

ДИСКУССИЯ

УДК 551.762.3:551.763.1:550.838.5(571.5)

**НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МАГНИТОСТРАТИГРАФИИ ПОГРАНИЧНОГО  
ЮРСКО-МЕЛОВОГО ИНТЕРВАЛА П-ОВА НОРДВИК (север Восточной Сибири)**

**В.Ю. Брагин, О.С. Дзюба, А.Ю. Казанский, Б.Н. Шурыгин**

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

В берриасе п-ова Нордвик (север Восточной Сибири) в пределах ранее установленной здесь магнитозоны прямой полярности (M18n) определена зона обратной полярности, получившая индекс M17r. К этой магнитозоне приурочена граница волжского и рязанского ярусов (граница аммонитовых зон *Chetaites chetae/C. sibiricus*). Соответственно установлено, что идентифицируемая прежде на п-ове Нордвик магнитозона M17r, заключающая границу аммонитовых зон *C. sibiricus/Hectoroceras kochi*, в действительности отвечает магнитозоне M16r. На основе анализа магнито- и биостратиграфических критериев корреляции доказывается, что бореальная зона *C. sibiricus* соответствует, по меньшей мере, большей части тетической зоны *Tirnovella occitanica*, а бореальная зона *H. kochi* — нижней части подзоны *Malbosiceras paramimounum* тетической зоны *Fauriella boissieri*.

*Граница юры и мела, магнитостратиграфия, аммониты, белемниты, бухии, бореально-тетическая корреляция, Северная Сибирь.*

**NEW DATA ON THE MAGNETOSTRATIGRAPHY OF THE JURASSIC–CRETACEOUS  
BOUNDARY INTERVAL, NORDVIK PENINSULA (northern East Siberia)**

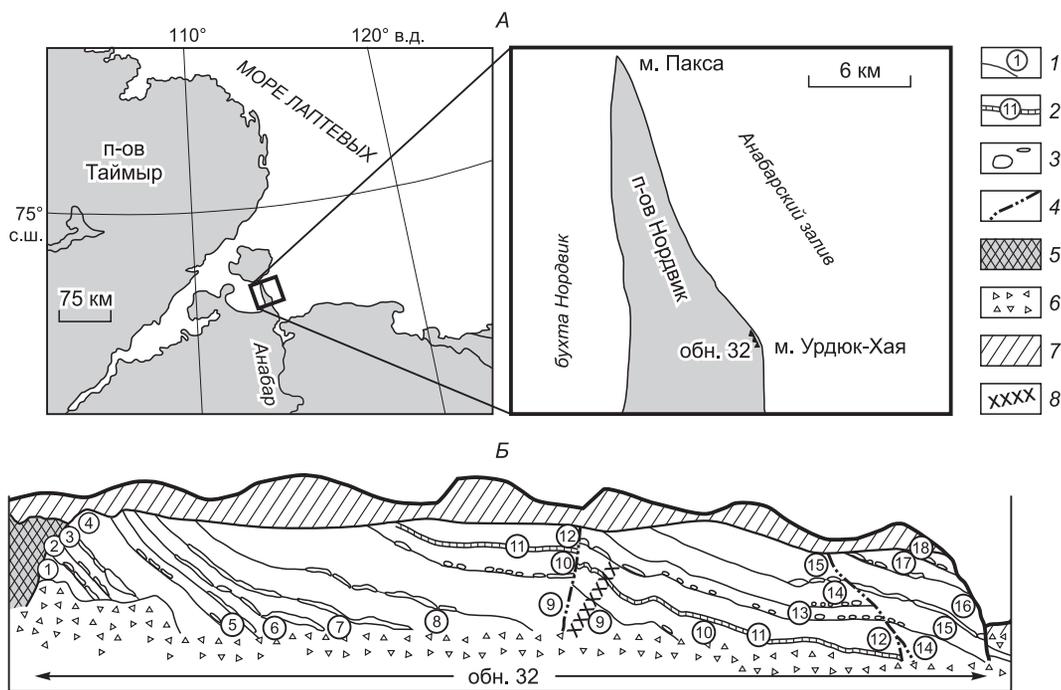
**V.Yu. Bragin, O.S. Dzyuba, A.Yu. Kazansky, and B.N. Shurygin**

The results of this study were used to identify a reversed polarity magnetozone, referred to as M17r, in Berriasian sections of the Nordvik Peninsula (northern East Siberia) within the normal polarity magnetozone (M18n) from previous studies. The new magnetozone embraces the Volgian–Ryazanian boundary (*Chetaites chetae/C. sibiricus* zonal boundary). It was also found that the former magnetozone M17r at Nordvik, which includes the *C. sibiricus/Hectoroceras kochi* zonal boundary, should correspond to magnetozone M16r. Using magnetostratigraphic and biostratigraphic criteria proves that the Boreal *C. sibiricus* Zone is correlated with at least the major part of the Tethyan *Tirnovella occitanica* Zone, and the Boreal *H. kochi* Zone is correlated with the lower part of the *Malbosiceras paramimounum* Subzone of the Tethyan *Fauriella boissieri* Zone.

*Jurassic–Cretaceous boundary, northern Siberia, magnetostratigraphy, ammonites, belemnites, buchias, Tethyan–Boreal correlation*

**ВВЕДЕНИЕ**

До недавнего времени прямая позонная корреляция бореальных и тетических разрезов пограничных юрско-меловых отложений была крайне проблематичной. Использование только биостратиграфического метода в решении этой давно уже обсуждаемой международным сообществом специалистов задачи не давало однозначного решения. Усилившаяся в конце юры и начале мела дифференциация бореальных и тетических биот в настоящее время обернулась отсутствием надежных палеонтологических маркеров прямой детальной корреляции [Захаров, 2011; Wimbledon et al., 2011]. Лишь появление результатов магнитостратиграфических исследований, проведенных на п-ове Нордвик (север Восточной Сибири), сделало возможным прямое сопоставление морских бореальных разрезов с морскими и континентальными тетическими. На п-ове Нордвик в пограничных юрско-меловых отложениях установлена непрерывная последовательность магнитозон в интервале M20n—M17r, включая субзоны M20n.1r (Кысуца) и M19n.1r (Бродно) [Хоша и др., 2007]. Бореально-тетическая корреляция показала, что граница между юрской и меловой системами, определяемая в тетических разрезах по подошве аммонитовой



**Рис. 1. Местонахождение (А) и схематическая полевая зарисовка (Б) выходов волжского и рязанского ярусов, обн. 32 (м. Урдюк-Хая, п-ов Нордвик, север Восточной Сибири).**

1 — границы и номера слоев; 2 — реперный конденсированный прослой фосфатизированного известняка (ПФИ, слой 11), залегающий в основании рязанского яруса; 3 — конкреции; 4 — разломы; 5 — зона дробления; 6 — осыпь; 7 — задерновано; 8 — интервал отбора проб на палеомагнитный анализ.

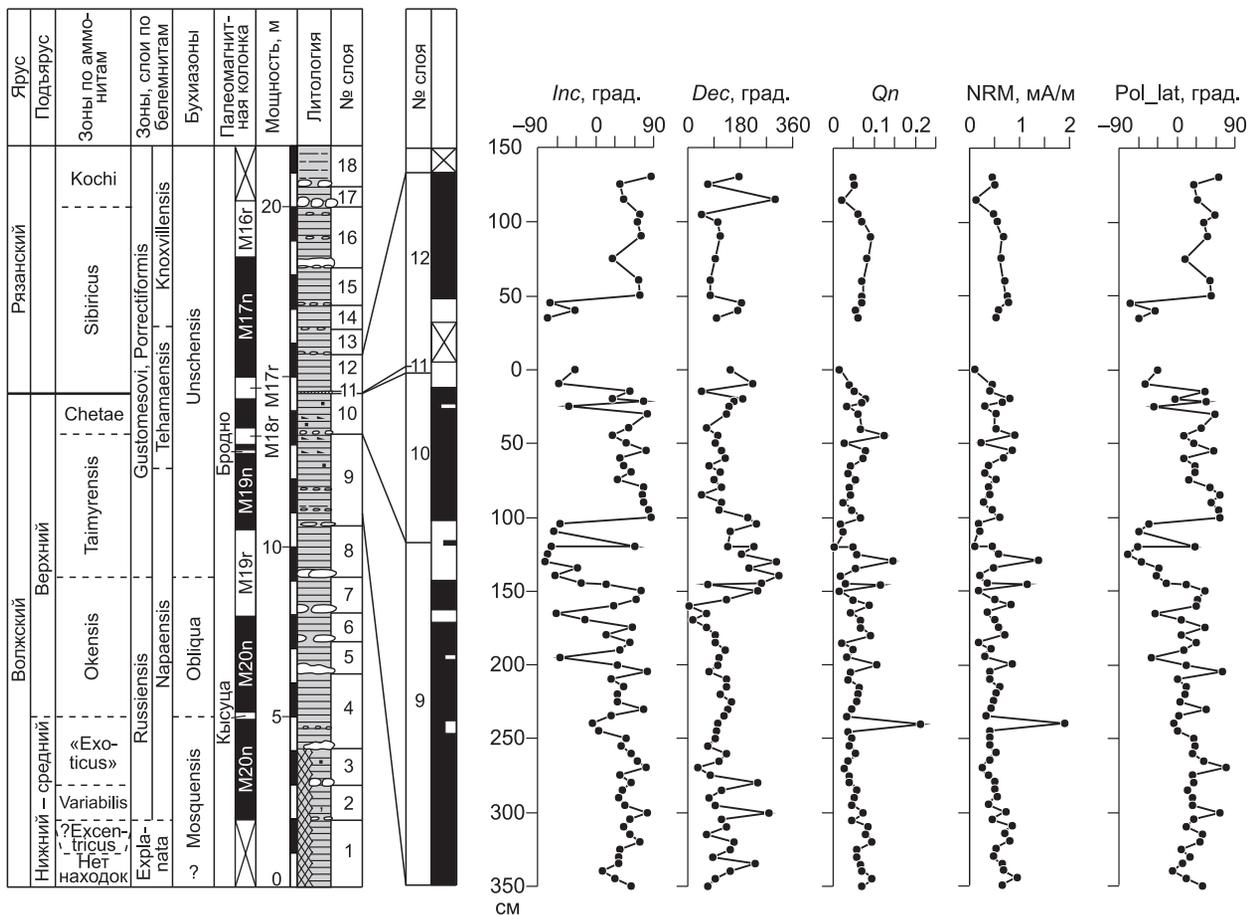
зоны *Berriasella jacobii* или кальционелловой зоны В, в отложениях бореального типа попадает в зону *Craspedites таймырский* верхневолжского подъяруса верхней юры. Летом 2007 г. на м. Урдюк-Хая п-ова Нордвик было проведено дополнительное палеомагнитное опробование 4.8-метрового интервала разреза, в который попадает как граница юры и мела, так и граница волжского и рязанского (= бореального берриасского) ярусов (рис. 1).

Повторное палеомагнитное опробование пограничных юрско-меловых отложений на п-ове Нордвик было направлено на решение следующих задач: 1) верификация полученных ранее палеомагнитных данных [Хоша и др., 2007] с целью повышения достоверности магнитостратиграфических построений; 2) получение дополнительных данных о природе естественной остаточной намагниченности изученных отложений, ответственной за сохранность палеомагнитного сигнала, на основе изучения состава и структуры минералов-носителей намагниченности; 3) увязка результатов стратиграфического расчленения этого разреза, полученных различными методами (палеонтологическим и палеомагнитным) для решения проблемы бореально-тетической корреляции приграничных толщ юры и мела.

### ОТБОР ОБРАЗЦОВ

Разрез верхнеюрских и нижнемеловых отложений на п-ове Нордвик относится к категории опорных. Недавно он был предложен для выбора GSSP берриаса на площадях распространения отложений бореального типа как альтернатива тетическому GSSP [Захаров, 2011]. Волжский и рязанский ярусы обнажаются на м. Урдюк-Хая, выдающемся в Анабарский залив моря Лаптевых. Они сложены преимущественно аргиллитоподобными глинами, содержащими многочисленные конкреции и конкреционные горизонты. В обнажении 32, по которому отбирались пробы для палеомагнитного анализа, мощность этой толщи около 22 м [Дзюба, 2012]. Здесь вскрывается стратиграфически и седиментационно непрерывный разрез, что хорошо фиксируется зональными последовательностями аммонитов, белемнитов, бухий, фораминифер и диноцист [Захаров и др., 1983; Захаров, Рогов, 2008; Nikitenko et al., 2008; Дзюба, 2012].

Основным репером при отборе образцов являлся прослой фосфатизированного известняка (ПФИ) толщиной 4—6 см, слой 11 в обнажении 32, подошва которого соответствует границе волжского и рязан-



**Рис. 2. Разрез пограничных между юрой и мелом слоев на м. Урдюк-Хая, п-ов Нордвик (обн. 32). Литологическая, биостратиграфическая, магнитостратиграфическая и петромагнитная характеристики.**

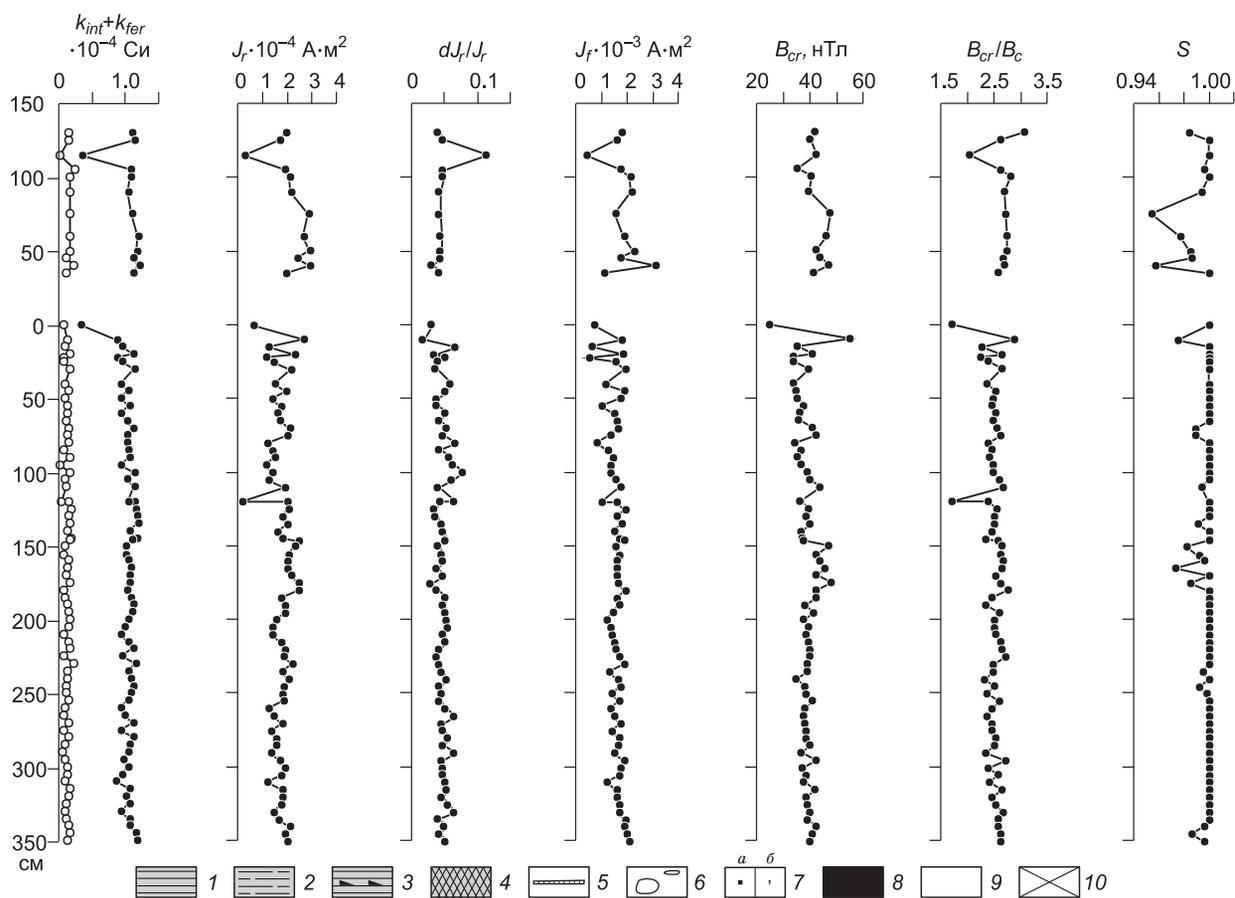
1 — глина; 2 — алевритистая глина; 3 — глина, обогащенная органическим веществом; 4 — зона дробления; 5 — реперный конденсированный ПФИ; 6 — карбонатные конкреции; 7 — пирит (а), глауконит (б); 8 — прямая полярность; 9 — обратная полярность (в половину толщины палеомагнитной колонки знак полярности обозначался в тех случаях, когда и выше, и ниже по разрезу находились образцы с полярностью противоположного знака); 10 — отсутствие данных. Палеомагнитные и петромагнитные

ского ярусов [Басов и др., 1970; Захаров и др., 1983; Хоша и др., 2007]. Этот прослой неоднократно упоминался в работах, касающихся проблемы границы юры и мела на севере Сибири, в качестве реперного и рассматривался как конденсированный прослой (за счет существенного замедления скорости осадконакопления) с повышенным содержанием иридия, других благородных металлов и редкоземельных элементов [Захаров и др., 1993; Mizera et al., 2010].

Отбор штуфов проводился с зачищенной от выветрелых пород поверхности обнажения. Ориентировка штуфов проводилась с помощью магнитного и солнечного компаса. Учитывая результаты предыдущих исследований [Chadima et al., 2006], при отборе мы постарались исключить сидеритизированные конкреции и конкреционные прослои, которые не сохранили первичную палеомагнитную информацию [Хоша и др., 2007]. Всего было отобрано 83 ориентированных штуфа в интервале мощностью 4.8 м с шагом 5 см, где это было возможно. При этом на рязанский интервал (выше ПФИ) приходится 12 штуфов на 1.3 м разреза, на волжский (ниже ПФИ) — 71 штуф на 3.5 м разреза (рис. 2). В лаборатории из каждого штуфа изготавливались два ориентированных образца-дубля, помещавшиеся в стандартные пластиковые контейнеры объемом 8 см<sup>3</sup>, а также неориентированные образцы для петромагнитных исследований.

#### ПЕТРОМАГНИТНЫЕ И МАГНИТОМИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Петромагнитные и магнитоминералогические исследования проведены с целью оценки пригодности образцов для палеомагнитных определений и получения дополнительной информации о веществе

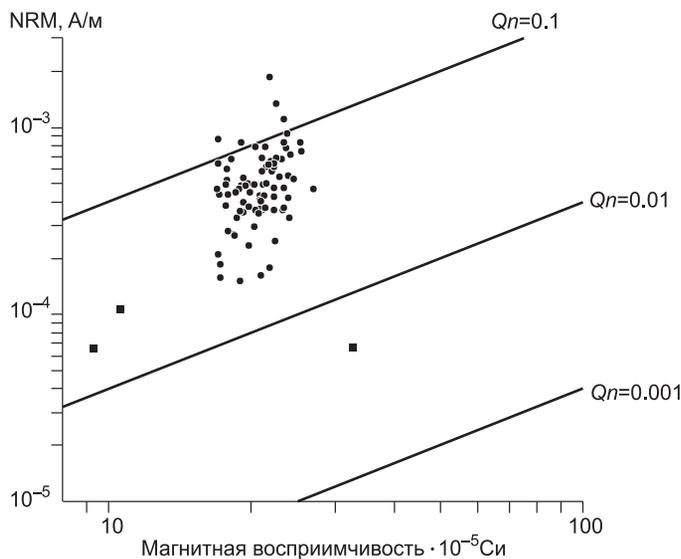


параметры: *Inc* — наклонение ChRM; *Dec* — склонение ChRM; NRM — величина естественной остаточной намагниченности; *Qn* — фактор Кенигсбергера; *Pol\_lat* — широта палеомагнитного полюса, рассчитанного по направлению ChRM;  $k_{int}$  — начальная магнитная восприимчивость;  $k_{fer}$  — магнитная восприимчивость, связанная с ферромагнитной фракцией;  $J_r$  — остаточная намагниченность насыщения;  $dJ_r/J_r$  — параметр магнитной вязкости (спад  $J_r$  через 50 мс после выключения поля);  $J_f$  — намагниченность насыщения (ферромагнитная часть);  $B_{cr}$  — остаточная коэрцитивная сила (ферромагнитная часть);  $S$  — параметр магнитной жесткости ( $S = -J_r(-300 \text{ мТл})/J_r(700 \text{ мТл})$ ). Серым цветом отмечены образцы из конкреций и ПФИ. Литологическая колонка и биостратоны приведены по [Захаров и др., 1983; Дзюба, 2012], палеомагнитная колонка — по [Хоша и др., 2007], с изменениями по новым данным.

венном составе отложений (точнее, об особенностях распределения в них ферромагнитной фракции). Исследования включали в себя изучение магнитной восприимчивости ( $k$ ), измерение величины естественной остаточной намагниченности (NRM), термомагнитный анализ (ТМА), измерение параметров магнитного гистерезиса. Измерения величины магнитной восприимчивости велись на приборе Bartington MS2, величины и направления остаточной намагниченности — на криогенном магнитометре 2G Enterprises, для определения температур Кюри использовался термоанализатор фракций ТАФ-2 («магнитные весы»). Изучение параметров магнитного гистерезиса производилось с помощью коэрцитивного спектрометра «J-meter» [Jasonov et al., 1998].

**Концентрационно-чувствительные петромагнитные параметры.** Исследуемые отложения характеризуются низкими значениями скалярных магнитных параметров:  $k$  ( $9\text{--}30 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ) и NRM ( $0.07\text{--}1.88$  мА/м). Следует сразу отметить, что вариации  $k$  и NRM петромагнитных параметров по разрезу в нашем случае существенно меньше (см. рис. 2, 3), чем это представлено в работе предшественников [Хоша и др., 2007]. Из 83 изученных нами образцов 72 имеют значения NRM от 0.4 до 0.8 мА/м, 8 образцов  $< 0.4$  мА/м (это образцы из конкреционных прослоев и конкреций), 3 образца от 1.0 до 1.9 мА/м. Образцы с NRM  $> 5$  мА/м («сильномагнитные», по [Хоша и др., 2007]) нами не обнаружены. Фактор  $Qn$  (отношение остаточной намагниченности к индуктивной) меняется в основном от 0.04 до 0.15, только 6 образцов имеют  $Qn < 0.03$  и только один  $> 0.2$  (см. рис. 2, 3).

Такое поведение скалярных магнитных параметров говорит о том, что в результате выбранной стратегии отбора образцов удалось получить коллекцию, достаточно однородную по магнитным свойствам, представленную породами, наиболее полно сохранившими первичную палеомагнитную информа-



**Рис. 3. Скалярные магнитные характеристики образцов горных пород разреза на м. Урдюк-Хая.**

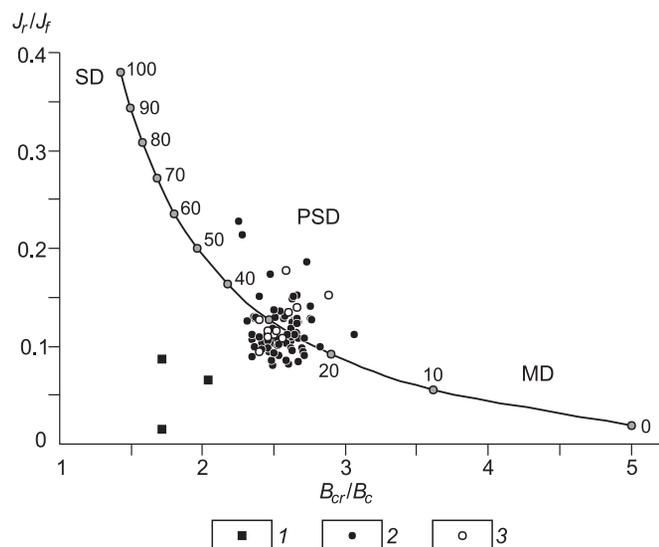
Квадратами обозначены образцы конкреций и конденсированного прослоя.

щей величины начальной магнитной восприимчивости  $k_{int}$  (см. рис. 2). Это хорошо согласуется с выводами [Chadima et al., 2006] о преобладающем (~ 80 %) вкладе парамагнетиков в общую восприимчивость. Исключения представляют только образцы, отобранные из ПФИ и конкреций, для которых, как правило, наблюдается аномальное понижение как концентрационно-чувствительных, так и структурно-чувствительных петромагнитных параметров (см. рис. 2). Необходимо все же отметить, что концентрация ферромагнетиков в отложениях выше и ниже ПФИ несколько различается. Средние значения параметра  $k_{fer}$  (исключая конкреции и ПФИ) в базальной части рязанского яруса в 1.2—1.3 раза выше, чем в верхах волжского яруса.

Об относительном постоянстве концентрации ферромагнетиков в изученном разрезе свидетельствуют не только поведение параметров  $k_{int}$  и  $k_{fer}$  и их соотношения, но также и сходный характер изменения величин намагниченностей насыщения  $J_r$  и  $J_p$ , в том числе и повышение средних значений этих параметров в образцах из рязанского яруса в 1.2—1.3 раза по сравнению с волжскими. Изменения этих параметров по разрезу невелики, но сидеритизированные слои и конкреции, так же как и по магнитной восприимчивости, характеризуются аномально низкими значениями (см. рис. 2).

**Структурно-чувствительные петромагнитные параметры.** Закономерности в поведении магнитных структурно-чувствительных параметров образцов из осадочной толщи и конкреционных объектов сохраняются такими же, как и для концентрационно-чувствительных параметров. Конкреционные объекты характеризуются пониженными значениями параметров  $B_c$ ,  $B_{cr}$  и размера магнитного зерна ( $B_{cr}/B_c$ ) и, в отдельных случаях, повышенной магнитной вязкостью ( $dJ_r/J_r$ ). Последнее подтверждает предположение о наличии в конкрециях супертонкодисперсного магнетита [Хоша и др., 2007]. Вся остальная осадочная толща по поведению этих параметров практически однородна (см. рис. 2).

Оценка доменного состояния ферромагнитных зерен производилась с помощью диаграммы Дея—Данлопа [Day et al., 1977; Dunlop, 2002]. На рис. 4 фигуративные точки образцов из осадочной толщи на диаграмме лежат достаточно кучно и попадают в область псевдооднодоменных (PSD) зерен. Наиболее вероятный размер таких зерен 2—3 мкм [Jackson et al., 1988]. Практически эти точки соответствуют теоретической кривой для смеси однодоменных (SD) и много-



**Рис. 4. Диаграмма Дея—Данлопа ( $B_{cr}/B_c—J_r/J_p$ ) для ориентированных образцов обн. 32.**

SD — область однодоменных частиц; PSD — псевдооднодоменных; MD — многодоменных. Линия — теоретическая кривая для смеси SD и MD зерен чистого титаномангнетита. Оцифровка кривой в % SD зерен. 1 — конкреции, 2, 3 — аргиллиподобная глина с прямой (2) и обратной (3) полярностью.

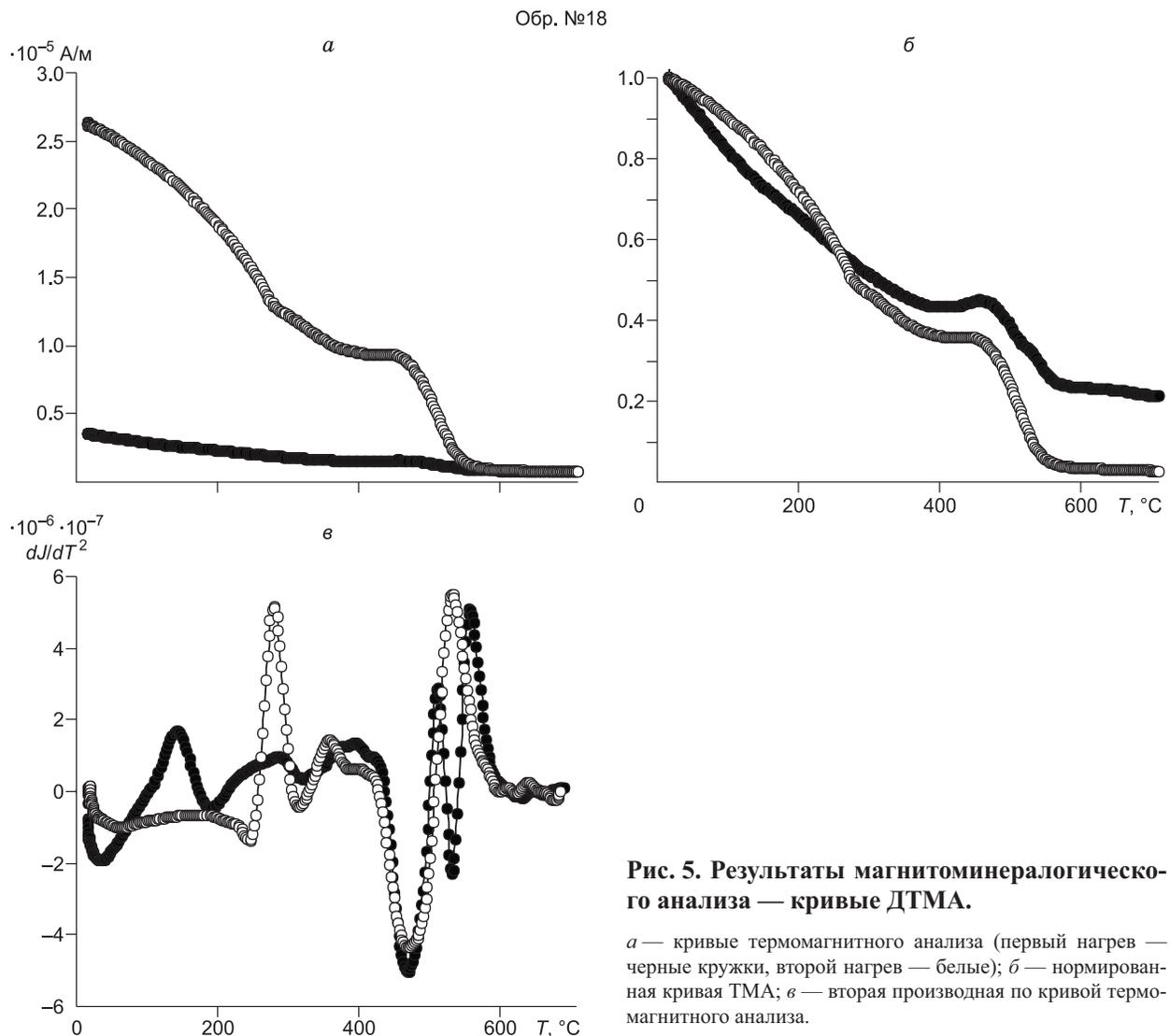
доменных (MD) зерен в интервале от 40 до 20 % однодоменной фракции, это означает, что состав магнитных зерен отвечает минералам магнетит-титаномагнетитового ряда.

Точки для образцов из конкреций располагаются в стороне от теоретической кривой, отношение  $J_r/J_f$  существенно занижено, что, вероятно, связано с очень малой концентрацией ферромагнетика и, следовательно, с большой ошибкой измерения параметров  $J_r$  и  $J_f$ .

Поведение параметра  $S$ , позволяющего сделать оценку соотношения магнитомягких (минералы магнетит-титаномагнетитового ряда и маггемит) и магнитожестких (гематит, гетит) ферромагнетиков, указывает на высокую концентрацию магнитомягких ферромагнетиков в образцах из верхов волжского яруса (см. рис. 2). Здесь лишь отдельные образцы имеют значения  $0.97 < S < 1$ , что указывает на небольшую примесь жесткого ферромагнетика.

Образцы из меловых отложений, залегающих непосредственно выше ПФИ, характеризуются пониженными до 0.95 значениями  $S$ , что свидетельствует о повышении концентрации ферромагнитных минералов. Это может быть связано с большей степенью поверхностного окисления ферромагнитных зерен, с формированием маггемит-мартитовых корочек. Выше по разрезу концентрация магнитожестких минералов снижается, значения  $S \sim 1$ . Вероятно, здесь магнитные зерна менее окислены.

**Состав магнитных минералов.** По результатам термомагнитного анализа, магнитные зерна, несущие характеристический компонент намагниченности, представлены тремя разностями: а) магнетитом с незначительным содержанием титана с температурами Кюри 535—545 °С, который, судя по наличию необратимого «термомагнитного эффекта» при 180—200 °С, ассоциирует с маггемитом [Буров, Ясонов, 1979]; б) титаномагнетитами с температурами Кюри 360—420 °С; в) титаномагнетитами с температурами Кюри 270—290 °С (рис. 5). Эта ассоциация магнитных минералов обнаруживает удивительное подобие термомагнитных кривых по всему разрезу, что свидетельствует о сложном, но постоянном



**Рис. 5. Результаты магнитоминералогического анализа — кривые ДТМА.**

*а* — кривые термомагнитного анализа (первый нагрев — черные кружки, второй нагрев — белые); *б* — нормированная кривая ТМА; *в* — вторая производная по кривой термомагнитного анализа.

источнике магнитных зерен в осадках. Бедные титаном магнетиты с температурами Кюри 500—550 °С и титаномагнетиты с температурами Кюри 400—420 °С известны из пермотриасовых траппов Сибирской платформы [Heunemann, 2003], поэтому продукты разрушения пород траппового комплекса могли служить одним из источников поступления магнитных минералов в позднеюрско-раннемеловой бассейн осадконакопления.

Отсутствие в осадках ферромагнитных сульфидов с близкими температурами Кюри диагностировалось по соотношениям параметров  $J/k_{fer}$  и  $B_c$  согласно [Peters, Thompson, 1998]. Все изученные образцы соответствуют магнетиту-титаномагнетиту.

Присутствие гематита магнитными методами не обнаружено. Вероятно, его концентрация в окисленных зернах мала.

Данные по составу магнитных минералов в изученных образцах, определенных по комплексу магнитных методов, хорошо согласуются с выводами, полученными ранее на основании изучения этого разреза, о присутствии в породах бедного титаном титаномагнетита и отсутствии магнитных сульфидов.

### ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Палеомагнитные исследования, проводившиеся с целью получения магнитополярной характеристики разреза, включали последовательные измерения величины и направления естественной остаточной намагниченности (NRM) образцов на криогенном магнитометре 2G-Enterprises в процессе пошагового размагничивания переменным магнитным полем до 120 мТл с шагом 10 мТл. Анализ результатов размагничивания проводился по стандартным алгоритмам [Zijderveld, 1967; Kirschvink, 1980; McFadden, McElhinny, 1990], реализованным в пакетах специализированных программ [Enkin, 1994].

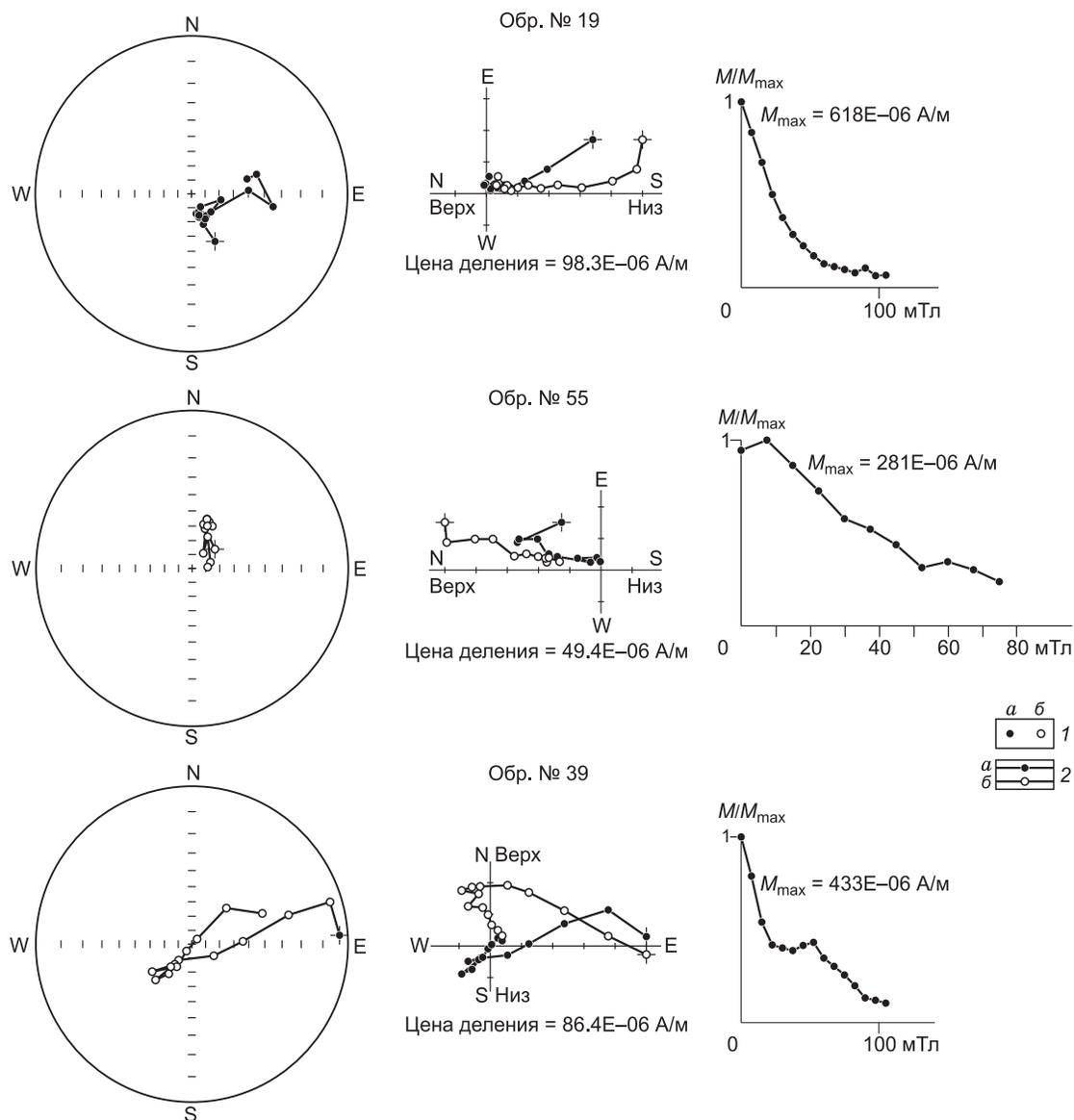
В большинстве случаев на ортогональных диаграммах уверенно выделяются две компоненты намагниченности: низкокоэрцитивная (НК) в диапазонах 5—15 мТл, и высококоэрцитивная (ВК) — после воздействия переменным полем более 20 мТл (рис. 6). Компонента НК в большинстве случаев близка к направлению перемангничивания пород современным полем, что свидетельствует об ее вязкой природе. Компонента ВК, как правило, является характеристической компонентой намагниченности (ChRM), которая использовалась для определений магнитной полярности. Около 90 % образцов демонстрируют более или менее согласованное изменение направлений ChRM по разрезу, 10 % образцов имеют аномальные направления ChRM, резко отличающиеся от направлений соседних образцов (см. рис. 2). Это в основном слабомагнитные образцы из конкреций и конкреционных прослоев или же, напротив, наиболее магнитные образцы.

Направления ChRM по результатам компонентного анализа, группирующиеся на стереограммах в нижней полусфере, считались соответствующими прямой (N), а в верхней полусфере — обратной (R) полярности древнего геомагнитного поля (рис. 7). Многие направления имеют заниженные наклонения, кроме того, области распределения компонент ChRM прямой и обратной полярности перекрываются. Это, скорее всего, объясняется целым набором причин — неполным выделением первичной компоненты намагниченности, частичным уничтожением первичной компоненты при распаде титаномагнетитов и маггемитизации магнетита, занижением наклонения ChRM в процессе уплотнения [Jackson, 1991] и деформации пород [Borradaile, 1993]. Уплотнение и деформация, судя по форме эллипсоида магнитной анизотропии и относительно высоким значениям степени анизотропии (5—15 %), для большинства по-

Палеомагнитные направления и положение палеомагнитных полюсов для пограничных отложений юры и мела разреза Нордвик (обн. 32)

Полярность	<i>n</i>	<i>Dec</i>	<i>Inc</i>	<i>k</i>	$\alpha_{95}$	Pol_lat	Pol_long	$\alpha_{95}$
		град.						
<b>Настоящая работа</b>								
N	65	104.1	59.3	6.3	7.7	34.5	177.4	10.0
R	18	168.9	-72.5	3.8	20.6	-73.3	134.1	34.4
N + R	83	96.1	62.7	3.8	8.3	40.3	182.7	11.5
<b>Хоша и др. [2007]</b>								
N	174	44.9	80.8	31.7	2.1	77	170.9	4.0
R	35	281.1	-75.6	6.7	10.1	-56.1	346.6	17.8
N + R	209	48.3	81.7	16.3	2.5	76.9	179.3	4.7

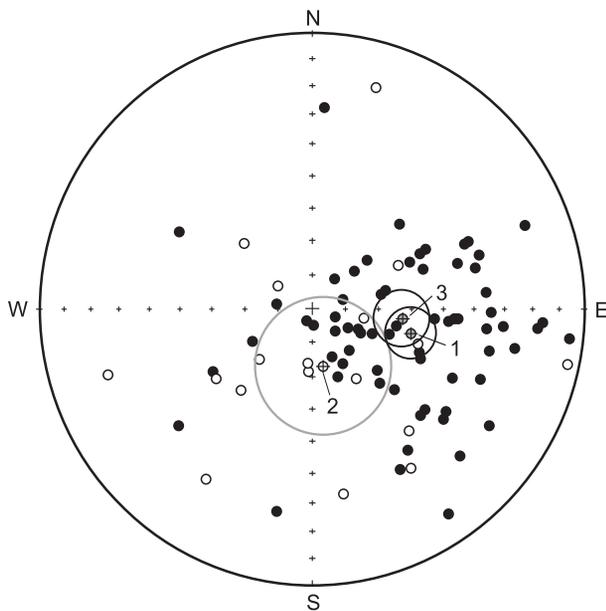
Примечание. Система координат стратиграфическая, *n* — число образцов, *Dec* и *Inc* — палеомагнитное склонение и наклонение, *k* — палеомагнитная кучность,  $\alpha_{95}$  — радиус 95%-го овала доверия, Pol\_lat и Pol\_long — широта и долгота палеомагнитного полюса соответственно. При расчете среднего направления R-векторы предварительно развернуты на 180°.



**Рис. 6. Результаты компонентного анализа.**

Слева направо: стереограммы изменения направления вектора остаточной намагниченности в процессе размагничивания переменным магнитным полем, диаграммы Зийдверельда (стратиграфическая система координат), графики изменения величины намагниченности. 1 — полусферы: а — нижняя, б — верхняя; 2 — плоскости: а — горизонтальная, б — вертикальная.

род разреза [Chadima et al., 2006], вероятно, и обуславливают существенное занижение наклона ChRM. Кроме того, разброс направлений ChRM может быть отчасти связан и с малой величиной намагниченности, которая при высоких значениях размагничивающего поля приближается к порогу чувствительности измерительной аппаратуры. Средние значения направлений высококоэрцитивной компоненты ChRM и соответствующие координаты палеомагнитных полюсов приведены в таблице. Следует отметить, что статистические параметры полученных нами распределений ChRM как для прямой и обратной полярностей, так и для совокупной выборки, существенно ниже, чем приведенные в работе [Хоша и др., 2007]. Кроме того, заниженные широты имеют и палеомагнитные полюсы (см. таблицу). По-видимому, такое расхождение связано с различным подходом к селекции данных. В таблице и на рис. 7 мы привели все полученные направления (83 направления ChRM для 83 штучков), тогда как авторами [Хоша и др., 2007] представлена статистика только по 209 направлениям ChRM из 317 образцов, использованных для магнитостратиграфических построений. В результирующую статистику не вошли 108 образцов (~ 30 % от общего числа), вероятно, это образцы с заниженным наклоном (ср. рис. 8 и 9 в [Хоша и др., 2007]).



**Рис. 7. Стереограмма распределения направлений ChRM по результатам чистки переменным магнитным полем.**

Цифрами показаны средние направления с доверительными интервалами для: 1 — группы направлений прямой полярности; 2 — группы направлений обратной полярности; 3 — для всей совокупности векторов. При расчете среднего направления векторы с обратной полярностью предварительно развернуты на 180°. Усл. обозн. см. на рис. 4.

Разная степень «недочищенности» компоненты ChRM приводит к очень большому разбросу направлений обратной намагниченности и меньше сказывается на палеомагнитной статистике прямонамагнитных образцов, ввиду того, что направления современного и древнего геомагнитного поля N-полярности близки. Это, в свою очередь, обуславливает отрицательный результат теста обращения

ния [McFadden, McElhinny, 1990] — разница между средними направлениями N и R полярности составляет 43.9°, что превышает критическое значение 23.8°.

Тем не менее даже при отрицательном результате теста обращения из 10 критериев палеомагнитной надежности, принятым в магнитостратиграфии [Opdyke, Channell, 1996], полученный набор данных удовлетворяет шести критериям. Этого достаточно, чтобы магнитостратиграфические построения считались достоверными, по крайней мере, с точностью до знака полярности. Немаловажным аргументом в пользу сохранности первичной намагниченности в изученных отложениях являются петромагнитные данные.

#### **Петромагнитные доказательства первичной природы ChRM.**

1. За исключением конкреционных прослоев и конкреций, концентрация ферромагнитных и парамагнитных зерен по разрезу существенно не изменяется, что говорит о достаточно стабильных условиях седиментации, постоянстве источника сноса во время формирования данных отложений и отсутствии локальных геохимических изменений, способных привести к вторичному перемагничиванию пород.

2. Значения  $Q_n$  для всех изученных образцов  $< 1$ , что свидетельствует о преимущественно ориентационной природе намагниченности. Высокие значения  $Q_n$ , которые зафиксированы, например, для верхнемеловых отложений Западной Сибири (верхняя часть покурской свиты —  $Q_n$  свыше 1.5), иногда трактуются как эффект ориентационно-химической намагниченности [Гнибиденко и др., 2012].

3. Изменения всех петромагнитных параметров по разрезу не коррелируют с изменением знака полярности, что свидетельствует о независимости направления ChRM от концентрации, состава и структуры магнитных зерен.

4. Магнитные зерна — носители ChRM во всех изученных отложениях имеют одинаковый магнетит-титаномагнетитовый состав и практически одинаковый размер, соответствующий PSD-состоянию. Именно магнетитовые и титаномагнетитовые зерна PSD-размерности являются основным носителем первичной намагниченности в морских отложениях [Opdyke, Channel, 1996].

Приведенные выше аргументы являются достаточно веским доказательством в пользу первичной природы выделенной компоненты ChRM и, соответственно, достоверности палеомагнитного разреза, построенного по этой компоненте.

### **ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ И БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ БОРЕАЛЬНО-ТЕТИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ**

**Палеомагнитный разрез.** Построенный по полярности ChRM палеомагнитный разрез состоит из чередования семи интервалов: четырех прямой и трех обратной полярности (см. рис. 2) без учета микроинтервалов, определяемых по одному образцу. Надежность определения микроинтервалов невелика, и они не учитываются при дальнейшей интерпретации.

Построенный палеомагнитный разрез по характеру магнитной зональности в интервале 50—350 см ниже ПФИ совпадает с таковым, приведенным в работе [Хоша и др., 2007]. Принципиальное отличие от предыдущих построений заключается в присутствии в нашей версии разреза дополнитель-

**Рис. 8. Сопоставление магнитостратиграфических данных по пограничным отложениям юры и мела разреза Нордвик.**

*a* — данные по [Хоша и др., 2007], *б* — интерпретация по результатам настоящей работы с учетом [Хоша и др., 2007]. Серая штриховая линия — приблизительное положение границы юры и мела, определяемой внутри магнитозоны M19n (подошва зоны *Berriasella jacobii* тетического стандарта). Остальные усл. обозн. см. на рис. 2.

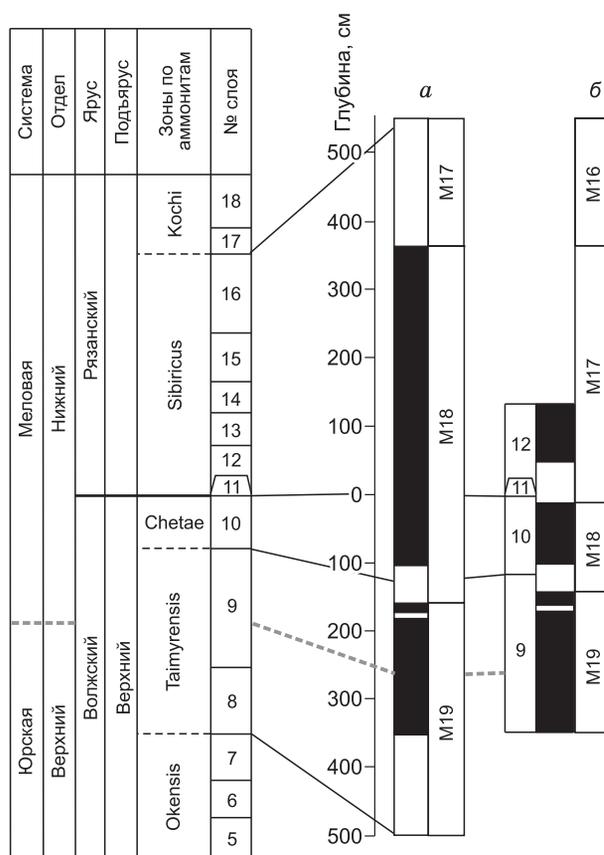
ной магнитозоны обратной полярности, включающей ПФИ (рис. 8). Нижняя граница этой магнитозоны расположена в 10 см ниже этого прослоя, верхняя — в 45 см выше (слои 10—12). Отложения в интервале 45—130 см выше ПФИ характеризуются только прямой полярностью, что соответствует ранее полученным результатам [Хоша и др., 2007].

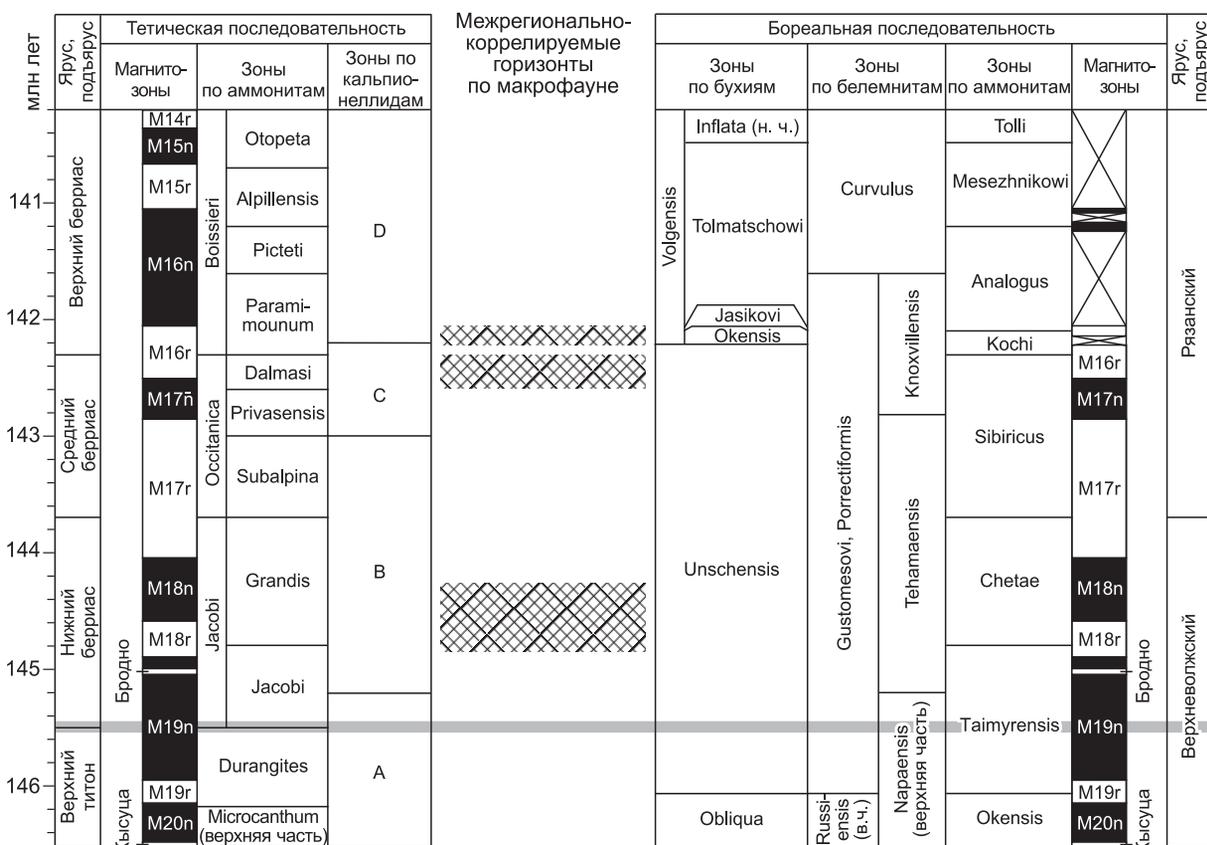
Отсутствие магнитозоны обратной полярности в слоях 10—12 в разрезе, предложенном в работе [Хоша и др., 2007], может объясняться трудностями отбора проб в интервале выше и ниже ПФИ, связанными со сложностью зачистки алевритоглинистых пород разреза в условиях вечной мерзлоты. Недостаточно хорошая сохранность первичной структуры пород могла создать сложности как при отборе проб, так и при выделении первичной компоненты намагниченности.

Интерпретация магнитостратиграфического разреза в нашей версии предполагает, что в нижней части изученного интервала (слои 9, 10) выделяются магнитозоны, соответствующие хронам M19n, M19n.1r (Бродно), M18r и M18n, что не отличается от интерпретации, предложенной в работе [Хоша и др., 2007]. В верхней части интервала (верхняя часть слоя 10, слои 11 и 12) идентифицируются магнитозоны, отвечающие хронам M17r и M17n. При такой интерпретации магнитозона обратной полярности, идентифицируемая [Хоша и др., 2007] как M17r, будет в действительности отвечать M16r.

Полученный результат имеет важное следствие для бореально-тетической корреляции пограничных юрско-меловых отложений (рис. 9). В соответствии с имеющимися представлениями [Gradstein et al., 2004; Ogg, Ogg, 2008], подошва аммонитовой зоны *Tirnovella occitanica* тетического стандарта соответствует нижней части магнитозоны M17r. В результате повторного палеомагнитного опробования нордвикского разреза установлено, что к магнитозоне M17r приурочена подошва бореальной аммонитовой зоны *Chetaites sibiricus*, а не *Nectoroceras kochi*, как считалось ранее [Хоша и др., 2007]. Положение границы зон *C. sibiricus*/*N. kochi*, также приуроченной к палеомагнитной зоне обратной полярности [Хоша и др., 2007], индексированной нами как M16r, по-видимому, ближе всего к границе стандартных зон *Tirnovella occitanica*/*Fauriella boissieri*. Такая версия предполагает устранение противоречий по интерпретации магнитостратиграфических данных по разрезу Нордвик, основанных на отсутствии в зоне *C. sibiricus* аналогов магнитозоны M17n, в связи с чем А.Ю. Гужиковым и Е.Ю. Барабошкиным [2008] сделано предположение о конденсированности разреза или наличии в нем перерыва. Это вынужденное допущение определялось противоречием магнито- и биостратиграфических данных. Если предположить, что магнитозона M17n соответствует вышележащей зоне *N. kochi*, подошва аммонитовой зоны при бореально-тетической корреляции оказывается древнее основания подзоны *Dalmasiceras dalmasi* зоны *Tirnovella occitanica*, что противоречит одному из рассмотренных ниже биостратиграфических критериев.

Однако некоторая конденсированность разреза в приграничном волжско-рязанском интервале все же имеет место. Как показали исследования [Grabowski, 2011], скорости осадконакопления, подсчитанные для магнитных хронов M20n, M19r и M18n п-ова Нордвик, колеблются в пределах 8—12 м/млн лет. Заметное снижение темпов седиментации, схожее со скоростями формирования фаций *ammonitico rosso* (до 1.5—2.0 м/млн лет), наблюдается для хронов M19n и M18r. В связи с передатировкой магнитозон в верхней части палеомагнитного разреза можно констатировать, что для хрона M18n наблюдается сохранение низких скоростей осадконакопления (около 1.7 м/млн лет), минимальные скорости установлены





**Рис. 9. Бореально-тетическая корреляция пограничных юрско-меловых отложений по данным магнито- и биостратиграфии.**

Бореальные (северосибирские) последовательности приведены по [Хоша и др., 2007, с изменением; Гужиков, Барабошкин, 2008] — магнитостратиграфия, [Захаров и др., 1997; Шурыгин и др., 2011; Дзюба, 2012] — биостратиграфия; стандартные тетические, по [Gradstein et al., 2004], с изменениями, по [Pruner et al., 2010; Гужиков и др., 2012]. Берриас принят в составе трех подъярусов, по [Hoedemaeker et al., 2003]. Усл. обозн. см. на рис. 2.

для хрона M17r (0.5 м/млн лет), охватывающего рубеж волжского и рязанского веков (и, соответственно, время формирования ПФИ), а в хроне M17n отмечается возвращение к прежним темпам седиментации (12 м/млн лет). Такой ход развития событий согласуется с динамикой осадконакопления, установленной прежде для нордвикского разреза на основе анализа мощностей пограничных между волжским и рязанским ярусами аммонитовых зон [Захаров и др., 1993]. Эти исследования показали, что темпы осадконакопления стремительно падали от начала поздневожжского времени к его концу, затем возрастали с начала рязанского века. Считалось, что на рубеже волжского и рязанского веков скорость осадконакопления резко замедлилась, с чем было связано формирование сильноконденсированного ПФИ с аномальным содержанием благородных металлов.

**Биостратиграфические критерии.** Несмотря на долгий поиск надежных биостратиграфических критериев бореально-тетической корреляции пограничных юрско-меловых отложений, по макрофауне в литературе описано единичное количество относительно узких биостратиграфических интервалов, в пределах которых намечено опосредованное (непрямое) сопоставление морских бореальных отложений с тетической стандартной последовательностью. Поскольку наличие таких интервалов предполагает возможность проверки надежности полученной магнитостратиграфической основы, далее мы рассмотрим основные из них.

Все эти интервалы установлены на разрезах со смешанным типом фауны, представленной бореальными и тетическими таксонами. Три из них описаны Ф.Дж. Ходемакером как межпровинциально (более удачное название, по нашему мнению, — межрегионально) коррелируемые горизонты (далее — МКГ) [Hoedemaeker, 1987; Ходемакер, 1990]: 1) верхняя часть подзоны *Vuchia elderensis* бухиазоны *V. piochii* s.l. в Калифорнии, содержащая аммониты рода *Kossmatia*; 2) горизонт совместного распространения аммонитов из родов *Proniceras* и *Spiticeras* (между первым появлением *Spiticeras* и исчезно-

вением *Proniceras*), приходящийся на верхнюю часть подзоны *V. fischeriana* бухиазоны *V. piochii* s.l. и нижнюю часть бухиазоны *V. aff. okensis* в Калифорнии; 3) верхняя часть бухиазоны *V. okensis* с аммонитами *Argentiniceras* группы *noduliferum/bituberculatum* и нижняя часть перекрывающей ее бухиазоны *V. uncitoides* с *Neocosmoceras* в Британской Колумбии и Калифорнии.

Первый МКГ Ф.Дж. Ходемакер сопоставляет с зоной *Durangites* тетического стандарта или, по меньшей мере, с ее нижней частью на основании того, что в Мексике *Kossmatia* ниже слоев с *Durangites* не установлены, пик развития *Kossmatia* совпадает с расцветом *Durangites*, а в средиземноморских разрезах разнообразные *Durangites* встречаются с теми же видами, что и в Мексике. С учетом данных, позволяющих допустить возможность более раннего появления *Kossmatia* в Мексике по сравнению с *Durangites* [Pessagno et al., 2009], корреляция рассматриваемого МКГ становится довольно неоднозначной. Калифорнийская подзона *Buchia elderensis* обычно сопоставляется либо с бухиазонами *V. russiensis*—*V. taimyrensis* Сибири (в аммонитовой зональной последовательности охватывают интервал от подошвы зоны *Pavlovia iatriensis* до кровли *Epirvirgatites variabilis*) [Захаров, 1981; Zeiss, 1986; Rogov, Zakharov, 2009], либо только с бухиазоной *V. taimyrensis* (аммонитовые зоны *Taimyrosphinctes excentricus*—*E. variabilis*) [Jeletzky, 1984; Hoedemaeker, 1987; Сей, Калачева, 1993]. В обоих случаях верхи калифорнийской подзоны *V. elderensis*, содержащие *Kossmatia* (инт. 4000—5000 футов выше подошвы) [Imlay, Jones, 1970], оказываются на одном стратиграфическом уровне с бореальной зоной *Epirvirgatites variabilis*. Это не противоречит палеомагнитным данным [Хоша и др., 2007] только в том случае, если принять, что первые *Kossmatia* могут быть древнее первых *Durangites*, и соответственно верхняя часть подзоны *V. elderensis* в Калифорнии древнее стандартной зоны *Durangites*. Судя по особенностям распространения белемнитов в калифорнийских разрезах, слои, содержащие *Kossmatia* и *Durangites*(?), расположены здесь между белемнитовыми слоями с *Lagonibelus californicus*, *L. tomsensis*, коррелируемыми с основанием сибирской зоны *L. paraensis* (основание аммонитовой зоны *Epirvirgatites variabilis*) и слоями с *Arctoteuthis tehamaensis*, соответствующими одноименной зоне сибирской шкалы (подошва этой зоны находится внутри аммонитовой зоны *Craspedites taimyrensis*) [Dzyuba, 2010; Дзюба, 2012]. Следовательно, данные по белемнитам допускают возможность сопоставления верхней части подзоны *Buchia elderensis* бухиазоны *V. piochii* s.l. калифорнийского разреза с интервалом от верхов зоны *E. variabilis* до нижней части зоны *C. taimyrensis* сибирской аммонитовой шкалы, что не противоречит ни данным по бухиям, ни магнитостратиграфическим (см. рис. 9). Таким образом, следует признать довольно большую неопределенность рассматриваемого МКГ.

Второй МКГ, намеченный Ф.Дж. Ходемакером, сопоставим, по крайней мере, с частью зоны *Berriassella jacobii* тетического стандарта, поскольку заключен между первым появлением *Spiticeras* и исчезновением *Proniceras*. При корреляции с сибирской бухиевой шкалой охарактеризованные этими аммонитами приграничные слои бухиазон *Buchia piochii*/*V. aff. okensis* калифорнийского разреза [Imlay, Jones, 1970] сопоставлялись с приграничными слоями бухиазон *V. unshensis*/*V. okensis* [Захаров, 1981], приграничными слоями бухиазон *V. obliqua*/*V. unshensis* [Jeletzky, 1984; Hoedemaeker, 1987], внутренней частью бухиазоны *V. unshensis* [Сей, Калачева, 1993; Захаров, 2004]. Данные по белемнитам подтверждают последний вариант корреляции [Dzyuba, 2010; Дзюба, 2012]. В верхах подзоны *V. fischeriana* (верхи бухиазоны *V. piochii* s.l.) в Калифорнии распространен вид *Cylindroteuthis newvillensis* And., находки которого на п-ове Нордвик приурочены к кровле аммонитовой зоны *Craspedites taimyrensis*, а также к зоне *Chetaites chetae* [Дзюба, 2012]. В основании бухиазоны *V. aff. okensis* Калифорнии комплекс белемнитов не ясен. Известно только, что где-то в пределах этой бухиазоны встречаются разнообразные белемниты [Anderson, 1945; Imlay, Jones, 1970], в том числе зональный вид *Cylindroteuthis knoxvillensis* And., который в Сибири (включая п-ов Нордвик) сменяет вид *C. newvillensis*, появляясь чуть выше основания аммонитовой зоны *Chetaites sibiricus* [Дзюба, 2012]. Таким образом, можно утверждать с уверенностью лишь то, что верхняя часть подзоны *V. fischeriana* Калифорнии, коррелируемая с частью тетической аммонитовой зоны *Berriassella jacobii*, сопоставима с кровлей бореальной зоны *Craspedites taimyrensis* и, как минимум, с нижней частью зоны *Chetaites chetae*. Палеомагнитные исследования, проведенные на п-ове Нордвик, не противоречат такому выводу (см. рис. 9).

Третий МКГ Ф.Дж. Ходемакером скоррелирован с подзоной *Malbosiceras paramimounum*, залегающей в основании зоны *Fauriella boissieri* тетического стандарта. Для такого вывода названы две причины: 1) приуроченность аммонитов *Argentiniceras* группы *noduliferum/bituberculatum* в Аргентине к зоне *Argentiniceras noduliferum*, из которой также происходят представители родов *Groebericeras* и *Pomeliceras*, совместно встречающиеся только в подзоне *M. paramimounum*; 2) завершение распространения аммонитов рода *Neocosmoceras* в подзоне *M. paramimounum*. Из всего этого следовало, что подзоне *M. paramimounum* в Британской Колумбии и Калифорнии соответствуют верхняя часть зоны *Buchia okensis* и нижняя часть зоны *V. uncitoides* (аналог сибирской бухиазоны *V. jasikovi*), т.е. интервал, отвечающий верхней части зоны *Hectoroceras kochi*—основанию зоны *Surites analogus* бореальной аммонитовой шкалы. Однако в настоящее время зона *Argentiniceras noduliferum* Аргентины сопоставляется с

зоной *Tirnovella occitanica* стандарта [Vennari et al., 2012]. По мнению М.А. Рогова (устное сообщение), аммониты из Британской Колумбии [Jeletsky, 1984] нельзя относить к роду *Argentincer* и сближать с видами *A. noduliferum* и *A. bituberculatum*. Что касается представителей рода *Neocosmoceras*, то в Болгарии, Польше и Франции их находки установлены также в более высоких горизонтах берриаса, включая подзону *Berriasella callisto* [Аркадьев, Богданова, 2009].

Тем не менее МКГ в интервале подзоны *Malbosiceras paramimounum* выделить все-таки возможно, что находит подтверждение данными по Северному Кавказу, Дальнему Востоку и Русской платформе. В этой связи интерес представляют находки бухий *Buchia* cf. *fischeriana* (Orb.), *B. volgensis* (Lah.), *B. okensis* (Pavl.), *B. uncitoides* (Pavl.) в аммонитовой зоне *Fauriella boissieri* на р. Урух Северного Кавказа, на основе которых И.И. Сей выделены слои с *Buchia okensis*—*B. uncitoides* [Колпенская и др., 2000]. Перечисленные бухии обнаружены в интервале от подзоны *Riasanites rjasanensis*—*Spiticeras cautleyi* до нижней части слоев с *Jabronella* cf. *paquieri*—*Berriasella callisto*, который, по последним данным, отвечает стандартным подзонам *M. paramimounum* и *Berriasella picteti* [Аркадьев и др., 2008]. Однако целиком этот комплекс бухий распространен в подзонах *R. rjasanensis*—*S. cautleyi* и *Euthymiceras euthymi* Северного Кавказа, сопоставляемых соответственно с нижней и верхней половинами подзоны *M. paramimounum*. Недостатком разреза на р. Урух является то, что выше и ниже упомянутого интервала бухии не найдены.

Следующее свидетельство правомерности выделения рассматриваемого МКГ — это находки тетического аммонита *Spiticeras (Spiticeras) multiforme* Djanelidze совместно с бореальными *Buchia okensis* и *B. volgensis* в бассейне р. Ануй Дальнего Востока [Сей, Калачева, 1999]. На Северном Кавказе *S. (S.)* cf. *multiforme* характерен для подзоны *Riasanites rjasanensis*—*Spiticeras cautleyi* [Колпенская и др., 2000]. Тейльзона вида *B. okensis* в Сибири охватывает бухиазоны *B. okensis* и *B. jasikovi* [Zakharov, 1987]. Определенный вес имеют также находки типично тетического аммонита *Transcaspiites transfigurabilis* (Vogosl.) в пределах верхней части аммонитовой зоны *Riasanites rjasanensis* рязанского яруса Центральной России [Месежников и др., 1979; Митта, 2007], где он обнаружен совместно с *Buchia volgensis*, последними представителями *B. uncitoides* и *B. fischeriana*. Этот вид аммонита характерен для подзоны *Euthymiceras euthymi* на Северном Кавказе [Колпенская и др., 2000]. Комплекс бухий, сопровождающий находки аммонита, больше всего соответствует бухиазоне *B. uncitoides* (сопоставляемой с сибирской бухиазоной *B. jasikovi*).

В соответствии с имеющимися палеомагнитными данными по разрезу на р. Боярка (север Восточной Сибири), в приграничных слоях аммонитовых зон *Hectoroceras kochi*/*Surites analogus* (= приграничные слои бухиазон *Buchia okensis*/*B. jasikovi*) зафиксирован интервал доминирующей обратной полярности [Гужиков, Барабошкин, 2008]. Этот интервал может быть отождествлен как с магнитозоной M16r, так и с магнитозоной M15r. Последний из рассмотренных МКГ свидетельствует о большей правомерности первого предположения (см. рис. 9).

В результате интенсивного исследования пограничного юрско-мелового интервала за последние несколько лет установлены новые факты, позволяющие наметить еще один МКГ. К нему следует отнести базальную часть аммонитовой зоны *R. rjasanensis* (фаунистический горизонт *R. swistowianus*), к которой приурочены находки *Dalmasiceras crassicoatum* Djan., в Центральной России. В карьере № 12-2 Лопатинского рудника для фаунистического горизонта *R. swistowianus*, по данным В.В. Митта [2007, 2009, 2011а,б], характерны многочисленные аммониты тетического происхождения — роды *Riasanites*, *Riasanella*, *Subalpinites*, *Mazenoticer*, *Malbosiceras*, представленные, однако, главным образом местными эндемичными видами. Здесь же найден единичный экземпляр вида *Dalmasiceras crassicoatum*, отмеченного в разрезах Юго-Восточной Франции на одном уровне с *D. dalmasi* (Pictet) и *D. punctatum* Djan. [Djanélidzé, 1922; Mazonot, 1939], определяющими подзону *Dalmasiceras dalmasi* зоны *Tirnovella occitanica* стандарта. На основе отсутствия в фаунистическом горизонте *R. swistowianus* *Hectoroceras kochi* Spath и четкой фиксации представителей *Hectoroceras* в непрерывном разрезе (близ д. Кузьминское) выше первых находок *Riasanites* [Месежников и др., 1979] можно заключить, что уровень первого появления вида-индекса широко распространенной бореальной зоны *H. kochi* находится выше интервала распространения *D. crassicoatum*, а, следовательно, подошва зоны *H. kochi* не может быть древнее подошвы подзоны *D. dalmasi*. Результаты предшествующего исследования палеомагнитного разреза п-ова Нордик [Хоша и др., 2007] находились в противоречии с данным биостратиграфическим критерием.

В аммонитовых слоях с *Riasanites*, *Himalayites* и *Picteticeras* польского берриаса, сопоставляемых с зоной *Tirnovella occitanica* и нижней частью зоны *Fauriella boissieri* тетического стандарта [Marek, Shulgina, 1996], недавно обнаружены *Riasanites swistowianus* (Nikitin) [Митта, Плох, 2012]. Эта находка может свидетельствовать о соответствии основания этих слоев фаунистическому горизонту *R. swistowianus*, обособляемому В.В. Митта [2007; Митта, Ша, 2011] в низах зоны *R. rjasanensis* Центральной России по эпиболе вида-индекса. В свою очередь, в совместном нахождении с многочисленными *R. swistowianus* близ д. Кузьминское Центральной России установлен *Chetaites sibiricus* Schulgina [Митта, Ша, 2011] —

вид-индекс базальной зоны бореального берриаса Сибири. Таким образом, просматривается следующая корреляционная связь: зона *Tirnovella occitanica* — нижняя часть слоев с *Riasanites*, *Himalayites* и *Picteticeras* — фаунистический горизонт *R. swistowianus* — зона *Chetaites sibiricus*. Установленная в настоящей работе палеомагнитная зона обратной полярности в приграничных слоях зон *C. chetae/C. sibiricus*, идентифицируемая как M17r, делает такое сопоставление весьма убедительным (см. рис. 9).

В связи с вышеизложенным, необходимо заметить, что после ревизии аммонитов рода *Riasanites*, проведенной В.В. Митта [2008; Митта, Плох, 2012], вряд ли можно считать несомненным, что центром расселения рязанитов являлся Северный Кавказ. Между тем именно такое представление с учетом особенностей распространения рязанитов и эутимицерасов на Северном Кавказе и Русской платформе являлось основой для корреляции подошвы зоны *Riasanites rjasanensis* с подошвой зоны *Fauriella boissieri* [Колпенская и др., 2000; и др.]. В.В. Митта [2008] высказана, по нашему мнению, более правдоподобная гипотеза о происхождении рязанитов от субсредиземноморских гималаитид, мигрировавших из западной части океана Тетис через Польский пролив в Среднерусский бассейн, и уже отсюда на Мангышлак, Северный Кавказ и в Крым. Однако сделанное В.В. Митта [2007] предположение о распространении (или, как минимум, расцвете) вида *Hectoroceras kochi* на Русской платформе до появления первых *Riasanites*, и следовательно — до появления здесь *Chetaites sibiricus*, расходится с данными по Русской платформе других исследователей [Месежников и др., 1979] и не соответствует представлениям о последовательности появления родов *Chetaites* и *Hectoroceras* в бореальных разрезах, надежно зафиксированной в Сибири [Захаров и др., 1997] и Восточной Гренландии [Surlyk et al., 1973]. Поэтому нами при корреляционном анализе это предположение не учитывается.

Большой интерес для целей бореально-тетической корреляции представляют также разрезы волжского и рязанского ярусов на Дальнем Востоке России, в которых тетические аммониты встречаются совместно с бореальными бухиями [Сей, Калачева, 1993, 1995, 1999; Коновалов, Коновалова, 1997; Sey, Kalacheva, 1999; Урман и др., 2011; и др.]. Однако имеющиеся проблемы как с привязкой, так и с интерпретацией палеонтологических данных, порожденные сложным блоковым строением разрезов, отсутствием (в частности, в Южном Приморье) непрерывных разрезов пограничных слоев этих ярусов и пр. (подробнее см. [Захаров, 2011]), не позволяют в настоящее время установить в пограничном юрско-меловом интервале этого региона надежные межрегионально коррелируемые горизонты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования палеомагнитных характеристик пограничных юрско-меловых отложений на п-ове Нордвик получены новые данные по составу магнитных минералов в изученных образцах, которые хорошо дополняют полученные ранее на основании изучения этого разреза выводы [Chadima et al., 2006] о присутствии в породах бедного титаном титаномагнетита и отсутствии магнитных сульфидов. Построенный палеомагнитный разрез в интервале верхов аммонитовой зоны *Craspedites taimyrensis*—низов *Chetaites sibiricus* состоит из чередования семи интервалов: четырех прямой и трех обратной полярности, соответствующих последовательности магнитозон от M19n до M17n.

Комплексный анализ палеомагнитных и биостратиграфических характеристик приводит к выводу, что граница волжского и рязанского ярусов, соответствующая в Сибири границе аммонитовых зон *Chetaites chetae/C. sibiricus*, находится внутри магнитозоны M17r, а не M18n, как считалось ранее [Хоша и др., 2007]. Она располагается в пределах той же магнитозоны, что и граница нижнего и среднего берриаса (граница аммонитовых зон *Berriasella jacobii/Tirnovella occitanica*) тетического стандарта. При такой интерпретации магнитозона обратной полярности, идентифицируемая прежде как M17r, в действительности отвечает M16r. В соответствии с этим, граница зон *C. sibiricus/Hectoroceras kochi* оказывается приуроченной к той же магнитозоне, что и подошва верхнего берриаса (граница стандартных зон *T. occitanica/Fauriella boissieri*).

Откалиброванная магнитостратиграфическим методом схема корреляции бореальных и тетических биостратиграфических шкал наиболее надежное подтверждение палеонтологическими данными находит в приграничном интервале среднего и верхнего берриаса.

Доказательством того, что подошва бореальной аммонитовой зоны *Hectoroceras kochi* не может быть древнее подошвы подзоны *Dalmasiceras dalmasi* зоны *Tirnovella occitanica* тетического стандарта является сумма факторов: а) находки аммонита *Dalmasiceras crassicoatum* Djan. в пределах фаунистического горизонта *Riasanites swistowianus* аммонитовой зоны *rjasanensis* Центральной России; б) первое надежно задокументированное появление *Hectoroceras kochi* Spath выше распространения *D. crassicoatum*, над фаунистическим горизонтом *R. swistowianus*. Палеомагнитные данные сужают интервал корреляции подзоны *D. dalmasi* с зоной *Chetaites sibiricus* (подстиляет в бореальных разрезах зону *H. kochi*) до верхней части последней. На соответствие зон *C. sibiricus* и *T. occitanica* указывают также находки аммонита *R. swistowianus* (Nikitin) в слоях с *Riasanites*, *Himalayites* и *Picteticeras* Польши, с од-

ной стороны, и совместное нахождение *C. sibiricus* Schulgina и многочисленных *R. swistowianus* в Центральной России, — с другой.

О соответствии бухиазон *Buchia okensis* и *B. jasicovi* (= *B. uncitoides*) (средняя и верхняя части зоны *Neocosmoceras kochi* и нижняя часть зоны *Surites analogus* бореальной аммонитовой последовательности) подзоне *Malbosceras paramimounum* зоны *Fauriella boissieri* тетического стандарта свидетельствует комплекс бухий, состоящий из *Buchia* cf. *fischeriana* (Orb.), *B. volgensis* (Lah.), *B. okensis* (Pavl.), *B. uncitoides* (Pavl.), в подзонах *Riasanites rjasanensis*—*Spiticeras cautleyi* и *Euthymiceras euthymi* Северного Кавказа; находки аммонита *Spiticeras (Spiticeras) multiforme* Djanelidze (характерен для подзоны *Riasanites rjasanensis*—*Spiticeras cautleyi* Северного Кавказа) совместно с *Buchia okensis* и *B. volgensis* в бассейне р. Анной Дальнего Востока; находки аммонита *Transcaspiites transfigurabilis* (Bogosl.) (характерен для подзоны *Euthymiceras euthymi* Северного Кавказа) совместно с *Buchia volgensis*, *B. uncitoides* и *B. fischeriana* в аммонитовой зоне *Riasanites rjasanensis* Центральной России.

Авторы признательны А.Ю. Гужикову, В.А. Захарову и М.А. Рогову за критические замечания и рекомендации, способствовавшие улучшению работы. Очень полезными оказались дискуссии с В.В. Митта и А.Е. Игольниковым по стратиграфическому положению и таксономической принадлежности ряда аммонитов.

Подготовлено при поддержке РФФИ (грант 12-05-00453) и по программам Президиума РАН № 23 «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология» и № 28 «Проблемы происхождения жизни и становления биосферы».

#### ЛИТЕРАТУРА

**Аркадьев В.В., Богданова Т.Н.** Представители рода *Neocosmoceras* (Neosomitidae, Ammonoidea) из берриаса Горного Крыма и их стратиграфическое значение // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2009, т. 17 (4), с. 67—81.

**Аркадьев В.В., Богданова Т.Н., Лобачева С.В., Калачева Е.Д., Сей И.И.** Берриас Горного Крыма: зональное расчленение и корреляция // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2008, т. 16 (4), с. 57—80.

**Басов В.А., Захаров В.А., Иванова Е.Ф., Сакс В.Н., Шульгина Н.И., Юдовный Е.Г.** Зональное расчленение верхнеюрских и нижнемеловых отложений на мысе Урдюк-Хая (п-ов Пахса, Анабарский залив) // Ученые записки НИИГА. Палеонтология и биостратиграфия. 1970, вып. 29, с. 14—31.

**Буров Б.В., Ясонов П.Г.** Введение в дифференциальный термомагнитный анализ горных пород. Казань, Изд-во Казан. ун-та, 1979, 160 с.

**Гнибиденко З.Н., Лебедева Н.К., Шурыгин Б.Н.** Палеомагнетизм меловых отложений юга Западно-Сибирской плиты (по результатам изучения керна скв. 8) // Геология и геофизика, 2012, т. 53 (9), с. 1169—1181.

**Гужиков А.Ю., Барабошкин Е.Ю.** Новые магнитостратиграфические данные по опорному разрезу бореального неокома реки Боярка (Северная Сибирь) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Материалы Четвертого Всероссийского совещания, г. Новосибирск, 19—23 сентября, 2008 г. / Под ред. О.С. Дзюба, В.А. Захарова, Б.Н. Шурыгина. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2008, с. 66—69.

**Гужиков А.Ю., Аркадьев В.В., Барабошкин Е.Ю., Багаева М.И., Пискунов В.К., Рудько С.В., Перминов В.А., Маникин А.Г.** Новые седиментологические, био- и магнитостратиграфические данные по пограничному юрскому—меловому интервалу Восточного Крыма (г. Феодосия) // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2012, т. 20 (3), с. 35—71.

**Дзюба О.С.** Белемниты и биостратиграфия пограничных юрско-меловых отложений севера Восточной Сибири (новые данные по п-ову Нордвик) // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2012, т. 20 (1), с. 62—82.

**Захаров В.А.** Бухииды и биостратиграфия бореальной верхней юры и неокома. М., Наука, 1981, 367 с.

**Захаров В.А.** Бухиазоны берриаса и валанжина Северной Калифорнии (разрезы в районе Паскента) и проблемы панбореальной корреляции // Второе Всероссийское совещание: Меловая система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии (Санкт-Петербург, 12—15 апреля 2004 г.). Тез. докл. / Ред. В.В. Аркадьев. СПб., 2004, с. 31.

**Захаров В.А.** Граница юры и мела и GSSP берриаса: виден ли свет в конце тоннеля? (Комментарии к предложениям рабочей группы по берриасскому ярусу и юрско-меловой границе) // Новости палеонтологии и стратиграфии. Вып. 16—17: Приложение к журналу «Геология и геофизика», т. 52, 2011, с. 69—86.

**Захаров В.А., Рогов М.А.** Верхневолжский подъярус на севере Восточной Сибири (п-ов Нордвик) и его панбореальная корреляция по аммонитам // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2008, т. 16 (4), с. 81—94.

**Захаров В.А., Нальняева Т.И., Шульгина Н.И.** Новые данные по биостратиграфии верхнеюрских и нижнемеловых отложений на п-ове Пакса, Анабарский залив // Палеобиогеография и биостратиграфия юры и мела Сибири. М., Наука, 1983, с. 56—99.

**Захаров В.А., Лапухов А.С., Шенфильд О.В.** Иридиевая аномалия на границе юры и мела на севере Сибири // Геология и геофизика, 1993, т. 34 (1), с. 102—109.

**Захаров В.А., Богомолов Ю.И., Ильина В.И., Константинов А.Г., Курушин Н.И., Лебедева Н.К., Меледина С.В., Никитенко Б.Л., Соболев Е.С., Шурыгин Б.Н.** Бореальный зональный стандарт и биостратиграфия мезозоя Сибири // Геология и геофизика, 1997, т. 38 (5), с. 927—956.

**Колпенская Н.Н., Никифорова Е.В., Сочеванова О.А., Сей И.И., Калачева Е.Д.** Берриас Северного Кавказа (Урухский разрез). СПб., ВНИГРИ, 2000, 273 с.

**Коновалов В.П., Коновалова И.В.** К вопросу о юрско-меловой границе на Сихотэ-Алине // Тихоокеанская геология, 1997, т. 16 (6), с. 125—134.

**Месежников М.С., Захаров В.А., Шульгина Н.И., Алексеев С.Н.** Стратиграфия рязанского горизонта на р. Оке // Верхняя юра и граница ее с меловой системой. Новосибирск, Наука, 1979, с. 71—81.

**Митта В.В.** Аммонитовые комплексы базальной части рязанского яруса (нижний мел) Центральной России // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2007, т. 15 (2), с. 80—92.

**Митта В.В.** Аммониты тетического происхождения в рязанском ярусе Русской платформы: род *Riasanites* Spath // Палеонтологический журнал, 2008 (3), с. 30—37.

**Митта В.В.** Аммониты тетического происхождения в рязанском ярусе Русской платформы: род *Subalpinites* Mazonot // Палеонтологический журнал, 2009 (6), с. 16—23.

**Митта В.В.** Аммониты тетического происхождения в рязанском ярусе Русской платформы: род *Mazonoticerias* и другие Neosomitidae // Палеонтологический журнал, 2011a (2), с. 25—33.

**Митта В.В.** Аммониты тетического происхождения в рязанском ярусе Русской платформы: род *Riasanella* gen. nov. // Палеонтологический журнал, 2011b (1), с. 14—21.

**Митта В.В., Плох И.** Сравнительное изучение аммонитов берриаса Польши и Центральной России (предварительные результаты) // Современные проблемы изучения головоногих моллюсков. Морфология, систематика, эволюция, экология и биостратиграфия. Материалы совещания / Под ред. Т.Б. Леоновой, И.С. Барскова, В.В. Митта. М., ПИН РАН, 2012, с. 99—101.

**Митта В.В., Ша И.** Особенности распространения аммонитов Центральной России на рубеже юры и мела // Палеонтологический журнал, 2011 (4), с. 26—34.

**Сей И.И., Калачева Е.Д.** Биостратиграфические критерии границы юрской и меловой систем для территории России. Служебно-информационная записка. СПб., ВСЕГЕИ, 1993, 60 с.

**Сей И.И., Калачева Е.Д.** Биостратиграфия и фауна верхней юры и низов мела Южного Приморья (Дальний Восток России) // Тихоокеанская геология, 1995, т. 14 (2), с. 75—88.

**Сей И.И., Калачева Е.Д.** Раннемеловые аммониты Сихотэ-Алинской системы и их биостратиграфическое и биогеографическое значение // Тихоокеанская геология, 1999, т. 18 (6), с. 83—92.

**Урман О.С., Дзюба О.С., Кириллова Г.Л., Кудымов А.В., Медведева С.А.** Двустворчатые моллюски верхней юры—нижнего мела Комсомольского разреза (Дальний Восток): предварительные результаты // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Четвертое Всероссийское совещание, 26—30 сентября 2011 г., Санкт-Петербург. Научные материалы / Ред. В.А. Захаров. СПб., ООО «Издательство ЛЕМА», 2011, с. 232—234.

**Ходемакер Ф.Дж.** Бореально-тетические корреляции и граница между юрой и мелом // Граница юры и мела / Ред. В.В. Меннер. М., Наука, 1990, с. 22—48.

**Хоша В., Прунер П., Захаров В.А., Костак М., Шадима М., Рогов М.А., Шлехта С., Мазух М.** Бореально-тетическая корреляция пограничного юрско-мелового интервала по магнито- и биостратиграфическим данным // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2007, т. 15 (3), с. 63—76.

**Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Меледина С.В., Дзюба О.С., Князев В.Г.** Комплексные зональные шкалы юры Сибири и их значение для циркумарктических корреляций // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (8), с. 1051—1074.

**Anderson F.M.** Knoxville Series in the California Mesozoic // Bull. Geol. Soc. Amer., 1945, v. 56 (10), p. 909—1014.

**Borradaile G.J.** The rotation of magnetic grains // Tectonophysics, 1993, v. 221, p. 381—384.

**Chadima M., Pruner P., Jblechta S., Grygar T., Hirt A.M.** Magnetic fabric variations in Mesozoic black shales, Northern Siberia, Russia: possible paleomagnetic implications // Tectonophysics, 2006, v. 418, p. 145—162.

- Day R., Fuller M., Schmidt V.A.** Hysteresis properties of titanomagnetites: grain-size and compositional dependence // *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1977, v. 13, p. 260—267.
- Djanélidzé A.** *Dalmsiceras*, un sous-genre nouveau du genre *Hoplites* // *Bull. Soc. Géol. France. Sér. 4*, 1922, v. 21 (7—9), p. 256—274.
- Dunlop D.J.** Theory and application of the Day plot (M-rs/M-s versus H-cr/H-c) // *J. Geophys. Res. S Solid Earth*, 2002, v. 107, iss. B3, p. 2046—2067.
- Dzyuba O.S.** Cylindroteuthid belemnite correlation of the Jurassic/Cretaceous boundary strata in Northern Siberia and Northern California // *Earth Science Frontiers*, 2010, v. 17, Spec. Issue, p. 79—80.
- Enkin R.J.** A computer program package for analysis and presentation of paleomagnetic data // *Pacific Geoscience Centre, Geol. Surv. Canada*, 1994, 16 p.
- Grabowski J.** Magnetostratigraphy of the Jurassic/Cretaceous boundary interval in the Western Tethys and its correlations with other regions: a review // *Volumina Jurassica*, 2011 (9), p. 105—128.
- Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.** *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, 2004, 589 p.
- Heunemann C.** Direction and intensity of Earth's magnetic field at the Permo-Triassic boundary: a geomagnetic reversal recorded by the Siberian Trap Basalts, Russia. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Fakultät für Geowissenschaften der Ludwig-Maximilians-Universität München, 2003, 116 p.
- Hoedemaeker Ph.J.** Correlation possibilities around the Jurassic-Cretaceous boundary // *Scripta Geol.*, 1987, v. 84, p. 1—64.
- Hoedemaeker P.J., Reboulet S. (reporters), Aguirre-Urreta M.B., Alsen P., Aoutem M., Atrops F., Barragan R., Company M., González Arreola C., Klein J., Lukeneder A., Ploch I., Raisossadat N., Rawson P.F., Ropolo P., Vašíček Z., Vermeulen J., Wippich M.** Report on the 1st International Workshop of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the «Kilian Group» (Lyon, 11 July 2002) // *Cretaceous Res.*, 2003, v. 24, p. 89—94.
- Imlay R.W., Jones D.L.** Ammonites from the Buchia zones in Northwestern California and Southwestern Oregon // *US Geol. Surv. Prof. Pap.*, 1970, 647B, 59 p.
- Jackson M.J.** Anisotropy of magnetic remanence: a brief review of mineralogical sources, physical, origins and applications and comparisons with susceptibility anisotropy // *Pure Appl. Geophys.*, 1991, v. 136, p. 2—28.
- Jackson M., Gruber W., Marvin J., Banerjee S.K.** Partial anhysteretic remanence and its anisotropy: applications and grain-size-dependence // *Geophys. Res. Lett.*, 1988, 15, p. 440—443.
- Jasonov P.G., Nourgaliev D.K., Bourov B.V., Heller F.** A modernized coercivity spectrometer // *Geologica Carpathica*, 1998, v. 49 (3), p. 224—226.
- Jeletzky J.A.** Jurassic-Cretaceous boundary beds of Western and Arctic Canada and the problem of the Tithonian-Berriasian stages in the Boreal Realm // *Geol. Assoc. Canada. Spec. Pap.*, 1984, v. 27, p. 175—255.
- Kirschvink J.L.** The least square line and plane and the analysis of paleomagnetic data // *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 1980, v. 62, p. 699—718.
- Marek S., Shulgina N.** Biostratigraphic correlation between Lower Cretaceous deposits in the central region of East-European Platform and the Polish Lowlands // *Geol. Quart.*, 1996, v. 40 (1), p. 129—140.
- Mazenot G.** Les Palaeohoplitidae Tithoniques et Berriasien du Sud-Est de la France // *Mem. Soc. Geol. France. N.S.*, 1939 (41), 303 p.
- McFadden P.L., McElhinny M.W.** Classification of the reversal test in palaeomagnetism // *Geophys. J. Int.*, 1990, v. 103, p. 725—729.
- Mizera J., Řanda Z., Košťák M.** Neutron activation analysis in geochemical characterization of Jurassic—Cretaceous sedimentary rocks from the Nordvik Peninsula // *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2010, v. 284, p. 211—219.
- Nikitenko B.L., Pestchevitskaya E.B., Lebedeva N.K., Ilyina V.I.** Micropalaeontological and palynological analyses across the Jurassic—Cretaceous boundary on Nordvik Peninsula, Northeast Siberia // *Newsl. Stratigr.*, 2008, v. 42 (3), p. 181—222.
- Ogg J., Ogg G.** Late Jurassic (139—169 Ma time-slice). 2008 // URL: [http:// www.nhm.uio.no/norges/timescale/5\\_JurCret\\_Sept08.pdf](http://www.nhm.uio.no/norges/timescale/5_JurCret_Sept08.pdf)
- Opdyke N.D., Channell J.E.T.** *Magnetic stratigraphy*. London, Academic Press, 1996, 346 p.
- Pessagno E.A., Jr., Cantú-Chapa A., Martinson J.M., Meng X., Karimnia S.M.** The Jurassic-Cretaceous boundary: new data from North America and the Caribbean // *Stratigraphy*, 2009, v. 6 (3), p. 185—262.
- Peters C., Thompson R.** Magnetic identification of selected natural iron oxides and sulphides // *J. Magnet. Mag. Mater.*, 1998, v. 183, p. 365—374.

**Pruner P., Houša V., Olóriz F., Košťák M., Krs M., Man O., Schnabl P., Venhodová D., Tavera J.M., Mazuch M.** High-resolution magnetostratigraphy and biostratigraphic zonation of the Jurassic/Cretaceous boundary strata in the Puerto Escaño section (southern Spain) // *Cretaceous Res.*, 2010, v. 31, p. 192—206.

**Rogov M., Zakharov V.** Ammonite- and bivalve-based biostratigraphy and Panboreal correlation of the Volgian Stage // *Sci. China Ser. D-Earth Sci.*, 2009, v. 52 (12), p. 1890—1909.

**Sey I.I., Kalacheva E.D.** Lower Berriasian of Southern Primorye (Far East Russia) and the problem of Boreal—Tethyan correlation // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 1999, v. 150, p. 49—63.

**Surlyk F., Callomon J.H., Bromley R.G., Birkelund T.** Stratigraphy of the Jurassic-Lower Cretaceous sediments of Jameson Land and Scoresby Land, East Greenland // *Grøn. Geol. Unders. Bull.*, 1973 (105), 76 p.

**Vennari V.V., Álvarez P.P., Aguirre-Urreta B.** A new species of *Andiceras* Krantz (Cephalopoda: Ammonoidea) from the Late Jurassic-Early Cretaceous of the Neuquén Basin, Mendoza, Argentina. Systematics and biostratigraphy // *Andean Geology*, 2012, v. 39 (1), p. 92—105.

**Wimbledon W.A.P., Casellato C.E., Reháková D., Bulot L.G., Erba E., Gardin S., Verreussel R.M.C.H., Munsterman D.K., Hunt C.O.** Fixing a basal Berriasian and Jurassic/Cretaceous (J/K) boundary — is there perhaps some light at the end of the tunnel? // *Riv. It. Paleont. Strat.*, 2011, v. 117 (2), p. 295—307.

**Zakharov V.A.** The bivalve *Buchia* and the Jurassic-Cretaceous boundary in the Boreal Province // *Cretaceous Res.*, 1987, v. 8, p. 141—153.

**Zeiss A.** Comments on a tentative correlation chart for the most important marine provinces at the Jurassic/Cretaceous boundary // *Acta Geol. Hungarica*, 1986, v. 29 (1—2), p. 27—30.

**Zijderveld J.D.A.A.C.** Demagnetization of rocks: analysis of results // *Methods in paleomagnetism* / Eds. D.W. Collinson, K.M. Creer. Amsterdam. Elsevier, 1967, p. 254—286.

*Рекомендована к печати 21 июня 2012 г.  
Н.В. Сенниковым*

*Поступила в редакцию  
11 мая 2012 г.*