

УДК 551.7

ЗОНАЛЬНАЯ БИОСТРАТИГРАФИЯ В РЕШЕНИИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ГЕОЛОГИИ

© 2010 г. Ю. Б. Гладенков

Геологический институт РАН, Москва

e-mail: gladenkov@ginras.ru

Поступила в редакцию 12.05.2010 г., получена после доработки 15.06.2010 г.

Рассматриваются проблемы зональной стратиграфии начала XXI века. Подчеркиваются большие успехи последних лет в использовании зон в геологической практике. Вместе с тем обращается внимание на имеющиеся разногласия в трактовках понятий “биостратиграфическая зона” и “хронозона”, в способах проведения их границ, а также в оценке пространственного масштаба зон и понимании их как единиц стратиграфических подразделений.

Ключевые слова: биостратиграфические зоны, хронозоны, зональные сообщества, датированные уровни, провинциальные и субглобальные зоны, зональные границы.

ВВЕДЕНИЕ

Прошло более 150 лет после того, как в стратиграфию было введено понятие “зона”. В настоящее время проблемам зональной стратиграфии посвящается множество публикаций (Зональная..., 2006; Крашенинников, Басов, 2007; Вопросы..., 2007 и др.). Недавно, в апреле 2009 г., на очередной сессии Всероссийского палеонтологического общества этой теме было уделено специальное внимание (Палеонтология..., 2009). В частности, было отмечено, что сейчас ведется большая работа по расчленению ярусов и региоярусов стратиграфических схем именно на зональной основе. Об этом свидетельствуют и представительные материалы 33-го Международного геологического конгресса, который состоялся в г. Осло, Норвегия, в 2008 г.

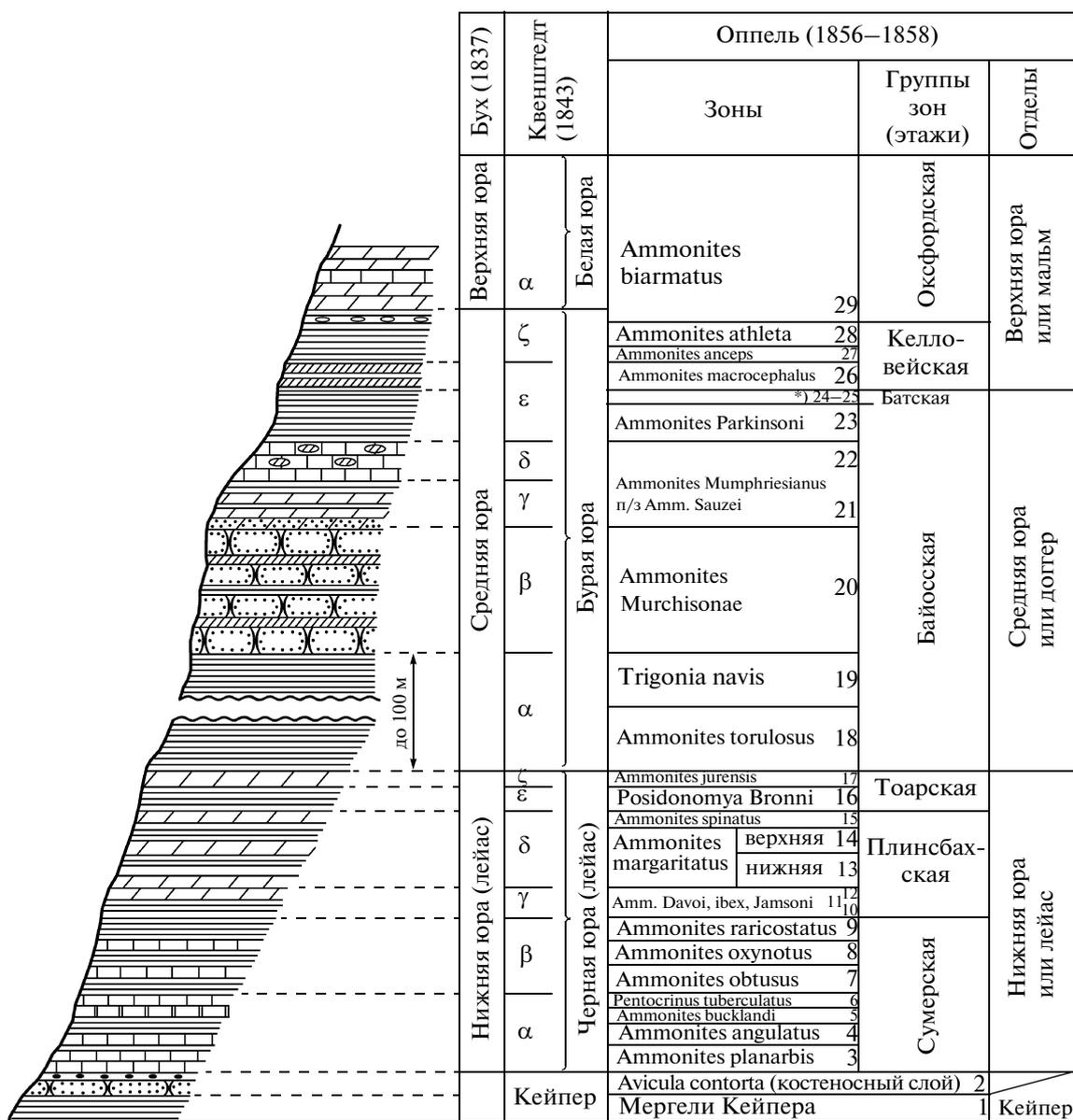
Однако при анализе методических подходов к выделению различного типа зон и при их практическом использовании выясняется, что сохраняются разночтения в определении понятия “зона”, а многие положения стратиграфических кодексов отдельных стран и международных руководств часто не совпадают. Более того, с 70-х годов прошлого века продолжается инфляция термина “зона” (Schindewolf, 1970), осложняемая разными оценками реальных возможностей зон для корреляционных построений.

В начале 90-х годов прошлого века автор уже затрагивал эту тему (Гладенков, 1991) и обращал внимание на ряд проблем, призывая коллег обсудить их. К этим проблемам были отнесены, в частности, типизация стратиграфических зон, принципы их выделения, пространственный масштаб зон, особенности их палеонтологических характеристик, стратотипы зон и проч. Не повторяя аргументы в

обосновании тех или иных точек зрения по этим проблемам, отметим, что и сейчас альтернативные подходы к ним в значительной мере сохраняются в открытой или завуалированной форме. Поэтому ниже хотелось бы обратиться к обсуждению некоторых аспектов этих проблем, которым не всегда уделяется должное внимание.

Хотя в литературе имеются достаточно детальные обзоры по использованию зон в стратиграфии (Степанов, 1958; Леонов, 1973, 1974), хочется кратко напомнить некоторые исторические сведения по этой теме.

А. Орбиньи, вероятно, первым в 40–50-х годах XIX века использовал понятие “зона” в стратиграфии. Он выделил 28 зон, или этажей, осадочных толщ, которые представлялись связанными с актами творения, отличались своей палеонтологической характеристикой и отделялись перерывами. Но его зоны, как выяснилось позднее, соответствовали крупным стратиграфическим подразделениям (фактически обычно системам и ярусам). Чуть позднее появились работы А. Оппеля (Oppel, 1856–1858), который собственно и ввел в стратиграфию понятие зоны – родоначальницы современных зональных категорий. Оппель, изучая юрские толщи, ставил задачу сопоставить те или иные слои юрской системы Германии, Франции, Швейцарии и Англии, построив “идеальный профиль” на основе 28 выделенных им биостратиграфических зон, которые захватывали в основном нижнюю и среднюю юру (рис. 1). К сожалению, он не дал точного определения своим зонам, но судя по его работам, эти зоны были частью ярусов, а следовательно, объем ярусов определялся группой зон. Для него зоны – это слои с определенными ископаемыми, которые



*) зоны 24 и 25 *Terebratula digona* и *T. lagenalis* соответственно в разрезе швабской юры Оппелем не выделялись

Примерный масштаб 10 0 10 20 м

Рис. 1. Сводный разрез швабской юры и его расчленение по А. Оппелю (Oppel, 1856–1858 в Леонов, 1973).

могут быть представлены разными группами (в юре это, прежде всего, аммониты, а также двустворчатые моллюски и брахиоподы). Построение “идеального профиля” проходило чисто эмпирически, без какой-либо теоретической базы. Правда, Оппель отказался от идеи Орбиньи о перерывах между зонами. Кроме того, на геологических картах Оппеля к тем или иным зонам в ряде случаев относились

слои и без типичного зонального комплекса — “немые” или палеонтологически слабо охарактеризованные стратиграфические аналоги зон (отсюда позднее возникло понятие об оппель-зоне). В ряде работ Оппеля критиковали за то, что при выделении зон он пользовался ограниченным числом видов.

В 1859 г. вышла в свет книга Ч. Дарвина “О происхождении видов...” с изложением концепции

естественного отбора (Darwin, 1859). Хотя Дарвин не был создателем теории эволюции (сам он считал таковым Ж.Б. Ламарка, который отразил эволюционные идеи в своей фундаментальной сводке “Философия зоологии” в 1809 г.), но именно после его книги не только биологи, но и палеонтологи сразу же приняли на вооружение эволюционные идеи. Поэтому в последующие годы в стратиграфической смене ископаемых комплексов стали видеть реальные свидетельства эволюционных преобразований таксонов, “мутаций” и проч. (Чайковский, 2003 и др.). Именно на этой основе в конце XIX века строили свои зональные схемы В. Вааген, М. Неймар, А.П. Павлов и др. (Леонов, 1974). Отметим, что их зоны были в основном монотаксонными.

Напомним, что к 1900 г., когда состоялся 8-й Международный геологический конгресс в Париже, на котором принималась стратиграфическая классификация, было решено считать зону (как и ярус) региональным подразделением, и собственно до второй половины XX века статус зоны не пересматривался. После этого зональная тема получила дальнейшее развитие в ряде работ. Так, Э. Даку (Dacque, 1915) при разборе особенностей зон, как стратиграфических подразделений, указал, что расчленять разрезы удаленных стран по единичным ископаемым невозможно — нужно использовать весь фаунистический комплекс зоны. При этом он допускал, что зональные формы могут и не присутствовать во всех слоях, которые сопоставляются с соответствующей зоной. Фактически он рассматривал зону в хроностратиграфическом смысле (или в духе “оппель-зоны” Д.Л. Степанова (1958) — см. далее).

В 50-60-х годах прошлого столетия появился целый ряд работ, посвященных зональной стратиграфии и приемам выделения зон. Из зарубежных работ — это широко известные публикации У. Аркела, Д. Сигала, Х. Болли, У. Блоу и других, из отечественных работ — публикации Д.М. Раузер-Чернусовой, Д.Л. Степанова, В.И. Бодылевского, Г.Я. Крымгольца и многих других (Раузер-Чернусова, 1967). Зонам были отведены специальные разделы в разного типа обобщениях Д.Л. Степанова (1958), О. Шиндевольфа (Schindewolf, 1970), Х. Хелдберга (International..., 1976) и др.

В 70–80-х годах прошлого века проявился очевидный зональный бум. Он был связан с появлением данных начавшегося широкомасштабного глубоководного бурения в океанах. Впервые появились материалы по зональной корреляции осадочных толщ верхнего мела и кайнозоя тропического пояса трех океанов (Тихого, Атлантического и Индийского) и многих разрезов, находящихся на современных континентах. В частности, выделение в последние десятилетия кайнозойских зон в донных осадках тепловодного пояса — при определенных различиях этих зон в разных провинциях — яр-

ко показало, что последовательность зональных единиц везде практически сходная. В палеогене по фораминиферам намечено 22 зоны, в миоцене — 14, в плиоцене и квартере — 7. Это наглядно иллюстрирует жизнеспособность таких зон и снимает сомнения в возможности их практического использования для широких корреляций. В числе авторов зональных схем позднего мела–кайнозоя можно назвать специалистов по ископаемому микропланктону: У. Бергрена, Д. Кеннета, Е. Мартини, В.А. Крашенинникова и других. Вместе с тем зональной тематике в 80-90-е годы XX века и в начале нашего столетия посвятили свои работы многие известные стратиграфы — В.В. Меннер, Б.С. Соколов, Г.П. Леонов, М.С. Месежников и многие другие. В течение последних нескольких лет по этой теме были сделаны широкие обобщения в ряде публикаций (Зональная..., 2006; Крашенинников, Басов, 2007; Вопросы..., 2007). Важные аспекты зональной стратиграфии были рассмотрены недавно А.И. Жамойдой (2007).

В наши дни зональная стратиграфия воспринимается как обычный элемент геологической практики. В стратиграфических кодексах разных стран, в том числе России, и в “Международном стратиграфическом руководстве” последнего выпуска (International..., 1999) характеристике зон отведены специальные разделы. Некоторые проблемы прошлых лет уже не вызывают жарких дискуссий (желательность смыкаемости зон; различие зон, выделяемых по орто- и парастратиграфическим группам; вопросы построения стандартных зональных шкал; корреляция зональных схем и проч.). Зональное расчленение можно оценить как одно из плодотворных направлений стратиграфии, которое является в целом громадным достижением геологии вообще. Зональные подразделения, широко использующиеся при построении стратиграфических схем разных районов, имеют среднюю длительность 0,5–3 млн. лет, а их число в фанерозое достигает уже 300 и более (по наиболее важным стратиграфическим группам). Более того, сейчас делаются попытки переходить уже к инфразональной стратиграфии. На ее основе с использованием палеонтологических маркеров удастся в ряде случаев выделять дробные подразделения продолжительностью в несколько тысячелетий. Это позволяет проводить расшифровку геологических событий совсем на иной качественной основе (Гладенков, 2004) и в ряде случаев обращаться к реальным прогнозам природных явлений будущих столетий.

И все же, несмотря на все эти успехи и достижения, еще сохраняется разное понимание сути зональной стратиграфии и различная трактовка зональных категорий. Ниже обсуждается ряд вопросов по данной тематике, которые кажутся сегодня особенно актуальными.

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗОНАЛЬНОЙ СТРАТИГРАФИИ

Один из важных вопросов зональной стратиграфии — это использование двух категорий зон: *биостратиграфических зон*, которые давно применяются в геологической практике, и *хронозон*, которые могут рассматриваться как особая разновидность стратиграфических подразделений. Напомним, что биостратиграфические подразделения относятся к “специальным” (частного обоснования) стратиграфическим единицам, в то время как хронозоны принадлежат к “основным” (комплексного обоснования) подразделениям (Меннер, 1980; Стратиграфический..., 2006). Собственно это и является их основным различием.

Биостратиграфические зоны

Такие зоны обычно понимаются как толщи пород, охарактеризованные ископаемыми остатками и имеющие границы, которые определяются в одних случаях эволюционными изменениями отдельных таксонов или комплексов биоты, в других — сменой экологических ассоциаций. Здесь уместно напомнить, что в той или иной мере мы часто рассматриваем развитие органического мира в явлениях этапности и периодичности. *Этапность* эволюционного процесса — это отражение, прежде всего, фаз развития отдельных групп. *Периодичность* развития обусловлена определенной повторяемостью изменений окружающей среды. Много примеров такой интерпретации изменения сообществ в свое время приводилось, например, при изучении разрезов верхнего палеозоя Д.М. Раузер-Черноусовой, Е.А. Рейтлингер, М.Н. Соловьевой и др. (Раузер-Черноусова, 1967; Степанов, Месежников, 1979).

Типы зон и слои с биотой. Напомним, что среди биостратиграфических зон выделяются несколько типов: зоны распространения таксона (биозоны), зоны совместного распространения (обычно двух таксонов), филозоны (по отрезку конкретной филогенетической линии), интервал-зоны (между первым появлением одного и другого характерных таксонов), акмезоны или эпиболи (по максимуму частоты встречаемости таксона), комплексные зоны (с ассоциацией из трех и более таксонов) и экозоны (по прижизненному экологическому сообществу) (подробно смотри Стратиграфический..., 2006).

Чтобы дать более расширенную характеристику этой категории зон, обратим внимание на некоторые их особенности. В биостратиграфических зонах часто стремятся выделить более дробные подразделения (типа подзон или зонул), правда, часто с весьма нечеткими критериями. В последнее время в геологической практике широко используются для расчленения зон вспомогательные подразделения — “слои” и “биогоризонты”. Слои с фауной

(флорой) — это отложения, которые содержат определенные, часто относительно бедные остатки организмов. Обычно они не смыкаются и разделены интервалами разреза без органических остатков. В случае смыкания они отражают смену остатков в связи с изменением локальных палеоэкологических обстановок “внутри” зон. Между тем в литературе их довольно часто неоправданно рассматривают в качестве зон по фоновому (неполному) палеонтологическому сходству. Со временем, по мере получения новых данных, некоторые слои могут перейти в статус нормальных биостратиграфических зон. Однако здесь требуется осторожность и серьезные доказательства в пользу валидности таких зон, в частности обоснование их границ. Можно сказать, что лучше иметь хорошие (реальные) слои, чем плохие (необоснованные) зоны. Что касается биогоризонта, то это понятие используется по-разному. В Международном стратиграфическом руководстве он понимается как стратиграфическая граница или поверхность раздела, на которой отмечено значительное изменение биостратиграфических характеристик (International..., 1999). В этом случае биогоризонт фактически не имеет мощности. По другой трактовке, биогоризонт — это слои с определенными (маркирующими) ископаемыми, которые выделяются внутри ярусов или зон и обладают той или иной мощностью.

Как известно, биостратиграфические зоны применяются для расчленения как морских, так и континентальных толщ. По своему содержанию и длительности зоны, выделенные в осадочных образованиях океанов и материков, имеют как сходство, так и различия. При расчленении континентальных отложений обычно применяются комплексные зоны, в ряде случаев делаются попытки наметить филозоны, а при изучении остатков спор и пыльцы выделяются экозоны и акмезоны. Но частая несмыкаемость таких зон в разрезах, затруднения в точном определении их границ и их корреляции с “морскими” подразделениями, обычно относительно большая их “продолжительность” (= длительность) — все это делает “континентальные” зоны менее пригодными, по сравнению с “морскими”, для построения детальных стратиграфических схем (хотя имеется опыт выделения дробных зон, например, в квартере и неогене). Все-таки пальма первенства при построении стратиграфических схем принадлежит, как правило, зонам, выделяемым в морских толщах. Хотим мы или нет, но на этой почве существуют разные подходы к выделению “континентальных” и “морских” зон. Кстати, как следует из литературы, специалисты по наземным флорам и фаунам иногда нарушают классификационные правила выделения зональных подразделений. Например, в палинозонах выделяются “комплексы”, хотя обычно под комплексами понимаются палеонтологические остатки, а не отложения, а зоны трактуются как стратиграфические подразделения, в ко-

торых могут обособляться слои с теми или иными комплексами. Такой классификационной нелогичности следует, конечно, избегать. В данном сообщении основное внимание будет уделено “морским” зонам, которые особенно широко используются в геологической практике.

Обратим также внимание на еще одно важное обстоятельство. Опыт последних лет показывает, что при изучении конкретных разрезов обычно стремятся использовать зоны одного типа. Однако, как оказалось, во многих случаях выделяются биостратиграфические зоны разных типов. Иллюстрацией этого может служить, например, рисунок 2 (Barron, Gladenkov, 1995; Гладенков, 2007), показывающий соотношение (смену снизу вверх) зон, выделенных по диатомеям верхнего олигоцена—квартера Северной Пацифики. Здесь интервал-зоны олигоцена—нижнего миоцена сменяются зонами родословной (филозонами), интервал-зонами и зоной распространения таксона среднего миоцена и далее чередованием различных по типу зон в более молодых слоях (верхний миоцен—квартер). Чередование различного типа зон верхнего олигоцена—нижнего миоцена Экваториальной Пацифики показано на рисунке 3 (Barron, 2005). На нем отражено стратиграфическое распространение маркирующих видов диатомей, что послужило основой выделения зон и выбора их индекс-видов.

Пространственный масштаб зон. Седиментационный фактор. Биостратиграфические зоны по своему ареалу подразделяются, согласно отечественному Стратиграфическому кодексу, на местные и провинциальные (Стратиграфический..., 2006). Местные зоны обычно связаны с фашиально-экологическими обстановками отдельного участка палеобассейна. Провинциальные зоны определяются границами палеобиогеографической провинции или области древнего бассейна. Провинциальные зоны часто используются при корреляции местных стратиграфических подразделений и выделении региональных единиц, вплоть до горизонтов. В свое время М.С. Месежников (1984) справедливо рекомендовал при выделении зон учитывать тип изучаемого бассейна, степень его изолированности, характер седиментации и другие палеогеографические особенности. Так, по его мнению, специфика развития и расселения биоты и особенности осадконакопления в своем сложном сочетании собственно и обуславливают реальную детальность расчленения разрезов. Здесь можно указать на многие аспекты этого сочетания. Например, совпадения в распространении разных видов в древних толщах часто отражают не одновременность появления или вымирания большого числа таксонов, а обусловлены перерывами в основании, кровле и внутри зон. Распространение зон лимитируется биогеографической дифференциацией бассейнов, степенью их изоляции, климатическими условиями и проч.

Зональность разрезов разных по типу бассейнов часто определяется седиментационными процессами — пелагической или лавинной седиментацией, поступлением в морские толщи вулканического материала, накоплением черносланцевых толщ и др., что обуславливает особенности осадконакопления каждого бассейна и, как следствие, развитие в них особых, порой весьма специфических фаун. В качестве примера можно указать на биоту новообразованных позднепалеозойских черносланцевых бассейнов Северо-Востока Азии, которые сменили среднепалеозойские эпиплатформенные карбонатные бассейны в результате широко проявившихся здесь процессов деструкции континентальной коры. Как выяснилось в последнее время, своеобразие вновь сформированной позднепалеозойской биоты имеет трофическую природу и связано с жизнедеятельностью хемотрофных и фототрофных анаэробных бактерий, составивших основу трофических цепей обитавшего здесь бентоса (Ганелин, 1997). Сообщества подобного типа, связанные с низко- и высокотемпературными гидротермами, широко распространены в современных бассейнах. В практике расчленения осадочных разрезов порой отмечается “сгущение” зон. В одних случаях оно может быть объяснено присутствием переотложенных форм, в других — низкой скоростью осадконакопления (конденсированные слои).

Наряду с признанием зон как провинциальных подразделений, в литературе порой можно найти утверждения, что многие зоны относятся к “глобальным” единицам. Прежде всего, так считают специалисты по планктонным группам (в рамках ортостратиграфии). Меньше эта мысль разделяется геологами, изучающими бентосные сообщества (парастратиграфия). После успехов, связанных с корреляцией донных осадков кайнозоя тропического пояса, Тихого, Индийского и Атлантического океанов на основе сравнения планктонных комплексов, многие геологи априори стали считать возможным построение глобальных зональных стратиграфических шкал. Однако они забывают, что корректные хроностратиграфические корреляции биостратиграфических зон осуществляются по определенным климатическим поясам, и в строгом смысле это все-таки не “глобальные” сопоставления. Хотя зональная корреляция в масштабе “только” тропического или бореального пояса само по себе уже есть громадное достижение геологии.

На рисунке 4 в качестве примера показаны зоны по диатомеям неогена Тихого океана, с их реальным распространением в разных климатических поясах этого обширного бассейна (Barron, 2005). Из этого рисунка следует, что в Экваториальной, Южной и Северной Пацифике зоны и подзоны различаются по индекс-видам, а их границы не совпадают по возрастным уровням (разница до 0.5–0.8 млн. лет).

Млн. лет	Хрон	Полярность	Отдел	Подотдел	Зона по диатомеям	Тип зоны		
0			Q		<i>Neodenticula seminae</i>	интервал-зона		
1	C1				<i>Proboscia curvirostris</i>	интервал-зона		
2	C2				<i>Actinocyclus oculatus</i>	интервал-зона		
3	C2A		Плиоцен	Верх.	<i>Neodenticula koizumii</i>	интервал-зона		
4					<i>Neodenticula koizumii</i> – <i>Neodenticula kamtschatica</i>	зона совместного распространения		
5	C3		Миоцен	Верхний	<i>Neodenticula</i> c	интервал-зона		
6	C3A				b			
7	C3B				a			
8	C4				<i>Thalassionema schraderi</i>	интервал-зона		
9	C4A				<i>Denticulopsis katayamae</i>	интервал-зона		
10					<i>Denticulopsis dimorpha</i>	зона распространения таксона		
11	C5				<i>Thalassiosira yabei</i>	интервал-зона		
12	C5A				<i>Denticulopsis praedimorpha</i>	зона распространения таксона		
13	C5AA				Средний		<i>Crucidentacula nicobarica</i>	интервал-зона
14	C5AB		<i>Denticulopsis hyalina</i>	интервал-зона				
15	C5AC				<i>Denticulopsis lauta</i>	зона родословной		
16	C5AD				<i>Denticulopsis praelauta</i>	зона родословной		
17	C5B				<i>Crucidentacula kanayae</i>	интервал-зона		
18	C5C				<i>Crucidentacula sawamurae</i>	интервал-зона		
19	C5D				Нижний		<i>Thalassiosira fraga</i>	интервал-зона
20	C5E							
21	C6		О.	В.	<i>Rocella gelida</i>	интервал-зона		
22	C6A							
23	C6AA							
24	C6B							
25	C6C							
	C7							

Рис. 2. Зональная шкала по диатомеям для расчленения верхнего олигоцена–квартера Северной Пацифики, скоррелированная с геохронологической и магнитостратиграфической шкалами Berggren et al. (1995) (по Barron, Gladenkov, 1995; Гладенков, 2007).

а–с – подзоны, Q – четвертичная система, О. – олигоцен, В. – верхний.

Характер зональных границ и особенности палеонтологических комплексов биостратиграфических зон. Границы биостратиграфических зон обычно устанавливаются или по датированным уровням (появление или исчезновение отдельных таксонов), или по появлению тех или иных сообществ, смена кото-

рых связана с различными событиями, проявившимися в истории изучаемых бассейнов. Естественно, характер границ в этих случаях будет различным, и их значение для геологических реконструкций также будет разным. С этих позиций выявление смены сообществ – монотаксонных или политаксонных

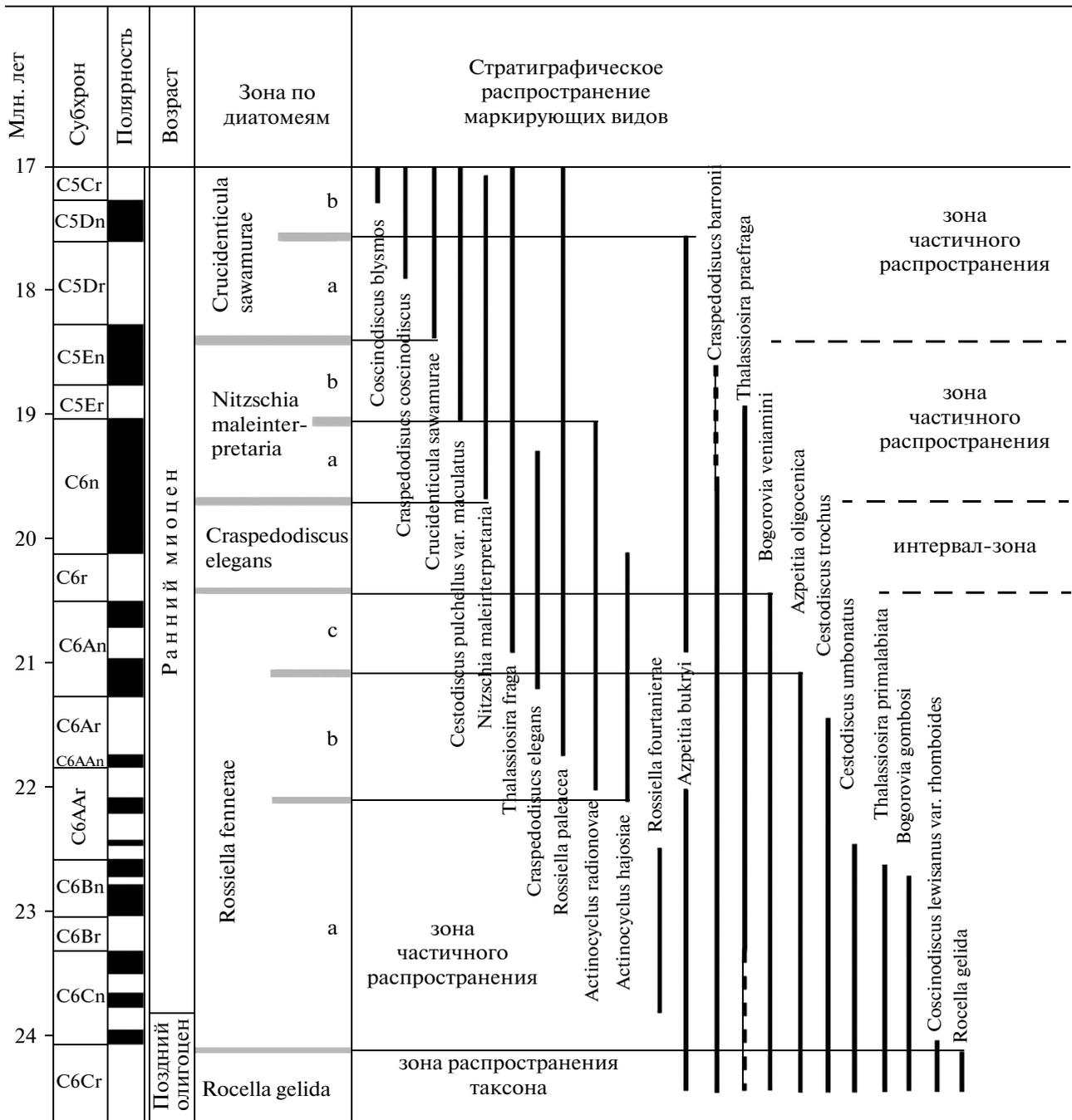


Рис. 3. Зоны по диатомеям и стратиграфическое распространение маркирующих видов в верхах олигоцена и нижнем миоцене экваториальной Пацифики, скоррелированные с магнитостратиграфической шкалой в разрезе скважины ODP 1219 (по Barron, 2005).
а–с – подзоны.

(комплексные зоны) — для расшифровки истории того или иного древнего бассейна представляется более информативным, чем смена единичных таксонов.

В “Международном стратиграфическом руководстве” (International..., 1999) особое внимание обращено на то, что границы биостратиграфических

зон часто бывают диахронными; это касается и зоны распространения отдельного таксона, и интервал-зоны, и комплексной зоны, которые особенно часто применяются в практике (рис. 5–7). К этому приводит анализ зон в серии разрезов, которые могут различаться фациально (в Российском кодексе это, к сожалению, не показано; в нем приведены

Млн. лет	Субхрон	Полярность	Возраст	Экваториальная Пацифика		Южный океан	Северная Пацифика																																																																																											
				(Barron, 2005)	(Barron, 1983)	(Harwood, Maruyama, 1992)	(Yanagisawa, Akiba, 1998)																																																																																											
17	C5Cr		Ранний миоцен	<i>Crucidenticula sawamurae</i> b	<i>Denticulopsis nicobarica</i> b	<i>Crucidenticula kanayae</i>	<i>Crucidenticula sawamurae</i>																																																																																											
	C5Dn							18	C5Dr		<i>Crucidenticula sawamurae</i> a	<i>Denticulopsis nicobarica</i> a				C5En						19	C5Er		<i>Nitzschia maleinterpretaria</i> b	<i>Triceratium pileus</i> a	<i>Thalassiosira fraga</i>	<i>Thalassiosira fraga</i>		C6n				20	C6r		<i>Craspedodiscus elegans</i>	<i>Craspedodiscus elegans</i>			21	C6An							C6Ar		<i>Rossiella fennerae</i> b	<i>Rossiella paleacea</i> b	<i>Thalassiosira spumellaroides</i>	<i>Thalassiosira praeфрага</i>	22	C6AAn					C6AAr						23	C6Bn							C6Br		<i>Rossiella fennerae</i> a					C6Cn						24	C6Cr		Поздний олигоцен	<i>Rocella gelida</i>	<i>Rocella gelida</i>	<i>Rocella gelida</i>	<i>Rocella gelida</i>			
18	C5Dr			<i>Crucidenticula sawamurae</i> a	<i>Denticulopsis nicobarica</i> a																																																																																													
	C5En																																																																																																	
19	C5Er			<i>Nitzschia maleinterpretaria</i> b	<i>Triceratium pileus</i> a	<i>Thalassiosira fraga</i>	<i>Thalassiosira fraga</i>																																																																																											
	C6n																																																																																																	
20	C6r			<i>Craspedodiscus elegans</i>	<i>Craspedodiscus elegans</i>																																																																																													
21	C6An																																																																																																	
	C6Ar			<i>Rossiella fennerae</i> b	<i>Rossiella paleacea</i> b	<i>Thalassiosira spumellaroides</i>	<i>Thalassiosira praeфрага</i>																																																																																											
22	C6AAn																																																																																																	
	C6AAr																																																																																																	
23	C6Bn																																																																																																	
	C6Br		<i>Rossiella fennerae</i> a																																																																																															
	C6Cn																																																																																																	
24	C6Cr		Поздний олигоцен	<i>Rocella gelida</i>	<i>Rocella gelida</i>	<i>Rocella gelida</i>	<i>Rocella gelida</i>																																																																																											

Рис. 4. Корреляция нижнемиоценовых зон по диатомеям Экваториальной, Южной и Северной Пацифики (по Barron, 2005).

а–с – подзоны.

примеры разных типов биостратиграфических зон с позиций “одного разреза”). В связи с этим встает вопрос о допустимом различии возрастного положения границ зон и датум-плейнов (датированных уровней) в разных разрезах. Каким различием можно пренебречь, а каким – нет? Например, датум-плейны одного и того же таксона в разрезах тропического и бореального пояса могут различаться на 0.5 и более млн. лет. При длительности зон в 1 млн. лет такое различие для целей детальной корреляции может оказаться неприемлемым. В других случаях такая диахронность может считаться допустимой. Видимо, этот вопрос должен решаться в зависимости от детальности и цели работ, а также в соответствии со здравым смыслом. Здесь большое значение приобретает использование в качестве проверочного инструмента данных по палеомагнитным, импактным, вулканическим и другим маркерам глобального или регионального масштаба. Наглядным примером в этом отношении является расчленение кайнозойских толщ Мирового океана в проектах глубоководного бурения (Berggren et al., 1995).

Хронозоны

В “Международном стратиграфическом руководстве” (International..., 1999) хронозона трактуется как хроностратиграфическое подразделение неопределенного ранга, не входящее в иерархию общепринятых хроностратиграфических подразделений. Это совокупность пород, сформированных в

каком-либо месте в рамках временного диапазона какого-либо стратиграфического подразделения. Хронозоны могут иметь совершенно разный временной объем, который, как и их границы, может изменяться по мере накопления информации. Теоретически географическая (пространственная) протяженность зоны может быть всемирной, но применимость ее обычно ограничена регионом, в пределах которого может быть идентифицирован ее временной объем (International..., 1999).

Однако в Стратиграфическом кодексе России (2006) в отличие от международного руководства хронозона считается подразделением Общей стратиграфической шкалы, подчиненным ярусу, то есть принадлежит к “основным” подразделениям. В этой трактовке хронозона устанавливается по биостратиграфическим данным и отражает определенную стадию развития одной или нескольких групп биоты. Границы хронозон определяются по нижнему и/или верхнему пределу стратиграфического распространения.

Вместе с тем сейчас обращается внимание на историко-геологическую сущность хронозон. Ведь если они выделяются как “части” ярусов и регионарусов (горизонтов), то в принципе должны иметь в широком смысле комплексную, а не только палеонтологическую характеристику. Они могут рас-

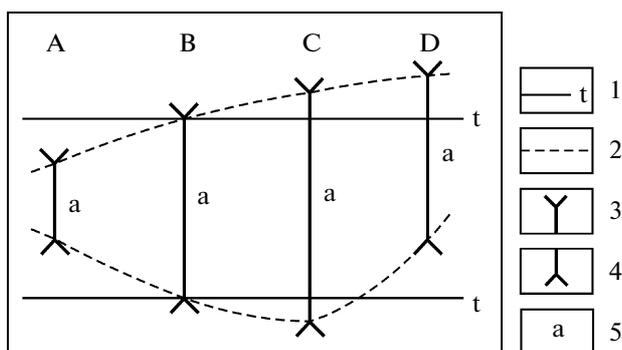


Рис. 5. Зона распространения таксона (по International..., 1999).

Нижний, верхний и латеральный пределы зоны определяются областью распространения таксона “а”. А–D – стратиграфические разрезы. 1 – временная поверхность; 2 – граница зоны распространения таксона; 3 – самое высокое положение таксона в конкретном разрезе; 4 – самое низкое положение таксона в конкретном разрезе; 5 – таксон.

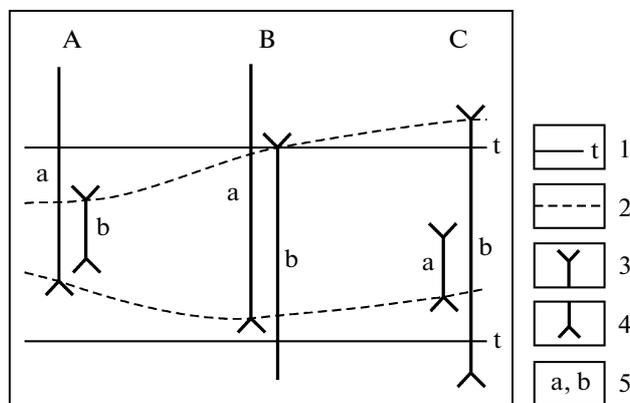


Рис. 6. Интервал-зона (по International..., 1999).

Нижним пределом зоны является самое низкое положение таксона “а”, а верхним пределом – самое высокое положение таксона “b”. Зона прослеживается латерально настолько, насколько могут быть выделены оба определяющих биогоризонта.

А–С – стратиграфические разрезы. 1 – временная поверхность; 2 – граница интервал-зоны; 3 – самое высокое положение таксона в конкретном разрезе; 4 – самое низкое положение таксона в конкретном разрезе; 5 – таксоны.

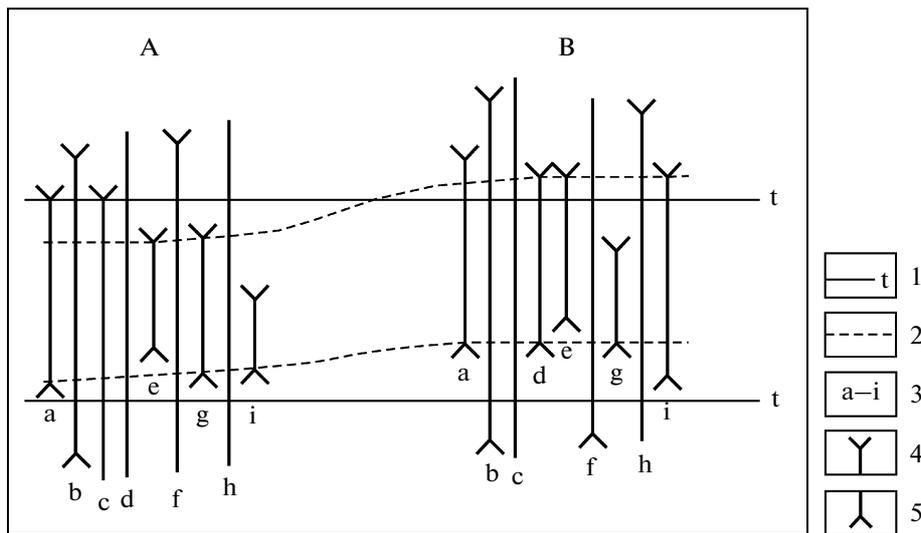


Рис. 7. Комплексная зона (по International..., 1999).

Нижняя граница находится на уровне самого низкого положения таксонов “а” и “g”, а верхняя граница - на уровне самого высокого положения таксона “е”. Внутри зоны должна присутствовать большая часть характерных таксонов зоны.

А, В - стратиграфические разрезы. 1 - временная поверхность; 2 - граница комплексной зоны; 3 - таксоны; 4 - самое высокое положение таксона в конкретном разрезе; 5 - самое низкое положение таксона в конкретном разрезе.

смаиваться как своеобразные “маленькие ярусы”, отвечающие определенным этапам развития региона (бассейна). При их обособлении, с одной стороны, принимается во внимание смена ассоциаций (комплексные зоны - см. далее), а не отдельных таксонов. Здесь зона характеризуется пространственно-временным единством системы палеоценозов, которые отражают определенные эколого-палеогеографические обстановки бассейнов и фазовость их разнопорядковых изменений (Меннер, 1962). С другой стороны, при прослеживании таких зон учитываются различные признаки толщ, связанные со следами палеомагнитных, эвстатических, седиментационных, климатических и других событий прошлого. Многим геологам именно этот подход кажется предпочтительнее других. Такой подход объясняет, почему хронозоны попадают в категорию общих стратиграфических подразделений.

В связи с разбираемым вопросом, наверно, уместно вспомнить и еще об одном типе зон, которые получили название “оппель-зон”. По мнению Д.Л. Степанова (1958), кто, наверно, первым ввел это понятие в нашу литературу в конце пятидесятых годов прошлого века, оппель-зона - это отложения, составляющие часть яруса и образовавшиеся за время существования определенного комплекса организмов, который не повторяется в подстилающих и перекрывающих толщах. Согласно такому определению, оппель-зона близка, по Д.Л. Степанову, к понятию “горизонт”. Различие между этими хроностратиграфическими единицами заключается в том, что зона является подразделением общей шка-

лы, а горизонт - подразделением региональной шкалы (Степанов, 1958). Однако позднее оппель-зона стала трактоваться как разновидность био-стратиграфических зон, характеризующаяся совместным нахождением диагностических таксонов (International..., 1976). В последних версиях Международного стратиграфического руководства (International..., 1999) в связи с нечеткостью определения оппель-зон от них отказались, видимо, посчитав, что подобные зоны в принципе сходны с комплексными зонами.

Зоны как стратиграфические подразделения

В начале XIX века при выделении систем, отделов и ярусов зоны не использовались - они появились позже. Геологические системы по “происхождению” можно условно поделить на две основные группы. Одни выделялись как региональные подразделения и имели прототипы. Другие (их было меньше) выделялись с участием палеонтологии, без прототипов. В частности, Ч. Лайель в 1833 г. наметил на этой основе эоцен, миоцен и плиоцен; он использовал для их обособления различия в числе вымерших видов моллюсков соответствующих сообществ. Правда, имеются несколько систем, которые выделялись на смешанной основе (Леонов, 1973). В среде специалистов, изучавших морские образования, в связи с этим возникло несколько разное понимание целей зональной стратиграфии. Есть, в частности, направление, которое можно назвать “классическим”, так как оно базируется на изучении регионального материала (ярусов) и фактиче-

ски находится в рамках геостратиграфической концепции, связанной с анализом этапности развития того или иного бассейна (Леонов, 1973). На практике это означает, что сначала на этой основе были выделены ярусы (или региоярусы-горизонты), а затем — с использованием тех же или иных принципов выделения — стали обособляться зоны (правда, процессы выделения новых региоярусов и зон могут идти параллельно). Такое положение было особенно характерно для ряда систем палеозоя и частично мезозоя и кайнозоя.

Другое направление предполагает выделение зон и без региональной (ярусной) основы. В данном случае ярусные стратотипы оказываются не очень то нужными. К сторонникам этого направления принадлежат отдельные специалисты, например по кайнозою, связанные с бурением океанического дна. Они часто считают, что при расчленении океанических осадочных толщ можно сразу начинать с выделения зон, а затем группировать их и при необходимости сравнивать с объемом стандартных ярусов. Например, В.А. Крашенинников, который был сторонником выделения зон по комплексу видов, считал возможным определять границы отделов и подразделов палеогена прежде всего по эволюционным изменениям планктонных фораминифер (Крашенинников, Басов, 2007).

Выше уже говорилось, что первоначально биостратиграфические зоны должны были служить для расчленения ярусов. Но здесь возникают определенные трудности методологического плана. По представлению, например, Г.П. Леонова (1973), нельзя объединять в один класс регионально-геологические единицы и биостратиграфические подразделения. У них разная основа: первые имеют комплексное обоснование, а вторые, которые относятся к специальным, — частное обоснование. Поэтому биостратиграфические зоны не всегда точно могут корреспондироваться с геостратиграфическими подразделениями. В свое время В.В. Меннер (1980) подчеркивал, что ярусы — это не простая сумма зон, а реальные подразделения, отражающие этапность развития земной поверхности, запечатленную в осадочных толщах.

Кроме того, зоны, выделенные по одной палеонтологической группе, не всегда отражают этапы геологического развития региона, а интервал-зоны не дают представления о развитии биоты в целом. Тем не менее некоторые специалисты, прежде всего изучающие простейшие одноклеточные микроорганизмы (фораминиферы, радиолярии, кокколитофориды и др.), склонны несколько преувеличивать значение биостратиграфических зон для расчленения геологической истории. При этом забывается, что такие зоны играют вспомогательную роль, хотя при определении объемов ярусов и региоярусов, а также в региональных корреляциях они имеют большое значение.

Здесь хотелось бы обратить особое внимание еще на весьма важный вопрос. В настоящее время делаются попытки насытить общую стратиграфическую шкалу зонами, выделенными отдельно по разным палеонтологическим группам. Но при этом не следует забывать, что любые биоzonальные шкалы являются самостоятельными и могут существовать лишь как параллельные со стандартной стратиграфической шкалой (Соколов, 1980).

В целом выделение реальных зон — это не простое дело. На рисунке 8 приведена ситуация, когда имеются несколько вариантов выделения зон. Здесь на примере анализа пространственного и стратиграфического распространения пяти таксонов показана сложность выделения зональных единиц. Перекрытие ареалов таксонов в горизонтальном и вертикальном направлениях указывает на возможность разных вариантов обособления зон. И зачастую не все варианты рассматриваются авторами. Здесь важно не формальное выделение зон в частных разрезах, а анализ пространственного и временного распространения тех или иных зональных единиц. Повторим, что такой анализ — это часто кропотливый и сложный труд, нацеленный на оценку реального стратиграфического положения как отдельных таксонов, так и их сообществ и, в конечном счете, на выделение тех или иных зональных подразделений.

Отдельный вопрос — о *картируемости зон*. В начале прошлого века А.П. Павлов высказал мысль, что разделение разрезов осадочных толщ на зоны не означает вытеснения местных подразделений. Напротив, зональное расчленение конкретных разрезов фактически связано с этими единицами. Правда, на практике зоны очень редко изображаются на геологических картах. Хотя примеры такого изображения имеются. Это касается, в частности, зон, выделенных как по бентосным группам (например, в неогене Камчатки), так и по планктонным сообществам (В.А. Крашенинниковым в палеогене Сирии и проч.). Вместе с тем зоны весьма важны для построения геологических карт, даже если не изображаются на них. Они обеспечивают обоснование объемов ярусов и горизонтов, отражаемых, в частности, на средне- и мелкомасштабных картах. Однако весьма часто зоны остаются все-таки “камеральным” продуктом (сначала при полевых работах отбирают образцы из разрезов, потом из них в течение 1–2 лет определяют ископаемые остатки фауны или флоры, а затем выделяют и komponуют зоны, которые отображаются на стратиграфических колонках или в стратиграфических схемах, но обычно отсутствуют на картах).

Из вышесказанного можно сделать несколько выводов.

(1) Зоны — как биостратиграфические, так и хронозоны — в настоящее время широко используются в геологической практике и, несмотря на имеющи-

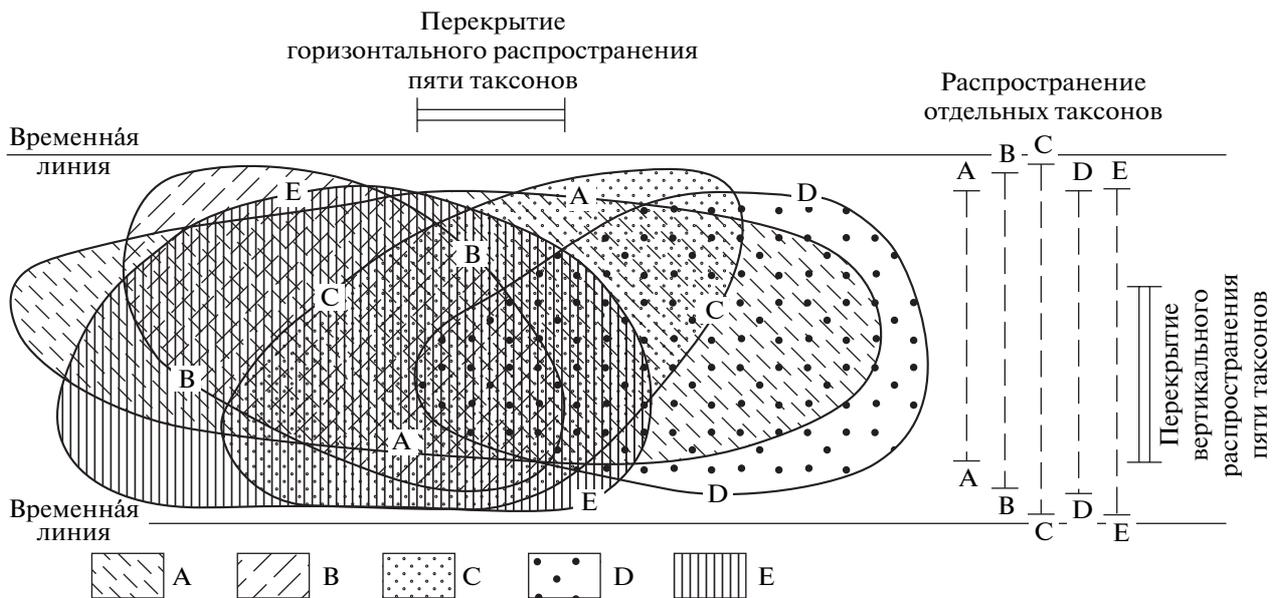


Рис. 8. Вариации пространственного распространения зоны сосуществования пяти таксонов ("А–Е") (по International..., 1976).

Двойная линия справа показывает величину перекрытия вертикального распространения пяти таксонов; двойная линия вверх показывает величину перекрытия горизонтального распространения этих пяти таксонов.

А–Е – распространение таксонов.

еся сбой при их применении, они представляются весьма серьезным инструментом стратиграфических исследований. В последние годы в практике используют две основные категории зон – биостратиграфические зоны и хронозоны, которые имеют различные функции. Зональная стратиграфия важна для (а) детализации стратиграфических схем – расчленения ярусов и региоярусов; (б) уточнения объемов и границ ранее выделенных или впервые обособленных геологических подразделений (ярусы и региоярусы-горизонты); (в) расшифровки геологической истории регионов и особенностей эволюции биоты различных экосистем; (г) прогнозирования направленности и темпа биоэволюции, а также влияния на нее природных обстановок.

(2) Авторам биостратиграфических работ следует разъяснять, какие именно зоны они выделяют. Это помогло бы устранить многие недоразумения. Последовательная позиция в этих вопросах всегда предпочтительна. Приобретаемый опыт, определенная логика и здравый смысл в построении зональных схем помогут оценить реальные возможности зональной стратиграфии в ее применении как в региональных, так и в субглобальных корреляциях. Но необходимо, чтобы авторы ясно указывали, какую категорию зон – биостратиграфические зоны или хронозоны – они используют. Если выделяются биостратиграфические зоны, то следует помнить, что такие подразделения, при всей их важности, все-таки не являются конечной целью стратиграфии. У этого типа зон много своих важных

задач: например, выявление отдельных стратиграфических уровней, определение разных биофацций и их положения во времени и пространстве, установление экотонных или переходов между зонами и проч. Если же авторы используют хронозоны, то следует указывать, каков их ареал – местный (лоны), региональный (региозоны = рены) или субглобальный. Хронозоны, как говорилось выше, соответствуют этапам или фазам геологического развития тех или иных регионов или бассейнов (другими словами, разным состояниям экосистем). Эти разновидности зон должны иметь прототипы и рассматриваться в рамках геоисторической концепции стратиграфии.

(3) Как следует из практики, биостратиграфические зоны и многие хронозоны являются провинциальными (другое дело, что сами провинции по размеру могут значительно различаться – от части окраинного бассейна до климатического пояса). Однако хронозоны, основанные на точной корреляции провинциальных зон, могут в идеале претендовать на роль субглобальных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хотя зональное расчленение сталкивается с определенными трудностями, это направление стратиграфических исследований, ведущее к детализации стратиграфических схем и обоснованности корреляций, является прогрессивным и продуктивным. Его надо бережно развивать, изучать положи-

тельные примеры его применения, но, вместе с тем, не следует относиться небрежно или поверхностно к использованию зональных категорий. Отечественные специалисты внесли важный вклад в развитие зональной стратиграфии, свидетельством чего являются многочисленные работы по этой тематике. Они отражают тот колоссальный опыт, который накоплен у нас в разных районах на громадной территории России (Зональная..., 2006) и который еще нуждается в детальном анализе. Автору представляется, что все вышеизложенное в отношении зон следует рассматривать в рамках той идеологии, которая несколько лет назад была названа “биосферной стратиграфией” (Гладенков, 2004) и которая связана с анализом сменяющихся во времени состояний биосферы в геологическом прошлом и особенностей хода биосферного процесса, отраженного в стадиях развития отдельных палеоэкосистем.

В связи с этим еще раз хочется привлечь внимание к важности изучения палеонтологических объектов как определенных *сообществ*. Очень часто формы эволюционного процесса рассматриваются в пределах только отдельных групп организмов. Однако существует специфическая форма этого процесса, связанная с группировками сосуществующих разных видов (биоценозы или биогеоценозы).

Как известно, все многообразие живого при современном состоянии наших знаний можно подразделить на несколько уровней: молекулярно-генетический, онтогенетический, популяционно-видовой и биогеоценотический (или биосферный). Именно на *биогеоценотическом уровне* популяции организмов разных видов образуют сообщества, которые находятся в сложных взаимоотношениях между собой и с косными компонентами среды. Эти взаимодействия обуславливают грандиозный биогеохимический круговорот вещества и энергии в биосфере Земли. Практически жизнь в биосфере представлена биогеоценозами, населяющими определенные местообитания. Виды внутри биоценоза связаны друг с другом трофическими, химическими и эдафическими связями. С другой стороны, организмы связаны с климатом, гидрологическими условиями, химизмом среды и другими абиотическими факторами. Фактически биогеоценозы представляют собой блоки, из которых состоит биосфера и которые являются реальной средой протекания процессов эволюции. В связи с эволюцией видов сами биоценозы тоже претерпевают эволюционные изменения. Фактически они представляют собой эколого-эволюционные единицы, так важные для дешифровки истории и фазовости развития древних бассейнов.

Вот почему еще несколько десятилетий назад был поставлен вопрос о необходимости развития нового раздела эволюционной биологии — эволюции биогеоценозов и биосферы (Тимофеев-Ресов-

ский и др., 1977). К сожалению, эти идеи еще не до конца осознаны палеонтологами и стратиграфами, хотя при работе с палеонтологическим материалом и при использовании его для выделения биостратиграфических подразделений именно биостратиграфы получают в этом отношении уникальный материал. В этом контексте следует рассматривать и проблемы зональной стратиграфии, чтобы знать, как применять данные палеонтологического анализа, какого типа зоны использовать и что должно стать главной целью зонального расчленения. Эти вопросы каждый стратиграф должен решать в соответствии с выбранным мировоззрением.

В связи с этим следовало бы прислушаться к словам Б.С. Соколова (1980), высказанным почти 30 лет назад, о том, что биостратиграфию на новый уровень может поднять сейчас изучение экологических систем, условий их формирования, развития и смен. Такой подход к стратиграфии во многом меняет наши привычные представления и требует более глубоких знаний в области палеобиологии и физики среды. Интерес к изучению палеоэкосистем в последние годы заметно возрос. Появление программных работ на эту тему позволило сформулировать общие задачи экосистемных исследований и стимулировало разработку методических подходов к анализу палеоэкосистем. Были высказаны многие идеи, продвигающие их изучение на новые ступени: например, выделение таких подразделений экостратиграфии, как *фенозоны* и *экозоны*, отражающие соответственно состояние морфологических признаков и состояние сообществ; определение биосферных ритмов разного порядка; анализ палеосукцессий и ценосерий; оценка биоразнообразия и индикаторной роли доминантов в системах; выявление кризисных явлений и особенностей перестроек палеоэкосистем и проч. (Красилов, 1977 и др.). Подробный разбор этих идей не входит в задачу данной статьи. Можно только отметить, что многие из них пока намечены лишь в общем виде и нуждаются в дальнейших конкретных разработках. Но уже сейчас ясно, что стратиграфические подразделения, в том числе и зоны, в той или иной мере отражают этапность развития былых биосфер и их отдельных блоков — палеоэкосистем. И эта этапность зафиксирована прежде всего в хронологической смене *палеосообществ*, что заставляет расширить наши исследования именно в этом направлении.

В 2010 г. исполняется 80 лет со дня создания Геологического института РАН, и в связи с этим уместно вспомнить, что в прошлые годы многие известные ученые ГИН особое внимание уделяли зональному расчленению древних толщ. Не будет преувеличением сказать, что ряд работ на эту тему вошел в классику отечественной науки. Достаточно упомянуть хотя бы блестящие статьи Д.М. Раузер-Черноусовой (1967) и В.В. Меннера (1980), которые широко цитируются как в России, так и за рубежом.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 09-05-00015 и Программы № 15 фундаментальных исследований Президиума РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вопросы стратиграфии, палеонтологии и палеогеографии (посвящается 100-летию со дня рождения профессора Г.Я. Крымгольца). Отв. ред. В.А. Прозоровский. СПб.: НИИЗК СПбГУ, 2007. 156 с.

Ганелин В.Г. Бореальная бентосная биота в структуре позднепалеозойского Мирового океана // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1997. Т. 5. № 3. С. 29–43.

Гладенков А.Ю. Детальная стратиграфия и морские экосистемы позднего кайнозоя севера Тихоокеанского региона (по диатомеям). М.: ГЕОС, 2007.

Гладенков Ю.Б. Современные проблемы зональной стратиграфии // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 10. С. 3–8.

Гладенков Ю.Б. Биосферная стратиграфия (проблемы стратиграфии начала XXI века). М.: ГЕОС, 2004.

Жамойда А.И. Стратиграфическая корреляция, биостратиграфические шкалы и схемы // Вопросы стратиграфии, палеонтологии и палеогеографии (посвящается 100-летию со дня рождения профессора Г.Я. Крымгольца). СПб.: НИИЗК СПбГУ, 2007. С. 43–55.

Зональная стратиграфия фанерозоя России. Науч. ред. Т.Н. Корень. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 256 с.

Красилов В.А. Эволюция и биостратиграфия. М.: Наука, 1977.

Крашенинников В.А., Басов И.А. Стратиграфия палеогеновых отложений Мирового океана и корреляция с разрезами на континентах. М.: Научный мир, 2007.

Леонов Г.П. Основы стратиграфии. Т. 1. М.: Изд-во Московского университета, 1973.

Леонов Г.П. Основы стратиграфии. Т. 2. М.: Изд-во Московского университета, 1974.

Меннер В.В. Биостратиграфические основы сопоставления морских, лагунных и континентальных свит. М.: Изд-во АН СССР, 1962.

Меннер В.В. Зоны в практике стратиграфических исследований (история установления, типы и природа) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1980. № 3. С. 5–17.

Месежников М.С. Соотношение степени детальности и размеров ареалов биостратиграфических подразделений // Труды 27-го Международного геологического конгресса. Стратиграфия. Т. 1. М.: Наука, 1984. С. 38–43.

Палеонтология и совершенствование стратиграфической основы геологического картографирования. Материалы IV сессии Палеонтологического общества при РАН (6–10 апреля 2009 г., Санкт-Петербург). СПб., 2009. 184 с.

Раузер-Черноусова Д.М. О зонах единых и региональных стратиграфических шкал // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1967. № 7. С. 104–118.

Соколов Б.С. Об основах стратиграфической классификации // Стратиграфическая классификация. Материалы к проблеме. Л.: Наука, 1980. С. 7–11.

Степанов Д.Л. Принципы и методы стратиграфических исследований. Л.: Гостоптехиздат, 1958 (Тр. ВНИГРИ. Вып. 113).

Степанов Д.Л., Месежников М.С. Общая стратиграфия. Л.: Недра, 1979.

Стратиграфический кодекс России. Издание третье. Отв. ред. А.И. Жамойда. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ (Межведомственный стратиграфический комитет России), 2006. 96 с.

Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука, 1977.

Чайковский Ю.В. Эволюция. М.: Центр системных исследований, 2003.

Barron J.A. Diatom biochronology for the Early Miocene of the Equatorial Pacific // Stratigraphy. 2005. V. 2. № 4. P. 281–309.

Barron J.A., Gladenkov A.Y. Early Miocene to Pleistocene diatom stratigraphy of Leg 145 // Proc. ODP, Sci. Results. Eds. Rea D.K., Basov I.A., Scholl D.W., Allan J.F. College Station, TX (Ocean Drilling Program). 1995. V. 145. P. 3–19.

Berggren W.A., Kent D.V., Swisher, III C.C., Aubry M.-P. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy // Geochronology Time Scales and Global Stratigraphic Correlation. Eds. Berggren W.A., Kent D.V., Aubry M.-P., Hardenbol J. SEMP Spec. Publ. 1995. № 54. P. 129–212.

Dacque E. Grundlagen und methoden der Palaogeographie. Jena: Gustav Fischer, 1915.

Darwin Ch. On the origin of species by means of natural selection, or, the preservation of favoured races in the struggle for life. London: John Murray, 1859.

International Stratigraphic Guide – A Guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure. Ed. Hedberg H.D. New York: John Wiley and Sons, Ink., 1976. 200 p.

International Stratigraphic Guide: An abridged version. Eds. Murphy M.A., Salvador A. // Episodes. 1999. V. 22. № 4. P. 255–271.

Oppel A. Die Infraformation Englands, Frankreichs und des subwestlichen Deutschlands nach ihren einzelnen Gliedern eingeteilt und verglichen. Stuttgart: Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, 1856–1858. H. 12–14.

Schindewolf O. Stratigraphie und stratotypus. Mainz: Verlag der Akademie der Wissenschaften und der Literatur, 1970.

*Рецензенты В.А. Захаров,
М.А. Семихатов*