексной зоне. В чем же тогда самобытность хронозоны?

Иначе говоря, есть все основания выделить в качестве наименьшего основного хронологического подразделения 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 мысль о том, что зона приобретает хронологическое содержание, только будучи включенной в общую зональную последовательность [Miller, 1965], 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, как правило, 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 справочных руководствах, как и в российских стратиграфических кодексах, 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. Да и четкая демаркация между зоной как подразделением шкалы и зоной как подразделением разреза нигде в кодексах никак 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 прояснить вопрос о том, что такое хронологическая шкала и что такое зональная хронологическая шкала в том идеальном смысле, который позволяет очертить крайние границы этих понятий.

Итак, поговорим о хронологической шкале. В наиболее общем виде ее можно определить как инструмент модельного представления хронологического времени. Хронологическая шкала — это шкала исторического, событийного, качественного времени. В метрологии подобные шкалы относятся к *шкалам порядка* и называют также *ординальными* или *ранговыми* шкалами. Эти шкалы определяют только порядок следования событий, на которых они построены. Как уже говорилось ранее, пользуясь хронологической шкалой, мы устанавливаем бинарные отношения «раньше, чем» между геологическими телами.

Зональное подразделение — это наименьшее из возможных подразделений хронологической шкалы. Это значит в первую очередь, что после каждого акта детализации зональной шкалы, о чем я еще буду говорить в дальнейшем, вновь вводимые зональные подразделения дополняют ранее существовавшие. И все они называются зонами и сохраняют статус основных наименьших подразделений зональной хронологической шкалы. И второе то, что зона как подразделение шкалы является своеобразным квантом хронологического времени. О хронологическом моменте можно говорить, имея в виду некое 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. Я думаю, что это определение, во-первых, подразумевает только материальный эквивалент зоны — стратозону (породы и заключенные в них фоссилии) и ничего не говорит 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 «померить» зону. В этой связи 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-порядка. И никакого другого времени у нас в хронологии нет. Субстратное выражение этого кванта хронологического времени (породы в разрезе), которое я называю стратозонной, имеет объем, линейную протяженность (толщину, мощность). Отношение между модальным представлением зоны на шкале и ее адекватным существованием в природе примерно такое же, как в физике между условной точкой и реальным физическим телом, которое изображается и мыслится в теоретических построениях в виде точки.

Резюмируя все сказанное, можно утверждать, что необходимым и достаточным в определении зоны будет указание на то, что зона является наименьшей единицей хронологической шкалы. Ее выделение основано на факте *существования* определенного вида ископаемых. Это существование далее неделимо: на шкале у него нет начала («появления»), нет конца («исчезновения»). Оно едино и хронологически мгновенно (квант хронологического времени). Если удастся разделить вид на некоторое количество таксонов — подвидов, морфотипов и т. п., то зона будет выделена на основе факта существования выбранной таксономической единицы с теми же хронологическими последствиями. Термин «зона» закрепляется за наименьшим (на настоящее время) подразделением хронологической шкалы, хотя бы и выделенным на основании подвида или морфотипа. Подзоны, зонулы, биогоризонты и прочая подзональная атрибутика должна быть упразднена из стратиграфической практики, исходя из принятого определения зоны.

Сделаю некоторые дополнительные пояснения к пониманию зоны как наименьшего подразделения хронологической шкалы. Вначале напомню определение хронологической шкалы так, как оно дано в работе С.В. Мейна [1974]. Согласно этому определению, «хронологическая шкала — это совокупность исторических (хронологических) событий, специально подобранных для дальнейших временных сопоставлений». Хронологические шкалы на палеонтологической основе назовем палеонтологическими. Палеонтологические шкалы, построенные на основе эволюционной последовательности видов ископаемых организмов (фратрии), я буду называть зональными биохронологическими шкалами. В идеале всякая зональная биохронологическая шкала должна быть *непрерывна* (что наилучшим образом достигается при использовании в качестве базиса при построении шкалы эволюционной линии видов) и маркирована последовательностью существования отдельных видов во фратрии. Здесь необходимо сделать оговорку в отношении ситуации, когда с появлением вида-потомка предковый вид может еще некоторое время продолжать существовать (дивергентное видообразование). Чтобы исключить перекрывание зон (что на зональной шкале отразить невозможно в силу минимальной размерности зональных подразделений), необходимо принять условие, что существование каждого последующего вида-индекса во фратрии завершает предыдущую зону и устанавливает следующую за ней зону.

И 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, зона является подразделением хронологической шкалы и может существовать в этом качестве только при наличии шкалы. Осознание этого требования с трудом пробируется (в примечании) среди необязательных слов, написанных по поводу биостратиграфической зоны в российском Стратиграфическом кодексе [2006]. В этом примечании сказано: «Выделение одной зоны среди нерасчлененных на зоны отложений не допускается. В этом случае должно быть выделено вспомогательное биостратиграфическое подразделение — слои с фауной (флорой)» (с. 38). Авторы этого текста мыслят зону только в разрезе («среди отложений»), хотя, несомненно, в приведенном тексте речь должна идти о зоне на шкале. Действительно, как уже упоминалось выше, зона приобретает хронологическое содержание только после включения ее в общую зональную последовательность. И, конечно же, шкала, состоящая из одной зоны, — это нонсенс. Можно в этой связи вспомнить «руководящие виды», которые как будто бы представляют пример зональной шкалы, сокращенной до одного подразделения. Строго говоря, использование этой однозонной шкалы для корреляции входит в противоречие с принципом Гексли, который рекомендует выполнять сопоставление разрезов по гомотаксальной последовательности видов (зон), т.е. такой последовательности, которая содержит не меньше, чем две зоны.

Как я уже сказал, все типы зон, предлагаемых в Стратиграфическом кодексе, рассматриваются авторами только как субстратные подразделения разрезов, и 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 рассмотрении правомерности и возможности корректного построения и маркировки шкал на основе тех типов зон, которые указаны и определены в Стратиграфическом кодексе [2006], я буду исходить из приведенных выше требований к зональным хронологическим шкалам и зональным подразделениям. Все приводимые ниже формулировки определения типов зон взяты из Стратиграфического кодекса [2006, с. 38, 39] и сопровождаются указанием соответствующей страницы и номеров фигур на схеме, которую я скопировал из кодекса в настоящую статью (рисунок).

1. *Зона распространения таксона (биозона)* — совокупность слоев, охватывающих полный стратиграфический интервал распространения какого-либо палеонтологического таксона, чаще вида (с. 38, фиг. 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, то можно видеть, что «полный интервал распространения» соответствующего вида полностью

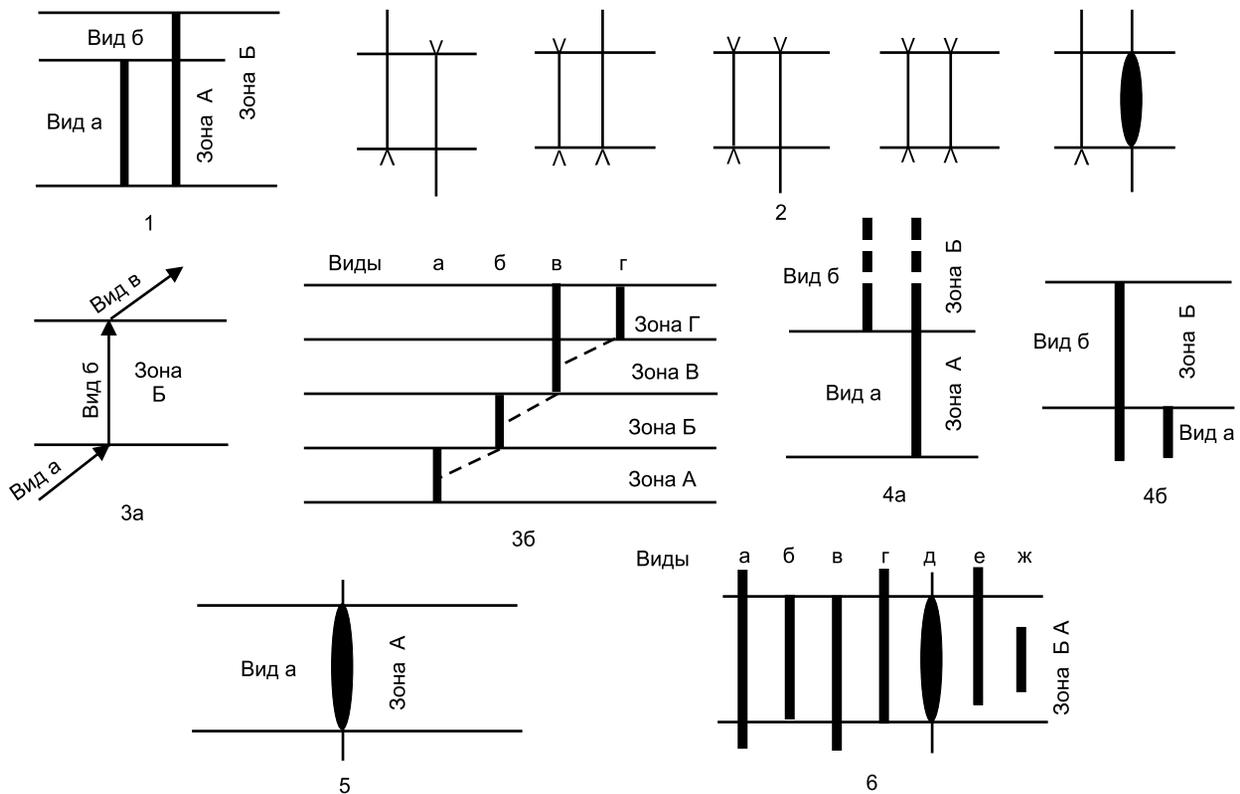


Рисунок. Биостратиграфические зоны, по [Стратиграфический кодекс..., 2006].

1 — зона распространения таксона (биозона); 2 — варианты зоны совместного распространения таксонов; 3 — варианты филогонии (а — филогонии видов, последовательно сменяющих друг друга, б — филогонии, 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.

отвечает событию «существование вида», которое я предлагаю использовать для идентификации зоны. Иначе говоря, биозона в таком определении идентична понятию «зона» и является излишним термином.

2. *Зона совместного распространения* — слои, отвечающие совпадающим частям интервала стратиграфического распространения двух выбранных видов, биозоны которых могут быть различны (с. 38, фиг. 2).

Как было сказано выше, на зональной хронологической шкале отразить такое событие, как «совместное распространение двух выбранных видов», невозможно в силу минимальной размерности зональных подразделений. То, что названо выше «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 присутствуют два вида. В подстилающих и перекрывающих слоях их либо нет, либо они присутствуют отдельно. Это и есть та ситуация, когда мы можем выделить вспомогательное биостратиграфическое подразделение — слои с этими двумя видами. Отмеченные на фиг. 2 события первого появления (возникновения) и окончательного исчезновения (вымирания) каждого из этих видов, поданы в хронометрическом смысле, не имеют эквивалентных хронологических аналогов. И потому здесь их рассмотрение опустим.

3. *Комплексная зона* — совокупность слоев, охарактеризованных комплексом древних организмов из трех или более таксонов, отличным от комплексов подстилающих и перекрывающих слоев (с. 39, фиг. 6).

Сказанное выше 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 совместно размещенных в данных слоях видов («трех и более таксонов»), что, как отмечено выше, не может быть отражено на зональной хронологической шкале в силу минимальной размерности зональных единиц.

Я не обсуждаю здесь *экозону*, так как в кодексе она рассматривается как «разновидность комплексной зоны» и, действительно, является таковой. И комментарии будут содержать все те же замечания по поводу невозможности отразить на хронологической шкале комплекс видов как некое однозначное событие, требуемое для маркировки шкалы. Тем более, что в данном 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, Мессежников, 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 (фиг. 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 такая шкала должна быть маркирована событием «существование данного вида» в эволюционной последовательности отдельных видов во фратрии. Именно это требование обеспечивает выделение филозон на хронологической шкале. В том случае, когда фратрия состоит из так называемых «последовательных видов» [Грант, 1980], переходящих непосредственно один в другой, то маркировка шкалы выполняется просто по факту существования каждого вида (фиг. 3а). Однако дивергентное развитие видов во фратрии может приводить к совместному существованию вида-предка с видом-потомком (фиг. 3б). В этом случае, чтобы исключить событие «сосуществование видов» (которое на зональной шкале отразить невозможно в силу минимальной размерности зональных подразделений, а следовательно, и события «существование вида»), необходимо принять условие, что существование каждого последующего вида во фратрии завершает предыдущую зону и устанавливает следующую за ней зону. Использование термина «зональная биохронологическая шкала» (т.е. палеонтологическая шкала на эволюционном филогенетическом базисе) позволяет считать термин «филозона» синонимом «зоны» и не прибегать к его употреблению. Единственно, что может быть отмечено — это использование эволюционной последовательности (линии, фратрии) ископаемых данной группы для выделения зон.

5. *Интервал-зона* — слои, заключенные между первым появлением какого-либо характерного таксона (обычно вида-индекса) данной зоны и первым появлением характерного таксона (обычно вида-индекса) вышележащей зоны (фиг. 4а). В пределах непрерывной последовательности интервал-зоны могут выделяться (фиг. 4б) и как слои, заключенные между уровнями исчезновения характерного таксона подстилающей зоны и характерного таксона 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. В этом случае зона может быть выделена на шкале с той же оговоркой, которая сделана для такого типа филозоны: существование каждого последующего вида в используемой их последовательности завершает предыдущую зону и устанавливает следующую за ней зону. Однако непрерывность шкалы на основе полученных таким путем зон можно обеспечить только в том случае, если при построении будет все время однообразно использоваться однотипная последовательность интервал-зон без перерывов и зияний, что возможно только для весьма ограниченного стратиграфического интервала.

В установлении интервал-зоны используются два независимо развивающихся вида, один из которых существует раньше другого, тогда как базисом филозоны является развитие филогенетически связанных видов. По этой причине обеспечить непрерывность хронологической шкалы на основе последовательности генетически разнородных таксонов значительно труднее, чем на основе 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. Он основан на том же принципе — зональное подразделение соответствует событию «существование вида» с оговоркой, что существование каждого последующего вида в их последовательности завершает предыдущую зону и устанавливает следующую за ней зону. Этот прием коротко именуют как «выделение зоны по первому появлению / исчезновению 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 прием подразумевает выделение зон (стратозон) в разрезе. И, 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 «появление» или «исчезновение» таксона.

6. *Акмезона (эпибола)* — слои, в которых какой-либо таксон достигает максимума частоты встречаемости (с. 39, фиг. 5).

Данный феномен (максимум частоты встречаемости) не может быть применен для градуировки зональной шкалы по ряду причин. Первая та, что этот феномен не имеет ясных границ существования и нужно вводить некие условные границы (начиная 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 построения зональных хронологических шкал не исключает их использования как метода 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, и 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, комплексной зоной, биогоризонтом или как-то еще. Логичнее и целесообразнее называть это наименьшее подразделение *зоной*, так как этот термин имеет исторический приоритет перед другими названиями. И никаких других подразделений зональный метод в биостратиграфии не использует. Так разрешается этот последний из обсуждаемых здесь парадоксов.

Работа выполнена при поддержке проекта конкурсных программ фундаментальных научных исследований УрО РАН (проект № 12-У-5-1007).

ЛИТЕРАТУРА

- Буко А.** Эволюция и темпы вымирания. М., Мир, 1979, 318 с.
- Гоманьков А.В.** Геологическое время и его измерение. М., Товарищество научных изданий КМК, 2007, 58 с.
- Грант В.** Эволюция организмов. М., Мир, 1980, 407 с.
- Лазарев С.С.** Понятие «время» и геологическая летопись земной коры // Вопросы философии, 2002, № 1, с. 77—89.
- Международный стратиграфический справочник** / Ред. Х. Хедберг. Пер. с англ. И.С. Барскова. Москва, Мир, 1978, 226 с.
- Международный стратиграфический справочник: сокращенная версия.** International Stratigraphic Guide / Под ред. М. Мёрфи, А. Сальвадора. Ответственный редактор русскоязычного издания Ю.Б. Гладенков. М., ГЕОС, 2002, 38 с.
- Мейен С.В.** Введение в теорию стратиграфии. М., 1974, 186 с. Деп. в ВИНТИ, № 1749-74.
- Мейен С.В.** Таксономия и мерономия // Вопросы методологии в геологических науках. Киев, Наук. думка, 1977, с. 25—33.
- Мейен С.В.** От общей к теоретической стратиграфии // Сов. геология, 1981, № 9, с. 58—69.
- Мейен С.В.** Время без часов, или похвальное слово создателям геохронологии // Знание — сила, 1986, № 12, с. 33—34.
- Мессежников М.С.** Зональные стратиграфические подразделения (назначение, содержание, виды) // Изв. АН СССР, Сер. геол., 1992, № 6, с. 5—15.
- Онопrienко В.И.** Письма С.В. Мейена к К.В. Симакову // Памяти Сергея Викторовича Мейена (к 70-летию со дня рождения) / Тр. Международной палеоботанической конференции. Москва, 17—18 мая 2005 г. Вып. 3. М., ГЕОС, 2005, с. 78—102.
- Соколов Б.С.** Биохронология и стратиграфические границы // Проблемы общей и региональной геологии. Новосибирск, Наука, 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., ВСЕГЕИ, 2011, с. 3—10.
- Степанов Д.Л., Мессежников М.С.** Общая стратиграфия (принципы и методы стратиграфических исследований). Л., Недра, 1979, 423 с.
- Стратиграфический кодекс России.** Издание третье / Ред. А.И. Жамойда. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2006, 96 с.
- Черных В.В.** Метод отдельных признаков в биостратиграфии // Бюл. МОИП, Отд. геол., 1986, т. 61, № 5, с. 56—64.

Черных В.В. Гомотаксис, синхронность и ортостратиграфические группы // Теоретические и прикладные аспекты современной палеонтологии // Тезисы докладов XXXIII сессии ВПО, Ленинград, январь, 1987 г. Л., ВСЕГЕИ, 1987, с. 79—81.

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

Черных В.В. Определение ярусных границ Международной стратиграфической шкалы по конодонтам // Литосфера, 2008, № 1, с. 3—17.

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

Cowie J.W. Guidelines for boundary stratotypes // Episodes, 1986, v. 9, № 2, p. 78—82.

Cowie J.W., Ziegler W., Boucot A.J., Basset M.G., Remane J. Guidelines and statutes of the International Commission on Stratigraphy (ICS) // Cour. Forsch. Inst. Senckenberg, 1986, № 83, p. 1—14.

Churkin M., Carter Cl., Johnson B.R. Subdivision of Ordovician and Silurian time scale using accumulation rates of graptolitic shale // Geology, 1977, v. 5, № 8, p. 452—456.

Miller T.G. Time in stratigraphy // Palaeontol., 1965, № 8, p. 113—131.

Поступила в редакцию

20 июня 2014 г.