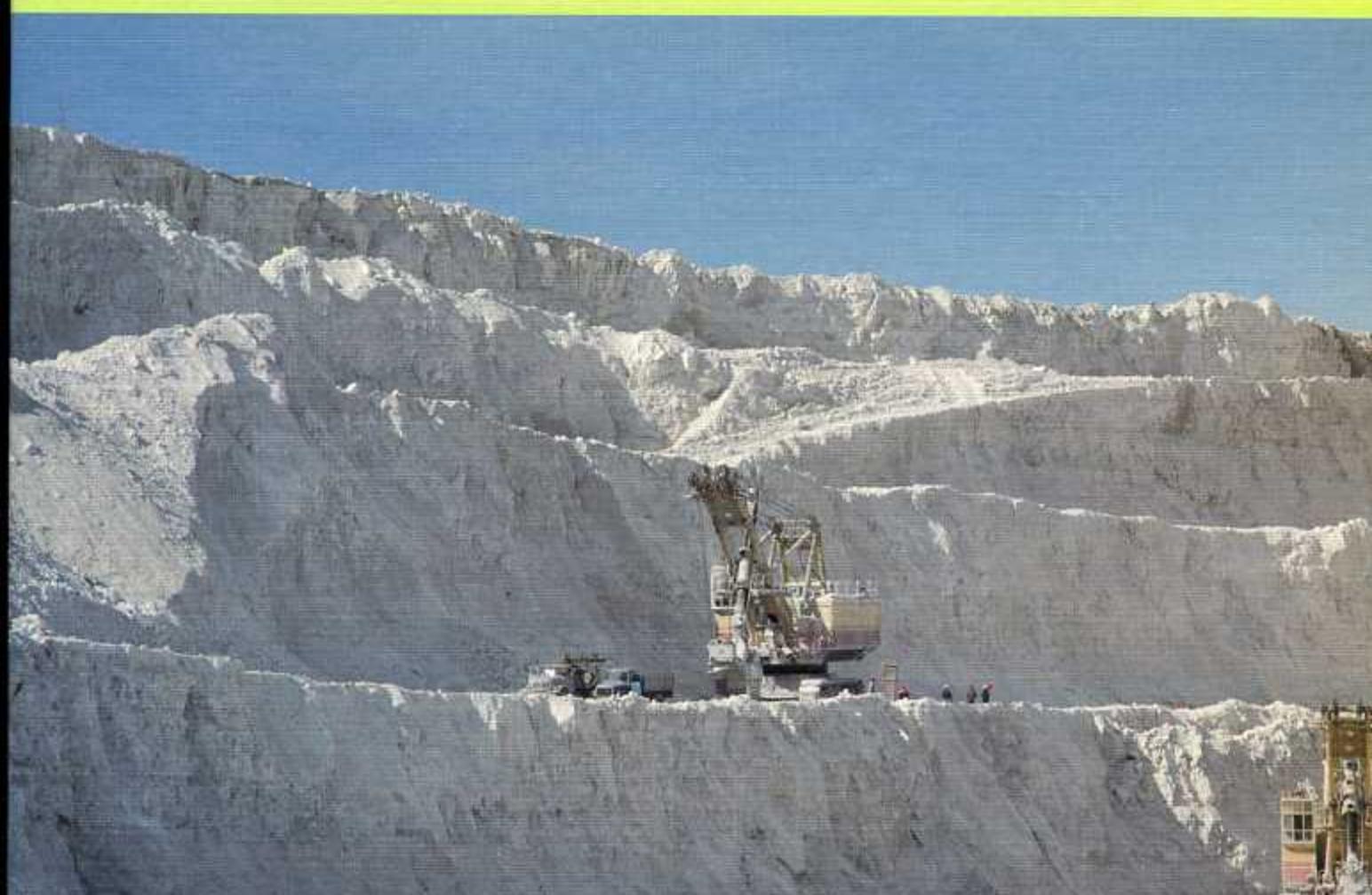


МЕЛОВАЯ СИСТЕМА РОССИИ И БЛИЖНЕГО ЗАРУБЕЖЬЯ: ПРОБЛЕМЫ СТРАТИГРАФИИ И ПАЛЕОГЕОГРАФИИ



УДК 551.763(470)(082)

ББК 23.33я43

M47

Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы

стратиграфии и палеогеографии: Сб. науч. трудов / Под ред.

Е.М. Первушова. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2007. – 308 с.: ил.

ISBN 978-5-292-03775-0

Сборник содержит материалы и тезисы докладов, представленных на Третьем Всероссийском совещании «Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии», посвященном 90-летию В.В. Друшица и 50-летию Постоянной комиссии по стратиграфии меловой системы. Рассмотрены теоретические и практические, методические вопросы стратиграфии и палеогеографии меловых отложений регионов России и ближнего зарубежья. Значительное внимание уделено корреляции меловых отложений, формировавшихся в пределах разных палеобиохорий, и проблемам комплексирования методов стратиграфии. Изложены представления о событийных явлениях мелового времени.

Для специалистов геологического профиля, особенно тех, кто занимается геологическим картированием, палеонтологов и стратиграфов, студентов геологического и биологического факультетов.

Редакционная коллегия:

Е.М. Первушов (гл. редактор), *А.Ю. Гужиков* (зам. гл. редактора),

Е.В. Попов (отв. редактор), *В.Б. Сельцер* (отв. секретарь),

Е.Ю. Барабошкин, А.В. Иванов, М.В. Пименов,

В.А. Прозоровский, В.А. Фомин

УДК 551.763(470)(082)

ББК 23.33я43

ISBN 978-5-292-03775-0

© Саратовский государственный
университет, 2007

УДК 551.763.1:564.53(477.75)

МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА МЕЛОВОЙ СИСТЕМЫ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

А.Ю. ГУЖИКОВ, Е.Ю. БАРАБОШКИН¹, В.А.ФОМИН

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

E-mail:GuzhikovAY@info.sgu.ru, FominVA@info.sgu.ru

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

E-mail:barabosh@geol.sgu.ru

Обоснована новая версия магнитостратиграфической шкалы меловой системы, в которой учтены данные по Русской плите, Крыму, Кавказу, Копетдагу, Турецкой плине, Приполярному Уралу и другим территориям. В связи с диахронностью стратиграфических границ палеонтологического обоснования, имеющей место при корреляциях меловых отложений различных палеобиогеографических поясов, обозначена проблема увязки в общей палеомагнитной шкале последовательности геомагнитных инверсий с детальными подразделениями общей стратиграфической шкалы (ОСШ) и обсуждается вопрос о комплексном (палеонтологическом и палеомагнитном) обосновании подразделений ОСШ.

Cretaceous Polarity Scale: Modern Status, Problems of Construction and Outlook of Development

A. Yu. Guzhikov, V. A. Fomin, E. Yu. Baraboshkin

New variant of Cretaceous Polarity Scale, taking into account of data about Russian plate, Crimea, Caucasus, Kopetdag, Cis-Polar Ural and other regions, is well founded. Problem of coordination of geomagnetic inversion succession and detail units of General Stratigraphic Scale (GSS) in Geomagnetic Polarity Scale is discussed, because diachronism of biostratigraphic boundaries to take place at correlations of Cretaceous deposits of different paleobiogeographic belts. Problem of complex (paleontologic and paleomagnetic) foundation of GSS units is discussed, also.

Общая палеомагнитная шкала – источник информации об истории режима магнитного поля Земли, на основе которого формируются представления о механизме генерации геомагнитного поля, динамике внешнего ядра планеты, и важный инструмент современной стратиграфии, с помощью которого проводятся межрегиональные корреляции, оценка устойчивости границ палеонтологического обоснования.

Современное состояние

Новый вариант магнитополярной шкалы меловой системы (рис. 1, см. вкл.), предлагаемый в настоящей работе, содержит наиболее достоверные сведения последних лет о более сложном строении мелового суперхона нормальной полярности 34 (апт-сантон), аналогом которого в магнитостратиграфической шкале служит гиперзона Nr-Джалал. В последние годы проявилась тенденция к усложнению структуры этой практически монополярной зоны за счет выявления новых инверсий или благодаря изменению представлений о продолжительности известных хронов. Реальность существования мелового «спокойного» поля исключительно нормальной полярности опровергается материалами исследований как керна морских скважин, так и разрезов континентальных

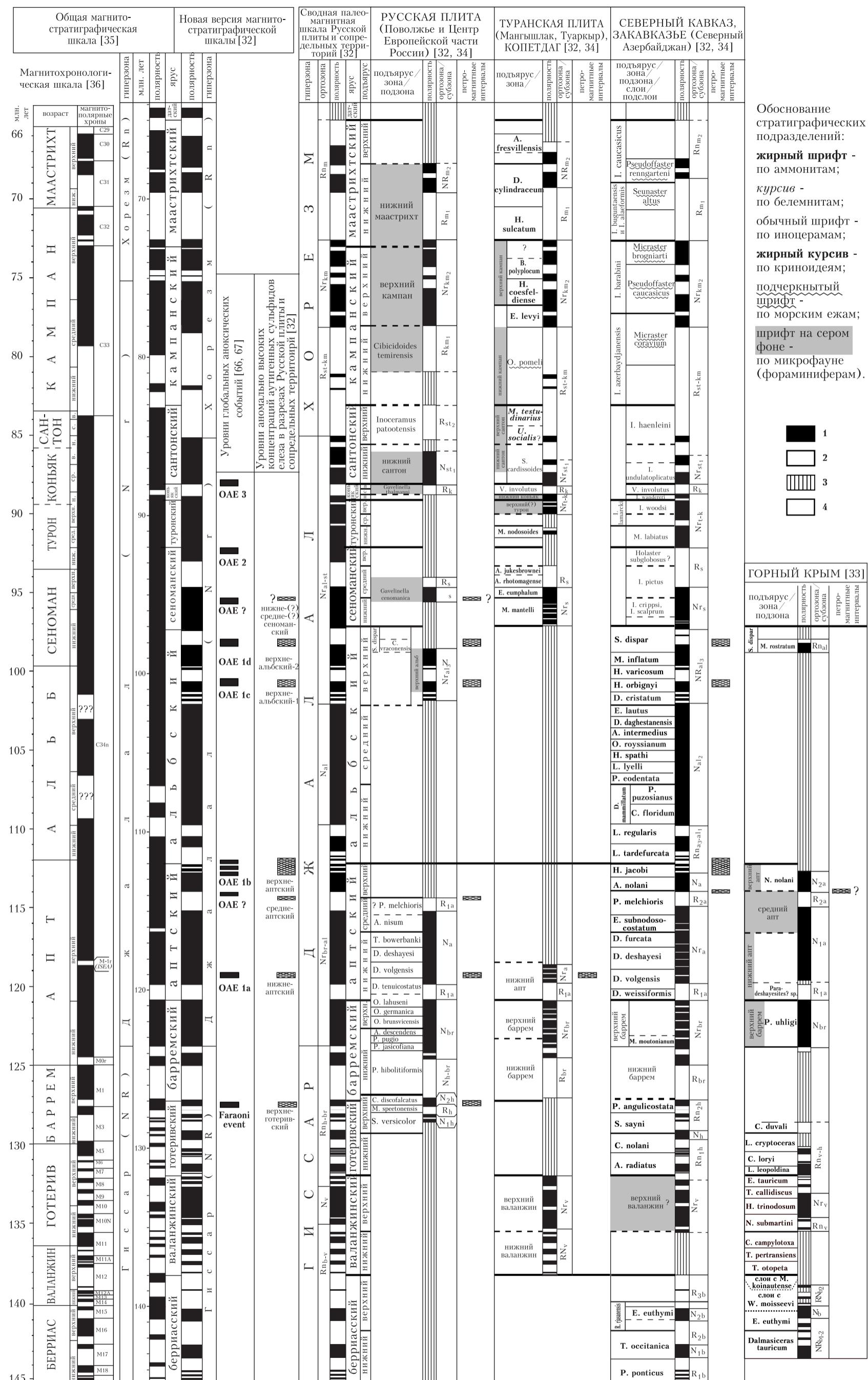


Рис. 1. Новая версия общей магнитостратиграфической шкалы с учетом данных по Русской плите и сопредельным терриориям. Условные обозначения: 1, 2 - интервалы прямой и обратной геомагнитной полярности; 3 - отсутствие или конденсация отложений; 4 - аномальные петромагнитные (термокаппаметрические) интервалы, обусловленные повышенными концентрациями аутигенных сульфидов железа.

нентов различных регионов [1–18]. Однако в полной мере данные материалы еще не учтены ни в одном из известных вариантов палеомагнитных шкал и поэтому до сих пор не повлияли на общепринятые представления о магнитополярной структуре меловой системы. Причина создавшегося положения заключается не только в недостатке палеомагнитных данных по стратиграфически полным разрезам мела континентов с надежным палеонтологическим обеспечением, но и в самом подходе к построению магнитохронологических шкал, при котором аномалийная последовательность считается «эталонной» записью геомагнитных инверсий. Между тем линейные магнитные аномалии не могут быть признаны главным источником сведений для построения магнитостратиграфической шкалы меловой системы.

Во-первых, привязка магнитных аномалий к стратиграфическим подразделениям осуществляется путем их калибровки с палеомагнитными данными по разрезам континентов и по колонкам керна глубоководного бурения. Подобная калибровка представляет собой в общем случае весьма сложную и неоднозначную процедуру. Во-вторых, данные о последовательности и продолжительности мезозойских магнитных хронов менее достоверны, чем кайнозойских, по ряду причин:

– Происходит экспоненциальное уменьшение величины первичной термоостаточной намагниченности (J_{rt}) аномалеобразующих базальтов с увеличением возраста океанской коры и, напротив, возрастание по такому же закону химической намагниченности (J_{rc}) за счет гетерофазного окисления титаномагнетитов и их превращения в магнетит и ильменит [19]. В связи с этим возможны эффекты занижения амплитуды магнитных аномалий, вплоть до полного их исчезновения при противоположных направлениях J_{rt} и J_{rc} , и возникновения ложных аномалий.

– Серпентинизированные перидотиты вносят значительный вклад в амплитуду магнитных аномалий [20, 21]. В эпохи быстрого спрединга (к которым относится среднемеловое время [22]) проявлений серпентинизации меньше, и, следовательно, интенсивность магнитных аномалий на соответствующих участках минимальна.

– Разновозрастные противоположно намагниченные базальты слоя 2а океанской коры могут перекрывать друг друга и, таким образом, искажать истинную картину об аномалийной последовательности.

– Неучет возможных вариаций скоростей мезозойского спрединга может привести к существенным ошибкам в оценке временной продолжительности аномалийных подразделений.

– Отсутствие представительных сведений о магнитных свойствах ультраосновных пород океанической коры не дает возможности определить вклад этих пород в наблюданную картину линейных аномалий.

Перечисленные причины, безусловно, осложняют изучение и кайнозойских аномалий. Однако большая достоверность их выделения связана, в частности, с тем, что первичные титаномагнетиты в базальтах слоя 2а еще не успели претерпеть значимых гетерофазных изменений. (Наиболее ярко выражены олигоценовые-четвертичные линейные магнитные аномалии в пределах срединно-океанских хребтов, вплоть до аномалии 14.) Кроме того, материалы по кайнозойским аномалиям гораздо представительнее, потому что площадь распространения океанской коры юрского-мелового возраста невелика по сравнению с более молодой, и, следовательно, результаты их интерпретации достовернее.

Проблема построения Общей палеомагнитной шкалы может быть решена только на основе анализа и обобщения магнитостратиграфических материалов по разным регионам. За последние десятилетия сведения о магнитостратиграфии меловых отложений континентов пополнялись в основном за счет данных по юрско-меловым карбонатным глубоководным формациям Северного Средиземноморья, хотя постулируемое по-

ложение об исключительной стратиграфической полноте разрезов мела этого региона является в достаточной мере дискуссионным, а выводы о первичности намагниченности представляются в ряде случаев недостаточно обоснованными. Дело в том, что северо-средиземноморские разрезы расположены в зоне интенсивного тектонического сжатия и зачастую представлены чрезвычайно сильно дислоцированными толщами с множеством разрывных нарушений. Некоторые породы несут следы сильного катагенеза, а возможно, и начало метаморфизма. Все эти факторы увеличивают вероятность перемагничивания.

В последние годы появились многочисленные магнитостратиграфические данные по опорным разрезам мела Русской плиты [6, 18, 23, 24], Крыма [25, 26], Северного Кавказа [1, 3, 17, 27, 28, 29], Копетдага [2, 4, 5, 30], Туаркыра [7], Приполярного Урала [31], где магнитополярные определения надежно привязаны к зонам общей стратиграфической шкалы (ОСШ) и конкретным находкам фауны. Меловые отложения Русской плиты и обрамляющих ее складчатых областей представляются весьма благоприятными объектами для магнитостратиграфических исследований и по ряду причин выглядят предпочтительнее средиземноморских аналогов:

– меньшая степень дислоцированности и катагенетических изменений пород, что снижает вероятность их перемагничивания;

– разнообразие структурно-фацальных зон, в которых расположены исследуемые разрезы, дифференцированность последних по литологическим, гранулометрическим и др. признакам дает возможность убедиться в независимости палеомагнитной зональности от перечисленных факторов, что является веским аргументом в пользу того, что выделяемые магнитозоны отражают полярный режим древнего геомагнитного поля;

– высокая насыщенность относительно мелководных опорных разрезов остатками руководящей фауны и большая детальность аммонитовой шкалы по сравнению с фораминиферовой и нанопланктонной, используемыми в Средиземноморье, позволяющие, во-первых, надежно обосновать стратиграфическую полноту разрезов, во-вторых, сопоставлять региональные палеомагнитные схемы при надежном палеонтологическом контроле.

В новой версии шкалы использованы магнитостратиграфические схемы нижнего мела Среднего Поволжья, Северного Кавказа [32], Горного Крыма [33] и верхнего мела Северного Кавказа, Копетдага [34]. Эти материалы позволили уточнить структуру общей магнитостратиграфической шкалы [35, 36] в апт-кампанской части. Данные по нижнему мелу Крыма [26, 33], Кавказа [17, 32], Мангышлака [17], Приполярного Урала [31] дают основания для корректировки существующих представлений о режиме поздневаланжинского геомагнитного поля [35, 36].

При обобщении магнитостратиграфических данных по юре и мелу Н. Опдейком (N. Opdyke) и Дж. Чэннеллом (J. Channell) [37] была оценена достоверность палеомагнитных определений по критериям, предложенным Ван дер Ву (Van der Voo) [38]. Анализ оценок достоверности по каждому из магнитных хронов приводит к результату, который косвенно согласуется с выводом о необходимости корректировки существующих представлений о режиме магнитной полярности в валанжинском и апт-кампанском интервалах: хроны M12-M14 (валанжин) и 29–34 (апт-маастрихт) характеризуются наименее надежными сведениями о палеомагнитной зональности (в среднем менее 5,5 баллов) (рис. 2).

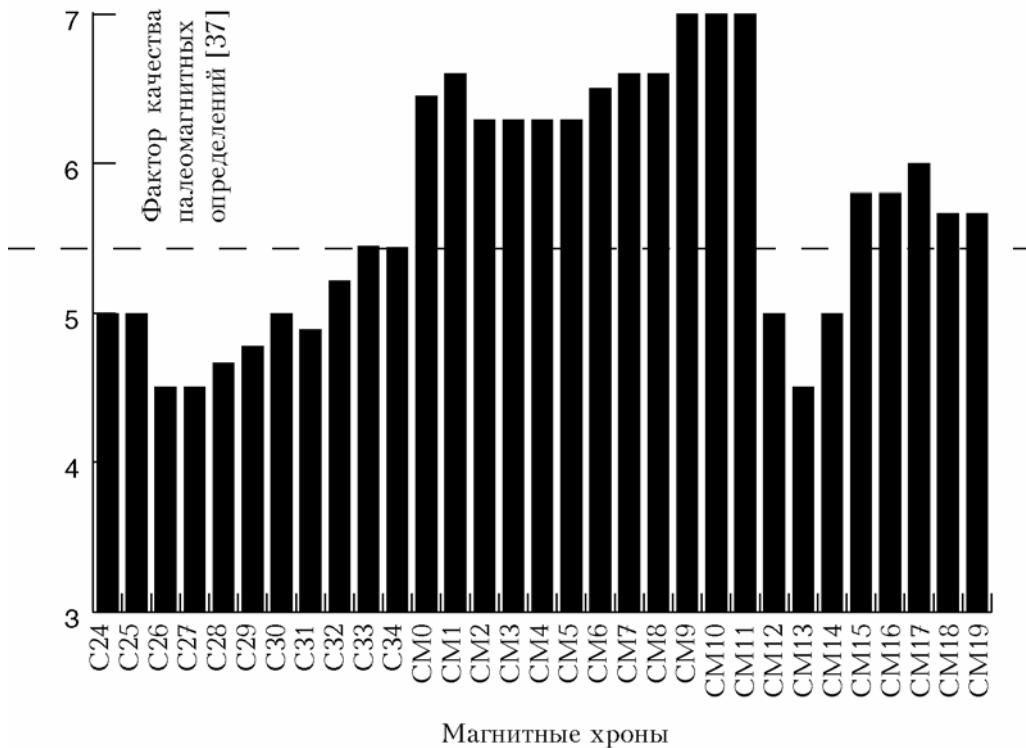


Рис. 2. Средняя достоверность палеомагнитных определений по магнитным хронам меловой системы

Изменения в берриасском-аптском и маастрихтском интервалах новой версии шкалы сводятся только к уточнению временного объема магнитозон и ревизии соотношения ярусных границ и геомагнитных инверсий. Подобные задачи решены на основе анализа магнитостратиграфических материалов по опорным разрезам Русской плиты и других регионов, где магнитозоны были надежно привязаны к биостратиграфическим зонам.

О временной продолжительности магнитополярной эпохи можно судить по стратиграфическому объему соответствующей магнитозоны, исходя из средней длительности меловых зон общей стратиграфической шкалы (выделение которых базируется на аммонитах) 10^5 – 10^6 лет. Субзона (элементарная единица магнитостратиграфической шкалы) по своему объему сравнима с хронозоной [39]. Соотношения между субзонами и зонами палеонтологического обоснования в магнитостратифических схемах нижнего мела Русской плиты, Северного Кавказа, Крыма, в палеомагнитных разрезах других регионов и послужили основой для представлений о продолжительности эпох той или иной полярности в новой версии шкалы. Длительность микрозон, т.е. магнитополярных интервалов, которые по своему объему гораздо меньше самого дробного подразделения палеонтологического обоснования, не может быть оценена. Не исключено, что они могут быть отражением кратковременных обращений поля (экскурсов), длительность которых менее 10^5 лет, и поэтому при создании новой версии шкалы информация о микрозонах не учитывалась.

Нижнемеловой отдел. Берриасский ярус. В основу палеомагнитной зональности берриасского интервала шкалы положены данные по стратотипу яруса во Франции [40], по опорным разрезам берриаса Северного Кавказа [17, 27] и Горного Крыма [26]. Согласно этим материалам в берриасском ярусе выделяется пять субзон – три обратной и две прямой полярности, продолжительностью порядка миллиона лет каждая, что

принципиально согласуется с представлениями о знакопеременной зональности берриаса во всех известных вариантах палеомагнитных шкал.

Валанжинский ярус. Данные о магнитной зональности верхов валанжина во всех версиях магнитохронологических шкал, базирующиеся на сведениях о линейных магнитных аномалиях и магнитостратиграфических разрезах Северного Средиземноморья с микрофаунистическим обеспечением, фиксируют знакопеременную полярность. Это противоречит данным по гипостратотипу валанжина во Франции (Анжу) [41] и опорному разрезу валанжина Приполярного Урала (р. Ятрыш) [31], где верхнему валанжину, обоснованному фауной аммонитов, свойственна доминирующая N-полярность (рис. 3). Преобладание прямой полярности фиксируется и в разрезах валанжина Мангышлака (г. Тюесу), Азербайджана (с. Нардаран) [17]. Данные по опорному разрезу валанжина Горного Крыма (с. Верхоречье) [26, 42] также не противоречат представлениям о преобладании прямой полярности в позднем валанжине. Учитывая, что в северосредиземноморских разрезах магнитополярные определения привязаны преимущественно к микрофаунистическим зонам, границы которых не всегда совпадают с границами аммонитовых зон подразделений стандартной шкалы, предпочтение при построении палеомагнитной шкалы валанжина следует отдать данным по разрезам, где наличие верхневаланжинских отложений подтверждено находками аммонитов. Поэтому верхи валанжина в Общей магнитостратиграфической шкале предлагается показывать как зону преимущественно прямой полярности, которая, возможно, является аналогом совокупности магнитных хронов M11-M12n (см. рис. 1, 3).

Готеривский ярус. Все варианты палеомагнитных шкал фиксируют сложную магнитную зональность готеривского яруса. В его пределах фиксируется до 18 разнополярных зон, сгруппированных в 9 магнитных хронов (M4 – M11). В опорных разрезах готерива Северного Кавказа (р. Баксан, р. Урух, с. Гергебиль), при всей сложности магнитополярного строения, фиксируется преобладание полярности обратного знака в пределах яруса, что согласуется с работами [35, 36]. Представления о доминирующей обратной полярности в готериве нашли отражение и в новой версии шкалы.

Барремский и аптский ярусы. Палеомагнитная структура барремского и аптового ярусов, согласно существующим представлениям, относительно проста: низам баррема соответствует крупный магнитный хрон обратной полярности M3, а верхам яруса – прямая полярность, осложненная магнитополярным интервалом обратного знака (хрон M1). В аптовом ярусе на фоне прямой полярности выделяются два интервала обратной полярности – магнитные хроны M0 (в основании апта) и ISEA (в середине апта) [35, 36].

В новом варианте шкалы уточнены данные о временной продолжительности барремских-аптских магнитных хронов и соотношения палеомагнитных и ярусных границ. Подошвы хронов M3 и M0, исходя из их положения в опорных разрезах стратотипической области, совмещены с основаниями баррема и апта соответственно.

В предыдущих работах [17, 28, 29, 30] отмечались многочисленные интервалы обратного знака в верхнем барреме и апте Северного Кавказа и Копетдага. В совокупности они создавали впечатление о переменной магнитной зональности верхнебарремского-аптского интервала шкалы, что вступало в принципиальное противоречие с известными представлениями о доминирующей прямой полярности, базирующимися на данных по линейным магнитным аномалиям, колонкам глубоководного бурения, разрезам Средиземноморья, Западной Европы и других регионов. Результаты магнитостратиграфических исследований одновозрастных отложений опорных Русской плиты и Крыма подтвердили традиционную точку зрения о полярном режиме позднебарремско-аптского поля. Таким образом, следует признать, что длительность многочисленных

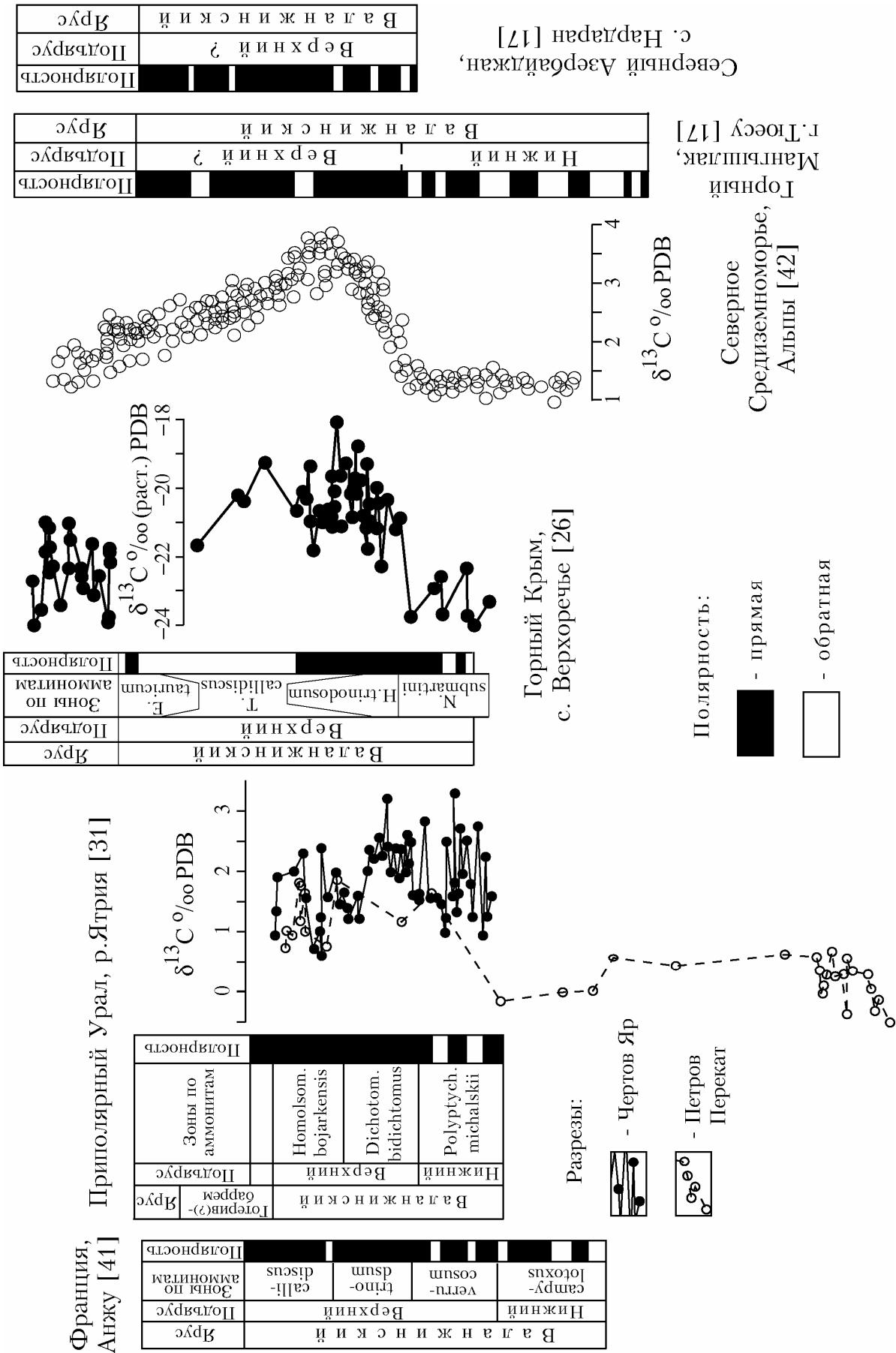


Рис. 3. Сопоставление валанжинских отложений по палеомагнитным и изотопным данным

R-интервалов (кроме аналогов хронов M0 и ISEA), зафиксированных в верхнем барреме-апте Северного Кавказа и Копетдага, намного меньше длительности хронозон. Они должны быть классифицированы как микрозоны, соответствующие кратковременным обращениям поля (менее 10^5 лет). Основания для вынесения их в общую магнитостратиграфическую шкалу на сегодняшний день отсутствуют. Исключение сделано для субзоны преимущественно обратной полярности в пределах зоны H. jacobi верхнего апта. Вероятно, она является аналогом низов зоны «Гатань», впервые выделенной Д.М.Печерским [43] на границе апта и альба северо-востока России и подтвержденной впоследствии в многочисленных разрезах других регионов [3, 12, 13, 44–46] и колонках глубоководного океанского бурения [9–11].

Вероятно, регистрация многочисленных экскурсов позднебарремского-аптского поля связана с высоким темпом осадконакопления. Косвенным подтверждением этого служит обнаружение в баррем-аптских отложениях Северного Кавказа вариаций палемагнитного склонения и наклонения по разрезам [47]. В современном палеомагнетизме отсутствуют сведения о геомагнитных вариациях с периодом более 100 тыс. лет, что согласуется с предположением о формировании верхнебарремских и аптских толщ Северного Кавказа и Копетдага в относительно короткие промежутки времени. Результаты ревизии материалов по стратиграфии баррема-апта Северного Кавказа и Копетдага не дают оснований утверждать, что период этой вариации превышает 10^5 лет, как предполагалось ранее [47].

Альбский ярус относится к интервалам палеомагнитной шкалы, которые перенесли наиболее серьезные изменения в последние годы. Вплоть до 1995 г. почти все магнитохронологические шкалы фиксировали в альбе только прямую полярность. Исключение представляли Общая магнитостратиграфическая шкала Э.А.Молостовского, А.Н.Храмова [48], где в основании альба фиксировалась R-зона «Гатань», выделенная на северо-востоке России [43], в Таджикистане [44], в Фергане [45], Туркмении [46], и палеомагнитная шкала меловой системы Van Hinte (Van Hinte) [11], в которой фигурировали четыре R-зоны, обнаруженные в колонках скважин глубоководного бурения: одна в основании альба-аналог R-«Гатани», другие три в верхах альба. Вероятно, на Северном Кавказе аналоги зоны «Гатань» приурочены к верхам апта – низам альба.

Разногласия по поводу магнитной зональности альбского яруса обострились после появления данных по Северной Африке [12, 13], Северной Италии [15] и Дагестану [3], где в низах и в верхах альба был зарегистрирован ряд R-зон обратного знака (рис. 4). Данные по опорному разрезу альба Северного Кавказа с. Акуша, где магнитозоны надежно увязаны с биостратиграфическими зонами, свидетельствуют, что продолжительность эпох обратной полярности в позднем альбе сопоставима с длительностью зон (т.е. порядка 10^6 лет) [3].

В альбском ярусе Туниса [12] описаны четыре R-интервала, равномерно распределенные по разрезу (см. рис. 4), что в известной мере согласуется с палеомагнитными данными по Северному Кавказу. Палеомагнитная структура верхнего альба Юго-Западного Марокко [13] очень похожа на распределение полярности в пределах одновозрастных отложений в Акуше (см. рис. 4), причем в обоих разрезах мощность обратнонамагниченных отложений составляет ~45% от общей мощности верхнего альба. В средней части разреза альба Контесса (Contessa) (Северная Италия, Умбрия) зафиксированы семь интервалов обратного знака различной мощности [15]. Знакопеременная магнитозона «Contessa» уверенно сопоставляется с нижней частью северокавказской ортозоны RNal₃ при палеонтологическом и событийном контроле (рис. 5). В керне верхнеальбских океанских отложений, извлеченных из скв. 263 DSDP [9, 10], зафиксированы три интервала обратной полярности, которые могут быть идентифицированы как аналоги субзон Rn(al₃), R₁(al₃) и R₂(al₃) магнитостратиграфической схемы нижнего мела Северного Кавказа [32]. В последние годы аналоги R₂(al₃) зафиксированы в Поволжье [6] и Горном Крыму [26].

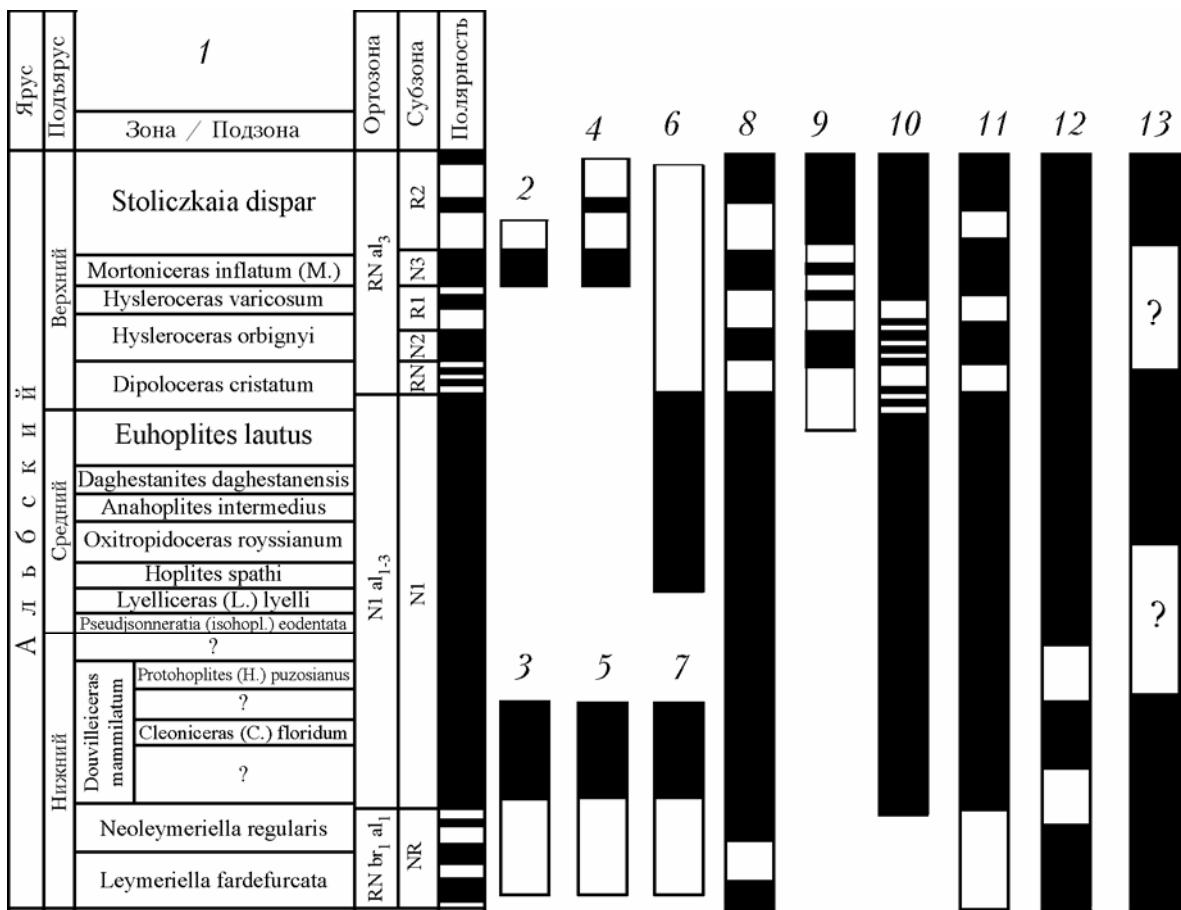


Рис. 4. Сопоставление палеомагнитных данных по альбскому ярусу разных регионов: 1 – Северный Кавказ (разрез Акуша, Дагестан) [3]; 2 – Крым [26]; 3 – Северо-Восточная Азия [43]; 4 – Поволжье [6]; Средняя Азия: 5 – Таджикистан [44]; 6 – Туркменистан [46]; 7 – Фергана [45]; Северная Африка: 8 – Тунис [12]; 9 – Марокко [13]; 10 – Северная Италия (разрез Контесса, Умбрия) [15]; палеомагнитные шкалы: 11 – [11] с учетом данных глубоководного бурения [9, 10]; 12 – [35]; 13 – [36, 50, 51]

Таким образом, имеется достаточно оснований, чтобы принять концепцию о преобладающем режиме прямой полярности в альбе, осложненном в начале и конце века рядом геомагнитных инверсий. Необходимость подобных изменений альбского интервала шкалы назрела настолько, что в 1995 г. в версии магнитохронологической шкалы Дж. Ога (Ogg) [49] в альбском ярусе были обозначены крупные участки (охватывающие в общей сложности около 5 млн лет), которым может соответствовать переменная полярность. Впоследствии эти интервалы, помеченные как возможные палеомагнитные аномалии, были включены в другие шкалы [36, 50], но остались без внимания в магнитостратиграфической шкале А.Н.Храмова [35], где показаны только две магнитозоны обратной полярности в основании альба, вероятно, являющиеся аналогами «Гатани».

В новом варианте магнитостратиграфической шкалы прямая полярность в альбе осложнена переменной полярностью в низах и верхах яруса. Подошва нижнего интервала переменной полярности соответствует верхам апта, что базируется на сведениях о преимущественно обратной полярности зоны Н. jacobi Северного Кавказа [29]. Представления о распределении по временной шкале верхнеальбских интервалов обратной полярности и их длительности базируются на комплексном анализе био-, магнитостратиграфических и событийных материалов по альбу Средиземноморья и Северного Кавказа (рис. 5).

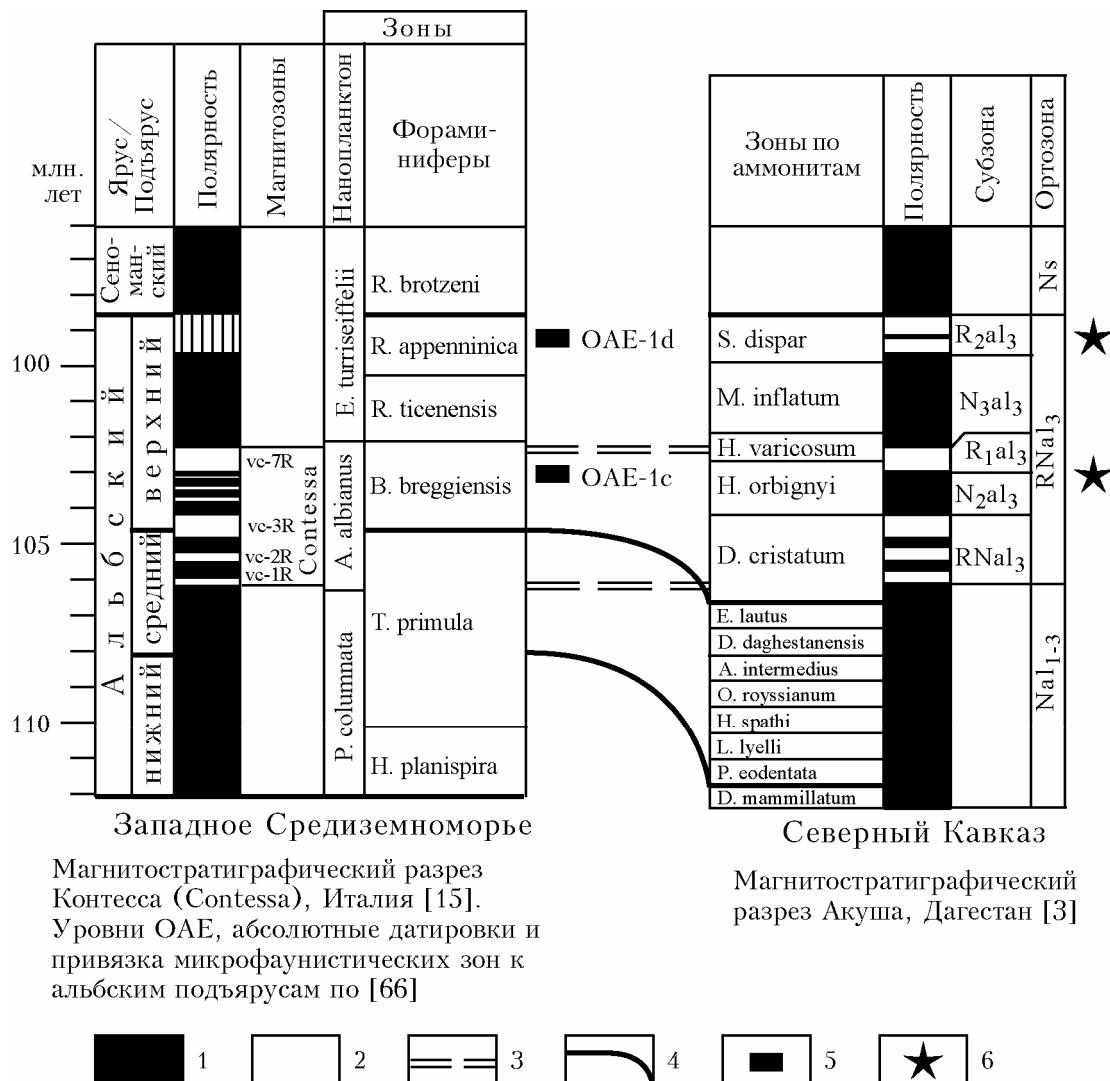


Рис. 5. Магнитохронологическая калибровка зональных шкал альба Средиземноморья и Северного Кавказа: 1, 2 – интервалы прямой (1) и обратной (2) геомагнитной полярности; 3, 4 – корреляции по палеомагнитным (3) и биостратиграфическим (4) данным; 5 – уровни океанских аноксических событий (ОАЕ); 6 – интервалы, обогащенные аутигенным пиритом [32]

Верхнемеловой отдел. Сеноман-кампанский участок палеомагнитной шкалы традиционно рассматривался как практически монополярный N-интервал. Исключение представляла «Кульджинская» R-зона (аналог храна 33), соответствующая низам кампана. Эта зона впервые была выделена Д.М.Печерским [43] на северо-востоке России, а впоследствии была задокументирована в разрезах кампанского яруса различных континентов. Кроме того, в шкале Э.А.Молостовского, А.Н.Храмова [48] фигурировала «Клюевская» R-зона, приуроченная к коньякскому ярусу, зафиксированная в коньяке Северо-Восточной Азии [43] и Туркмении [46]. Сеноман-кампанский интервал относился к гиперзоне Nr-Джалал. Верхам кампана и маастрихтскому ярусу соответствовала переменная палеомагнитная зональность. Этот участок рассматривался уже как основание гиперзоны Rn-Хорезм.

В целом существующие представления сохранились до настоящего времени. Некоторые уточнения палеомагнитной структуры верхнемелового интервала, появившиеся в последних вариантах палеомагнитных шкал, касаются маастрихтского яруса. В магнитохронологической шкале [36] и Общей магнитостратиграфической шкале [35] маастрихту соответствует не знакопеременная зональность с некоторым преобладанием

прямой полярности, как в более ранних вариантах, а явное преобладание обратной полярности. Единственная крупная N-субзона характеризует верхи маастрихтского яруса.

Что касается основания «Кульджинской» R-зоны (аналога хроны 33), то в шкалах А.Н.Храмова [35] и Градштейна (Gradstein) с соавторами [36] ее основание помещается в верхи сантонса, в то время как в более ранних вариантах магнитохронологических шкал основание хроны 33 совмещалось с границей сантонса-кампана.

В результате магнитостратиграфических исследований верхнего мела Русской плиты [6, 34], Туаркыра [7], Северного Кавказа, Западного Копетдага [1, 2, 4, 5], Южной Англии [16], Германии [14] и других регионов выявлена неизвестная ранее R-субзона в среднем сеномане, подтверждено наличие «Клюевской» R-субзоны в коньяке, объем «Кульджинской» R-ортозоны (аналога хроны 33г) расширен на большую часть сантонса и весь нижний кампан. В отличие от более ранних работ [51, 52], в которых также есть указания на неоднократные инверсии в сеномане-кампане, новые магнитополярные определения надежно привязаны к зональным стратиграфическим шкалам на основании определений макро- и микрофауны, отбирающейся параллельно с палеомагнитными образцами. Благодаря этому появилась возможность надежно оценить стратиграфический объем и соответственно продолжительность ряда интервалов обратной полярности.

Сеноманский ярус. Главное отличие сеноманской части новой версии шкалы от предыдущих вариантов, характеризующихся исключительно нормальной полярностью, состоит в присутствии субзоны обратной полярности в середине яруса. Введение нового палеомагнитного подразделения в шкалу обосновано данными по Туаркыру [7], Копетдагу и Северному Кавказу [1, 2, 5, 34], где установлено, что R-субзона соответствует среднесеноманской зоне A. *rhotomagense*. Объемы магнитозоны и аммонитовой зоны сопоставимы, что позволяет считать длительность среднесеноманской эпохи обратной полярности порядка 10^5 – 10^6 лет. Вероятные аналоги этой зоны прослежены в среднесеноманских отложениях Русской плиты [6, 34], Германии [14] и др. регионов.

Туронский и коньянский ярусы. Расхождения в структуре туронского-коньянского интервала известных палеомагнитных шкал заключаются в том, что в версии А.Н.Храмова [35] в коньякском интервале фигурирует R-интервал, известный как «Клюевская» R-зона [51], а в магнитохронологических шкалах зарубежных авторов [36] турону-коньяку соответствует только нормальная полярность.

На Копетдаге и Северном Кавказе существование R-зоны, сопоставимой по своему объему с зоной V. *involutus* (средний-верхний коньяк), установлено А.В. Фоминым и В.Н. Ереминым [1, 2, 34]. Аналоги этой зоны прослежены В.А.Фоминым на Русской плите в разрезе с. Новодевичье (Самарская обл.), где В.Н.Беньяковским (ГИН РАН) установлена зона *Gavelinella thalmani* (средний-верхний коньяк) [34]. Обратная полярность фиксируется в коньякском ярусе Англии [16] и др. регионов.

В туронском-коньякском интервале новой версии шкалы, по сравнению с вариантом А.Н.Храмова [35], увеличен временной объем «Клюевской» зоны на основании данных В.А.Фомина [34] о ее соответствии средне- и верхнеконьякскому подъярусам.

Сantonский и кампанный ярусы. Палеомагнитная структура сантонского и кампанского ярусов, наряду с альбским ярусом, претерпела самые значительные изменения в новой версии шкалы.

Стратиграфический объем «Кульджинской» R-ортозоны (хроны 33) расширен на весь верхний сантон и нижний кампан, что обосновано данными по разрезам на юго-востоке Англии [16], рекомендованным международной рабочей группой по кампанскому ярусу в качестве стратотипа границы сантонса-кампана [53], и по опорному разрезу верхнего мела Туаркыра [7]. Доминирование обратной полярности в верхнем санто-

не – нижнем кампане подтверждается материалами по Копетдагу, Северному Кавказу, Поволжью [34].

Верхи кампанско го яруса на Туаркыре, Копетдаге и Северном Кавказе характеризуются знакопеременной полярностью, а не доминирующей прямой, как в большинстве версий магнитохронологических шкал. Однако все обнаруженные R-интервалы имеют ранг микрозон, длительность которых оценить невозможно. Поэтому в новом варианте шкалы эти данные пока не учтены, а за основу палеомагнитной структуры верхов кампана принятые представления А.Н.Храмова [35], хорошо согласующиеся с данными других авторов [36].

Маастрихтский ярус. Сведения о палеомагнитной структуре маастрихтского яруса практически не различаются во всех современных палеомагнитных шкалах: низам маастрихта соответствует крупный магнитный хрон преимущественно обратной полярности C31, верхам яруса – магнитный хрон преимущественно прямой полярности C30, к кровле маастрихта приурочена нижняя часть хона C29, характеризующаяся обратной полярностью. С этими представлениями хорошо согласуются данные по опорным разрезам маастрихта Северного Кавказа, Копетдага [2, 34] и др. регионов. Поэтому в новой версии шкалы палеомагнитная структура маастрихтского яруса оставлена без изменений, по сравнению с общей магнитостратиграфической шкалой [35].

Резюмируя главные отличия новой версии магнитостратиграфической шкалы мела от предыдущих вариантов, следует отметить, что наиболее значимые изменения коснулись палеомагнитной структуры гиперзоны Nr-Джалал (верхний баррем-кампан). В предложенном варианте шкалы нашли отражение сведения о неоднократных инверсиях и связанных с ними продолжительных эпохах обратной полярности на рубеже апта и альба, в позднем альбе, среднем сеномане. Объем магнитного хона обратной полярности C33 распространен на верхний сантон и весь нижний кампан. Таким образом, интервал преимущественной нормальной полярности (Nr) в новой версии шкалы сохранен для апта–нижнего сантонна; он имеет более сложное строение за счет уточнения временного объема известных магнитных хронов (M0, ISEA, «Ключевской» R-зоны, RN-интервала «Contessa») и выявления новых (в конце апта и сеномане). Получившееся при этом трехчленное подразделение меловой системы по палеомагнитному признаку – верхи гиперзоны NR-Гиссар (берриас – нижний баррем), гиперзона Nr-Джалал (верхний баррем – нижний сантон) и низы гиперзоны Rn-Хорезм (верхний сантон–маастрихт) – в первом приближении сходно с трехчленным подразделением меловой системы на неоком, «средний мел» и сенон. Возможно, это совпадение не случайно, так как полярный режим геомагнитного поля обусловлен динамикой внешнего ядра, а все геологические и биотические перестройки, фиксирующие границы систем, отделов, ярусов, являются с точки зрения современной геодинамики следствием процессов, происходящих на границе ядра и мантии. На это обстоятельство неоднократно обращалось внимание и ранее, в связи с чем очевидна необходимость учета палеомагнитных данных при обсуждении вопроса о трехчленном подразделении меловой системы [54–57].

Поскольку имеются доказательства существенной диахронности (порядка миллиона лет) зональных и даже подъярусных подразделений общей стратиграфической шкалы при прослеживании их в разных палеобиогеографических поясах [8, 32], то в предлагаемом варианте магнитостратиграфической шкалы магнитозоны привязаны к ярусам ОСШ рангом не ниже яруса. Увязка магнитополярных данных с более дробными стратонами (подъярусами и зонами) не может обсуждаться в отрыве от комплексного обоснования единиц ОСШ, необходимость которого обосновывается ниже.

Проблемы построения

Биостратиграфические подразделения провинциальны по своей сути. Применительно к стратонам палеонтологического обоснования, термин «глобальный» не означает планетарного распространения. Например, некоторые зоны, выделенные по нанопланктону, субглобальны, потому что прослеживаются во многих палеобассейнах Земли. Однако это обстоятельство не снимает вопросов корреляции морских, прибрежных и континентальных отложений. При прослеживании одноименных биостратиграфических зон (как макро-, так и микрофаунистических) обнаруживается существенная асинхронность в удаленных регионах – порядка сотен тысяч, а возможно и миллиона, лет [8, 32]. Это объясняется значительной продолжительностью развития трансгрессий, открытия проливов и пассивных миграций морской биоты. Хотя подобная асинхронность пренебрежимо мала при корреляции ярусных границ (тем более отделов и систем), она обязана учитываться при сопоставлении зональных подразделений, так как ее величина сравнима с длительностью самих хронозон [8]. Геомагнитные инверсии и некоторые abiотические события (геохимические, климатические), напротив, по своей природе синхронны в планетарном масштабе. Это обуславливает их исключительную важность для корреляции, особенно для корреляции стратиграфических подразделений разных климатических поясов, фауны и флоры которых существенно различались.

Для сопоставления детальных стратиграфических шкал, оценки несинхронности границ стратонов и геологических событий в удаленных регионах в качестве «эталонной линейки» должна быть использована последовательность событийных уровней (магнито-, изотопно-, климатостратиграфических), которые должны быть: 1) изохронными в планетарном масштабе; 2) опознаваемыми в удаленных разнофациальных разрезах; 3) точно и надежно привязанными к детальным биостратиграфическим морским шкалам в конкретных разрезах (желательно, в стратотипах или в опорных разрезах).

На современном уровне развития геологии последовательность геомагнитных инверсий (палеомагнитная шкала) в наибольшей степени отвечает вышеперечисленным условиям. Теоретически вместо магнитополярного критерия для решения фундаментальной проблемы проекта могут быть использованы любые события планетарного масштаба, например аноксийные уровни или пепловые прослои. Однако подобные явления чрезвычайно редки, по сравнению с геомагнитными инверсиями. Эвстатическая кривая в этом смысле менее эффективна. Она сильно искажается за счет региональной тектоники и не может быть использована при корреляции континентальных отложений, а геохронологические датировки по точности и надежности определений пока еще очень далеки от требований современной стратиграфии. Таким образом, альтернатива палеомагнитным методам для установления синхронности событий и стратиграфических границ пока не слишком большая. Поэтому следует признать важнейшую роль палеомагнитных критериев для обоснования и прослеживания подразделений Общей стратиграфической шкалы (ОСШ) и использовать их совместно с палеонтологическими методами для ее построения.

Современные шкалы магнитной полярности (Geomagnetic Polarity Scale) объединяют абсолютные датировки и геомагнитные инверсии, увязанные с ярусами и подъярусами ОСШ. Зачастую к ним добавляются последовательности секвенций, событийных уровней (океанические аноксийные события, изотопные аномалии), аммонитовых, фораминиферовых, нанопланктонных зон. При этом механически совмещаются стратиграфические границы разной природы, обладающие заведомо неодинаковой степенью опознаваемости в пространстве и времени. Например, в одном из последних вариантов подобной синтетической шкалы меловой системы [36] (рис. 6) подошва магнитного хрома C33 находится в низах верхнесантонского подъяруса. Верхняя граница сантонова в этой шкале синхронизирована с кровлей стандартной зоны *M. testudinarius*, кровлей аммонитовой

зоны *D. bassleri*, границей фораминиферовых зон *G. concavata/G. elevata* и характеризуется обратной полярностью (низы C33). Действительно, в Южной Англии зоне *M. testudinarius* соответствует обратная полярность (рис. 7). Правда, при этом низы хона C33 полностью охватывают как зону *M. testudinarius*, так и нижележащую зону *U. socialis* [16]. На западе Канады, где сantonские и кампанские отложения подразделены на аммонитовые зоны, кровля зоны *D. bassleri* находится гораздо ниже основания хона C33 [58]. В Средиземноморье граница сантона-кампана, определенная по микрофауне, почти совпадает с границей магнитных хронов C34/C33. (Благодаря чему до появления палеомагнитных материалов по границе сантона-кампана в Англии авторы магнитохронологических шкал совмещали подошву C33 с основанием кампанско-яруса [49].) Хотя и здесь присутствует некоторая диахронность границ фораминиферовых зон: в Италии интервал, в котором встречаются последние *G. concavata* и первые *G. elevata*, расположен в кровле магнитного хона C34 (ожвачен прямой полярностью) [59], а в Испании – в подошве C33 (в пределах обратной полярности) [60]. Поскольку уровни геомагнитных инверсий синхронны по своей природе, следует заключить, что границы сантона-кампана, обоснованные в Канаде по аммонитам, в Англии по криноидям, а в Средиземноморье по фораминиферам, не совпадают по времени на 2–3 млн лет (по абсолютным датировкам шкалы [36] (см. рис. 7). Эта величина асинхронности возрастет при сопоставлении с магнитостратиграфическими данными по верхнему мелу Туаркыра [7], где нижнему сантону, обоснованному планктонными фораминиферами, соответствует обратная полярность (аналог низов магнитного хона C33). Другими словами, ранний сантон Туаркыра является возрастным аналогом кампана Италии. В связи с этим возникает естественный вопрос, где же все-таки размещать основание хона C33 в общей магнитостратиграфической шкале – в основании кампана или в середине сантона?

Подобные случаи временного скольжения биостратиграфических границ, считавшихся одновозрастными, установлены ранее при палеомагнитных бореально-тетических корреляциях нижнего мела разных регионов [8, 18, 32]. Временной сдвиг достигает максимальной величины (порядка 10^6 лет) при сопоставлении отложений максимально удаленных и разобщенных палеобассейнов или калибровке детальных биостратиграфических шкал, базирующихся на различных группах фауны. Например, кровлю хона M3 следует совмещать в общей палеомагнитной шкале с подъярусной границей баррема, если ориентироваться на магнитостратиграфические данные по Средиземноморью. Согласно аналогичным данным по Русской плите (Среднее Поволжье) кровля M3 должна располагаться в середине верхнебарремского подъяруса [8].

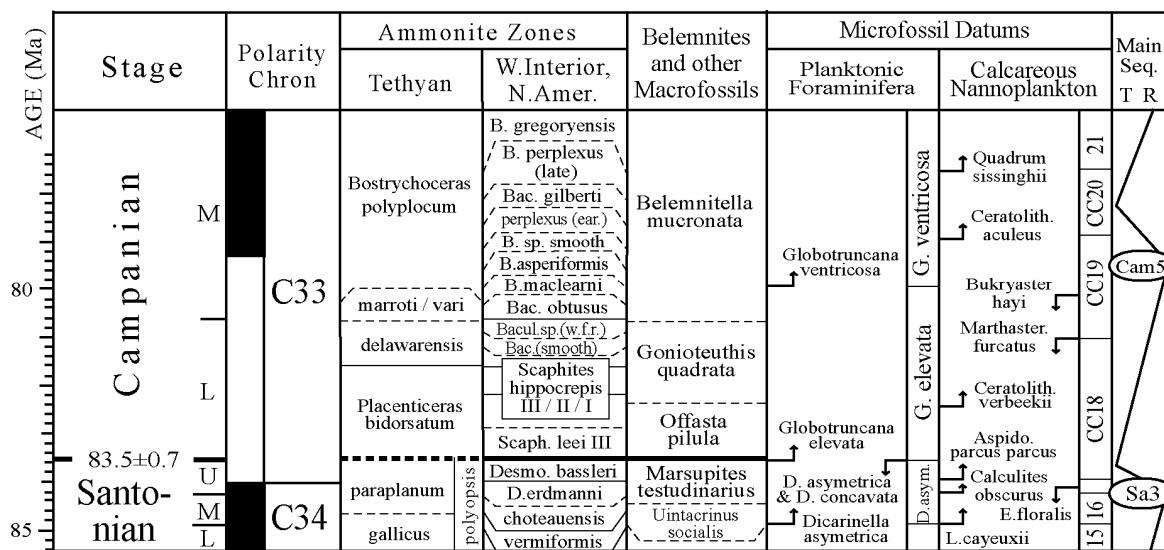


Рис. 6. Шкала меловой системы (Cretaceous Time Scale) [36]

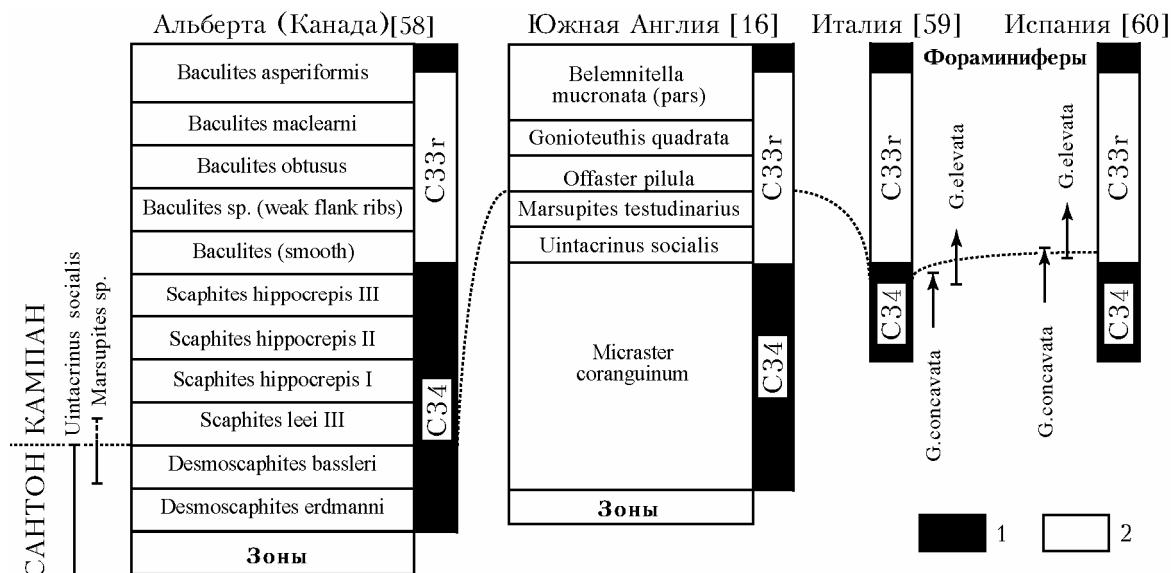


Рис. 7. Сопоставление границы сантон-кампана в Северной Америке и Европе по палеомагнитным данным: 1, 2 – магнитные хроны прямой (1) и обратной (2) полярности

До последнего времени проблемы построения Общей магнитостратиграфической шкалы сводились к ее детализации за счет выявления новых инверсий и уточнению стратиграфического объема магнитозон. В связи с выявлением асинхронности ряда биостратиграфических границ, считавшихся ранее одновозрастными, принципиальное значение с точки зрения использования палеомагнитного метода в стратиграфии приобретают вопросы технологии увязки последовательности геомагнитных инверсий с подразделениями ОСШ, которые являются стратонами палеонтологического обоснования.

Перспективы развития

Для решения обозначенной выше проблемы возможны следующие варианты:

1. Не совмещать палеомагнитную шкалу с детальной биостратиграфической основой.
2. При увязке магнитозон с детальными подразделениями ОСШ указывать регионы, в которых получены определения полярности и группы фауны, по которым основан стратиграфический возраст.
3. Признать необходимость интеграции палеомагнитных, палеонтологических (и иных) критериев при обосновании границ подразделений ОСШ. Стратиграфическая привязка инверсий в Общей шкале магнитной полярности не может обсуждаться в отрыве от комплексного обоснования единиц ОСШ.

Неприемлемость первого варианта очевидна не только с точки зрения биостратиграфии, но и геофизики. Второй вариант, по сути, означает представление палеомагнитных данных в виде сопоставления региональных магнитостратиграфических схем, что является необходимым этапом на пути к созданию Общей палеомагнитной шкалы, но не заменяет ее.

Остается третий вариант, целесообразность которого аргументирована в работах [8, 18, 32]. Приведенные в упомянутых работах данные о диахронности палеонтологических границ позволяют сформулировать некоторые рекомендации по интегрированному применению палеомагнитных и палеонтологических методов при совершенствовании ОСШ:

1. В нижнемеловом интервале ОСШ целесообразно предложить в качестве реперов (1) основание хона M3 – для проведения готерив/барремской границы, (2) кровлю

хона М3 – для границы подъярусов баррема, (3) основание хона М0 – для проведения баррем/аптской границы (в соответствии с [61]), (4) основание интервала переменной полярности «Contessa» (аналога ортозоны RNal₃ [3]) для границы среднеальбского и верхнеальбского подъярусов.

2. При определении ярусной (подъярусной, зональной) границы ОСШ относительно геомагнитной инверсии (или другого события) предпочтение следует отдавать той инверсии, которая (1) хорошо опознаваема и (2) более всего отвечает биостратиграфической границе в стратотипе.

Таким образом, магнитополярные критерии должны, по возможности, привлекаться для обоснования границ подразделений ОСШ наряду с палеонтологическими. В этом случае снимутся многие дискуссионные вопросы, связанные с обоснованием стратиграфических границ в конкретных разрезах разных регионов, а при построении общей магнитостратиграфической шкалы устранится проблема привязки магнитозон к тому или иному дробному подразделению ОСШ.

Относиться с осторожным оптимизмом к приведенным выше рекомендациям позволяют результаты исследований последних лет. Они показали, что неожиданные на первый взгляд стратиграфические выводы, базирующиеся на палеомагнитных данных, при более тщательном анализе не обнаруживают противоречия (например, соответствие бореальной нижнеготеривской зоны H. bojarkensis верхнему валанжину [31]), а зачастую, напротив, хорошо согласуются с имеющимися палеонтологическими материалами (например, обоснование ярусной границы баррема-апта в Юго-Западном Крыму на более высоком уровне, чем предполагалось ранее [25]).

В перспективе палеомагнитная шкала меловой системы может базироваться не только на магнитополярных характеристиках. В результате целенаправленных исследований, ведущихся в последние годы А.Ю.Куражковским [62, 63, 64], в меловых отложениях удаленных регионов выявлены при надежном био- и магнитостратиграфическом контроле латерально устойчивые вариации параметра Rns, отражающие относительные изменения величины средней напряженности мелового геомагнитного поля. Это позволяет использовать аномалии палеонапряженности в качестве синхронных стратиграфических реперов и надеяться, что в будущем сведения о тонкой структуре поля станут составной частью магнитостратиграфической шкалы.

В сводной петромагнитной модели для мела Русской плиты и сопредельных территорий (см. рис.1) [32] зафиксированы аномальные петромагнитные интервалы, прослеженные на обширных территориях. Латеральная устойчивость подобных уровней свидетельствует об их обусловленности региональными или глобальными геологическими событиями. Петромагнитные аномалии, связанные с повышенными концентрациями сульфидов железа в отложениях, корреспондируют с известными океаническими аноксийными событиями (ОАЕ) мелового периода [65–67]. Поэтому не исключено, что и петромагнитные характеристики станут эффективным инструментом для прослеживания событийных уровней в различных разрезах и построения магнитостратиграфической шкалы меловой системы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 06-05-64878, 06-05-64167, 07-05-00854, 07-05-00882) и программы «Ведущие Научные школы» (грант НШ-5280.2006.5).

Библиографический список

1. Фомин В.А., Еремин В.Н. Магнитостратиграфия верхнемеловых отложений южных районов СССР // Вопросы стратиграфии палеозоя, мезозоя и кайнозоя / Под ред. Г.В. Кулевой, В.Г. Очева. Саратов, 1993. С. 134–142.

2. Еремин В.Н., Назаров Х., Рамазанов С.А., Фомин В.А. Магнитостратиграфия опорного разреза верхнего мела Западного Копетдага (Канавчай) // Изв. АН Туркменистана. 1995. № 4. С. 163–169.
3. Барабошкин Е.Ю., Гужиков А.Ю., Еремин В.Н. Био- и магнитостратиграфия альба в разрезе Акуша (Дагестан). Статья 2. Магнитостратиграфия // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1997. Т.72, вып.3. С.41–51.
4. Фомин В.А., Еремин В.Н. Магнитостратиграфическая корреляция сантон-кампанской R-магнитозоны в разрезах Северного Кавказа и Западного Копетдага // Сб. науч. тр. НИИ геологии СГУ. Нов. сер. Под ред. Ю.П. Конценебина и др. Саратов, 1999. Вып. 1. С. 79–84.
5. Фомин В.А., Молостовский Э.А. Магнитостратиграфия сеноманских отложений Западного Туркменистана // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2001. Т.76, вып. 4. С. 62–70.
6. Гужиков А.Ю., Бирбина А.В., Копаевич Л.Ф., Вишневская В.С., Орлова Т.Б., Ямпольская О.Б. Опорный разрез границы альбского и сеноманского ярусов Саратовского Заволжья // Недра Поволжья и Прикаспия. Саратов, 2002. Вып.31. С.21–29.
7. Гужиков А.Ю., Молостовский Э.А., Назаров Х., Фомин В.А., Барабошкин Е.Ю., Копаевич Л.Ф. Магнитостратиграфические данные по верхнему мелу Туаркыра (Туркменистан) и их значение для общей палеомагнитной шкалы // Физика Земли. 2003. №9. С. 31–44.
8. Гужиков А.Ю., Барабошкин Е.Ю. Оценка диахронности биостратиграфических границ путем магнитохронологической калибровки зональных шкал нижнего мела Тетического и Бореального поясов // ДАН. 2006. Т.409, № 3. С. 365–368.
9. Green K.E., Brecher A. Preliminary paleomagnetic results for sediments from Site 263, leg 27 // Initial Reports of the DSDP. 1974. Vol. 27. P. 405–413.
10. Jarrard R.D. Paleomagnetism of some leg 27 sediment cores // Ibid. P. 415–423.
11. Van Hinte J.E. A Cretaceous time scale // Bull. Am. Assoc. Pet. Geol. 1976. Vol. 60. P. 498–516.
12. Nairn A.E.M., Schmitt T.J., Smithwick M.E. A paleomagnetic study of the Upper Mesozoic succession in Northern Tunisia // Geophys. J. R. astr. Soc. 1981. Vol. 65. P.1–18.
13. Krumsiek K. Cretaceous Magnetic Stratigraphy of Southwest Morocco // Geology Northwest African Continental Margin. Berlin, 1982. P. 475–497.
14. Hambach U., Krumsiek K. Eine magnetostratigraphische Gliederung des oberen Alb und unteren Cenoman aus Kernbohrungen des Ruhrgebietes // Geol. Jb. 1989. A 113. P. 401–425.
15. Tarduno J.A., Lowrie W., Sliter W.V., Bralower T.J., Heller F. Reversed Polarity Characteristic Magnetizations in the Albian Contessa Section, Umbrian Appennines, Italy: Implications for the Existence of a Mid-Cretaceous Mixed Polarity Interval // J. of Geophysical Research. 1992. Vol. 97. P.241–271.
16. Montgomery P., Hailwood E.A., Gale A.S., Burnett J.A. The Magnetostratigraphy of Coniacian-Late Campanian chalk sequences in southern England // Earth and Planet. Sci. Lett. 1998. Vol. 156. P. 209–224.
17. Guzhikov A., Eremin V. Regional magnetic zonality scheme for the berriasian-lower Aptian from the North Caucasus // Geodiversitas. 1999. Vol. 21, №3. P. 387–406.
18. Guzhikov A.Yu., Baraboshkin E.Yu., Birbina A.V. New paleomagnetic data for the Hauterivian–Aptian deposits of the Middle Volga region: A possibility of global correlation and dating of time-shifting of stratigraphic boundaries // Russian J. of Earth Sciences. 2003. Vol. 5, №6. P. 1–30.
19. Природа магнитных аномалий и строение океанической коры / Под ред. А.М. Городницкого. М., 1996. 282 с.
20. Городницкий А.М. Природа магнитных аномалий и строение океанической коры в медленно-спрединговых хребтах // Изв. РАН. Секция наук о Земле. 1998. № 1. С. 152–176.
21. Гордин В.М. Свидетельства гетерогенности магнитоактивного слоя океанской литосфера // Тектоника, геодинамика и процессы магматизма и метаморфизма: В 2т.: Материалы совещания. М., 2001. Т. 1. С.151–154.
22. Larson R.L., Olson P. Mantle plumes control magnetic reversal frequency // Earth Planet. Sci. Lett. 1991. Vol. 107. P. 437–447.
23. Гришанов А.Н. Палеомагнитный разрез меловых отложений Саратовского Правобережья // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Стратиграфические и литологические исследования. Саратов, 1984. С. 56–62.

24. Барабошкин Е.Ю., Гужиков А.Ю., Лийервельд Х., Дундин И.А. К стратиграфии аптского яруса Ульяновского Поволжья // Сб. науч. тр. НИИ геологии СГУ. Нов. сер. Саратов, 1999. Вып. 1. С. 44–64.
25. Барабошкин Е.Ю., Гужиков А.Ю., Муттерлоуз Й., Ямпольская О.Б., Пименов М.В., Гаврилов С.С. Новые данные о стратиграфии баррем-аптских отложений Горного Крыма в связи с обнаружением аналога храна М0 в разрезе с. Верхоречье // Вестн. Моск. ун-та (Серия Геология). 2004. №1. С. 10–20.
26. Ямпольская О.Б., Барабошкин Е.Ю., Гужиков А.Ю., Пименов М.В., Никульшин А.С. Палеомагнитный разрез нижнего мела Юго-Западного Крыма // Там же. 2006. №1. С. 3–15.
27. Еремин В.Н. Магнитостратиграфия берриасских отложений Северо-Восточного Кавказа: Деп. в ВИНТИИ, N3725-B91, 1991. 10с.
28. Еремин В.Н., Гужиков А.Ю. Результаты магнитостратиграфических исследований готеривских отложений Кавказа. М., 1991. 11 с. Деп. ВИНТИИ. № 154–B91.
29. Еремин В.Н., Гужиков А.Ю. Магнитостратиграфия аптских отложений Северо-Восточного Предкавказья. М., 1991. 16 с. Деп. ВИНТИИ. № 155–B91.
30. Гужиков А.Ю., Еремин В.Н., Назаров Х., Барабошкин Е.Ю. Магнитостратиграфия баррем-нижнеаптских отложений разреза р. Сегиз-яб (Центральный Копетдаг, Туркменистан) // Вопросы стратиграфии и палеонтологии. Нов. сер. / Отв. ред. Д.А. Кухтинов. Саратов, 1998. Вып. 1. С. 73–80.
31. Барабошкин Е.Ю., Гужиков А.Ю., Ямпольская О.Б. Новые данные по стратиграфии пограничных отложений валанжина и готерива р. Ятрия (Приполярный Урал) // Палеонтология, биостратиграфия и палеогеография boreального мезозоя: Материалы науч. сессии. Новосибирск, 2006. С. 64–66.
32. Гужиков А.Ю. Палеомагнитная шкала и петромагнетизм юры-мела Русской плиты и сопредельных территорий (значение для общей шкалы и boreально-тетических корреляций): Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Новосибирск, 2004. 32 с.
33. Ямпольская О.Б. Палеомагнетизм и петромагнетизм нижнего мела Горного Крыма: стратиграфический и палеогеографический аспекты: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 2005. 24 с.
34. Фомин В.А. Магнитостратиграфия верхнемеловых отложений Восточного Кавказа, Западного Копетдага и Туаркыра: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Саратов, 2003. 22 с.
35. Дополнения к стратиграфическому кодексу России. СПб., 1992. 112 с.
36. Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A. A Geologic Time Scale 2004. Cambridge, 2004. 589 p.
37. Opdyke N.D., Channell J.E.T. Magnetic Stratigraphy. Academic press, 1996. 344 p.
38. Van der Voo R. Palaeomagnetism of the Atlantic, Tethys and Iapetus oceans. Cambridge, 1993. 412 p.
39. Стратиграфический кодекс России. 3-е изд. СПб., 1992. 96 с.
40. Galbrun B. Magnetostratigraphy of the Berriasian stratotype section (Berrias, France) // Earth Planet. Sci. Lett. 1985. Vol. 74. P. 130–136.
41. Besse I., Boisseau T., Arnaud-Vanneau A., Arnaud H., Mascler G., Thieloy J. Sedimentary modifications, faunal renewal and magnetic field polarity reversals in the valanginian of the hypostratotype of Angles // Bul. du centre de Recherche Exploration-Production Elf Aquitaine. 1986. Vol. 10, №2. P. 365–368.
42. Groecke D.R., Price G.D., Robinson S.A., Baraboshkin E.Y., Mutterlouse J., Ruffell A. The Upper Valanginian (Early Cretaceous) positive carbon-isotope event recorded in terrestrial plants // Earth and Planet. Sci. Letters. 2005. Vol. 240. P. 495–509.
43. Печерский Д.М. Палеомагнетизм и палеомагнитная корреляция мезозойских отложений Северо-Востока СССР // Палеомагнитная и биостратиграфическая характеристика некоторых опорных разрезов мезозоя и кайнозоя Севера Дальнего Востока // Тр. СВК НИИ. Магадан, 1970. Вып. 37. С. 58–99.
44. Ржевский Ю.С. Исследования естественной остаточной намагниченности осадков нижнего мела Таджикской депрессии с целью выявления перспектив ее использования для решения некоторых вопросов тектоники: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Л., 1968. 28 с.
45. Макарова С.Д., Цапенко М.Н. О ритмостратиграфической и палеомагнитной корреляции меловых формаций Северной и Восточной Ферганы // Докл. АН УзССР. 1971. № 8. С. 44–46.

46. Назаров Х., Мамедов М., Рамазанов С. и др. Палеомагнитно-стратиграфические исследования мезозойских отложений территории Туркменистана // Геологическое строение Туркменистана. Ашхабад, 1987. С. 161–179.
47. Guzhikov A.Yu., Baraboshkin E.Yu. Long-period variations of paleomagnetic declination in the Barremian beds from the North Caucasus and their importance for detailed correlations // Mineralia Slovaca. 1997. Vol. 29, №4–5. P. 317–319.
48. Бурлацкая С.П. Спектр вековых вариаций геомагнитного поля по геомагнитным данным // Физика Земли. 1991. № 8. С. 115–128.
49. Молостовский Э.А., Храмов А.Н. Палеомагнитная шкала фанерозоя и проблемы магнитостратиграфии // Стратиграфия: В 3 т. М., 1994. Т. 1. С. 16–23.
50. Ogg J.G. Magnetic Polarity Time Scale of the Phanerozoic // Global Earth physics. A Handbook of Physical Constants. AGU Reference Shelf 1. 1995. P.240–270.
51. Шрейдер А.А. Магнитная хронология дна океана // Физика Земли. 1998. № 8. С. 23–39.
52. Пергамент М.А., Печерский Д.М., Храмов А.Н. О палеомагнитной шкале мезозоя // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1971. № 10. С. 3–11.
53. Vanderberg J., Wonders A.A.H. Paleomagnetism of Late Mesozoic pelagic limestones from the Southern Alps // J. Geoph. Res. 1980. Vol. 85, №B7. P. 3623–3627.
54. Hancock J.M., Gale A.S. The Campanian Stage // Bul. Institut. Royal des Sci. Nat. Belgique, suppl. 1996. Vol. 66. P. 103–109.
55. Гужиков А.Ю., Фомин А.В. Новые представления о палеомагнитной структуре гиперзоны Джала (апт-кампан) // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент: Материалы семинара, Борок, 18–23 окт. 2001 г. М., 2001. С. 35–38.
56. Гужиков А.Ю., Фомин В.А., Бирбина А.В., Ямпольская О.Б. Шкала магнитной полярности мела Русской плиты и ее обрамлений: значение для Общей палеомагнитной шкалы и глобальных стратиграфических корреляций // Геология, геохимия и геофизика на рубеже XX и XXI веков: Материалы Всерос. науч. конф. к 10-летию РФФИ. Т. 3. Геофизика. М., 2002. С.80–81.
57. Молостовский Э.А., Фомин В.А. Основные особенности структуры шкалы магнитной полярности меловой системы // Меловая система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии: 2-е Всерос. совещание (С.Петербург, 12–15 апр. 2004 г.). СПб., 2004. С. 55.
58. Молостовский Э.А. Некоторые общие вопросы магнитостратиграфии меловой системы // Меловая система России и ближнего Зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: 3-е Всерос. совещание (Саратов, 26–30 сент. 2006 г.). Саратов, 2006. С. 100–101.
59. Leahy G.D., Lerbekno J.F. Macrofossil magnetobiostratigraphy for the upper Santonian – lower Campanian interval in the Western Interior of North America: comparisons with European stage boundaries and planctic foraminiferal zonal boundaries // Can. J. Earth Sci. 1995. Vol. 32. P. 247–260.
60. Channell J.E.T., Medizza F. Upper Cretaceous ahd Palaeogene magnetic stratigraphy and biostratigraphy from the Venetian (Southern) Alps // Earth Planet. Sci. Lett. 1981. Vol. 55. P. 419–432.
61. Vandenberg J. New Paleomagnetic data from the Iberian Peninsula // Geologie en Mijnbouw. 1980. Vol. 59. P. 49–60.
62. Erba E., Aguado R., Avram E. et al. The Aptian Stage // Bul. Institut. Royal des Sci. Nat. Belgique, suppl. 1996. Vol. 66. P. 31–43.
63. Гужиков А.Ю., Куражковский А.Ю., Куражковская Н.А. Определение палеонапряженности геомагнитного поля в барреме по северокавказским сероцветным осадкам // Физика Земли. 2002. №4. С. 78–82.
64. Куражковский А.Ю., Куражковская Н.А., Гужиков А.Ю. Фрагменты поведения палеонапряженности в раннем мелу // Там же. 2003. №4. С. 334–337.
65. Куражковский А.Ю., Куражковская Н.А., Клейн Б.И., Гужиков А.Ю. Режимы генерации геомагнитного поля в меловом периоде // ДАН. 2003. Т. 390, №6. С. 825–827.
66. Bralower T.J., Kelly D.C., Leckie R.M. Biotic effects of abrupt Paleocene and Cretaceous climate events // Special issue of JOIDES J. 2002. Vol. 28, №1. P. 29–34.
67. Baudin F. A Late Hauterivian short-lived anoxic event in the Mediterranean Tethys: the «Faraoni Event» // Mesozoic paleoceanography, Paris, 10–11 jul. 2003. Abstract volume. P., 2003. P.4.