

## Биохронологическая корреляция границ стратиграфических подразделений фанерозоя

В. В. Черных

Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН, 620110, г. Екатеринбург,  
ул. Академика Вонсовского, 15, e-mail: chernykh@igg.uran.ru

Поступила в редакцию 15.10.2025 г., принята к печати 16.10.2025 г.

*Объект исследования.* Обсуждаются вопросы, связанные с задачей корреляции границ стратиграфических подразделений. Дана экспликация понятий: хронология, хронометрия, зона, зональный метод, стратиграфическая граница, маркировка стратиграфической границы, установление хронологической идентичности стратиграфических границ. *Материал и методы.* Указаны критерии корректного выполнения корреляции границ стратиграфических подразделений в разрезах отдаленных регионов. *Результаты.* Границей смежных стратиграфических подразделений, установленной с помощью зональной биохронологической шкалы, является определенная зона. В разрезе этой границей является соответствующая (одноименная) стратозона. Линейный характер границ геологических объектов, определяемых с помощью хронологической шкалы, фиксируется только на зональной шкале. Реальные (природные, материальные) границы геологических объектов в разрезе всегда объемные. *Выводы.* Для корректного сопоставления стратиграфических границ необходимо иметь элементарную зональную биохронологическую шкалу, состоящую из трех зон. Элементарная зональная биохронологическая шкала является основным инструментом маркировки и параллелизации границ стратиграфических подразделений на всех уровнях иерархической системы стратиграфии фанерозоя. Сопоставляемые границы стратиграфических подразделений, расположенные в отдаленных разрезах, выступают одновозрастными (хронологически идентичными), если они размещаются в пределах определенной, одноименной стратозоны, установленной с помощью стандартной для данного стратиграфического интервала зональной биохронологической шкалы.

**Ключевые слова:** хронология, хронометрия, зональный метод, зона, зональные биохронологические шкалы, элементарная биохронологическая шкала, маркировка, корреляция

### Источник финансирования

Работа выполнена в рамках НИР государственного задания ИГГ УрО РАН, тема № 123011800010-5

## Biochronological marking and correlation of the boundaries of Phanerozoic stratigraphic units

Valerii V. Chernykh

A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, 15 Academician Vonsovsky st.,  
Ekaterinburg 620110, Russia, e-mail: chernykh@igg.uran.ru

Received 15.10.2025, accepted 16.10.2025

*Research subject.* The issues related to the task of correlating the boundaries of Phanerozoic stratigraphic units are discussed. The concepts of chronology, chronometry, zone, zonal method, stratigraphic boundary, marking of stratigraphic boundaries, establishing the chronological identity of stratigraphic boundaries are defined. *Material and methods.* Criteria for the reliable correlation of stratigraphic boundary division in remote-region sections are specified. *Results.* The boundary of adjacent stratigraphic divisions established using the zonal biochronological scale is a certain zone. This boundary is the corresponding (eponymous) stratozone in the section. The linear nature of the boundaries of geological objects, determined using the chronological scale, is recorded only on the zonal scale. Real (natural, material) boundaries of geological objects in the section are always volumetric. *Conclusions.* For the accurate comparison of stratigraphic boundaries, an elementary zonal biochronological scale comprising three zones is required. This scale serves as the primary tool for the identification and correlation of stratigraphic boundaries across all hierarchical levels of the Phanerozoic stratigraphic system. Boundaries of stratigraphic units located in distant sections are considered coeval (chronologically equivalent) provided that they occur within a specific, eponymous stratozone defined using a standard zonal biochronological scale for the corresponding stratigraphic interval.

**Для цитирования:** Черных В.В. (2026) Биохронологическая корреляция границ стратиграфических подразделений фанерозоя. *Литосфера*, 26(2), 397-406. <https://doi.org/10.24930/2500-302X-2026-26-2-397-406>. EDN: LXUBEI

**For citation:** Chernykh V.V. (2026) Biochronological marking and correlation of the boundaries of Phanerozoic stratigraphic units. *Lithosphere (Russia)*, 26(2), 397-406. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/2500-302X-2026-26-2-397-406>. EDN: LXUBEI

**Keywords:** *chronology, chronometry, zonal method, zone, zonal biochronological scales, elementary biochronological scale, marking, correlation*

**Funding information**

*The work was conducted within framework of state assignment of IGG UB RAS (No. 123011800010-5)*

На всех уровнях иерархической системы стратиграфии фанерозоя границы подразделений должны определяться лишь видовыми зонами.

Б.С. Соколов

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается заметный спад интереса исследователей к общим вопросам стратиграфии, что связано, вероятно, с далеко не лучшим состоянием геологической отрасли знаний как таковой. Хотелось бы надеяться, что это временное состояние и в недалеком будущем интерес к теоретическим проблемам геологии в целом и стратиграфии в частности будет поднят на прежний уровень. Говоря об этом, мы имеем в виду ряд работ отечественных и зарубежных исследователей конца прошлого века, которые сыграли особую роль в постановке и решении наиболее важных проблем стратиграфии. Понятно, что в одной статье обсуждение таких работ не может охватить полный их список. Однако те из них, которые упомянуты в настоящей публикации, являются действительно важными для понимания современного состояния проблематики стратиграфического аспекта геологических знаний.

Вопросы, рассмотренные в данной работе, не затрагивают принципов и методических оснований *установления* границ стратиграфических подразделений. Речь идет о биохронологической *параллелизации* границ уже установленных стратиграфических подразделений в разрезах отдаленных регионов.

Как показано в капитальной монографии Георгия Павловича Леонова, *установление* хроностратиграфических подразделений фанерозоя выполнялось на основе регионально-геологических данных (Леонов, 1973, 1974), включая сведения о комплексах встречающихся ископаемых организмов. После признания конкретных разрезов хроностратиграфических подразделений в качестве эталонных (стратотипических) их границы были *промаркированы* (эта работа продолжается и в настоящее время) с использованием зональных биохронологических шкал. Особенности построения и применения этих шкал для маркировки и параллелизации границ стратиграфических подразделений рассматриваются в настоящей работе.

## I. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ХРОНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ СТРАТИГРАФИИ

Для обсуждения обозначенной темы необходимо внести ясность в авторское восприятие основных терминов и понятий, используемых в работе. К ним следует отнести в первую очередь такое понятие, как собственно хронология, которое до сих пор трактуется неоднозначно разными исследователями. Кроме этого, нужно дать определение понятию “хронологическая шкала” и производным от него “зональная биохронологическая шкала”, “зональный метод в биохронологии”. Наконец, как ни странно на первый взгляд, нет единства мнений и в хронологической интерпретации термина “стратиграфическая граница”, или, точнее, “граница стратиграфического подразделения”, что потребовало экспликации и этого, казалось бы, общепринятого понятия. К числу важных для решения вопросов корреляции границ стратиграфических подразделений следует также отнести процедуру унификации автономных биохронологических шкал и создание на этой основе комплексной характеристики зональных подразделений нормативной для данного стратиграфического интервала шкалы. Отдельно дано определение категории “элементарная зональная шкала” – ключевому инструменту корреляции границ стратиграфических подразделений.

После выполнения этой работы можно предметно обсудить процедуру маркировки и корреляции границ стратиграфических подразделений с использованием зональных биохронологических шкал.

### 1. Хронология

Несмотря на аргументированное определение, данное этому понятию Отто Генрихом Шиндевольфом (1975), многие исследователи используют термин “хронологическая” как синоним термина “временная” и включают в хронологию как, собственно хронологию, так и хронометрию (Леонов, 1974; Степанов, Месежников, 1979; Халфин, 1980).

Последовательность исторических событий во времени, перечень каких-либо событий в их временной последовательности относится к области хронологии. В содержание этого понятия вкладывается “не исчисление времени годами и столетиями, а расчленение, вытекающее из самого содержания исторического процесса” (Шиндевольф, 1975, с. 34). Соответственно, при построении хронологической шкалы “естественные единицы подразделения заимствуются из самого исторического процесса вне зависимости от их абсолютной продолжительности” (Шиндевольф, 1975, с. 10).

Внешние временные рамки, используемые для рассмотрения последовательности событий, относятся к области хронометрии.

Последовательность событий, специально подобранных по отношению “раньше/позже” для дальнейших временных сопоставлений (т. е. для последующей корреляции), мы вслед за Сергеем Викторовичем Мейеном (1974, 1989) назовем хронологической шкалой. Одинаковая стратиграфическая последовательность тождественных событий (гомотаксис), сохраняющаяся в конкретных геологических разрезах, используется в качестве основы для построения событийной (хронологической) шкалы.

## 2. Зональные биохронологические шкалы

К зональным биохронологическим шкалам относятся шкалы, в основу построения которых положены элементарные события эволюционного развития определенной группы ископаемых организмов (Черных, 2005). Этот тип хронологических шкал противопоставлен *биостратиграфическим шкалам*, в основе построения которых лежит выделение хронологической последовательности комплексов ископаемых, характерных для соответствующих подразделений разреза. Примерно такую же разработку типов шкал предложили немецкие исследователи в середине прошлого века, выделившие *авто- и аллохронологию* (Richter, Richter, 1954).

Хронологические шкалы относятся к шкалам порядка, которые устанавливают фиксированный порядок расположения объектов в соответствии с уровнем интенсивности рассматриваемого свойства. Применительно к биохронологическим шкалам наиболее явственно их принадлежность к шкалам порядка выступает в случае, когда для построения шкалы используется направленно изменяющаяся последовательность признаков – эволюционные тренды. Каждое следующее подразделение шкалы приближает состояние признака от его начального значения к конечному в данном филетическом ряду форм. Во-первых, как всякий измерительный инструмент биохронологическая шкала должна быть независима от измеряемого объекта, во-вторых, сам процесс, события которого используются для построения шкалы, дол-

жен обеспечивать возможность его расчленения на равнозначные единицы. С учетом этих требований истинными хронологическими шкалами в настоящее время можно считать зональные биохронологические шкалы, в построении которых применяется эволюционная последовательность однотипных событий (“существование видов”) в развитии группы организмов, что позволяет получить шкалу порядка, состоящую из относительно равноценных (соразмерных, эквивалентных, конгруэнтных) подразделений – зон (Черных, 2023).

В основу построения зональных биохронологических шкал закладывается последовательность элементарных событий эволюционного развития выбранной группы ископаемых: существование вида А, существование вида Б, существование вида В и т. д. Существование каждого следующего вида завершает предыдущую зону и открывает следующую за ней зону.

Следует отметить основную особенность зональных подразделений биохронологических шкал, которую необходимо учитывать при их использовании. Имеется в виду принятие зоны в качестве минимального подразделения шкалы, что выражается в линейной размерности зоны, и ее обозначение меткой-риской на временной оси. Зона в хронологии – это момент хронологического времени. Все зоны на шкале равноценны, не делятся на части, между смежными зонами нет временных переходов и различаются они только местом расположения на шкале.

Минимальному (линейной размерности) зональному подразделению А на временной оси, т. е. *на шкале*, в конкретном разрезе отвечает трехмерный (объемный) материальный эквивалент – одноименная *стратозона А*. Границы стратозоны А в разрезе определяются по уровням появления в разрезе вида А и следующего за ним в эволюционном ряду вида Б. Все объекты, не выходящие за пределы границ стратозоны А, имеют один и тот же хронологический возраст на зональной биохронологической шкале – зона А. Граница стратиграфического подразделения (например, яруса), независимо от ее положения в пределах стратозоны А, определяется на шкале как зона А. Это максимальная точность, с которой может быть определен возраст любого объекта, в том числе стратиграфической границы, по зональной шкале.

Как уже отмечено, хронологические границы геологических объектов *в разрезе*, устанавливаемые с помощью зональной биохронологической шкалы, имеют трехмерное измерение, т. е. являются объемными. Этот вывод не запрещает использовать привычное для стратиграфов установление положения стратиграфической границы в разрезах как границы линейной (литологической, совпадающей или близко расположенной с уровнем первого появления вида А), но должен, безусловно, учи-

тиваться при корреляции разновозрастных границ в различных разрезах. *Границы стратиграфического подразделения, находящиеся в сопоставляемых разрезах в пределах одноименной стратозоны, независимо от того в какой ее части они находятся, являются хронологически разновозрастными.*

В отношении практического применения зональных биохронологических шкал можно обозначить главное и, вероятно, единственное их назначение – они используются для маркировки и корреляции границ геологических объектов, в первую очередь границ стратиграфических подразделений.

### 3. Границы стратиграфических подразделений

Существуют различные точки зрения на характер и особенности границ стратиграфических подразделений.

Леонтий Леонтьевич Халфин полностью разделяет взгляды А.П. Карпинского в отношении постепенного, переходного характера границ между стратонами и считает, что “представление о границах между подразделениями МСШ как об уровнях, поверхностях, а не трехмерных телах является сохранившимся до наших дней пережитком теории катастроф” (Халфин, 1980, с. 75).

Противоположную точку зрения о стратиграфических границах отстаивает Владимир Ливонович Егоян. Он понимает под стратиграфической границей “уровень смены качественных признаков, свойственных разделяемым ею объектов” (Егоян, 2012, с. 44) и считает, что “стратиграфическая граница не имеет объема и, конечно, не является стратоном” (Егоян, 2012, с. 43). В данном случае указание на отсутствие объема можно расценивать как признание линейного характера стратиграфической границы.

Подчеркнем, что и Л.Л. Халфин, и В.Л. Егоян мыслят стратиграфическую границу не иначе как границу между материальными стратиграфическими подразделениями в разрезе и ничего не говорят о границе на хронологической шкале. Причина этого все та же: большинство исследователей не разделяют понятия “хронологическая шкала” и “геологический разрез”, полагая, что это разделение уже выполнено введением понятий “геохронологическое подразделение” и “стратиграфическое подразделение”.

Однако геохронологические подразделения, т. е. век, эпоха, период и т. д., несмотря на их название “геохронологические”, не имеют никакого отношения к хронологии, используемой в стратиграфии, и относятся к области физического времени. Чтобы это осознать, достаточно ознакомиться с определением понятия “геохронологическое подразделение”, приведенном в последнем отечественном Стратиграфическом кодексе: “Геохронологическое подразделение – интервал геологического времени, в течение которого образовались горные поро-

ды, входящие в состав данного стратиграфического подразделения, включая время внутренних перерывов” (Стратиграфический..., 2019, с. 10). Включение времени внутренних перерывов в интервал геологического времени говорит с полной определенностью о том, что время здесь подразумевается физическое.

Повторим принимаемую нами формулировку понятия “стратиграфическая граница”. Корректно и наиболее точно определенная материальная стратиграфическая граница – это интервал (стратозона) между смежными стратиграфическими подразделениями в разрезе, положение которого (которой) установлено на зональной биохронологической шкале как определенная зона. Именно в таком представлении стратиграфическая граница в силу минимальности зонального подразделения оказывается (как ее представляет В.Л. Егоян) линейной *на шкале* и интервальной (как ее представляет Л.Л. Халфин) *в разрезе*. Но чтобы это понять, нужно четко определить и дифференцировать зональную биохронологическую шкалу как инструмент измерения и геологический разрез как объект измерения. Более подробно это положение рассмотрено далее.

### 4. Зона, стратозона и зональный метод в стратиграфии

В качестве основного и наиболее точного инструмента корреляции границ стратиграфических подразделений, расположенных в отдаленных разрезах, служит зональная биохронологическая шкала. В связи с этим в качестве преамбулы к обсуждению самой процедуры корреляции уместно представить главные положения, лежащие в основе создания и применения зональной биохронологической шкалы. Выполнение этой задачи резонно начать с рассмотрения понятий “зона” и “зональный метод”.

Обсуждение содержания данных понятий в стратиграфии имеет длительную историю, большое количество участников и обширную литературу. Наиболее обстоятельно работы, в которых затрагиваются вопросы зонального расчленения, были проанализированы Д.Л. Степановым (1958), Д.М. Раузер-Черноусовой (1967), Г.П. Леоновым (1973), О. Шиндевольфом (1975), В.В. Меннером (1980), Ю.Б. Гладенковым (2010).

Несмотря на разнообразие высказанных по этому поводу точек зрения, есть одно общее, что объединяет мнения подавляющего числа участников обсуждения. Практически все они безоговорочно воспринимают зону как субстратное подразделение разреза и почти никогда не упоминают зону как подразделение биохронологической шкалы, которой, собственно, мы и пользуемся при маркировке и корреляции границ стратиграфических подразделений в разрезах. Очень редко можно встретить

работы, в которых авторы наряду с зонами как материальными объектами упоминают хронологические зоны-события (Harrington, 1965) или обращают внимание на то, что зональные шкалы создаются до выделения субстратных зональных подразделений (Рубель, 1982).

Для большинства специалистов зональная шкала представляется в виде некоего сводного разреза, включающего определенную последовательность зон. В соответствии с таким представлением зона рассматривается как “материальное объективно существующее стратиграфическое подразделение, выраженное отложениями определенной мощности и охарактеризованное зональным комплексом ископаемых организмов” (Раузер-Черноусова, 1967, с. 104). Устойчиво сохраняется и тематика разделов в публикациях, посвященных вопросам зональной стратиграфии. Как правило, обсуждаются типы зон, критерии зонального расчленения, корреляционный потенциал зон, принципы выделения зон и т. п. Во всех таких случаях речь идет о зонах как подразделениях разреза. Вопрос о том, что представляет собой зона на хронологической шкале, не обсуждается. Вместе с тем четкая дифференциация понятий “зона как подразделение хронологической шкалы” и “зона как подразделение разреза” совершенно необходима для понимания смысла высказанных суждений о зоне, зональном методе и его использовании в стратиграфии.

Никто из специалистов при обсуждении зонального метода не дал его определения и почти никто, за редким исключением (Месежников, 1966; Леонов, 1974), не указал, что основной его функцией в стратиграфии является маркировка и корреляция стратиграфических границ. С этим связано и редкое в литературе, посвященной рассмотрению вопросов зональной стратиграфии, упоминание о зональной хронологической шкале, особенностях ее построения и практического использования при параллелизации границ стратон. В связи с этим была задумана настоящая работа, посвященная именно вопросу корреляции границ стратиграфических подразделений с использованием зональной биохронологической шкалы.

Понятие “зона” является основным при обсуждении зонального метода в биостратиграфии. Однако, как было отмечено, большинство авторов воспринимают зону как часть разреза и полностью опускают ее рассмотрение как подразделения шкалы. О. Шиндевольф в одной из последних своих работ открывает раздел, озаглавленный “Зона”, следующей ремаркой: “Бесконечные дискуссии велись и о понятии зона: следует придавать ей хронологическое значение или стратиграфический смысл? В соответствии со своими теперешними взглядами я считаю это пустой тратой времени и резко осуждаю себя за то, что некогда принимал участие в столь бесплодных дискуссиях” (Шиндевольф, 1975, с. 46). Несколько

далее он все-таки дает определение понятию зона: “я склонен толковать зону в ее общепринятом смысле как самую меньшую хронологическую стратиграфическую единицу, которую можно выделить и применить” (Шиндевольф, 1975, с. 47). Следует согласиться с О. Шиндевольфом в понимании зоны как наименьшего подразделения хронологической шкалы, но не нежно отождествлять зону как подразделение шкалы и отвечающее ей подразделение разреза, что явно просматривается в использованном названии “хронологическая стратиграфическая единица”. В течение теперь уже нескольких десятилетий мы настаиваем на строгой дифференциации зоны как наименьшей единицы хронологической шкалы и зоны как стратиграфического подразделения разреза, которую мы, вслед за П. Сильвестер-Бредли (Sylvester-Bradley, 1967), предложили называть стратозоной (Черных, 2005). Это, безусловно, взаимосвязанные, но самостоятельные понятия.

Элементарным событием, которое используется для установления наименьшего (зонального) подразделения биохронологической шкалы и которое не может делиться на части из-за риска быть потерянным, является событие “существование вида” (Черных, 2016, с. 37). Временная последовательность событий “существование видов А, Б, В и т. д.” положена в основу построения зональных биохронологических шкал: событие “существование” каждого последующего вида-индекса в эволюционном ряду форм завершает предшествующее зональное подразделение на шкале и открывает следующую за ним зону.

Зональная биохронологическая шкала на эволюционной (филогенетической) основе является наиболее эффективным инструментом установления соответствующей стратозоны в разрезе. Следует подчеркнуть, что построение зональной шкалы является исходным актом и всегда предваряет выделение стратозоны в разрезе. В связи с этим едва ли можно считать зону в разрезе “материальным объективно существующим стратиграфическим подразделением”. Стратозон будет столько, сколько автономных зональных шкал будет использовано при их выделении в разрезе. Единственный способ придать стратозоне некую (условную, конвенциональную) определенность (“объективность”) – это выбрать автономную зональную шкалу в качестве стандартной, нормативной для данного интервала разреза (Черных, 2005). Но и в этом случае позиция и, следовательно, материальное, вещественное выражение зоны (стратозоны) в разрезе полностью определяется содержанием, которое мы вкладываем в зональное подразделение на шкале.

Зональный масштаб при построении биохронологической шкалы мы получаем из анализа эволюционного изменения той или иной группы организмов, запечатленного в палеонтологической летописи, независимо от того, как выполнено стратиграфи-

ческое расчленение разреза. Зона является наименьшим подразделением биохронологической шкалы и принимается в качестве момента хронологического времени. Зональному подразделению *в разрезе* отвечает трехмерное стратиграфическое подразделение – стратозона – комплекс пород, имеющий определенную мощность и протяженность.

Заострим внимание на том, что наиболее важно в контексте обсуждаемой темы. В силу наименьшей размерности зонального подразделения *все объекты, размещающиеся в разрезе в пределах стратозоны, вне зависимости от того, в какой ее части они находятся, имеют одинаковый хронологический возраст, равный одноименной зоне*. Следовательно, *любая стратиграфическая граница, находящаяся в пределах данной стратозоны, датируется полной зоной* (Черных, 2005, 2016, 2023). Иными словами, *хронологические границы любых геологических объектов, включая границы стратиграфических подразделений, трехмерны*. Их наиболее точное положение в разрезе определяется отнесением к соответствующей стратозоне. Еще раз подчеркнем: это максимальная точность (с точностью *до зоны*), с которой может быть определено хронологическое положение геологических объектов, включая стратиграфические границы (Черных, 2014а, б).

К этому важному выводу невозможно прийти без признания зоны в качестве наименьшего хронологического подразделения и четкого разделения *зоны* на шкале и ее материального эквивалента в разрезе – *стратозоны*. Если этого не сделать, то возникнет представление, что стратиграфические границы как таковые не имеют объемов и, следовательно, не являются стратонами (Егоян, 2012, с. 43) и что конкретные разрезы, выбранные в качестве лимитотипов, не могут играть роль эталонов для установления самой границы (Егоян, 2012).

Таким образом, наиболее точное хронологическое определение границы стратиграфического подразделения, разделяющей смежные стратоны, состоит в опознании стратозоны, в пределах которой находится интересующая граница. Такое определение положения стратиграфической границы с помощью стандартной, нормативной (для данного стратиграфического интервала) зональной шкалы назовем *маркировкой* данной границы. После выполненной маркировки расположенные в пределах одноименной стратозоны стратиграфические границы в отдаленных разрезах принимаются как *одновозрастные* (хронологически идентичные).

Стратозона, заключающая интересующую границу, является собственно тем самым переходным горизонтом между, например, смежными ярусами, о котором говорили А.П. Карпинский (1945), предложивший выделять такие горизонты в самостоятельные подразделения, и Л.Л. Халфин (1970), который рассматривал это предложение в качестве принципа Карпинского.

Следует также пояснить использование понятий “*биохронологическая зональная шкала*” и тесно связанный с этим понятием *зональный метод параллелизации* границ стратиграфических подразделений. Как уже сказано ранее, в основу построения *зональных биохронологических* шкал заложен анализ эволюционной (филогенетической) последовательности видов выбранной группы ископаемых. Эволюционные линии (фратрии) являются наиболее оптимальной основой для построения зональных биохронологических шкал, обеспечивающей выполнение ключевых требований, предъявляемых к ним как измерительному инструменту. Имеются в виду требования непрерывности шкалы, сохранение единого масштаба используемых событий для градуировки хронологической шкалы, независимости от измеряемого объекта и высокая вероятность неповторимости событий, положенных в основу установления зональных единиц. Последнее требование в значительной степени обеспечивается необратимым характером эволюционного процесса развития группы организмов, выбранной для построения шкалы.

После всего сказанного можно дать краткое определение и указать основное функциональное назначение зонального метода как *приема корректного построения и использования зональных биохронологических шкал для маркировки и корреляции границ стратиграфических подразделений*.

## 5. Унификация автономных биохронологических шкал

Чтобы заставить все группы встреченных в разрезе ископаемых делать общее дело – выполнить максимально широкие корреляции изучаемых геологических объектов, необходимо провести унификацию автономных шкал по разным группам ископаемых и построить стандартную шкалу с максимальным количеством хронологически взаимозаменяемых стратифицирующих признаков. Унификация автономных шкал, построенных по разным группам ископаемых, означает их приведение к единому стандарту, которым служит нормативная для данного стратиграфического интервала зональная биохронологическая шкала. В ряде работ содержится подробное описание операций, позволяющих выполнить унификацию автономных шкал (Черных, 2009, 2023).

Краткий алгоритм этой процедуры выглядит следующим образом. Вначале необходимо выбрать для определенного стратиграфического интервала стандартную, нормативную зональную шкалу, построенную по результатам изучения определенной группы ископаемых, зарекомендовавшей себя как ортостратиграфическая. Затем по стандартной шкале определить биозоны видов, используемые затем для построения автономных шкал для

данного стратиграфического интервала по другим группам ископаемых. В силу минимальной размерности зональных подразделений нормативной шкалы определяемые по ней биозоны видов будут состоять из целочисленного количества нормативных зон. Следовательно, границы биозон разных видов в разрезе обязательно совпадут с теми или другими границами стратозон нормативной шкалы. Построенные затем на основании полученных определений биозон автономные зональные шкалы могут быть сопоставлены между собой и с нормативной шкалой. Выполненную процедуру можно назвать унификацией автономных зональных шкал. Биозоны части видов не выйдут за пределы отдельных стратозон нормативной шкалы. Эти виды можно ввести в комплексную характеристику и использовать в качестве индикаторов соответствующих зон стандартной шкалы. Биозоны других видов займут несколько стандартных зон, и эти виды могут применяться для более грубой корреляции.

## II. КОРРЕЛЯЦИЯ ГРАНИЦ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

С.В. Мейен отмечает, что “установление хронологического соответствия событий в шкалах разных регионов обычно называется корреляцией, сопоставлением, параллелизацией или синхронизацией” (1989, с. 31). Он уточняет, что синхронизация (в смысле одновременность) “в хронологии – это соответствие, сопоставимость, тождественность по тем признакам (следам обстановок и событий), на которых построена сама хронологическая шкала” (Мейен, 1989, с. 32). С этим можно согласиться с единственным уточнением: сопоставление подразделений шкал разных регионов, например автономных шкал по разным группам ископаемых, – задача самостоятельная, решение которой требует предварительной унификации таких шкал с использованием нормативной шкалы для данного стратиграфического интервала.

Унификация автономных шкал, построенных по разным группам ископаемых, означает их приведение к единому стандарту, которым служит нормативная для данного стратиграфического интервала зональная биохронологическая шкала. Ранее в статье было дано краткое описание процедуры унификации.

В настоящей работе рассматривается корреляция границ установленных стратиграфических подразделений – стратозон, находящихся в удаленных разрезах, с использованием зональной биохронологической шкалы, построенной по ортостратиграфической группе ископаемых.

В свое время процедура стратиграфической корреляции была определена как “установление хронологической тождественности стратозон с помощью стратиграфической шкалы” (Черных, 2005, с. 33). В контексте настоящей работы уместно несколь-

ко изменить это определение и сформулировать его так: стратиграфическая корреляция – это установление одновозрастности (хронологической тождественности) границ пространственно разобщенных стратозон с помощью зональной биохронологической шкалы. Такая дефиниция связана с тем, что в настоящее время ведется маркировка границ хроностратиграфических подразделений, т. е. подразделений Международной стратиграфической шкалы, в соответствии с концепцией GSSP, принятой в современной практике стратиграфических исследований. Эта маркировка выполняется именно с помощью зональной биохронологической шкалы (Cowie et al., 1986, p. 7). Только после такой разметки границ, обеспечивающей их глобальную корреляцию, данное подразделение становится легитимным членом Международной стратиграфической шкалы.

В дальнейшем изложении под корреляцией стратиграфических подразделений подразумевается сопоставление границ этих подразделений, расположенных в удаленных конкретных разрезах. Корреляцию следует считать положительной, если установлено нахождение интересующей границы в сопоставляемых разрезах в пределах одноименной стратозоны нормативной зональной биохронологической шкалы. Результат положительной корреляции границ стратона в конкретном разрезе с хронологически одновозрастными границами хроностратиграфического подразделения, например яруса в стратотипическом разрезе, принято называть определением возраста данного стратона.

Г.П. Леонов после детального рассмотрения истории оформления международной шкалы пришел к выводу: “Что касается представлений о единой биологической природе био- и хроностратиграфических подразделений или, другими словами, биологической природы подразделений международной шкалы, то это представление, как мы смогли убедиться в том из рассмотрения истории оформления международной шкалы, является просто плодом явного, хотя и широко распространенного, недоразумения. По своей природе почти все подразделения международной шкалы ярусного и более высокого ранга являются единицами регионально-стратиграфического происхождения, объем и границы которых определились на основе регионально-геологических данных” (1974, с. 75).

В то же время, когда хроностратиграфическое подразделение уже установлено и выбран его стратотипический разрез, возникает необходимость в маркировке границ, которая дала бы возможность провести корреляцию отложений данного подразделения в районах, удаленных от места расположения стратотипа. Выполнение этой операции наиболее успешно осуществляется с использованием зональных биохронологических шкал. Однако и после этого природа хроностратиграфических подразделений не становится биологической и полностью

сохраняет свои регионально-геологические основания, на что совершенно справедливо обращает внимание Г.П. Леонов.

Вопрос о корреляции границ стратиграфических подразделений очень часто обсуждается в стратиграфических работах. Однако для того чтобы эта процедура получила полную ясность, нужно описать конкретный прием маркировки и последующей корреляции границ стратонав. В свое время мы выделили такое понятие, как элементарная зональная биохронологическая шкала (Черных, 2005), которое имеет непосредственное отношение к корреляции стратиграфических границ.

Кратко следует повторить ранее сказанное по этому поводу. Вначале выполняется маркировка стратиграфических границ. Она считается выполненной, если установлено размещение интересующей границы в определенной стратозоне и, следовательно, обозначенной одноименной зоной на шкале. Затем проводится корреляция границы в отдаленных разрезах. *Зональные биохронологические границы любых стратиграфических подразделений представляют собой определенную зону. Сопоставляемые границы стратиграфических подразделений, находящиеся в отдаленных разрезах и не выходящие за пределы определенной стратозоны, являются одновозрастными, хронологически идентичными.*

Таким образом, для положительной корреляции границ стратонав в разных разрезах достаточно установить их нахождение в пределах одной и той же стратозоны. Чтобы корректно выполнить эту процедуру, следует предварительно установить положение стратозоны в каждом из сопоставляемых разрезов. Для этого необходимо иметь элементарную зональную шкалу, о построении и применении которой подробно сказано в одной из последних работ (Черных, 2024).

В метрологии хронологические шкалы, а следовательно, и зональная биохронологическая шкала, относятся к *шкалам порядка*. В основу построения таких шкал закладывается порядок следования тех событий, которые принимаются в качестве оценочной единицы (подразделений) шкалы. Проще говоря, такие шкалы строятся с учетом степени изменения градационного признака в определенном направлении (больше-меньше). Направление изменения признака (свойства) явственно проявляется в том случае, когда порядковая шкала насчитывает не менее трех подразделений. Зональная биохронологическая шкала, построенная на основе *эволюционного тренда*, наиболее близко отвечает понятию *“шкала порядка”*. Последовательность сменяющих друг друга стадий морфогенеза направленно изменяющегося признака в процессе эволюционного развития группы ископаемых образует основу для построения зональной шкалы. В этом случае само понятие *“зона”* приобретает хронологическое содержание благодаря установленному от-

ношению между предшествующей и последующей зонами, что также приводит к осознанию необходимости трехчленного строения шкалы как исходной стадии ее конструирования. Элементарная шкала должна быть построена по результатам изучения одного или немногих близко расположенных конкретных разрезов, поскольку использование удаленных разрезов предполагает их предварительную корреляцию, для чего нужно иметь уже построенную элементарную шкалу.

Часто при построении зональной биохронологической шкалы приходится использовать результаты процесса дивергенции эволюционирующей группы организмов, приводящего к тому, что в разрезе распространение смежных видов-индексов А, Б и В перекрывается. Выделяемые при этом зоны *в разрезе* (стратозоны) размещаются между уровнями появления смежных видов-индексов: появление каждого вида-индекса завершает предыдущую стратозону и открывает следующую за ней стратозону, ограниченную появлением вышерасположенного вида. Поскольку распространение смежных видов-индексов перекрывается, для строгого определения положения стратозоны (в нашем примере стратозоны Б) в разрезе необходимо установить последовательность, состоящую из предшествующего вида А, собственно вида-индекса Б и вида-индекса последующей зоны В. Иными словами, для опознания интересующей стратозоны нужно иметь состоящую по крайней мере из трех зон шкалу, которую мы называем элементарной.

Именно элементарная шкала позволяет установить точное положение в выбранном разрезе границы интересующего стратиграфического подразделения путем установления ее нахождения в пределах определенной стратозоны (в нашем примере стратозоны Б). Поскольку зона биохронологической шкалы является наименьшим хронологическим подразделением, постольку *на шкале* искомой границе стратиграфического подразделения, находящейся в пределах интервальной стратозоны Б, отвечает линейная зона Б. Элементарная зональная биохронологическая шкала является основным инструментом маркировки и трансляции (корреляции, параллелизации) границ стратиграфических подразделений любого ранга. Здесь же будет уместным отметить, что выполнение требований корректной корреляции подразделений разрезов с соблюдением принципа Гексли также ориентирует на применение не менее чем трехзонной шкалы.

Сопоставляемые с помощью элементарной зональной шкалы границы стратонав следует считать одновозрастными (хронологически тождественными), если они отвечают одному и тому же подразделению на зональной биохронологической шкале, т. е. размещаются в пределах одноименной стратозоны в разрезах. Строго говоря, положением стратиграфической границы, устанавливаемой на шка-

ле, является определенная зона. В разрезе стратиграфическая граница, попадающая в пределы одноименной стратозоны, традиционно совмещается с ее основанием (граница “по появлению”). С этой практикой установления границ “по появлению” связаны длительные дискуссии. Установление в каком-то разрезе уровня появления вида-маркера ниже (или выше) ранее установленной границы какого-либо стратона (например, яруса) считается основанием для перенесения границы или отказа от ранее выбранного маркера. Выбор в качестве границы между смежными стратонами определенной стратозоны (в разобранный примере стратозоны Б) резко сокращает число подобных споров. Перемещение интересующей границы в пределах стратозоны, маркирующей данную границу, не меняет ее положения на зональной шкале и не требует проведения реформы, связанной с поисками нового маркера границы или нового стратотипического разреза.

## ВЫВОДЫ

1. Параллелизация стратиграфических подразделений (слоев, свит, ярусов и т. д.), находящихся в отдаленных разрезах, означает сопоставление (корреляцию) границ этих подразделений. Вначале выполняется маркировка каждой из сопоставляемых границ с помощью зональной биохронологической шкалы, принятой за нормативную для данного стратиграфического интервала. Затем сопоставляются полученные результаты.

Наиболее точное и корректное определение положения стратиграфической границы (с точностью до зоны) устанавливается по зональной биохронологической шкале как указание зоны, в пределах которой расположена интересующая граница в разрезе. Никакие другие критерии (руководящие виды, комплексы, уровни появления, уровни исчезновения, акмеуровни) не могут дать более точного и надежного результата корреляции.

2. Сопоставляемые границы стратиграфических подразделений считаются одновозрастными (синонимичными, хронологически идентичными, синхронными), если они датируются одноименной зоной нормативной для данного стратиграфического интервала биохронологической шкалы. Одновозрастные границы стратиграфического подразделения в разных конкретных разрезах располагаются в пределах стратозоны, отвечающей определенной зоне нормативной шкалы или адекватной зоне автономной зональной шкалы. Таким образом, поиски стратотипического разреза, где бы установление границы определенного стратиграфического подразделения непременно совпадало с уровнем первого появления зонального вида, совершенно излишни. Границей смежных стратиграфических подразделений, установленной с помощью зональной биохронологической шкалы, является опреде-

ленная зона – наименьшее подразделение биохронологических шкал, используемых в стратиграфии. Это предельная точность (“предел допустимой погрешности”, по выражению Л.Л. Халфина), с которой может быть определено хронологическое положение границы любого геологического объекта, в том числе границы стратиграфического подразделения. В разрезе этой границей является соответствующая (одноименная) стратозона.

3. Линейный характер границ геологических объектов, определяемых с помощью зональной хронологической шкалы, фиксируется только на зональной шкале. Реальные (природные, материальные) хронологические границы любых геологических объектов в разрезе всегда объемные.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гладенков Ю.Б. (2010) Зональная биостратиграфия в решении фундаментальных и прикладных задач геологии. *Стратиграфия. Геол. корреляция*, **18**(6), 1-14.
- Егоян В.Л. (2012) Основы общей стратиграфии. Краснодар: Просвещение-Юг, 159 с.
- Карпинский А.П. (1945) Об аммонейх артинского яруса и о некоторых сходных с ними каменноугольных формах. *Собрание сочинений*. Т. I. М.; Л.: АН СССР, 479-496.
- Леонов Г.П. (1973) Основы стратиграфии. Т. 1. М.: МГУ, 530 с.
- Леонов Г.П. (1974) Основы стратиграфии. Т. 2. М.: МГУ, 486 с.
- Мейен С.В. (1974) Введение в теорию стратиграфии. М.: ВИНТИ, 1974. 186 с.
- Мейен С.В. (1989) Введение в теорию стратиграфии. М.: Наука, 216 с.
- Меннер В.В. (1980) Зоны в практике стратиграфических исследований (история установления, типы и природа). *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, (3), 5-17.
- Месежников М.С. (1966) Зоны региональных стратиграфических шкал. *Сов. геол.*, (7), 3-16.
- Раузер-Черноусова Д.М. (1967) О зонах единых и региональных шкал. *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, (7), 104-118.
- Рубель М.П. (1982) К пониманию хронозоны. *Современное значение палеонтологии для стратиграфии*. Тр. XXIV сессии ВПО. Л.: Наука, 27-33.
- Степанов Д.Л. (1958) Принципы и методы стратиграфических исследований. Л.: Гостоптехиздат, 180 с.
- Степанов Д.Л., Месежников М.С. (1979) Общая стратиграфия (принципы и методы стратиграфических исследований). Л.: Недра, 423 с.
- Стратиграфический кодекс России. (2019) 3-е изд., испр. и доп. СПб.: ВСЕГЕИ, 93 с.
- Халфин Л.Л. (1970) Принцип А.П. Карпинского и границы подразделений Международной стратиграфической шкалы (МСШ). Тр. СНИИГИМС и МС. *Региональная геология*, вып. 110, 4-10.
- Халфин Л.Л. (1980) Теоретические вопросы стратиграфии. Новосибирск: Наука, 200 с.
- Черных В.В. (2005) Зональный метод в биостратиграфии. Зональная шкала нижней перми по конодонтам. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 217 с.

- Черных В.В. (2009) Проблемы зональной стратиграфии. *Литосфера*, (5), 3-14.
- Черных В.В. (2014а) Аксиоматика зонального метода в биостратиграфии. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 161, 43-46.
- Черных В.В. (2014б) Зональные хронологические шкалы и стратиграфические границы. *Литосфера*, (3), 3-10.
- Черных В.В. (2016) Основы зональной биохронологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 268 с.
- Черных В.В. (2023) Зональный биохронологический метод в решении долгоживущих проблем общей стратиграфии. *Литосфера*, **23**(6), 935-949. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2023-23-6-935-949>
- Черных В.В. (2024) Основные результаты изучения нижнепермских отложений сотрудниками лаборатории стратиграфии и палеонтологии института геологии и геохимии УрО РАН. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 168, 47-61.
- Шиндewolf О. (1975) Стратиграфия и стратотип. М.: Мир, 136 с.
- Cowie J.W., Ziegler W., Boucot A.G., Basset M.G., Remane J. (1986) Guidelines and Statues of the International Commission on Stratigraphy (ICS). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **83**, 1-14.
- Harrington H.J. (1965) Space, things, time and events – an essay on stratigraphy. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, **49**(10), 1601-1646.
- Richter R., Richter E. (1954) Die Trilobiten des Ebbe-Sattels und zu vergleichende Arten (Ordovizium, Gotlandium/Devon). *Abh. Senckenberg. Naturforsch. Ges.*, **488**, 1-76.
- Sylvester-Bradley P.C. (1967) Towards an international code of stratigraphic nomenclature. *Essays in Paleontology and Stratigraphy. Spec. Publ. Dept. Geol. Univ. Kansas*, **2** (Ed. by C. Teichert, E.L. Yochelson), 49-56.
- Cowie J.W., Ziegler W., Boucot A.G., Basset M.G., Remane J. (1986) Guidelines and Statues of the International Commission on Stratigraphy (ICS). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **83**, 1-14.
- Harrington H.J. (1965) Space, things, time and events – an essay on stratigraphy. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, **49**(10), 1601-1646.
- Richter R., Richter E. (1954) Die Trilobiten des Ebbe-Sattels und zu vergleichende Arten (Ordovizium, Gotlandium/Devon). *Abh. Senckenberg. Naturforsch. Ges.*, **488**, 1-76.
- Sylvester-Bradley P.C. (1967) Towards an international code of stratigraphic nomenclature. *Essays in Paleontology and Stratigraphy. Spec. Publ. Dept. Geol. Univ. Kansas*, **2** (Ed. by C. Teichert, E.L. Yochelson), 49-56.
- Cowie J.W., Ziegler W., Boucot A.G., Basset M.G., Remane J. (1986) Guidelines and Statues of the International Commission on Stratigraphy (ICS). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **83**, 1-14.
- Egoyan V.L. (2012) Fundamentals of General Stratigraphy. Krasnodar, Prosveshchenie-Yug, 159 p. (In Russ.)
- Gladenkov Yu.B. (2010). Zonal biostratigraphy in solving fundamental and applied problems of geology. *Stratigr. Geol. Korrel.*, **18**(6), 1-14. (In Russ.)
- Harrington H.J. (1965) Space, things, time and events – an essay on stratigraphy. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, **49**(10), 1601-1646.
- Karpinsky A.P. (1945) About Ammonians of the Artinski-an Stage and about some Carboniferous forms similar to them. *Collected works. V. I. Moscow; Leningrad, AN SSSR*, 479-496. (In Russ.)
- Khalfin L.L. (1970) The principle of A.P. Karpinsky and the boundaries of units of the International Stratigraphic Scale (ISS). *Tr. SNIIGIMS i MS. Regional'naya Geologiya*, vyp. 110, 4-10. (In Russ.)
- Khalfin L.L. (1980) Theoretical question of stratigraphy. Novosibirsk, Nauka Publ., 200 p. (In Russ.)
- Leonov G.P. (1973) Bases of the stratigraphy. V. 1. Moscow, MGU, 530 p. (In Russ.)
- Leonov G.P. (1974) Bases of the stratigraphy. V. 2. Moscow, MGU, 486 p. (In Russ.)
- Menner V.V. (1980) Zones in the practice of stratigraphic studies (history of establishment, types and nature). *Izv. AN SSSR. Ser. Geol.*, (3), 5-17. (In Russ.)
- Mesezhnikov M.S. (1966) Zones of regional stratigraphic scales. *Sov. Geol.*, (7), 3-16. (In Russ.)
- Meyen S.V. (1974) Introduction into the theory of the stratigraphy. Moscow, VINITI, 186 p. (In Russ.)
- Meyen S.V. (1989) Introduction into the theory of the stratigraphy. Moscow, Nauka Publ., 216 p. (In Russ.)
- Rausser-Chernousova D.M. (1967) On the zones of the united and regional scales. *Izv. AN SSSR. Ser. Geol.*, (7), 104-118. (In Russ.)
- Richter R., Richter E. (1954) Die Trilobiten des Ebbe-Sattels und zu vergleichende Arten (Ordovizium, Gotlandium/Devon). *Abh. Senckenberg. Naturforsch. Ges.*, **488**, 1-76.
- Rubel M.P. (1982) Towards an understanding of the chronozone. *The modern significance of paleontology for stratigraphy. Proc. XXIV session of the VPO. Leningrad, Nauka Publ.*, 27-33. (In Russ.)
- Schindewolf O. (1975) Stratigraphy and stratotype. Moscow, Mir Publ., 136 p. (In Russ.)
- Stepanov D.L. (1958) Principles and methods of stratigraphic research. Leningrad, Gostoptekhizdat Publ., 180 p. (In Russ.)
- Stepanov D.L., Mesezhnikov M.S. (1979) General stratigraphy (principles and methods of stratigraphic research). Leningrad, Nedra Publ., 423 p. (In Russ.)
- Stratigraphic Code of Russia. (2019) 3rd ed., revised and enlarged. St.Petersburg, VSEGEI, 93 p. (In Russ.)
- Sylvester-Bradley P.C. (1967) Towards an international code of stratigraphic nomenclature. *Essays in Paleontology and Stratigraphy. Spec. Publ. Dept. Geol. Univ. Kansas*, **2** (Ed. by C. Teichert, E.L. Yochelson), 49-56.

## REFERENCES

- Chernykh V.V. (2005) Zonal method in biostratigraphy. Zonal scale of the Lower Permian based by conodonts. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 217 p. (In Russ.)
- Chernykh V.V. (2009) Problems of zonal stratigraphy. *Lithosphere (Russia)*, (5), 3-14. (In Russ.)
- Chernykh V.V. (2014a) Axiomatics of the zonal method in biostratigraphy. *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 161, 43-46. (In Russ.)
- Chernykh V.V. (2014b) Zonal chronological scales and stratigraphic boundaries. *Lithosphere (Russia)*, (3), 3-10. (In Russ.)
- Chernykh V.V. (2016) Fundamentals of zonal biochronology. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 268 p. (In Russ.)
- Chernykh V.V. (2023) Zonal biochronological method in solving long-lived problems of general stratigraphy. *Lithosphere (Russia)*, **23**(6), 935-949. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2023-23-6-935-949>
- Chernykh V.V. (2024) Main results of the study of Lower Permian deposits by the staff of the Laboratory of Stratigraphy and Paleontology of the Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 168, 47-61. (In Russ.)