

ПРОБЛЕМЫ РЕФОРМИРОВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ С ПОЗИЦИИ ЭВОЛЮЦИИ ЭКОСИСТЕМ (на примере нижнего палеозоя)

А.В. Каныгин

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

Иерархическая структура и концептуальные основы Международной стратиграфической шкалы (МСШ) были созданы в период деятельности первых восьми сессий Международного геологического конгресса (МГК) (1878—1900 гг.) путем систематизации и унификации преимущественно западноевропейских региональных стратоталонов, кроме пермско-карбониферных систем со стратотипами на территории России. В последующее столетие она уточнялась и дополнялась на основе тех же принципов. С середины 80-х годов прошлого столетия в рамках Международной комиссии по стратиграфии (МКС) начала проводиться самая радикальная реформа МСШ, которая выявила противоречивые тенденции в развитии современной стратиграфии. Они выражены прежде всего в принципиальных различиях новой методологии «рационального» обоснования глобальных стратоталонов, принятой МКС, и реальной практикой разработки их региональных эквивалентов, основанных не на выборе отдельных хронометрических реперов для глобальных корреляций, а на выявлении естественных историко-геологических этапов в эволюции экосистем с использованием всей совокупности палеонтологических, седиментологических и изотопно-хронометрических данных. Главным элементом нового подхода стало провозглашение самодостаточности лимитотипов, т.е. монотаксонных реперов для градуировки МСШ, заменяющих в качестве первоосновы стратотипы самих подразделений как их интегральных комплексных характеристик, отражающих направленность и периодичность в эволюции Земли. Негативные последствия такого «рационального» обоснования и ревизии стратоталонов МСШ особенно отчетливо видны на примере нововведений в расчленение кембрийской и ордовикской систем при сопоставлении принятых МКС их новых отделов и ярусов с глобальными экосистемными перестройками в раннем палеозое.

Международная стратиграфическая шкала, нижний палеозой, реформирование, эволюция экосистем.

THE PROBLEMS OF REFORMING OF THE INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART IN TERMS OF THE EVOLUTION OF ECOSYSTEMS (by the example of the Lower Paleozoic)

A.V. Kanygin

The hierarchical structure and conceptual bases of the International Stratigraphic Chart (ISS) were created during the first eight sessions of the International Geological Congress (IGC) (1878–1900) by the systematization and unification of mainly the West European regional stratigraphic references, except for the Permian and, partly, Carboniferous systems with stratotypes in the Russian territory. In the next age, the structure was refined and supplemented on the basis of the same principles. Since the middle 1980s, a radical ISS reforming has been performed in the framework of the International Commission on Stratigraphy (ICS), which revealed the contradictory tendencies in the development of modern stratigraphy. They are expressed first of all in the principal difference between the new methodology of the “rational” substantiation of global stratigraphic references adopted by the ICS and the real practice of the development of their regional equivalents based not on the choice of chronometric markers for global correlations but on the revealing of natural geohistorical stages in the evolution of ecosystems, using the total set of paleontological, sedimentological, and isotope-chronometric data. The new approach is based mainly on the concept of the self-sufficiency of limiting types, i.e., monoton markers for graduating the ICS, which replace the stratotypes of subunits, their integral complex characteristics reflecting the trends and periodicity of the Earth’s evolution. The negative consequences of this “rational” substantiation and revision of the stratigraphic references of the ICS are particularly obvious by the example of innovations in the subdivision of the Cambrian and Ordovician systems on the comparison of the new series and stages adopted by the ICS with the global ecosystem rebuildings in the Early Paleozoic.

International Stratigraphic Chart, Lower Paleozoic, reforming, ecosystem evolution

ПРОБЛЕМА УНИВЕРСАЛЬНОСТИ МЕЖДУНАРОДНОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ

В концептуальном плане центральное место в теории стратиграфии занимает проблема универсальности Международной стратиграфической шкалы. Истоки этой проблемы относятся ко времени формирования структуры МСШ, а также принципов ее обоснования и правил использования для глобальных и региональных геологических корреляций. Эти вопросы были главными темами обсуждений на первых восьми сессиях Международного геологического конгресса (1878—1900 гг.), который, как известно, был специально учрежден ведущими геологами того времени для разработки единого интернационального геохроноэталона («геологического хронографа») на основе систематизации и унификации исторически сложившейся в Европе стратиграфической номенклатуры. Международная стратиграфическая шкала, построенная из иерархически соподчиненных стратиграфических подразделений осадочной оболочки Земли (систем, отделов, ярусов, зон), рассматривалась в качестве материального выражения геологического времени и должна была служить для датировки событий геологического прошлого [Леонов, 1973, 1974].

Уже тогда возникли острые разногласия по поводу возможности использования канонизированных стратиграфических стандартов Западной Европы, особенно дробных подразделений МСШ — ярусов и зон, на удаленных от типовых местностей территориях. Главными оппонентами концепции единой для всего мира европейской шкалы, которой придавался статус универсального самодостаточного эталона, были американские, а также русские геологи — представители регионов, где уже тогда выявились трудности по идентификации в местных разрезах дробных подразделений «искусственной» шкалы Западной Европы. Квалифицируя европейскую шкалу «как искусственную, но необходимую для дальнейшего движения науки систему», С.Н. Никитин и Ф.Н. Чернышов [1889] считали, что она должна быть дополненной местной классификацией, отражающей естественные историко-геологические этапы в каждой местности, которые с разной степенью достоверности могут быть сопоставлены с «искусственной» общей шкалой. Таким образом, в ходе дискуссий были заложены основы двух главных концепций стратиграфии, получивших в дальнейшем названия «хроностратиграфическая» и «историко-геологическая». Первую часто называют «западно-европейской», а вторую «американской», хотя справедливее бы было считать ее по правилу приоритета «русско-американской».

В рамках хроностратиграфической концепции вся основная стратиграфическая номенклатура ограничивалась единой для всего мира стратиграфической шкалой с ее иерархическими подразделениями, в то время как историко-геологический подход предусматривал вместо их опознания в каждой местности выделение региональных эквивалентов. В частности, С.Н. Никитин [1884] в качестве регионального аналога яруса МСШ предложил термин «горизонт», который в современных региональных стратиграфических схемах стал основной единицей.

Примечательно, что эта статья С.Н. Никитина называлась «Следы мелового периода в Центральной России». Слово «следы» можно трактовать как выражение критического отношения русских геологов того времени к идее универсальности искусственной шкалы Западной Европы, абсолютизирующей метод прямых аналогий при сопоставлении разрезов разных регионов. Следует отметить большой вклад в разработку историко-геологической концепции и других русских геологов второй половины XIX — начала XX в. — А.П. Карпинского, Н.К. Головкинского, А.П. Павлова.

На разных этапах развития стратиграфии противоборство этих концепций то затихало, то снова обострялось в связи с расширением географии геологических исследований и повышением требований к детальности и достоверности стратиграфических корреляций, особенно при составлении сводных карт крупных территорий, когда необходимо было унифицировать легенды крупномасштабных карт в единой стратиграфической номенклатуре. С особой остротой дискуссии по этой проблеме возобновились в последнее пятидесятилетие, что нашло отражение в деятельности Международной комиссии по стратиграфии [Жамойда, Меннер, 1974; Меннер, 1978; Жамойда, Моисеева, 1980, 1986], изменениях некоторых базовых положений в изданных в разные годы этого периода циркулярах Международной подкомиссии по стратиграфической номенклатуре, «Международных стратиграфических справочниках» [International..., 1976, 1994] и национальных «Стратиграфических кодексах» [Стратиграфический..., 1977, 1992; 2006; Дополнения..., 2000; Жамойда и др., 1996].

КОНЦЕПЦИЯ АВТОНОМНОСТИ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ РАЗНОМАСШТАБНЫХ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ШКАЛ (ОБЩИХ, РЕГИОНАЛЬНЫХ, МЕСТНЫХ)

В современной истории стратиграфии нашей страны преодоление «синдрома» универсальности единой стратиграфической шкалы начинается со времени обобщений огромных новых материалов по азиатской части СССР, когда особенно отчетливо выявились трудности использования европейских ярусных и биоэональных стандартов для внутри- и межрегиональных корреляций. Огромное влияние на формирование новой методологии региональных стратиграфических исследований и оценку состояния

МСШ имела фундаментальная монография А.Л. Яншина [1953], в которой был дан исчерпывающий критический анализ стратоеталонов палеогеновой системы Западной Европы и показаны пути совершенствования стратиграфических стандартов глобального ранга на основе обобщения материалов по другим территориям. Им также на примере палеогена было дано обоснование концепции полихронности фаун разобнесенных палеобассейнов, подчеркивающей необходимость разработки стратоеталонов на новых принципах. Эти идеи А.Л. Яншин активно пропагандировал в дальнейшем в своих многочисленных выступлениях, демонстрируя примеры по другим геологическим периодам. При реализации самой крупномасштабной в мировой практике программы регионально-геологического изучения всей территории Советского Союза, начавшейся вскоре после Великой Отечественной войны, определяющее значение для критического пересмотра канонизированного опыта западно-европейской стратиграфии имели результаты палеонтолого-стратиграфического изучения Сибирских регионов, когда обнаружились резкие различия биот Сибирских и Европейских палеобиогеографических провинций. Огромная и геологически очень разнородная территория Сибири, значительно превышающая по площади Западную Европу, где сформировались классические принципы стратиграфии, оказалась уникальным геологическим полигоном, позволившим провести коренную ревизию многих устоявшихся теоретических и региональных представлений.

В частности, это выявилось на примере изучения ордовика Сибирской платформы, где разрезы охарактеризованы богатой, но преимущественно эндемичной бентосной фауной. Выделение подразделений ордовика по британской шкале этой системы, принятой в качестве эталона МСШ, оказалось невозможным из-за отсутствия прямых коррелятивных признаков ярусного и зонального рангов, сходных по таксономическому составу комплексов фауны. Поэтому впервые в практике регионального геологического изучения территории СССР для ордовика Сибирской платформы была разработана Региональная стратиграфическая шкала, подразделения которой по критерию эволюционных этапов развития фауны (по историко-геологическому принципу) были сопоставлены с британским стандартом. В качестве региональных эквивалентов ярусов МСШ (по примерному соответствию стратиграфических диапазонов, но не по обязательной синхронности) были выделены горизонты. Палеонтологическое обоснование этой региональной стратиграфической схемы было дано в монографии О.И. Никифоровой, О.Н. Андреевой [1961]. В ней обобщены результаты изучения брахиопод и в обзорном виде приведены характеристики многих других групп фауны, опубликованных разными специалистами в отдельных трудах, а также данные геолого-съёмочных работ. В последующие 50 лет эта схема не претерпела принципиальных изменений, но существенно была уточнена и дополнена, особенно в части микропалеонтологической характеристики горизонтов (по остракодам и конодонтам), а также по обоснованию реперных уровней для внутри- и межрегиональной корреляции на зональном и инфразональном уровнях и структурно-фациальному районированию [Стратиграфия..., 1975; Kanygin et al., 1988; Каныгин и др., 2008].

Еще раньше начала разрабатываться Региональная стратиграфическая шкала кембрия Сибирской платформы, в которой на основании обобщения накопившихся к тому времени палеонтологических данных Ф.Г. Гурари [1945] выделил региональные ярусы и наметил трехчленное деление на отделы. В последующие годы большим коллективом специалистов было дано детальное палеонтологическое обоснование этой региональной стратиграфической схемы, ставшей базовой для установления ярусных стратоеталонов глобального ранга [Покровская, 1961; Постановление..., 1983; Cowie, Bassett, 1989; Кембрий..., 1992; Розанов и др., 2008]. Разработка региональных стратиграфических схем нижнего палеозоя, а затем и других систем фанерозоя стали основополагающими в переориентации методологической основы стратиграфии и способствовали формированию новой концепции номенклатурной и функциональной независимости и дополнительности трех категорий шкал вместо единой универсальной: общей (или международной), региональной и местной. Эта новая теория, по существу, объединила обе прежние концепции, считавшиеся ранее альтернативными, так как МСШ является хронометрическим выражением геологического времени в глобальном масштабе, а региональные и местные шкалы отражают хронологическую последовательность историко-геологических этапов конкретных седиментационных палеобассейнов и их частей. Такой подход резко расширяет возможности использования быстро накапливающихся данных по разным регионам для корректировки и самой МСШ, поскольку именно при регионально-геологических исследованиях возможно использование самых разнообразных взаимоконтролируемых палеонтологических, литологических, геофизических, изотопно-геохимических и других методов корреляции, в то время как МСШ должна быть синтетическим выражением данных по всем регионам, а не только по типовой местности стратоеталонов.

Изменения концептуальных основ стратиграфии в нашей стране и в деятельности Международной стратиграфической комиссии потребовали преодоления устоявшихся стереотипов прежних представлений и поэтому сопровождались острыми дискуссиями. Первые инструкции и методические указания созданного в 1956 г. Межведомственного стратиграфического комитета СССР предписывали использование в стратиграфических обобщениях и легендах геологических карт номенклатуры МСШ, допуская

применение местной и региональной стратиграфических единиц только в качестве вспомогательных и временных, с ориентацией замены их в будущем при накоплении достаточных данных подразделениями МСШ. Этот «атавизм» был быстро преодолен нарастающим опытом регионально-геологических исследований, что нашло частичное отражение уже в первом издании «Стратиграфического кодекса СССР» [Стратиграфический..., 1977], а также в [Стратиграфический..., 1992, 2006; Дополнения..., 2000].

Сибирские стратиграфы в первые годы после начала крупномасштабных регионально-геологических обобщений по территории Сибири разделились на два лагеря — «радикалов» и «либералов». Горячие обсуждения проблем стратиграфической классификации, легенд геологических карт, идентификации границ систем происходили на семинарах и совещаниях в головных геологических институтах Сибири — ИГиГ СО РАН и СНИИГГиМСе Мингео СССР как отдельно, так и совместно. Лидеры стратиграфов СНИИГГиМСа, имевшие к тому времени более богатый опыт изучения территории Сибири, настаивали на радикальной ревизии стратиграфических стандартов и правил их использования, отдавая приоритет региональным стратоеталонам. Радикализм этого направления выразился даже в названии программной статьи [Гурари, Халфин, 1969], написанной в духе манифеста. Более компромиссную позицию занимали «западники» во главе с Б.С. Соколовым, считавшие необходимым искать пути совмещения стратиграфических шкал разного ранга, каждая из которых выполняет самостоятельную функцию. Для этого требуется сравнительный анализ и обобщение материалов по палеобассейнам разных континентов и корректировка на этой основе общих стратиграфических стандартов. Последние должны оставаться главным интегральным показателем хода геологической истории Земли. Б.С. Соколов [1960; 1961; 1968; 1971; 1974] опубликовал в этот период большой цикл теоретических статей по проблемам обоснования глобальных и региональных стратоеталонов (главным образом на примерах изучения палеозоя и докембрия), оказавших определяющее влияние на развитие стратиграфии в нашей стране.

Следует отметить, что целесообразность использования новой концепции, предусматривающей разработку для каждого региона автономной стратиграфической шкалы, не сразу была воспринята с одинаковым пониманием специалистами, занимающимися изучением разновозрастных эратем — наиболее древних (докембрия и палеозоя) и более молодых (мезозоя и кайнозоя). Главной объективной причиной таких расхождений была разная степень полноты геологической летописи этих эратем, что лимитировало корреляционный потенциал наиболее дробных подразделений МСШ — ярусов и хронозон. Первоначально ярусные и зональные шкалы были разработаны в середине XIX в. А. д'Орбиньи и А. Опелем на примере богато охарактеризованных фауной, особенно аммонитами, разрезов юрских и меловых отложений тетического биогеографического пояса (Франции, Швейцарии, Англии). Аммониты как пелагические организмы, способные к широким расселениям, оказались, действительно, надежным палеонтологическим индикатором изохронности сопоставляемых отложений, но, как оказалось впоследствии, только в пределах тепловодного климатического пояса. Тем не менее именно эта относительная универсальность ярусных и хронозональных подразделений юрской и меловой систем МСШ долго оставалась оплотом концепции Единой универсальной стратиграфической шкалы.

При разработке детальной стратиграфии палеозоя, а затем и докембрия, наоборот, изначально возникли непреодолимые трудности сопоставления далеко разобщенных разрезов на уровне дробных стратиграфических подразделений, поэтому именно для палеозоя разных регионов пришлось разрабатывать региональные эквиваленты МСШ. Палеозой, таким образом, стал «колыбелью» историко-геологической концепции. Исторические корни этих двух альтернативных концепций нашли отражение в разнице подходов к проблемам региональной стратиграфии Сибири среди специалистов разных эратем — докембрия и палеозоя, с одной стороны, и мезозоя и кайнозоя, с другой. Лидер мезозойско-кайнозойского направления В.Н. Сакс [2007] на первых порах считал главной задачей обоснование на территории Сибири ярусов и хронозон как наиболее дробных подразделений по стандартной западно-европейской шкале, допуская использование свит при геологическом картировании в качестве временных вспомогательных стратоеталонов с перспективой их замены стратиграфическими подразделениями МСШ. Однако по мере накопления и обобщения данных по палеонтологии, детальной стратиграфии и палеобиогеографическому районированию этой территории возникла необходимость разработки в дополнение к глобальным стратоеталонам автономных региональных шкал. В результате на основе изучения сибирских разрезов и сравнительного анализа данных по другим регионам стали разрабатываться региональные стратиграфические схемы, а также зональные шкалы триаса, юры и мела для всего бореального пояса по разным группам организмов. Эффективность этого подхода была доказана при обосновании нового поколения региональных стратиграфических схем мезозойского чехла Западно-Сибирской плиты, а также при циркумбореальных корреляциях.

Практическим воплощением этой новой концепции стало создание для всей территории Сибири региональных стратиграфических схем, охвативших почти максимальный геохронологический диапазон, доступный для изучения палеонтолого-стратиграфическими методами, — от неопротерозоя до четвертичной системы.

Концепция автономности стратиграфических шкал разного ранга, получившая всестороннее обоснование и практическую реализацию при изучении территории СССР и, в частности, сибирских регионов, имеет фундаментальное значение для дальнейшего развития стратиграфии, что подтверждается и общемировыми тенденциями последних десятилетий.

ПРИНЦИП ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ — НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ СТАБИЛЬНОСТИ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ

При формировании концептуальной основы и структуры МСШ в конце XIX в. было заложено несколько критериев ее построения и использования, которые обеспечивали стабильность стратиграфической номенклатуры после ее утверждения в соответствии с официально действующими международными процедурами, в частности, решениями Международной комиссии по стратиграфии и сессий МГК. Среди них особое значение имели статус стратотипа как определяющей характеристики любого стратиграфического подразделения и правило приоритета, которое стало важным фактором ограничения номенклатурной инфляции, т.е. недостаточно обоснованного введения синонимических названий стратотипов. И хотя в международных справочно-методических руководствах по стратиграфии эти критерии были закреплены в качестве устоявшихся прецедентов, в национальных стратиграфических кодексах многих стран [Жамойда и др., 1996] и, в частности, во всех кодексах СССР — России эти положения строго регламентированы.

Как показал вековой опыт развития стратиграфии, стабильность стратиграфической номенклатуры МСШ — необходимое условие для выполнения главных функций стратиграфии, определяющих ее базовое значение для геологии:

глобальных корреляций на основе общей геохронологической метрики;

интернационализации языка геологической картографии (т.е. легенд геологических карт), обеспечивающей сопоставимость и преемственность всех геологических карт независимо от их масштаба, территориальных границ и времени составления;

периодизации геологической истории Земли и хронологической основы для составления календаря глобальных и региональных событий по единым геохронометрическим критериям.

В стратиграфии, как и в других областях геологии, современный период развития наук о Земле (последние 50—60 лет) с полным основанием можно считать временем формирования новых парадигм. Другими словами, новая методологическая основа стратиграфических исследований сложилась из трех главных элементов: 1) качественно нового уровня знаний о региональных особенностях строения стратисферы не только континентального, но и океанического секторов Земли, обусловленных палеогеографическими, палеоклиматическими и палеогеодинамическими различиями в процессах осадконакопления и хронологической дифференциации биот; 2) переориентации стратиграфии с теоретических позиций универсальности канонизированных стратотипов глобального ранга на путь признания необходимости применения разноранговых стратиграфических шкал (общей, региональной и местной); 3) появления новых методов исследований, в том числе экостратиграфических, широкое использование которых возможно только при изучении целых седиментационных бассейнов вместо отдельных заранее выбранных стратотипов.

Существенные изменения в информационной, концептуальной и методической базе стратиграфии диктовали необходимость уточнения и детализации МСШ в соответствии с новым уровнем знаний и возросшими требованиями к точности и дробности региональных и глобальных корреляций разрезов. В первую очередь это касалось уточнения границ систем и их ярусных подразделений, особенно для палеозойской части шкалы. Для кембрийской системы (единственной в фанерозое) не было общепринятого деления на ярусы и отделы. Выявились также большие трудности использования для глобальных корреляций ярусных подразделений ордовикской системы (серий, по британской терминологии), так как даже в стратотипических районах распространения отложений этого возраста в Уэльсе и Мидленде (Англия) соотношения смежных серий трактовались противоречиво и неоднократно корректировались разными исследователями на основании косвенных данных. Реконструировать полную и достаточно точную последовательность выделенных здесь в фрагментарных и разобщенных разрезах местных литостратиграфических подразделений не удавалось из-за их недостаточной палеонтологической характеристики и приуроченности к разным террейнам. В разрезах ордовика из-за отсутствия надежных корреляционных реперов недостаточно определенными остаются стратиграфические соотношения мелководных карбонатных и относительно глубоководных терригенных и терригенно-вулканогенных фаций и, соответственно, выделенных в них стандартных ярусных подразделений, так как в одних случаях в них встречаются в основном бентосные группы фауны (трилобиты, брахиоподы и др.), в других — пелагические (граптолиты). Другие группы фоссилий (конодонты, хитинозои, акритархи), которые стали изучаться позже и встречаются реже, внесли незначительные уточнения в прежние представления.

Новый этап в уточнении и детализации МСШ связан с реализацией международной программы геологической корреляции, отсчет которой можно начинать с создания специального проекта по уточнению границы силура и девона в 1960 г. под эгидой Международной комиссии по стратиграфии. Постановка исследований по этой проблеме была связана с тем, что стратотип терминального даунтонского яруса девонской системы находится в лагунных фациях Южного Уэльса и охарактеризован хотя и богатой, но эндемичной фауной. По этой причине корреляция отложений этого возраста и, соответственно, границы силура — девона за пределами стратотипической местности могла проводиться только условно по косвенным данным. Трудности определения этой границы вызвали острые дискуссии по критериям определения границ между системами и породили идею выделения переходных слоев. Последнюю особенно активно развивали сибирские стратиграфы во главе с Л.Л. Халфиным [1968, 1973].

Работы по обоснованию границы силура и девона, продолжавшиеся почти полтора десятилетия (1960—1974 гг.), были, безусловно, самыми успешными в практике деятельности МКС и заложили основы нового подхода к реформированию МСШ. В организационном плане самой главной особенностью этого проекта было участие в нем специалистов всех важнейших регионов, данные по которым могли внести реальный вклад в решение поставленной проблемы. Это позволило оптимально использовать всю новейшую информацию по палеобассейнам разного палеогеографического положения и с разными палеогеодинамическими обстановками. С участием стратиграфов 21 страны было проведено изучение и сопоставление наиболее полных разрезов в Германии, Бельгии, Чехословакии, Марроко, США и СССР (в Подолии и на Салаире). В результате обобщения данных по важнейшим группам фауны и флоры и «конкурса» 20 опорных разрезов в монофациальной осадочной толще на территории Чехословакии были выделены в пограничном интервале три новых яруса — пржидольский, лохковский и пражский. Результаты этой многолетней работы интернационального коллектива были опубликованы в специальном отчете с описанием основных разрезов и их палеонтологической характеристикой [The Silurian-Devonian..., 1977].

В методологическом отношении исключительно важное значение имели новые принципы определения границ стратотипов глобального ранга: лимитотипов (нижних границ стратиграфических подразделений) с максимальным корреляционным потенциалом, в котором фиксируется точка глобального стратотипа границы (ТГСГ, Global Stratotype Section and Point — GSSP) в конкретном сечении разреза во избежание разночтений при использовании новых данных по другим пересечениям. В литературе широко распространилось образное обозначение такой точки, именуемой «золотым гвоздем», а сам новый критерий обоснования стратотипов глобального ранга часто называют принципом «золотого гвоздя». Введение этого критерия в дополнение к суммарной характеристике самих стратотипов (т.е. стратотипов) открыло возможность дальнейшего совершенствования МСШ без существенных нарушений исторически сложившейся стратиграфической номенклатуры.

Такой подход с полным основанием можно назвать принципом дополнительности по аналогии с одноименным принципом теоретической физики Н. Бора, позволившим совместить волновую и квантовую теории физических полей. По существу, по такому же принципу в дополнение к стратотипам были введены в методический арсенал стратиграфии другие категории эталонных разрезов — нео-, пара- и лектостратотипы. Это также способствовало сохранению стабильности стратиграфической номенклатуры и препятствовало развитию синонимического разнобоя.

ОГРАНИЧЕННОСТЬ КОРРЕЛЯЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЛИМИТОТИПОВ

Однако опыт успешной деятельности Международной комиссии по стратиграфии в 1960—1970 гг. не получил дальнейшего развития. Наоборот, начатая в середине 80-х годов прошлого столетия новым поколением руководителей МКС самая радикальная за последнее столетие реформа МСШ ознаменовалась резким изменением стиля ее деятельности и методологически необоснованной «рационализацией» критериев установления глобальных стратотипов. Изменение стиля деятельности МКС выразилось в том, что вся основная работа по обоснованию нововведений в МСШ замкнулась в рамках самой МКС и ее подкомиссий по системам без привлечения национальных стратиграфических служб в противоположность ее деятельности в предыдущий период. По существу, это означает отрыв МСШ от ее региональной первоосновы. Ключевым моментом новой идеологии в построении МСШ стала фактическая замена стратотипов подразделений МСШ лимитотипами. В официальном документе МКС «Пересмотренное руководство по установлению глобальных стратиграфических стандартов, предлагаемое Международной комиссией по стратиграфии» [Remane et al., 1996] декларируется: «Хроностратиграфические подразделения Глобального стандарта фанерозоя могут быть определены только через стратотипы границ». Этот же принцип специально оговаривается и в других официальных документах МКС, в частности, в подготовленной к сессии МГК в Рио-де-Жанейро (2000 г.) начальной версии обновленной МСШ, где впервые было намечено расчленение кембрийской и ордовикской систем по новым правилам,

т.е. установленными или намечаемыми в каком-либо регионе точками GSSP, а большинство ярусов между ними обозначены порядковыми номерами, что означало отсутствие их характеристик, которые в соответствии с апробированной практикой должны определяться стратотипами (рис. 1). Такой путь реформирования МСШ намечен руководством МКС и на будущее [Gradstein, Ogg, 2002; Gradstein et al., 2004].

Провозглашение самодостаточности стратотипов границ лимитотипов как определяющих свойств глобальных стратоталонов исключает возможность использовать весь комплекс признаков стратонтов, которые обычно суммируются на основе изучения стратотипов и дополняются по другим достаточно надежно скоррелированным разрезам. Таким образом, достигается интегральная характеристика каждого конкретного этапа в эволюции Земли, и в то же время выявляются региональные особенности экосистем в зависимости от климатической зональности, палеогеографических обстановок и геодинамической природы палеобассейнов (континентального, эпиконтинентального или океанического типов).

В методологическом плане несостоятельность такого подхода определяется тем, что из множества ранее использовавшихся корреляционных признаков выбирается только один (обычно это первое появление в типовом разрезе какого-либо вида фауны зонального ранга), которому придается статус изохронного индикатора, маркирующего глобальную границу смежных стратонтов. Однако даже теоретически никогда не могло существовать видов глобального распространения, что достаточно убедительно подтверждается всей геологической летописью. К тому же при градуировке МСШ по точечным местонахождениям таких хронометрических видов невозможно учесть неизбежные искажения палеонтологической летописи эволюционных изменений биот тафономическими, миграционными, седиментологическими, катагенетическими и прочими факторами, влияющими на формирование и сохранность тафоценозов. Поэтому при стратиграфических корреляциях неизбежно приходится использовать так называемые «корреляционные мосты» или, другими словами, экотонные зоны между разными биогеографическими провинциями, где пересекаются признаки экосистем разобщенных палеобассейнов или их контрастно различающихся биомических поясов (например, мелководного и глубоководного). С.В. Мейен [1989] назвал это принципом передачи корреляционной функции, а Б.С. Соколов (1974) — корреляционной трансмиссией. При использовании для глобальных корреляций только лимитотипов невозможно также применить принцип гомотаксиса — определение относительной изохронности стратонтов по аналогичным или сходным последовательностям совокупностей палеонтологических, палеоэкологических, фенотипических, седиментологических и других признаков, например, возникновение ароморфозов или сальтационных всплесков биоразнообразия, однонаправленных изменений динамики разнообразия биот, амплитуды и последовательности экстагических изменений уровня океана, событийные сигналы и т.п. По существу, принятый МКС подход к реформированию МСШ оказался оторванным от исторического развития стратиграфии на современном этапе, когда на основе региональных исследований появилось и успешно использовалось много новых методов, которые при их комплексном применении резко повысили точность и надежность стратиграфических корреляций.

Поэтому с самого начала проведения реформы МСШ по новым существенно упрощенным критериям Межведомственный стратиграфический комитет России занял активную критическую позицию по отношению к поспешным, недостаточно обоснованным нововведениям без широкого их обсуждения с учетом опыта предыдущей деятельности МКС и регионально-геологических исследований на крупных и хорошо изученных территориях. Эти проблемы неоднократно обсуждались на заседаниях бюро МКС, и по наиболее дискуссионным вопросам позиция МКС фиксировалась официальными постановлениями, а в адрес руководства МКС и Международной подкомиссии по стратиграфической классификации от имени МКС отправлялись послания с замечаниями и предложениями по конкретным вопросам. Обзор деятельности МКС по проблемам реформирования МСШ был опубликован председателем МКС России А.И. Жамойдой в работах [Zhaimoïda, 2004; Жамойда, 2004, 2005]. Критический анализ проблем, связанных с ревизией МСШ, был дан также Ю.Б. Гладенковым [2004], представляющим позицию стратиграфической службы России в МКС.

Самое главное возражение МКС относится к замене стратотипов стратиграфических подразделений их лимитотипами, т.е. к новому принципу построения МСШ, о чем было сказано выше. Кроме того, стратиграфическая служба России не согласна с сугубо формальным построением стратиграфической шкалы докембрия на хронометрической основе, игнорируя крупные достижения в выявлении естественных историко-геологических этапов в ранней эволюции Земли и ее биосферы. Также по формальным критериям МКС настойчиво стремится упразднить четвертичную систему, которая отражает особый специфический этап в развитии осадочной оболочки Земли и ее живого покрова. Имеется еще целый ряд существенных замечаний по другим пунктам изменений МСШ.

В связи со значительными расхождениями принципиального характера позиций МКС России к актуализации и стандартизации МСШ нашей стратиграфической службой было принято решение ввести в обиход на территории России новую интерпретацию понятия «Общая стратиграфическая шкала»

(ОСШ), которое раньше считалось синонимом МСШ, как и Глобальная стратиграфическая шкала, но теперь ему придается другой смысл. С учетом того, что многие подразделения МСШ находятся в стадии становления или противоречат устоявшимся в России принципам обоснования и практике использования ранее установленных стандартов, рекомендовано параллельно со стратоэталонами МСШ применять прежние стратиграфические подразделения, в частности, ярусное деление кембрия, расчленение позднего докембрия с сохранением рифея и венда, британский стандарт расчленения ордовикской системы.

СТРАТОЭТАЛОНЫ НИЖНЕГО ПАЛЕОЗОЯ: ИСТОРИЧЕСКИЕ КОРНИ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Расчленение базальной части палеозоя на системы и проведение границ между ними было предметом острых дискуссий со времени первого «золотого века» стратиграфии (20—30-е годы XIX в.), когда классиками европейской геологии (У. Конибером и У. Филипсом, Омалиусом д'Аллуа, А. Седжвиком, Р. Мурчисоном, А. Дюмоном и другими) были заложены основы иерархической классификации стратиграфической номенклатуры и в диапазоне современного фанерозоя определена последовательность осадочных серий, за которыми закрепилось название «система». По общепринятым представлениям того времени порядок следования снизу вверх этих систем, выделенных в какой-либо местности, отражал ход геологической истории на всем земном шаре. Главными критериями при группировке осадочных серий в системы были их стратиграфические взаимоотношения в разрезах (по принципу Стенона: ниже/выше = раньше/позже), их литологические особенности («петрографический облик») и сходство условий образования. Палеонтологические данные, которые к тому времени были мало известны, особенно для самых древних отложений, практически не учитывались или в лучшем случае рассматривались как второстепенные признаки.

Этот период становления прообраза будущей стратиграфической шкалы как стандартизованного хронометра геологической истории можно назвать формационным, так как подход к выделению серий слоев и объединению их в системы по сути соответствовал понятию «формация». Термин «формация» впервые употребил в своей работе 1762 г. «История Земли и Моря, установленная по истории Тюрингенских гор» немецкий натуралист, доктор медицины А. Фюксель в значении совокупности слоев, образованных в одинаковых условиях. Именно эта идея группировки слоев по сходству условий их образования под разными терминологическими обозначениями использовалась другими исследователями, в том числе при выделении стратиграфических систем, хотя сам термин стал широко использоваться почти столетие спустя [Леонов, 1973]. В англоязычной литературе этот термин используется как эквивалент русскоязычного понятия «свита», если не считать некоторых нюансов в их толковании в отечественной и зарубежной стратиграфии. Многие современные исследователи отмечают, что несмотря на ограниченные возможности формационного критерия при выделении систем без учета палеонтологических данных и возможности обобщений материалов по территориям за пределами Европы, в целом почти все изначально выделенные системы оказались соответствующими крупным естественно-историческим этапам развития Земли (периодам). Таким образом, были заложены основы периодизации геологической истории по стратиграфической последовательности осадочных серий в литосфере. Исключением стал нижний палеозой, который первоначально был совместно расчленен близкими соратниками А. Седжвиком и Р. Мурчисоном [Sedgwick, Murchison, 1835] на две системы — кембрийскую и силурийскую, а затем после затянувшихся на долгие десятилетия дискуссиями между ними и их разделившимися последователями о границе между системами спорный интервал было предложено выделить в самостоятельную систему — ордовикскую. Такое предложение обосновал английский геолог Ч. Лэпвортс [Lapworth, 1879], аргументируя свою позицию существенными различиями в составе фаун этих трех подразделений, которые к тому времени были изучены за пределами стратотипических районов Англии и Уэльса, наиболее детально на территории Чехословакии И. Баррандом, а также в Швеции и частично в Северной Америке.

История формирования стратиграфической шкалы додевонских отложений подробно была рассмотрена Г.П. Леоновым [1973]. Он подчеркивал со ссылкой на публикацию самого Ч. Лэпвортса, что предложение о выделении ордовика в качестве самостоятельной системы было номенклатурным компромиссом с целью разрешения кембро-силурийского конфликта. Ч. Лэпвортс считал условиями (т.е. договоренными) все стратиграфические границы, которые отчетливо можно обозначить только там, где есть стратиграфические перерывы или резкие различия формаций, а при прослеживании таких границ в других местностях неизбежно будут встречаться переходные слои с транзитной фауной, отражающей непрерывность процесса эволюционных изменений.

Однако на судьбе стратиграфической шкалы нижнего палеозоя продолжали сказываться не только концептуальные разногласия по поводу природы стратиграфических границ, но и атавизм первоначальных представлений о приоритете формационного критерия при расчленении разрезов, который в страто-

типической области распространения нижнего палеозоя «подпитывался» иллюзорными возможностями определить глобальные границы по резкой смене формационных комплексов. Такой подход, подкрепляемый условными сопоставлениями с палеонтологически охарактеризованными разрезами других регионов, допускал множество разных интерпретаций объема стратонов, ставя под сомнение даже валидность кембрийской системы.

Ордовик в статусе самостоятельной системы в легенды геологических карт был впервые введен на территории СССР в 1955 г., но только в 1960 г. на сессии МГК в Копенгагене был официально утвержден в МСШ в ранге системы. В качестве ярусных подразделений ордовикской системы были приняты серии (по существу формации), выделенные на территории Уэльса и прилегающей части Англии в начале XIX в. и вошедшие в нижнюю и среднюю части силурийской системы в интерпретации Р. Мурчисона. Использование британских серий в качестве стандарта для широких корреляций всегда вызывало большие трудности, так как они изначально были выделены по формационному критерию, т.е. как литостратиграфические подразделения в фрагментарных, разобщенных разрезах и неблагоприятных для фауны в преимущественно вулканогенно-терригенных и частично карбонатных фациях с эндемичными комплексами бентосной фауны. Граптолитами, являющимися для ордовикских отложений основой их зонального расчленения, охарактеризованы только отдельные стратиграфические интервалы. В последние десятилетия для стратиграфических корреляций стали широко использоваться конодонты, и для ряда регионов разработаны детальные зональные шкалы по этой группе фауны. Но попытки выявить достаточно представительные комплексы конодонтов в британских разрезах оказались безуспешными [Fortey et al., 1991, 1995, 2000; Корень, 2002].

Поэтому целесообразность реформирования стратиграфической шкалы ордовикской системы и обоснования новых стратоталонов глобального ранга не вызывает сомнений. Но нельзя согласиться с новой методологией градуировки этой шкалы по принципу «золотых гвоздей», т.е. опережающее установление лимитотипов границ в отрыве от самих ярусов [Cooper et al., 2001; Bergstrom et al., 2004; Chen Xu et al., 2006; Состояние..., 2008]. Такая упрощенная процедура отрывает стратиграфию от ее историко-геологической основы и, безусловно, существенно обедняет методический инструментарий стратиграфических корреляций. Еще одной иллюстрацией механистического подхода к канонизации новых стратоталонов является процедура формального объединения «безмолвных» ярусов (из-за отсутствия стратотипов) в отделы по принципу парности (см. рис. 1). Эта категория крупных стратиграфических подразделений особенно важна для глобальных историко-геологических обобщений и составления сводных геологических карт. Как будет показано в следующем разделе, предлагаемое в новой шкале ордовика деление на отделы совершенно не соответствует крупным хорошо прослеживаемым на разных континентах рубежам экосистемных перестроек.

Предлагаемое МКС расчленение кембрийской системы и поспешно утвержденное его официальными решениями тоже началось не с «чистого листа». Как было отмечено выше, уже со времени выделения двух смежных систем в нижнем палеозое остро стоял вопрос о границе между ними. Неопределенной оставалась нижняя граница кембрия. Из-за почти полного отсутствия в стратотипической местности Камберленд (Северная Англия) палеонтологической характеристики вулканогенно-осадочных пород этой системы до конца XX в. не было общепринятого деления ее на подразделения в ранге отделов, ярусов и зон. Поэтому в разных странах разрабатывались независимые от типовых разрезов и труднокоррелируемые между собой региональные стратиграфические схемы.

За последние десятилетия, начиная с 50-х годов XX в., наиболее полное палеонтологическое, седиментологическое и палеогеографическое обоснование было дано региональной стратиграфической схеме кембрия Сибирской платформы. В ней были выделены все основные категории ее подразделений (зоны по трилобитам и другим группам фауны, региоярусы или горизонты, отделы), в непрерывных разрезах зафиксированы нижняя и верхняя границы системы. Сибирская платформа была признана среди специалистов разных стран главным опорным регионом для установления глобальных стратоталонов нижнего и среднего кембрия и унификации их стратиграфической номенклатуры. Для верхнего кембрия были приняты хорошо изученные стратотипы аюсокканского, сакского, аксайского и батырбайского ярусов Южного Казахстана (см. рис. 1) как наиболее перспективные для глобальных корреляций [Cowie, Bassett, 1989; Стратиграфический..., 1992].

Однако начатая подкомиссией МКС по кембрийской системе процедура официального утверждения почти полностью согласованного проекта стратиграфической шкалы на основе стратотипов Сибирской платформы и Южного Казахстана была приостановлена новым составом МКС под предлогом перехода на новые принципы выделения глобальных стратоталонов. В официально принятой шкале кембрия 2000 г. все эти подразделения упразднены и заменены градуировкой выбранными в разных регионах точками типовых разрезов (GSSP), фиксирующих нижние границы безымянных номерных ярусов (без стратотипических характеристик), искусственно сгруппированных в отделы (рис. 2). В последующих версиях МСШ кембрийской системы, официально утвержденных на сессиях МГК во Фло-

МСШ, 1991 г. (рабочий вариант)			МСШ, 2000 г.			МСШ, 2008 г.			ОСШ России [Постановление..., 2002]					
System	Series	Stage	System	Series	Stage	System	Series	Stage	Отдел	Ярус	Возраст, млн лет			
Ordovician	Lower	Tremadocian	Ordovician	Lower	Tremadocian	Ordovician	Lower	Tremadocian			490 ± 2			
Cambrian	Upper / Late	Dolgellian	Upper / Late	Cambrian		Cambrian	Furongian	Cambrian Stage 10	Верхний	Батырбайский	500			
		Festiniogian						Cambrian Stage 9		Аксайский				
		Maentwrogian						Paibian		Сакский				
	Middle	Menevian	Middle				Cambrian Series 3	Guzhagian	Средний	Аюсоканский				
		Solvian						Drumian		Майский				
	Lower / Earle	Lenan	Lower / Earle				Cambrian Series 2	Cambrian Stage 5	509	Нижний	Амгинский			
		Atdabanian						Cambrian Stage 4			Тойонский			
		Tommotian						Cambrian Stage 3			Ботомский			
	Венд							Fortunean	Cambrian Stage 2	Венд	Томмотский	526	Немакит – далдынский	529
											Burinian			

Рис. 2. Деление кембрийской системы на отделы и ярусы в разных вариантах МСШ (1991, 2000 и 2008 гг.) и Общей стратиграфической шкале России.

ренции (2004 г.) и Осло (2008 г.), эта шкала была дополнена названиями ярусов вместо номеров, т.е. формально стала соответствовать исторически закрепленной стратиграфической номенклатуре. Здесь следует напомнить, что названия ярусов имеют информационное назначение и определяют приоритет выбранной местности как эталонной основы для глобальных сопоставлений разрезов.

Градуировка МСШ нижнего палеозоя по формальным критериям, в отрыве от изучения закономерностей эволюции экосистем, не позволяет использовать ее для уточнения периодизации геологической истории Земли на одном из важнейших переломных этапах ее развития. Накопленные к настоящему времени данные по эволюции экосистем в раннем палеозое снова ставят в повестку дня не только проблему расчленения систем на более дробные подразделения, но и соответствие выделенных на ранних этапах развития стратиграфии самих базальных систем палеозоя.

ПЕРИОДИЗАЦИЯ РАННЕПАЛЕОЗОЙСКОЙ ИСТОРИИ ЗЕМЛИ С ПОЗИЦИЙ ЭКОСТРАТИГРАФИИ

В последние десятилетия достигнуты крупные успехи в изучении геологической истории биосферы, которые стимулировались постановкой крупных междисциплинарных программ Российской академии наук по глобальным изменениям среды, происхождению и эволюции биосферы, международного проекта «Экостратиграфия» в рамках международной программы геологической корреляции под эгидой ЮНЕСКО. Постановка этого проекта в 1973 г. по инициативе председателя МКС А. Мартинссона (Швеция), Б.С. Соколова и других лидеров мировой стратиграфии ознаменовала начало нового этапа в уточнении МСШ на основе анализа и обобщения данных по эволюции экосистем. Этот проект был непосредственным продолжением международной программы по обоснованию новой границы силура и девона, когда в качестве ее стандартного репера был установлен в монофациальном разрезе на территории Чехословакии лимитотип по смене одного зонального вида граптолитов другим. Одновременно с введением этого дополнительного критерия фиксации границ стратонов и уточнения таким образом их стратиграфических объемов было решено провести анализ всех важнейших групп и флоры с целью «увязать» этот монотаксонный репер с этапностью в эволюции экосистем. Это направление исследований стало называться экостратиграфией [Martinsson, 1973] или бассейновой стратиграфией [Соколов, 1974]. В разных названиях этого направления подчеркиваются два неразрывно связанных аспекта исследований: «бассейновая стратиграфия» предусматривает экосистемные реконструкции в пределах целых седиментационных палеобассейнов, а в термине «экостратиграфия» акцентируется внимание на палеоэкологические (биоценотические) интерпретации ископаемых сообществ, характеризующих специфику эволюционных этапов развития экосистем в стратиграфической (геохронологической) последовательности. Предыстория и некоторые предварительные итоги формирования этого направления исследований приведены в работах [Красилов и др., 1985; Соколов, 1986а,б; Теория..., 1986].

Экостратиграфию Б.С. Соколов определил как новый стиль исследований в области биостратиграфии, отметив при этом, что советские ученые были наиболее подготовленными к этому благодаря блестящим работам Р.Ф. Геккера и его школы по палеоэкологии древних бассейнов, а также более широкими, чем в других странах, возможностями проведения крупномасштабных коллективных работ. Самое крупное комплексное изучение по такой идеологии проводилось в течение нескольких десятилетий по кембрию, ордовику и силуру Сибирской платформы. Результаты этих исследований с описанием всех групп фауны, типовых разрезов по естественным обнажениям и керну скважин, палеогеографическими и палеоэкологическими реконструкциями опубликованы в десятках монографий и сотнях статей. По степени изученности и полноте разрезов нижний палеозой Сибирской платформы, безусловно, представляет собой модельный объект не только для решения общих вопросов стратиграфии, но и изучения закономерностей эволюции экосистем на переходном этапе между преимущественно прокариотной биосферой докембрийского типа и многоуровневой фанерозойского типа.

В течение ряда лет на примере изучения экосистемных перестроек раннего палеозоя в эпиконтинентальном палеобассейне Сибирской платформы с привлечением сравнительных данных по другим регионам нами разрабатывается экологическая концепция эволюции биосферы [Каныгин, 1996, 2001; Kanygin, 2008], основанная на современной интерпретации учения В.И Вернадского о биосфере, дополненная идеями «универсального эволюционизма» [Моисеев, 1997], коэволюции биологических [Родин, 1991] и геобиосферных [Заварзин, 2003] процессов, экологических закономерностей видообразования [Шварц, 1980] с использованием в качестве актуалистической основы экологических и биогеохимических моделей разных типов современных экосистем [Одум, 1975; Маргалеф, 1992]. Центральным звеном такого подхода является новое понимание эволюции как процесса изменений взаимодействий (или полей взаимодействий) между элементами открытой системы под воздействием внутренних и внешних факторов в противовес традиционной типологической трактовке эволюции как последовательной смены иерархически организованных морфофизиологических групп организмов, выраженных в виде генеалогического древа [Красилов, 1977]. В методическом плане такой подход предполагает обязательное использование палеонтологических данных для функциональной интерпретации ископаемых сообществ и реконструкций условий среды. Главной фактологической базой для такого анализа являются данные по динамике изменения биоразнообразия доминирующих компонентов биот и их типизации по экологическим специализациям (по критериям выделения адаптивных групп или, по другой терминологии, экологических гильдий). Для этой цели весьма эффективным оказался метод регистрации изменений биоразнообразия в таксономических категориях разного ранга (от видов до семейств), который в наиболее полном виде был использован в широко известной работе Дж. Сепкоски [Sepkoski, 1982] и послужил основой для создания общедоступных международных баз данных.

На этой информационной, концептуальной и методической основе построена описательная и графическая модели эволюции таксономической, трофической и пространственной структуры морских экосистем в раннем палеозое [Каныгин, 2001; Kanygin, 2008]. Отчетливо выделяются три этапа эволюции (рис. 3): ранний кембрий (545—520 млн лет) — появление основных стволов (типов) скелетных

гидробионтов, в том числе многочисленных таксонов неясной биологической природы — эволюционных эфемеров, быстрая колонизация бентосными сообществами мелководных морей, господство донных автотрофов и пастбищных гетеротрофов (с резким доминированием трилобитов), экологически недонасыщенная преимущественная меропланктонная пелагиаль, очень высокие темпы биодиверсификации (раннекембрийский взрыв биоразнообразия); средний и поздний кембрий — ранний ордовик (520—465 млн лет) (по российской интерпретации расчленения кембрийской и ордовикской систем) — в самом начале вымирание большинства таксономических групп неясного систематического положения, в том числе из самых преуспевающих — археоциат, отсутствие заметных биологических инноваций (ароморфозов), короткоживущие филолинии аборигенных сообществ (быстрая ротация таксонов не только на видовом, но и родовом и семейственном уровнях), сравнительно стабильное биоразнообразие; средний—поздний ордовик (465—440 млн лет) — экологическая революция в морских экосистемах, появление и(или) расцвет большой группы пионерных оксифильных сообществ с новыми экологическими специализациями, кардинальные изменения в автотрофном и гетеротрофном ярусах экосистем, господство фильтраторных экологических гильдий, массовое развитие колониальных организмов, глобализация трофических (биогеохимических) конвейеров по горизонтальным (в бентали) и вертикальным (в пелагиали) векторам. Для детализации этой модели с акцентом на уточнение хронологии переломных биотических событий и их связи с эвстатическими, палеоклиматическими и региональными палеогеографическими факторами было проведено сравнительное изучение и сопоставление данных по таксономическому составу и динамике изменений биоразнообразия доминирующих групп фауны, а также седиментационной цикличности палеобассейнов Сибирской и Русской платформ. Доказана относительная изохронность переломных биотических событий (резкие изменения биоразнообразия, фенотипические инновации в параллельных филогенетических линиях как проявление эффекта «мутационной моды»), хорошо совпадающих с глобальными эвстатическими колебаниями уровня океана, что может служить важным дополнительным критерием при межконтинентальных стратиграфических корреляциях [Kanygin et al., 2010a,b; Dronov et al., 2010]. Было доказано, что кардинальная перестройка хронологической и трофической структуры морских экосистем в это время определялась: 1) изменениями в биопродуктивности и пространственном (ярусном) распределении автотрофных звеньев пищевых цепей (расцвет фитопланктона вместо донных цианобактерий), формированием в дополнение к горизонтальному (бентосному) вертикального (пелагического) вектора и сетевой системы трофических конвейеров; 2) появлением и быстрым расцветом новых экологических гильдий в бентали и пелагиали, обеспечивших многообразие экологических специализаций, формирование более сложной системы депонирования, транспортировки и пространственного распределения пищевых ресурсов, доминирование детритных трофических цепей вместо пастбищных. Эти кардинальные изменения в составе, структуре и пространственных параметрах биот хорошо согласуются с крупномасштабными геологическими изменениями среды [Каныгин, 2001; Kanygin, 2008]: 1) резким увеличением концентрации кислорода в морской среде (что, в частности, подтверждается расцветом оксифильных экологических гильдий гетеротрофного яруса — все они оказались эволюционными долгожителями); 2) таким же резким увеличением концентраций двуокси углерода вулканического происхождения (это должно было стимулировать рост биопродуктивности автотрофного яруса и, в частности, появление и расцвет пионерной группы микрофитопланктона — хитинозой); 3) максимальное за всю фанерозойскую историю распространение в среднем ордовике эпиконтинентальных морей (что в сочетании с оксигенизацией и «углеродизацией» среды могло стать мощным триггерным механизмом ускорения эволюционного процесса, так как в это время фотосфера морей была главной ареной жизни на Земле. Более подробно эти экосистемные перестройки в раннем палеозое охарактеризованы в ряде статей автора [Каныгин, 2001; Kanygin, 2008].

Таким образом, в раннем палеозое совершенно отчетливо выявляются три резко различающихся периода, которые по современным критериям периодизации геологической истории вполне соответствуют трем самостоятельным системам. Резкая обособленность нижнего кембрия от среднего и верхнего уже давно была замечена исследователями, поэтому предлагалось разделить кембрий на две системы [Покровская, Журавлева, 1960]. Большое сходство экосистем по составу биот и их структурно-функциональной организации среднего — верхнего кембрия и нижнего ордовика, их резкие отличия от среднего — верхнего ордовика стали выявляться только в последние годы. Очень важно, что и границы систем при таком трехчленном делении наиболее четко прослеживаются в глобальном масштабе, особенно нижняя граница среднего ордовика в наиболее полноизученных регионах — на Сибирской, Северо-Американской и Русской платформах. С этого рубежа начинается взрывная биодиверсификация пионерных групп бентосной фауны (замковых брахиопод, кораллов, мшанок, криноидей, строматопорат) с преимущественно фильтраторным типом питания на фоне постепенного снижения биоразнообразия аборигенной фауны, среди которой ранее резко доминировали трилобиты [Li, Droser, 1999; Каныгин, 2001; Dronov et al., 2009; Kanygin et al., 2010a,b]. Менее резко, но с быстрым ускорением с этого уровня начинают нарастать темпы биодиверсификации пелагических групп — фитопланктона (хитинозой), зоопланктона

(граптолиты, радиолярии), нектона (конодонтонириды, наутилоидеи, агностиды). Эти группы хорошо трассируются в складчатых областях разных континентов (в протоокеанических провинциях) по богатому и широко распространенному комплексу граптолитов зоны *Nemograptus gracilis*. Кроме того, этот рубеж отвечает началу самого крупномасштабного в фанерозое эвстатического повышения уровня Мирового океана [Каныгин, 2001; Kanygin et al., 2010a; Dronov et al., 2010]. Граница между нижним и средним кембрием также рассматривалась большинством специалистов как наиболее отчетливый корреляционный репер кембрийской системы [Кембрий..., 1992; Розанов и др., 2008].

Исходя из принципа стабильности основной стратиграфической номенклатуры, на современном этапе развития стратиграфии нецелесообразно вносить радикальные изменения в деление фанерозоя на системы. Но при расчленении систем на отделы и ярусы экосистемный критерий не поздно учитывать, если реформу МСШ проводить не по формальному принципу, а на апробированной практикой историко-геологической основе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из приведенного анализа современного состояния МСШ и путей ее реформирования вытекают несколько выводов принципиального характера.

1. Введение в методический арсенал стратиграфий новых категорий стратиграфической номенклатуры (лимитотипов и точек глобальных границ стратонтов) как дополнительных, а не альтернативных по отношению к стратотипам было важным инструментом уточнения и детализации МСШ без существенных нарушений стабильности исторически сложившейся иерархии стратиграфических подразделений. Однако упразднение стратотипов как главных носителей диагноза стратонтов или даже опережающее выделение лимитотипов существенно снижает возможность использования всей совокупности методов стратиграфии для глобальных корреляций.

2. В настоящее время имеется необходимая фактологическая, концептуальная и методическая база для корректировки МСШ как интегральной формы периодизации геологической истории с позиций эволюции экосистем в дополнение к традиционному биохронологическому анализу фауны и флоры по их таксономическому составу и филогенетическим последовательностям.

3. При современном состоянии МСШ приоритетной стратиграфической основой для регионально-геологических работ являются региональные стратиграфические шкалы, а также унифицированная постановлениями МКС Общая стратиграфическая шкала России, отвечающая реальному состоянию изученности ее территории и устоявшимся принципам ее обоснования. В связи с этим для обсуждения в МКС целесообразно поставить вопрос о введении в номенклатуру ОСШ России эквивалентов отделов и ярусов с приставкой регио- (региоотделов и региоярусов) во избежание путаницы в использовании стратиграфических подразделений МСШ и ОСШ.

Автор благодарен Б.С. Соколову, А.И. Жамойде, Т.Н. Корень и М.А. Федонкину за плодотворные обсуждения рассматриваемых в статье проблем стратиграфии, а также рецензентам В.И. Краснову и В.А. Лучининой за конструктивные замечания.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (гранты 08-05-00695, 11-05-01088).

ЛИТЕРАТУРА

Гладенков Ю.Б. Некоторые проблемы стратиграфии начала XXI века и ее основные направления // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2004, т. 12, № 4, с. 14—19.

Гурари Ф.Г. К стратиграфии кембрия юго-востока Сибирской платформы // Изв. АН СССР. Сер. геол., 1945, № 4, с. 38—62.

Гурари Ф.Г., Халфин Л.Л. Реформа правил стратиграфической классификации необходима // Геология и геофизика, 1966 (4), с. 3—14.

Дополнения к Стратиграфическому кодексу России / Ред. А.И. Жамойда. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2000, 112 с.

Жамойда А.И. Проблемы Международной (общей) стратиграфической шкалы и ее совершенствование // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2004, т. 12, № 4, с. 3—13.

Жамойда А.И. Ключевые проблемы Международной стратиграфической шкалы (по материалам 32-й сессии МГК и МКС России). СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2005, 30 с.

Жамойда А.И., Меннер В.В. Две основные тенденции разработки стратиграфической классификации // Проблемы геологии и полезных ископаемых на XXIV сессии Международного геологического конгресса. М., Наука, 1974, с. 144—151.

Жамойда А.И., Моисеева А.И. Международное руководство по стратиграфии и Стратиграфический кодекс СССР — сходство и различия // Советская геология, 1980, № 1, с. 55—65.

- Жамойда А.И., Моисеева А.И.** О деятельности Международной подкомиссии по стратиграфической классификации (1976—1986 гг.) // Изв. АН СССР. Сер. геол., 1986, № 12, с. 115—119.
- Жамойда А.И., Ковалевский О.П., Моисеева А.И.** Стратиграфические кодексы. Теория и практическое использование. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 1996, 144 с.
- Заварзин Г.А.** Лекции по природоведческой микробиологии. М., Наука, 2003, 348 с.
- Каныгин А.В.** Ордовикский этап развития биосферы: кардинальная перестройка морских экосистем // Геодинамика и эволюция Земли. Материалы к научной конференции РФФИ. Новосибирск, НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1996, с. 170—173.
- Каныгин А.В.** Ордовикский феномен взрывной дивергенции органического мира Земли: причины и эволюционные последствия для биосферы // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (4), с. 631—667.
- Каныгин А.В., Тимохин А.В., Ядренкина А.Г., Сычев О.В., Москаленко Т.А.** Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Ордовик Сибирской платформы. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2007, 269 с.
- Кембрий Сибири** / Под ред. Л.Н. Репиной, А.Ю. Розанова. Новосибирск, Наука, 1992, 135 с.
- Корень Т.Н.** Проблемы Общей стратиграфической шкалы ордовикской системы // Региональная геология и металлогения. СПб., 2002, вып. 15, с. 14—25.
- Красилов В.А.** Эволюция и биостратиграфия. М., Наука, 1977, 256 с.
- Красилов В.А., Зубаков В.А., Шульдинер В.И., Ремизовский В.И.** Экостратиграфия. Теория и методы. Владивосток, ДВНЦ АН СССР, 1985, 148 с.
- Леонов Г.П.** Основы стратиграфии. Т. 1. М., Изд-во Моск. ун-та, 1973, 530 с.
- Леонов Г.П.** Основы стратиграфии. Т. II. М., Изд-во Моск. ун-та, 1974, 486 с.
- Маргалев Р.** Облик биосферы. М., Наука, 1992, 214 с.
- Мейен С.В.** Введение в теорию стратиграфии. М., Наука, 1989, 216 с.
- Моисеев Н.Н.** Универсальный эволюционизм // Вопросы философии, 1997, № 2, с. 3—28.
- Никитин С.Н.** Следы мелового периода в Центральной России // Труды геолкома, 1884, т. V, № 2, с. 3—11.
- Никитин С.Н., Чернышев Ф.Н.** Международный геологический конгресс и его последние решения в Берлине и Лондоне // Горный журнал, 1889, т. I, с. 34—43.
- Одум Ю.** Основы экологии. М., Мир, 1975, 214 с.
- Покровская Н.В.** О ярусном расчленении кембрия // Кембрийская система, ее палеогеография и проблема нижней границы. МГК, XX сессия. Доклады советских геологов. М., Изд-во АН СССР, 1961, т. 3, с. 256—274.
- Покровская Н.В., Журавлева И.Т.** О выделении нижнего кембрия в самостоятельную геологическую систему // Международный геологический конгресс. XXI сессия. Доклады советских геологов. М., Наука, 1960, с. 186—200.
- Постановление** Межведомственного стратиграфического комитета по ярусному расчленению нижнего и верхнего отделов кембрийской системы // Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 21. Л., 1983, с. 19—21.
- Постановление** Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. СПб., ВСЕГЕИ, 2002, вып. 33, с. 10—16.
- Родин С.Н.** Идея коэволюции. Новосибирск, Наука, 1991, 237 с.
- Розанов А.Ю., Хоментовский В.В., Шабанов Ю.Я., Карлова Г.А., Лучинина В.А., Пегель Т.В., Демиденко Ю.Е., Пархаев П.Ю.** К проблеме ярусного расчленения нижнего кембрия // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2008, т. 16, № 1, с. 3—21.
- Сакс В.Н.** Избранные труды. Кн. 1. Биостратиграфия и палеобиогеография мезозоя Сибири. Новосибирск, Академ. изд-во «Гео», 2007, 643 с.
- Соколов Б.С.** К классификации и терминологии основных стратиграфических подразделений, заключенных между кембрием и девоном // Геология и геофизика, 1960 (9), с. 3—11.
- Соколов Б.С.** Основные вопросы додевонской стратиграфии Сибирской платформы // Геология и геофизика, 1961 (10), с. 62—73.
- Соколов Б.С.** Основные вопросы стратиграфии ордовикских и силурийских отложений Средней Сибири // Стратиграфия палеозоя Средней Сибири. Новосибирск, Наука, 1968, с. 5—15.
- Соколов Б.С.** Биохронология и стратиграфические границы // Проблемы общей и региональной геологии. Новосибирск, Наука, 1971, с. 155—178.
- Соколов Б.С.** Периодичность (этапность) развития органического мира и биостратиграфические границы // Геология и геофизика, 1974 (1), с. 3—10.

- Соколов Б.С.** Биосфера: понятие, структура, эволюция // В.И. Вернадский и современность. М., Наука, 1986а, с. 98—122.
- Соколов Б.С.** Экостратиграфия, ее место и роль в современной стратиграфии // Теория и опыт экостратиграфии. 1986б, Таллин, Валгус, с. 9—18.
- Состояние** изученности стратиграфии докембрия и фанерозоя России. Задачи дальнейших исследований // Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 38 / Под ред. А.И. Жамойды, О.П. Петрова. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2008, 131 с.
- Статиграфический** кодекс СССР. Составители: А.К. Жамойда, О.П. Ковалевский, А.И. Моисеева, В.И. Яркин. Л., 1977, 80 с.
- Стратиграфический** кодекс. Изд. второе, дополненное. СПб., МКС, 1992, 120 с.
- Стратиграфический** кодекс России. Издание третье. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 69 с.
- Стратиграфия** ордовика Сибирской платформы / Под ред. Б.С. Соколова, Ю.И. Тесакова. Новосибирск, Наука, 1975, 255 с.
- Теория** и опыт экостратиграфии / Под ред. Д.Л. Кальо, Э.Р. Клааман. Таллин, Валгус, 1986, 295 с.
- Халфин Л.Л.** О положении границы силур—девон в связи с некоторыми другими вопросами стратиграфии // Биостратиграфия пограничных отложений силура и девона. М., Наука, 1968, с. 25—38.
- Халфин Л.Л.** О методологических основах стратиграфической классификации // Тр. СНИИГТиМСа, 1973, вып. 169, с. 3—21.
- Шварц С.С.** Экологические закономерности эволюции. М., Наука, 1980, 287 с.
- Яншин А.Л.** Геология Северного Приаралья. М., МОИП, 1953, 736 с.
- Bergstrom S., Lofgren A., Maletz J.** The GSSP of the Second (Upper) Stage of the Lower Ordovician Series: Diabasbrottet at Hunneberg, Province of Vastergotland, Southern Sweden // Episodes, 2004, v. 27, № 4, p. 265—272.
- Chen Xu, Rong Jiayu, Fan Junxuan, Zhan Renbin, Mitchell Ch.E., Harper D.A.T., Melchin M.J., Peng Ping'an, Finney S.C., Wang Xiaofeng.** The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Hirnantian Stage (the uppermost of the Ordovician System) // Episodes, 2006, v. 29, № 3, p. 183—196.
- Cooper R.A., Nowlan G.S., Williams S.H.** Global stratotype section and point for base of the Ordovician System // Episodes, 2001, v. 24, № 1, p. 19—29.
- Cowie J.W., Bassett M.G.** Global stratigraphic chart with geochronometric and magnetostratigraphic calibrating // Episodes, 1989, v. 12, № 2.
- Dronov A.V., Kanygin A.V., Timokhin A.V., Tolmacheva T.Yu., Gonta T.V.** Correlation of eustatic and biotic events in the Ordovician paleobasins of the Siberian and Russian Platforms // Paleontol. J., 2009, v. 43, № 11, p. 1477—1497.
- Fortey R.A., Bassett M.G., Harper D.A.T., Hughes R.A., Ingham J.K., Molyneux S.G., Owen A.W., Owens R.M., Rushton A.W.A., Sheldon P.R.** Progress and problems in the selection of stratotype for the bases of series in the Ordovician System of the historical type area in the U.K. // Advances in Ordovician geology / Ed. C.R. Barnes, S.H. Williams. Geological Survey of Canada, 1991, bull. 345, 35 p.
- Fortey R.A., Harper D.A.T., Ingham J.K., Owen A.W., Rushton A.W.A.** A revision of Ordovician series and stages from the historical type area // Geol. Mag., 1995, v. 132, № 1, p. 15—30.
- Fortey R.A., Harper D.A.T., Ingham J.K., Owen A.W., Parkes M.A., Rushton A.W.A., Woodcock N.H.** A revised correlation of Ordovician rocks in the British Isles. Geol. Soc. Spec. Report, 2000, № 24, 8 p.
- Gradstein F., Ogg J.** Future directions in stratigraphy // Episodes, 2002, v. 25, № 3, p. 203—208.
- Gradstein F., Ogg J., Smith A., Blacker W., Lourens L.** A new Geologic Time Scale with special reference to Precambrian and Neogene // Episodes, 2004, v. 27, № 2, p. 83—100.
- International** stratigraphic guide / Ed. H.D. Hedberg. N.Y., London, J. Wiley and Sons, 1976, 200 p.
- International** stratigraphic guide. Second Edition / Ed. A. Salvador. Colorado, IUGS. Geol. Soc. Amer., 1994, 214 p.
- Kanygin A.V.** Ecological revolution through Ordovician biosphere (495—435 Ma ages): start of the coherent live evolution // Biosphere origin and evolution / Ed. N. Dobretsov. Springer, 2008, p. 241—250.
- Kanygin A.V., Moskalenko T.A., Yadrenkina A.G.** The Siberian Platform // The Ordovician system in most of Russian Asia. Correlation charts and explanatory notes. 1988, v. 26, p. 1—27.
- Kanygin A.V., Dronov A.V., Timokhin A.V., Gonta T.V.** Depositional sequences and palaeoceanographic change in the Ordovician of the Siberian craton // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 2010a, v. 296, № 3—4, p. 285—296.

Kanygin A.V., Koren T.N., Yadrenkina A.G., Timokhin A.V., Sychev O.V., Tolmacheva T.Yu. Ordovician of the Siberian Platform // The Ordovician Earth System / Eds. S.C. Finney, W.B.N. Berry. Geol. Soc. Amer. Spec. Pap., 2010b, № 466, p. 105—117.

Lapworth C. On the tripartite classification on the Lower Palaeozoic rocks // Geol. Mag., 1879, № 16, p. 1—15.

Li X., Droser M. Lower and Middle Ordovician shell beds from the Basin and Range Province of the Western United States (California, Nevada, and Utah) // Palaios, 1999, v. 43, № 1/2, p. 429—432.

Martinsson A. Editor's column: ecostratigraphy // Lethaia, 1977, v. 6, № 4, p. 441—443.

Remane J., Basset M.G., Cowie J.W., Gohrbandt K.H., Lane H.R., Michelsen O.M., Wang Naimen with the cooperation of members of ICS. Revised guidelines for the establishment of global chronostratigraphic standards by the International Commission on Stratigraphy // Episodes, 1996, v. 19, № 3, p. 77—81.

Sedgwick A., Murchison R. On the Silurian and Cambrian systems exhibiting the order in which the older sedimentary strata succeeded each other in England and Wales // London and Edinburgh Philos. Mag., 1835, v. 7, p. 483—485.

Sepkoski J.J. Mass extinctions in the Phanerozoic oceans: a review // Spec. Pap. Geol. Soc. Amer., 1982, № 247, p. 238—290.

The Silurian-Devonian Boundary. Final report of the Committee on the Silurian Devonian Boundary / Ed. A. Martinsson. Stuttgart, IUGS, 1977, 349 p.

Zhamoida A.I. Some key problems of the International Stratigraphic Scale. Report of the Chairman of the ISC of Russia in the session of the ICS and the ISSC. Florence, August, 2004. St. Petersburg, VSEGEI Press, 2004, 19 p.

*Поступила в редакцию
31 мая 2011 г.*