

УДК 550.384. 3; 551.763.12(470.6)

БИО- И МАГНИТОСТРАТИГРАФИЯ АЛЬБА В РАЗРЕЗЕ АКУША (ДАГЕСТАН)



Статья 2. Магнитостратиграфия

Е.Ю. Барабошкин, А.Ю. Гужиков, В.Н. Еремин

Дается развернутая характеристика магнитостратиграфических и петромагнитных исследований одного из наиболее полных разрезов альба на Северном Кавказе – Акушинского. Установлено, что палеомагнитная колонка разреза состоит из чередования семи субзон – трех прямой (N_{1al} , N_{2al} , N_{3al}), двух обратной (R_{1al} , R_{2al}) и двух переменной ($N_{r_{al}}$, $R_{n_{al}}$) полярности. Субзона $N_{r_{al}}$ представляет верхнюю часть ортозоны RN_{br_1} – al_1 , начинающейся в барреме; субзона N_{2al} эквивалентна по своему объему ортозоне Na_{l_2} среднего альба, остальные субзоны образуют ортозону NRa_{l_3} . Полученные петромагнитные характеристики позволяют индивидуализировать выделенные стратиграфические интервалы и использовать их в региональных исследованиях. Изменения магнитной восприимчивости по разрезу наряду с другими данными интерпретируются как действие тектонических движений и/или как следствие глобальных колебаний уровня Мирового океана.

В предыдущей статье [2] были проведены палеонтологическое обоснование и биостратиграфическое расчленение акушинского разреза альба – одного из наиболее полных на Северном Кавказе. Настоящая статья посвящена рассмотрению магнитных характеристик этого разреза и анализу его магнитостратиграфической колонки.

Напомним, что разрез располагается на р. Дарги, примерно в километре выше по течению от с. Акуша. Азимут падения пластов варьирует от 222 до 245° при углах падения 15 – 17°. Стратиграфическое описание и палеонтологическое опробование велись послойно. Отбор образцов для палеомагнитных определений производился одновременно со стратиграфическим изучением и учетом всех его особенностей (литология, стратиграфические перерывы и т. д.). Частота отбора ориентированных образцов определялась мощностью возрастных подразделений и варьировала от 0,2 до 1 м. Каждая аммонитовая зона альба (за исключением маломощной (0,64 м) зоны *Pseudosonneratia eodentata*) при этом оказалась охарактеризована палеомагнитными образцами не менее чем с трех (а в большинстве случаев с 7 – 10 и более) стратиграфических уровней (рис. 1). Всего в разрезе было опробовано 118 стратиграфических уровней, с каждого из которых брался один штук, который распиливался затем на 3 – 4 кубика с размерами ребер 20 мм. Для палеомагнитных определений использовалось не менее двух кубиков из каждого штупфа.

Лабораторные исследования

Лабораторные палео- и петромагнитные исследования включали измерения магнитной восприимчивости (α) и естественной остаточной намагниченности (ЕОН, Jn); магнитные чистки температурой; снятие кривых нормального намагничивания, с последующими замерами остаточной намагниченности насыщения (Jrs) и определениями полей насыщения (Hs) и разрушающих полей насыщения (H'cs). Широко практиковались термомагнитный и дифференциальный термомагнитный анализы (ТМА и ДТМА), термокаппаметрия (измерения прироста магнитной восприимчивости $\Delta\alpha$ после нагрева). Последняя основана на переходе пирита и марказита при нагреве до 500° С в окислительной среде в магнетит, что влечет увеличение магнитной восприимчивости [3]. Прирост $\Delta\alpha = \alpha_s - \alpha$ отражает содержание новообразованного магнетита и, следовательно, концентрацию первичных немагнитных сульфидов.

В процессе температурных магнитных чисток образцы подвергались последовательному нагреву от 100 до 400 – 500° С с интервалом $t = 50^\circ$ в течение 1 – 3 ч. Для учета возможного подмагничивания пород от нескомпенсированного магнитного поля из каждого штупфа в печь ставилось по два кубика с взаимно противоположной ориентировкой по всем трем составляющим вектора намагниченности.

Для измерений естественной остаточной намагниченности использовался спин-магнитометр

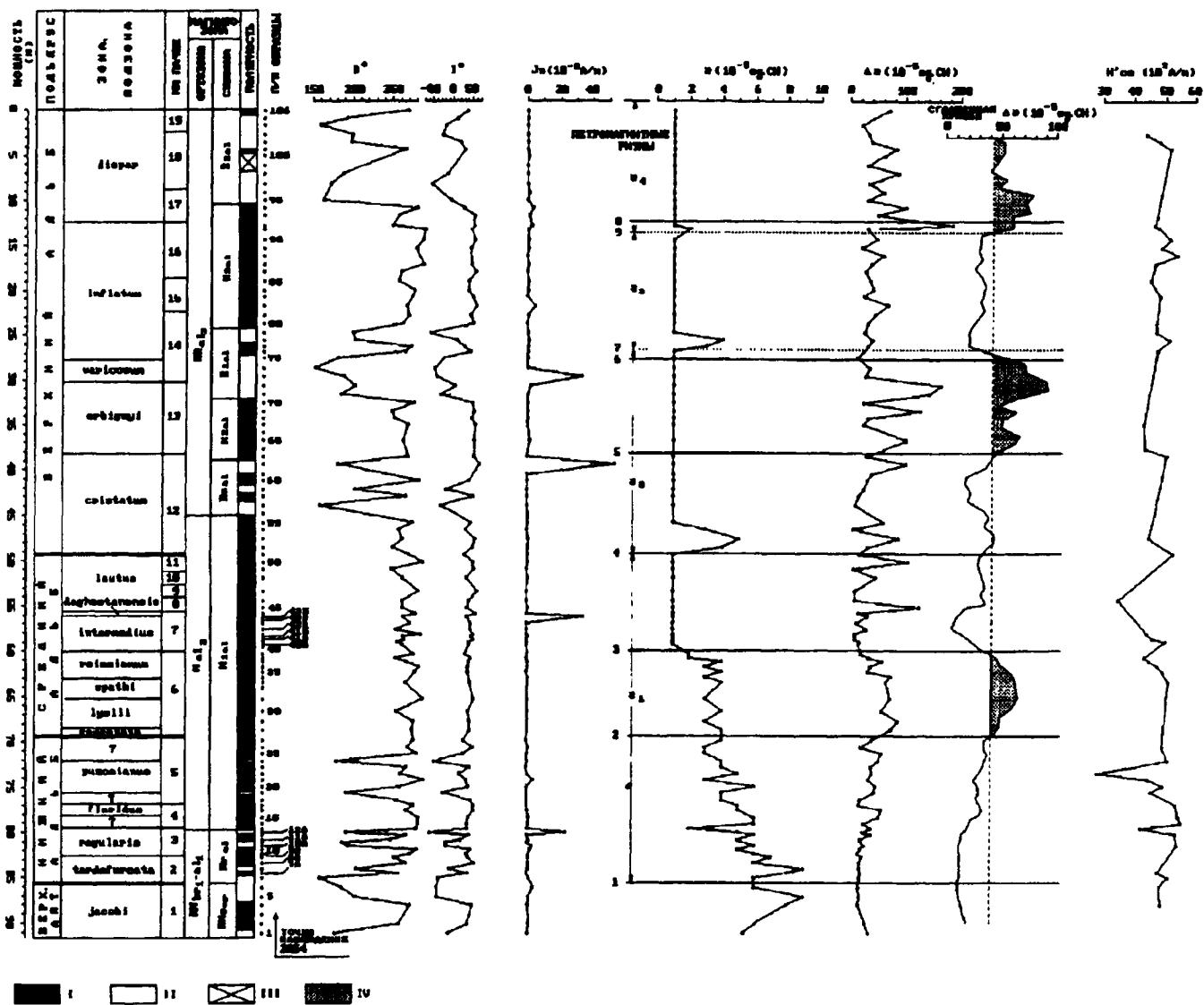


Рис. 1. Палео- и петромагнитная характеристика альбских отложений в разрезе у с. Акуша. I – прямая полярность, II – обратная полярность, III – отсутствие данных о полярности, IV – участки, где $\Delta\mathcal{X} > \Delta\mathcal{X}_{cp}$. Стратиграфические границы: 1 – алта и альба, 2 – нижнего и среднего альба, 3 – подошва зоны *Anahoplites intermedium*, 4 – среднего и верхнего альба, 5 – подошва зоны *Hysteroseras orbignyi*, 6 – подошва зоны *Mortoniceras inflatum*, 7 – петромагнитный репер в основании зоны *Mortoniceras inflatum*, 8 – подошва зоны *Stoliczkaia dispar*, 9 – петромагнитный репер в кровле зоны *Mortoniceras inflatum*

JR-4, остаточной намагниченности насыщения – рок-генератор ИОН-1, магнитной восприимчивости – прибор ИМВ-2. Для температурных магнитных чисток была задействована немагнитная печь, помещенная в систему колец Гельмгольца, внутри которых внешнее магнитное поле компенсировалось до $\pm 0,1$ нТл.

Диагностика минералов – носителей намагниченности – производилась с помощью термомагнитного и дифференциального термомагнитного анализов, которые показали, что основным носителем намагниченности в исследуемых альбских породах является магнетит. Присутствие последнего легко диагностируется с помощью термомагнитных и дифференциальных термомаг-

нитных кривых по исчезновению остаточной намагниченности в области 580°C (точка Кюри магнетита, рис. 2, а – 1). Массовые опыты по нормальному намагничиванию выявили типичную для магнетита магнитомягкую фазу, за счет которой насыщение пород достигается в полях (H_s) $32 - 64 \cdot 10^3$ А/м (рис. 2, а – 2). Разрушающие поля насыщения ($H'cs$) варьируют при этом в пределах от $29,1$ до $56 \cdot 10^3$ А/м (рис. 2, а – 3), присущих тонкодисперсным разностям магнетита [12].

Вектора ЕОН в древней системе координат, рассчитанные по замерам Jn после слабых температурных чисток ($100 - 150^{\circ}\text{C}$), располагались на полярных стереографических проекциях, как пра-

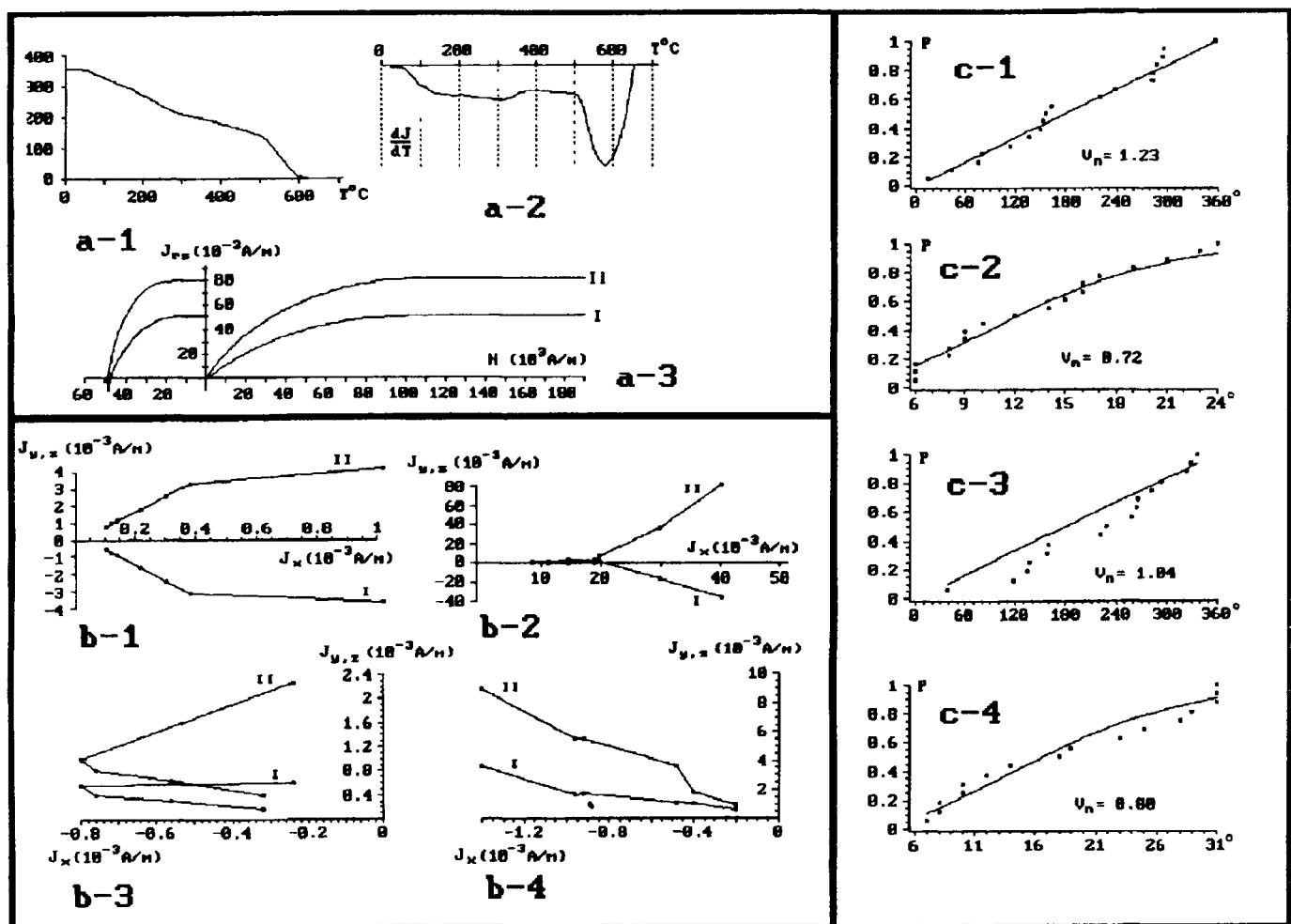


Рис. 2. Результаты магнито-минералогического анализа: а – 1 – зависимость остаточной намагниченности насыщения от температуры (обр. 2054/10А), а – 2 – кривая ДТМА (обр. 2054/33), а – 3 – кривые магнитного насыщения и размагничивания образцов 2054/75 (I) и 2054/76 (II). Диаграммы Зийдервельда: образцы: 2054/18а (б – 1), 2054/43Б (б – 2), 2054/46Б (б – 3), 2054/53А (б – 4). Проекции конца вектора ЕОН в горизонтальной (I) и вертикальной (II) плоскостях в системе координат образца. Анализ соответствия распределения векторов ЕОН распределению Фишера: с – 1,2 – для выборок с $H'cs < H'cs_{cp}$, с – 3,4 – для выборок с $H'cs > H'cs_{cp}$; с – 1,3 – азимутальная проверка, с – 2,4 – радиальная проверка. $V_n = [(p_n - p_{\max}) + (p - p_{\min})] n^{1/2}$, где n – количество образцов [1]

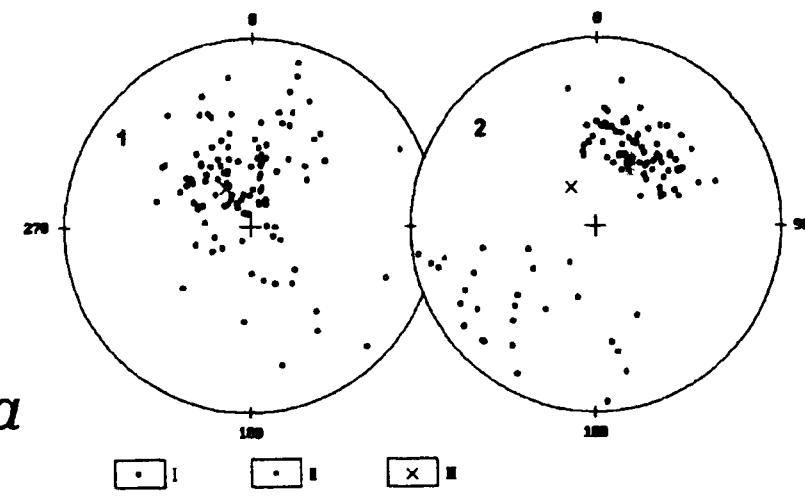
вило, около направления перемагничивания пород современным полем (“креста перемагничивания”) (рис. 3, а). После серии последовательных термоочисток проекции J_n на стереограммах закономерно группировались в первом квадранте нижней полусфера или в третьем квадранте верхней (рис. 3, а).

Анализ диаграмм Зийдервельда (рис. 2) свидетельствует о стабильности результирующих направлений намагниченности: на всем интервале температур после разрушения вязкой компоненты (которое происходило в большинстве случаев при 150 – 250°C) изменение вектора происходит по прямой, направленной к центру координат.

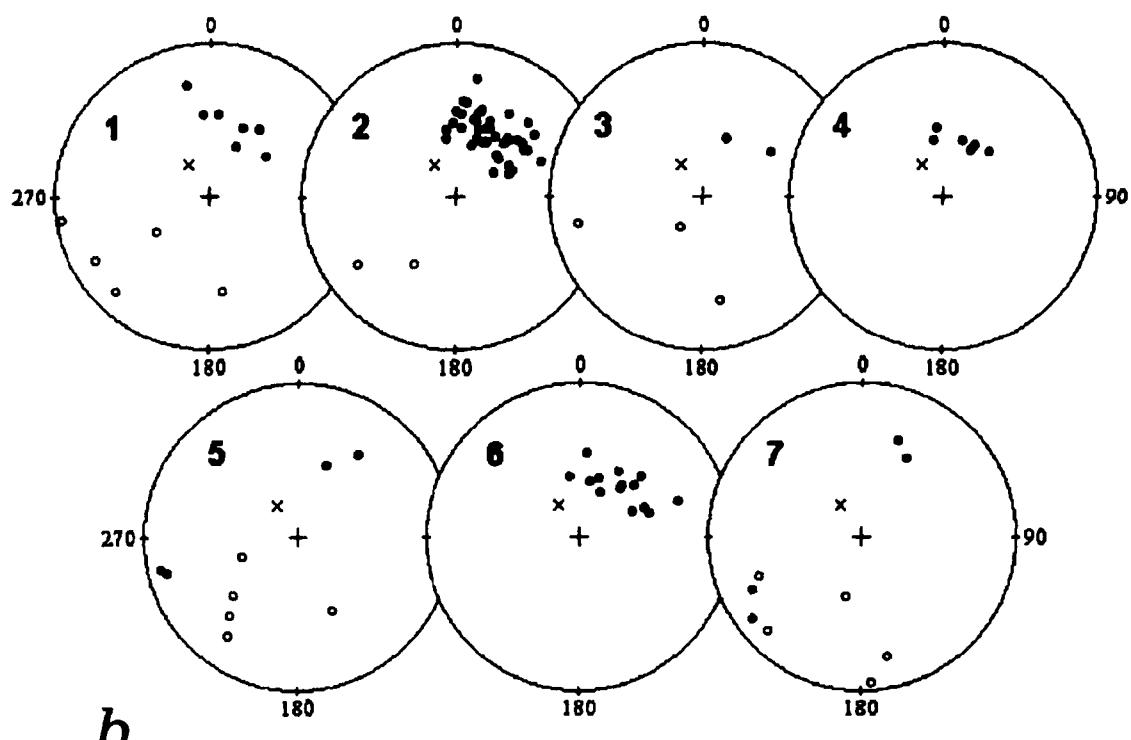
Для определения знака полярности палеомагнитного поля использовались лишь те результирующие направления J_n , которые повторно выде-

лялись не менее чем после 2 – 3 последовательных нагревов.

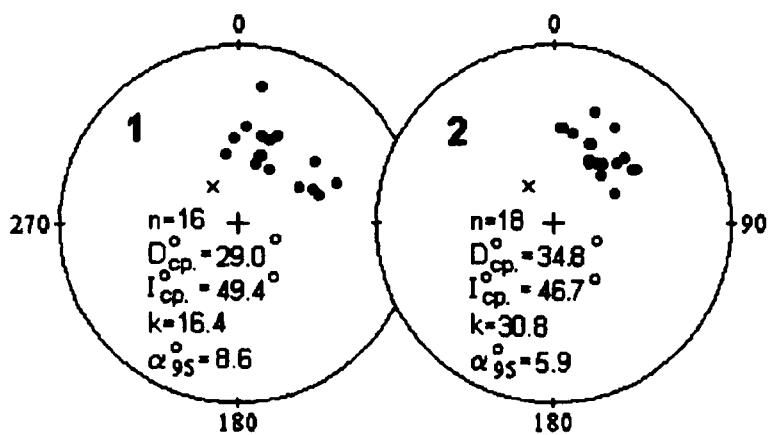
Если в процессе t° -чисток траектории изменения векторов J_n у кубиков-дублей из одного штуфа существенно различались, то эти образцы браковались, равно как и те, проекции направлений в которых перемещались по стереограмме хаотичным образом. (Были забракованы палеомагнитные определения по 12 стратиграфическим уровням, что составляет 11 % от общего объема коллекции.) Рассматривались те данные, где поведение кубиков в чистках было идентичным либо наблюдавшиеся различия могли быть истолкованы естественными причинами. Например, когда в одном кубике не удавалось разрушить вязкую компоненту, в то время как в его дублях благополучно выделялась стабильная составляющая J_n .



a



b



c

Рис. 3. а – распределения направлений ЕОН после воздействия $T^* = 100^\circ\text{C}$ (1) и направлений стабильных компонент ЕОН после воздействия $T^* = 350 - 500^\circ\text{C}$ (2). I – проекции векторов ЕОН на нижнюю полусферу, II – проекции векторов ЕОН на верхнюю полусферу, III – проекция направления перемагничивания на нижнюю полусферу; б – распределения результирующих направлений ЕОН по субзонам: $N_{\text{r}_{\text{al}}}$ (1), $N_{\text{l}_{\text{al}}}$ (2), $R_{\text{n}_{\text{al}}}$ (3), $N_{\text{2}_{\text{al}}}$ (4), $R_{\text{l}_{\text{al}}}$ (5), $N_{\text{3}_{\text{al}}}$ (6), R_{al2} (7). Условные обозначения см. на рис. 1; в – распределения результирующих направлений ЕОН в отложениях с $H'cs < H'cs_{\text{cp}}$ (1) и с $H'cs > H'cs_{\text{cp}}$ (2). Условные обозначения см. на рис. 1

В дальнейшем совокупности направлений стабильных компонент намагниченности, закономерно группирующиеся в первом нижнем и третьем верхнем квадрантах стереопроекций (рис. 3, б), интерпретировались как интервалы прямой и обратной полярности соответственно.

О природе палеомагнитных зон

Для обоснования первичности Jn привлекались разнообразные критерии и тесты, сформулированные ниже.

Одним из важных показателей связи знака Jn с полярностью древнего поля является независимость ориентации векторов намагниченности от литологии, скалярных магнитных характеристик и пр. В исследуемом разрезе индифферентность магнитозон к названным факторам очевидна (рис. 1). Результаты произведенного теста складки [19] не дали определенного ответа о до- или после складчатом возрасте стабильной компоненты ЕОН, что, вероятно, связано с недостаточно большими вариациями элементов залегания пластов. Однако даже при получении положительного результата подобное тестирование было бы малоинформативно для оценки синхронности намагниченности альбскому геомагнитному полю, поскольку складчатость в данном случае имеет неоген-четвертичный возраст.

Анализ кучностей палеомагнитных направлений и скалярных магнитных характеристик позволяет выделить несколько закономерностей, типичных для дегритного вида намагниченности,

обоснование которой тождественно доказательству первичности ЕОН:

1. Исследуемые отложения характеризуются относительно небольшими межштуфовыми кучностями (от 3,2 до 39,5), нетипичными для химической природы Jn (табл. 1).

2. Породам данного разреза присущи невысокие значения отношения Кенигсбергера (фактор Q , табл. 2), что характерно для ориентационной или посториентационной намагниченности. В 94 образцах (что составляет 80 % от общего объема коллекции) фактор Q меньше 0,01, и лишь в трех образцах (2054/43Б, 62 и 73) он превышает 1 (6,6, 6,8 и 10,6 соответственно).

3. Анализ зависимости кучностей палеомагнитных направлений от величин разрушающего поля насыщения ($H'cs$) заслуживает более детального рассмотрения.

Распределение величин $H'cs$ (от 29,1 до $56 \cdot 10^3$ А/м) по разрезу не обнаруживает каких-либо закономерностей (рис. 1). Однако породы, обладающие низкими значениями разрушающего поля насыщения ($H'cs < H'cs_{cp} = 48,3 \cdot 10^3$ А/м) (табл. 2), характеризуются кучностью $k = 16,4$, а породы, в которых $H'cs > H'cs_{cp}$, имеют $k = 30,8$ (рис. 3, с).

Прежде чем проверить гипотезу о значимом отличии кучностей по этим двум выборкам, оба распределения были проанализированы на соответствие распределению Фишера по методике, предложенной М.Л. Баженовым и П.К. Рябушкиным [1]. Результаты проверки (рис. 2, с) показали, что совокупности палеомагнитных направле-

Таблица 1

Характеристики магнитостратиграфических интервалов

		n	D_{cp} °	I_{cp} °	k	α_{95} °			n	D_{cp} °	I_{cp} °	k	α_{95} °
Субзона Nr_{al}	N	7	16,9	45,3	16,1	13,2	Субзона R_{1al}	N	2	29,2	38,2		
	R	5	229,0	- 25,7	5,3	27,1		R	7	229,4	- 27,2	4,6	24,8
Субзона N_{1al}	N	43	28,5	47,0	21,0	4,7	Субзона N_{3al}	N	14	39,1	51,3	19,4	8,5
	R	2	224,5	- 32,1				R					
Субзона Rn_{al}	N	2	41,5	48,8			Субзона R_{al2}	N	2	24,8	33,6		
	R	3	216,2	- 44,1	3,2	45,1		R	7	214,0	- 14,0	4,3	25,5
Субзона N_{2al}	N	6	18,4	56,2	38,3	9,2	Весь разрез	N	78	28,9	48,3	21,1	5,5
	R							R	27	224,1	- 26,7	3,4	11,5

Примечание n – количество образцов, N – направления Jn , соответствующие прямой полярности, R – направления Jn , соответствующие обратной полярности.

Таблица 2

Основные статистические характеристики петромагнитных свойств альбских пород

	$\mathcal{X}, 10^{-5}$ ед. СИ	$Jn, 10^{-3}$ А/м	Q	$\Delta\mathcal{X}, 10^{-5}$ ед. СИ	$H'cs, 10^{-3}$ А/м
<i>n</i> (количество образцов)	110	111	110	110	46
Среднее арифметическое	2,6	0,21	0,31	40,7	48,3
Медиана	1	0,05	0,05	31	48,3
Мода	1	0,02	0,03	9	45,3
Минимум	1	0,01	0,008	5	29,1
Максимум	9	5,3	10,6	185	56,0

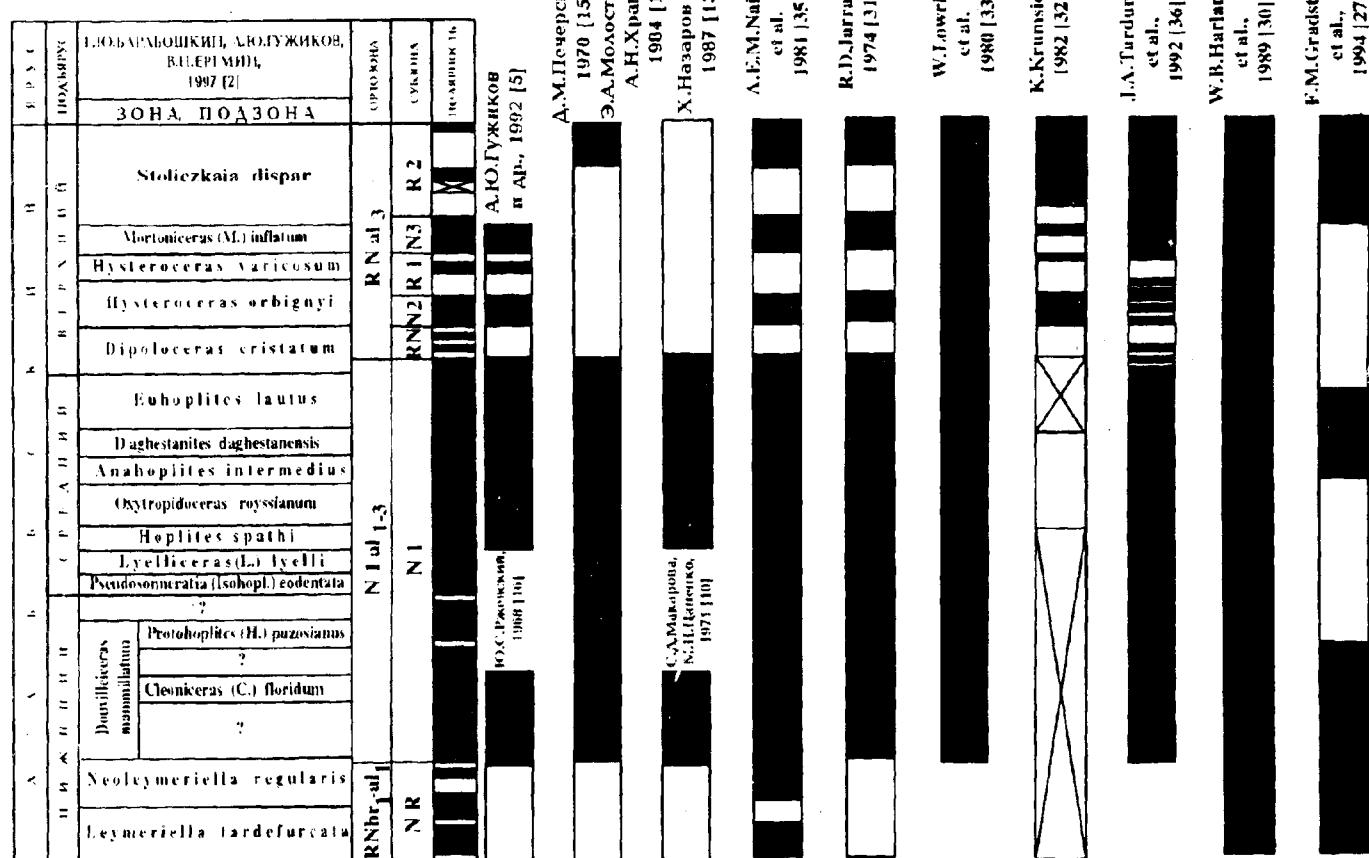


Рис. 4. Сопоставление региональных и мировых магнитостратиграфических данных по альбскому ярусу. Условные обозначения см. на рис. 1

ний в породах как с $H'cs < H'cs_{cp}$, так и с $H'cs > H'cs_{cp}$ хорошо согласуются с предположением о фишеровском распределении.

Отношение $k_{\max}/k_{\min} = 1,88$ больше $F[2(n_1-1), 2(n_2-1), p] = 1,82$, где n_1 и n_2 – количество образцов в выборках, p – уровень значимости (0,05). Следовательно, кучности исследуемых совокупностей отличаются друг от друга на уровне значимости $p = 0,05$ [19].

Как известно, разрушающее поле насыщения в первом приближении обратно пропорционально размерам ферромагнитных частиц [12]. Если это так, то высокая кучность ($k = 30,8$) характеризует образцы, в которых носители намагниченности (магнетитовые зерна) имеют меньшую размерность, чем в тех, где $k = 16,4$. Тогда факт значимого отличия кучностей хорошо согласуется с гипотезой о дегритной природе ЕОН, так как взаимосвязь размерностей ферромагнитных зерен с ориентацией палеомагнитных векторов можно объяснить воздействием гидродинамических условий на пространственное распределение магнетитовых частиц.

Необходимо отметить, что величина $H'cs$ в значительной степени зависит не только от размерности, но и от степени окисленности магнетитовых зерен. Однако, если допустить преобладающее влияние последнего фактора на вариации $H'cs$, то различие в кучностях становится труднообъяснимым. Кроме того, более интенсивное окисление магнетита привело бы к формированию вторичной компоненты J_p , что неизбежно исказило бы фишеровское распределение и результирующее направление в выборке с $H'cs < H'cs_{cp}$. Между тем средние векторы в обеих совокупностях близки между собой (рис. 3, с). Применение статистических критериев для оценки равенства средних в данном случае некорректно, так как кучности по выборкам значимо различаются [19]. Но оба круга доверия (α_{95} , рис. 3, с) перекрывают расстояние между их центрами ($5,8^\circ$), что позволяет качественно считать средние направления по двум выборкам равными.

Результаты каждого из рассмотренных выше тестов не противоречат, но и не обеспечивают доказательства первичности J_p . Однако совокупность независимых наблюдений, хорошо согласующихся с предположением о древней природе ЕОН, является весомым свидетельством в пользу этой гипотезы.

Главным аргументом при обосновании геофизической природы магнитозон, безусловно, является сходимость палеомагнитной структуры одновозрастных отложений в удаленных разнофациальных разрезах. Аналоги почти всех магнитозон, выделенных в Акуше, выделяются и в удаленном примерно на 40 км разрезе альба у с. Гергебиль

[5, 7] (рис. 4). Этот признак (т. н. “критерий внешней сходимости”) становится особо существенным, когда схожая магнитополярная зональность обнаруживается в одновозрастных стратиграфических интервалах регионов, имеющих совершенно различную геологическую историю. Сопоставление Акушинской палеомагнитной колонки с магнитостратиграфическими разрезами альба Средней Азии, Западной Европы, Северной Африки и других областей обнаружили вполне удовлетворительную сходимость палеомагнитных данных (рис. 4).

Палеомагнитные характеристики разреза

Терминология магнитостратиграфических подразделений, охарактеризованных ниже, дана в соответствии со Стратиграфическим кодексом [17]: субзона по стратиграфическому объему сопоставима с зоной, ортозона – с ярусом (несколькими ярусами) – подъярусом.

Палеомагнитная колонка разреза Акуши состоит из чередования семи субзон – трех прямой (N_{1al} , N_{2al} , N_{3al}), двух обратной (R_{1al} , R_{2al}) и двух переменной (Nr_{al} , Rn_{al}) полярности (рис. 1). Субзона Nr_{al} представляет верхнюю часть ортозоны $RNbr_1$ – al_1 , субзона N_{2al} эквивалентна по своему объему ортозоне Nal_2 , остальные субзоны образуют ортозону $NRal_3$ [29].

Снизу разрез начинается субзоной переменной полярности Nr_{al} (мощность 6 м), которая соответствует аммонитовой зоне *Leymeriella tardifurcata* и практически всей зоне *regularis*. Магнитозона образована сочетанием семи разнополярных микрозон, среди которых нормальная полярность ЕОН явно преобладает.

Выше следует субзона прямой полярности N_{1al} (34,8 м), стратиграфически эквивалентная части нижнего альба (кровля зоны *regularis* и зона *Douvilleiceras mammillatum*), среднему и подошве верхнего (основание зоны *Diploceras cristatum*) альба. В низах магнитозоны по единичным образцам зафиксированы два r -интервала, которые приурочены к подзоне *ruizosianum* зоны *mammillatum*. Поскольку эти аномалии не находят подтверждения ни в нижней ни в вышележащих слоях, их природа остается под сомнением. В любом случае они вряд ли имеют реальное стратиграфическое значение.

Далее разрез наращивается субзоной преимущественно обратной полярности Rn_{1al} (мощность 6,1 м), которая приурочена к верхам верхнеальбской зоны *D.cristatum* и состоит из трех r - и подчиненных двух n -интервалов.

Непосредственно выше располагается субзона прямой полярности N_{2al} (6,9 м), охватывающая кровлю зоны *cristatum* и большую часть зоны *Hystericeras orbignyi*. Верхи последней, а также зона

Hystericeras varicosum и низы *Mortoiceras inflatum* образованы субзоной обратной полярности R_{1al} (8 м), осложненной в верхней части (подошва *inflatum*) *n*-интервалом.

Разрез продолжается сравнительно крупной субзоной прямой полярности N_{3al} (мощность 13,9 м), стратиграфически отвечающей зоне *Mortoniceras inflatum* и самому основанию зоны *Stoliczkaia dispar*.

Венчает разрез альба субзона обратной полярности R_{2al} (12,2 м), осложненная в кровле *n*-интервалом, которая отвечает практически всей зоне *dispar*.

Петромагнитные характеристики разреза

Неоднократное возрастание и спад магнитной восприимчивости позволяют выделить в разрезе четыре двуцленных ритма, проиндексированных снизу как \mathcal{X}_1 , \mathcal{X}_2 , \mathcal{X}_3 и \mathcal{X}_4 . Каждый ритм состоит из сильномагнитного (верхнего) и слабомагнитного (нижнего) интервалов (рис. 1). \mathcal{X}_1 соответствует нижнему и среднему альбу, \mathcal{X}_2 – зонам *Dipoloceras cristatum* – *Hystericeras varicosum*, \mathcal{X}_3 – зоне *Mortoniceras inflatum* и \mathcal{X}_4 – зоне *Stoliczkaia dispar*, причем основания петромагнитных комплексов приурочены к границам основных биостратиграфических подразделений. В пределах нижнего ритма \mathcal{X}_1 граница сильно- и слабомагнитного интервалов совпадает с рубежом *Oxytridoceras rossianum* – *Anahoplites intermedius*.

Особый интерес представляет распределение по разрезу значений прироста магнитной восприимчивости. Сглаженная кривая $\Delta \mathcal{X}$ (рис. 1), полученная путем вычисления скользящего среднего арифметического по пяти образцам с шагом в один образец, обнаруживает отчетливую ритмичность, причем три крупных участка на ней, где $\Delta \mathcal{X} > \Delta \mathcal{X}_{cp}$, стратиграфически эквивалентны зонам *Pseudosonneratia eodentata* – *Oxytridoceras rossianum*, *Hystericeras orbignyi* – *H. varicosum* и *Mortoniceras inflatum* *Stoliczkaia dispar* соответственно.

Геологические результаты палео- и петромагнитных исследований

Благодаря комплексному изучению биостратиграфии, палео- и петромагнитных свойств альбских отложений представляется возможным сделать некоторые выводы о детальной стратификации Акушинского разреза [2, 21, 29] и условиях седиментации в альбском веке на территории Дагестана.

1. Ряд аммонитовых зон в разрезе дополнительно расчленены на основе палеомагнитной зо-

нальности (рис. 1). Например, зона *Dipoloceras cristatum* подразделяется на две части: нижнюю, прямой полярности, и верхнюю, характеризующуюся субзоной Rn_{al} .

2. Многие зоны получили индивидуальную магнитостратиграфическую и петромагнитную характеристику, что имеет первостепенное значение при корреляции опорного разреза с палеонтологически “немыми” толщами. В региональном масштабе особую ценность приобретает то обстоятельство, что практически все субзоны индивидуализированы с помощью скалярных магнитных характеристик. Выявление аналогов Акушинских палео- и петромагнитных подразделений в разрезе альба у с. Гергебиль (удаленном на 40 км), который чрезвычайно беден органическими остатками, позволило выделить в последнем слои, эквивалентные ряду зон эталонного разреза [5, 6].

3. Детальный анализ графиков \mathcal{X} позволяет судить о более тонких особенностях палеогеографии на территории Дагестана в конце раннемеловой эпохи.

Петромагнитная неоднородность осадочных толщ обусловлена спецификой осадконакопления, что позволяет рассматривать совокупности горных пород, выделенных по общности скалярных магнитных характеристик, как разновидность лито- или ритмостратиграфических подразделений [7]. В рассматриваемых отложениях, как было указано выше, основным носителем намагниченности является аллотигенный магнетит. Поэтому вариации на кривых \mathcal{X} (рис. 1) являются индикаторами неравномерного поступления ферромагнитного материала в палеобассейн из размываемых источников сноса. Нижний ритм (\mathcal{X}_1), отмеченный снижением значений \mathcal{X} (от 9 до $1 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ), соответствует нижнему альбу – зоне *rossianum*, среднего альба и связан с погружением Северо-кавказского региона и сопутствующим ему увеличением площади моря. Остальные три ритма характеризуются в нижних частях возрастанием \mathcal{X} , а в верхних – снижением. Они могут быть интерпретированы как отражение тектонических движений или как эвстатические колебания уровня моря, активизировавших привнос магнитного терригенного материала, либо как совместное действие этих факторов. С этих позиций легко объясняется приуроченность максимумов \mathcal{X} , являющихся индикаторами обширных и глобальных событий, к границам наиболее крупных биостратиграфических подразделений (средний – верхний альб, зоны *varicosum* – *inflatum*, *inflatum* – *dispar*) (рис. 1).

4. Магнитная восприимчивость пород резко возрастает после их нагрева до 500°C и обнаруживает значимые вариации по разрезам, анализ которых позволяет судить о концентрациях FeS_2 , образующегося в восстановительной среде, и сле-

довательно, о геохимической обстановке в альбском палеобассейне. Исследование этого явления в других разрезах альба Северного Кавказа выявило связь максимумов $\Delta\alpha$ с максимальным развитием аноксийных явлений, накоплением C_{org} и эвстатическим повышением уровня моря [22]. Участки графика прироста магнитной восприимчивости в Акушинском разрезе, где $\Delta\alpha > \Delta\alpha_{\text{ср}}$ обнаруживают приуроченность к стратиграфическим интервалам зон *eodentata* – *royssianum* в среднем альбе, *orbignyi* – *varicosum* и *inflatum* в верхнем альбе (рис. 1). Такое совпадение петромагнитных и биостратиграфических подразделений выглядит вполне логично, поскольку контролируется особенностями палеоклимата и эвстатическими колебаниями. Эти же факторы определяют соотношение планктонных и бентосных организмов в палеобассейне [22]. Следовательно, изменения величин термомагнитных параметров косвенно отражают условия седиментации и события в эволюции биоты. Таким образом, вертикальные распределения $\Delta\alpha$ в известной мере документируют смену фаунистической последовательности в данных разрезах. Это явление может помочь в уточнении границ зон, подъярусов и ярусов, а также при корреляции разрезов.

Сопоставление региональных и мировых данных по альбскому ярусу

Все известные к настоящему времени материалы о магнитной зональности альба, полученные по результатам исследований линейных магнитных аномалий, колонок глубоководного бурения и разрезов на различных континентах, однозначно свидетельствуют о преобладающем режиме прямой полярности на протяжении альбского века (рис. 4).

Разногласия по поводу магнитной зональности яруса проявляются в том, что все варианты аномалийных океанических шкал [24, 27, 30] и большинство магнитостратиграфических разрезов Северной Италии [34] фиксируют исключительно нормальную полярность в альбе, в то время как в палеомагнитных колонках донных осадков океанов [28, 31, 37], разрезах России [14, 15] и севера Африки [32, 35] документируется несколько инверсий на протяжении альбского века (рис. 4).

В сводной магнитостратиграфической шкале [11] к альбу отнесены две крупные магнитозоны обратного знака – одна в низах яруса, другая – в верхней его части. Обе выделены Д.М. Печерским [15] на северо-востоке России и подтверждены А.Н. Гусевновым [8] в Закавказье, Х. Назаровым [13] в Туркмении, Ю.С. Ржевским в Таджикистане [16], С.Д. Макаровой и М.Н. Цапенко в Фергане [10] и т. д. (рис. 4). Очевидно, первая

R-зона (“Гатань”) соответствует альбской магнитозоне RN_1al из сводного разреза Северного Кавказа, вторая – либо какой-то из магнитозон верхнего альба, либо их суперпозиции.

В альбском ярусе Туниса А.Е.М. Наирном [35] описаны четыре *r*-интервала, равномерно распределенные по разрезу (рис. 4), что согласуется с палеомагнитными данными по Северному Кавказу.

Палеомагнитная структура верхнего альба Юго-Западного Марокко [32] очень похожа на распределение полярности в пределах одновозрастных отложений в Акуше (рис. 4). Как в африканском, так и кавказском разрезах мощность обратноМагнитных отложений составляет 45 % от общей мощности верхнего альба.

В средней части альбского разреза *Contessa* (Северная Италия, Умбрия) зафиксированы семь интервалов обратного знака различной мощности [36] (рис. 4).

В верхнеальбских океанических осадках, извлеченных из скв. 263 [28, 31], зафиксированы три интервала обратной полярности (рис. 4), которые могут быть идентифицированы как магнитозоны Rn_2al , R_1al и R_2al Кавказской схемы. Аналог магнитозоны RN_1 (“Гатань”) установлен в низах альба в скв. 260 DSDP [28] (рис. 4).

Таким образом, результаты настоящей работы хорошо согласуются с концепцией о преобладающем режиме прямой полярности в альбе, осложненном в начале и конце века рядом геомагнитных инверсий.

Кратко рассмотрим причины, по которым хроны обратной полярности могут отсутствовать в средиземноморских разрезах и аномалийной шкале. Последняя, в силу методики своего построения (на основании данных дистанционной магнитной съемки), является генерализованной записью изменений геомагнитного поля, и обращения полярности небольшой длительности далеко не всегда могут быть в ней зарегистрированы. Кроме того, шкала линейных аномалий основана на ряде допущений (равномерная скорость спрединга, неучет магнитного влияния ультраосновных пород океанической коры и т. д.), правомерность которых в последнее время все чаще подвергается сомнению [4, 9, 18, 20, 23].

Широко известные материалы по палеомагнетизму альбских отложений Южных Альп [26, 34] также не могут служить решающим доводом в пользу монополярного режима альбского поля. Во-первых, разрезы отобраны в сильно тектонически переработанной зоне, где высока вероятность регионального перемагничивания пород. Во-вторых, в основании альба Умбрии фиксируется размык [25, 33, 36] и, вероятно, нижнеальбские слои, характеризуемые зоной “Гатань”, в Северной Италии отсутствуют. Возможно наличие и

других перерывов в разрезе альба, тем более что для его расчленения в этом регионе используются преимущественно фораминиферовая и нанопланктонная шкалы, уступающие по детальности аммонитовой.

Заключение

Итогом комплексных палеонтологических, палео- и петромагнитных исследований явилось создание магнитостратиграфического разреза альба Акуши, в котором впервые ряд аммонитовых зон альба получил магнитополярную характеристику. Выполненная работа имеет важное значение для решения как практических (расчленение и детальная корреляция альбских отложений Дагестана и сопредельных областей, выявление перерывов в осадконакоплении, выяснение условий седиментации), так и фундаментальных

задач. Палеомагнитные данные по Акушинскому разрезу содержат ценную информацию о режиме геомагнитного поля в конце раннемеловой эпохи и являются основой для уточнения и детализации общей магнитостратиграфической шкалы альбского яруса. Установленные магнитополярные подразделения, имеющие одинаковый характер в планетарном масштабе, могут быть использованы для параллелизации стратиграфических шкал разных биогеографических провинций.

Авторы благодарны В.Э. Павлову и В.П. Щербакову за предоставленную возможность провести термочистки и последующие замеры Jn на аппаратуре, находящейся в геофизической обсерватории ОИФЗ РАН (пос. Борок).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты 93-05-8547, 95-07-19015, 96-05-6544 по теме проекта 362 МПГК).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов М.Л., Рябушкин П.К. Применение статистических критериев согласия в палеомагнитных исследованиях // Изв. АН СССР. Сер. физ. Земли. 1978. № 7. С. 100 – 104.
2. Барбашкин Е.Ю., Гужиков А.Ю., Еремин В.Н. Био- и магнитостратиграфия альба в разрезе с. Акуша (Дагестан). Ст. 1. Биостратиграфия // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1997. Т. 70, вып. 1. С. 30 – 46.
3. Бурков Б.В., Ясонов П.Г. Введение в дифференциальный термомагнитный анализ горных пород. Казань. 1979. 160 с.
4. Власов Г.М., Мишин Л.Ф. Геотектоническая теория и магматогенно-рудные системы. М., 1992. 230 с.
5. Гужиков А.Ю., Еремин В.Н., Барбашкин Е.Ю. и др. Палео- и петромагнитные исследования альбских отложений Дагестана // Деп. в ВИНИТИ, № 3204 – В92. 1992. 16 с.
6. Гужиков А.Ю. Палео- и петромагнетизм нижнемеловых отложений Сев. Кавказа и сопряженных территорий (общие вопросы и решение прикладных задач): Автореф. канд. дис. Саратов, 1994. 19 с.
7. Гужиков А.Ю., Молостовский Э.А. Стратиграфическая информативность численных магнитных характеристик осадочных пород (методические аспекты) // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1995. Т. 70, вып. 1. С. 32 – 41.
8. Гусейнов А.Н. Палеомагнетизм юрских и меловых отложений восточной части Малого Кавказа: Автореф. канд. дис. Баку, 1988. 19 с.
9. Линькова Т.И., Райкевич М.И. Палеомагнитные исследования коренных пород западной части Тихого океана. Магадан, 1989. 40 с.
10. Макарова С.Д., Цапенко М.Н. О ритмостратиграфической и палеомагнитной корреляции меловых формаций Сев. и Вост. Ферганы // Докл. АН Уз. ССР. 1971. № 8. С. 44 – 46.
11. Молостовский Э.А., Храмов А.Н. Палеомагнитная шкала фанерозоя и проблемы магни-
- тостратиграфии // Тр. 27-й МГК. М., 1984. Т. 1. С. 16 – 24.
12. Нагата Т. Магнетизм горных пород. М., 1965. 348 с.
13. Назаров Х., Мамедов М., Рамазанов С. и др. Палеомагнитно-стратиграфические исследования мезозойских отложений территории Туркменистана // Геол. строение Туркменистана. Ашхабад, 1987. С. 161 – 179.
14. Палеомагнитология. Л., 1982. 312 с.
15. Печерский Д.М. Палеомагнетизм и палеомагнитная корреляция мезозойских отложений Северо-Востока СССР // Палеомагнит. и биостратиграф. характерист. некот. опор. разрезов мазозоя и кайнозоя севера Дальнего Востока // Тр. СВК НИИ. Вып. 27. Магадан, 1970. С. 58 – 99.
16. Ржеский Ю.С. Исследования естественной остаточной намагниченности осадков нижнего мела Таджикской депрессии с целью выявления перспектив ее использования для решения некоторых вопросов тектоники: Автореф. канд. дис. Л., 1968. 27 с.
17. Стратиграфический кодекс. СПб., 1992. 120 с.
18. Удинцев Г.Б. Рельеф и строение дна океанов. М., 1987. 238 с.
19. Шипунов С.В. Основы палеомагнитного анализа: теория и практика. М., 1993. 159 с.
20. Шредер А.А. Магнетизм океанской листосфера и линейные палеомагнитные аномалии // Физ. Земли. 1992. № 6. С. 59 – 70.
21. Вагабоскин Е.И. Albian ammonite zonation and magnetostratigraphy of the Northern Caucasus // Abstr. 2d Internat. Sympos. on Grotac. Stage Boundaries. Brussels, 1995. Р. 18.
22. Вагабоскин Е.И., Гужиков А.Ю., Александрова А.А. Terminal Albian anoxic events and Northern Caucasus basin evolution // Cretaceous Research (в редакции).
23. Berggren W.A., McKenzie D.P., Slater T.G. et al. World-wide correlation of meso-

- events and Northern Caucasus basin evolution // Cretaceous Research (в редакции).
23. Berggren W.A., McKenzie D.P., Sclater T.G. et al. World-wide correlation of mesozoic magnetic anomalies and its implication: discussion and reply // Bull. Geol. Soc. Amer. 1975. Vol. 86, № 2. P. 267 – 272.
24. Chan L.S., Alvarez W. Magnetic polarity stratigraphy // Rev. geophys. space physics. 1983. Vol. 21, № 3. P. 620 – 626.
25. Channell J.E.T., Lowrie W., Medizza F. Middle and Early Cretaceous magnetic stratigraphy from the Cismon section, Northern Italy // Earth Planet. Sci. Lett. 1979. Vol. 42. P. 153 – 166.
26. Channell J.E.T., Bralower T.J., Grandesso P. Biostratigraphic correlation of Mesozoic polarity chronos CM1 to CM23 at Capriolo and Xausa (Southern Alps, Italy) // Earth Planet. Sci. Lett. 1987. Vol. 35. P. 203 – 221.
27. Gradstein F.M., Agterberg F.P., Jugg J.G. et al. A Mesozoic time scale // J. Geophys. Res. 1994. Vol. 99. P. 24, 051 – 24, 074.
28. Green K.E., Brecher A. Preliminary paleomagnetic results for sediments from Site 263, Leg 27 // Init. Rep. of the DSDP. 1974. Vol. 27. P. 405–413.
29. Guzhikov A.Yu., Eremin V.N. Regional magnetic zonality scheme for the Lower Cretaceous from the North Caucasus and its importance for the general magnetostratigraphic scale // Progr. and abstr. Ann. Assembly of IGCP Project No. 362. "Tethyan and Boreal Cretaceous". Maastricht, 1995. P. 41 – 42.
30. Harland W.B., Armstrong R.L., Cox A.V. et al. A Geologic Time Scale // Cambridge Univ. Press. 1989. 236 p.
31. Jarrard R.D. Paleomagnetism of some leg 27 sediment cores // Init. Rep. of the DSDP. 1974. Vol. 27. P. 415 – 423.
32. Krumbeek K. Cretaceous Magnetic Stratigraphy of Southwest Morocco // Geol. Northwest Afr. Contin. Margin. 1982. P. 475 – 497.
33. Lowrie W., Alvarez W., Silva I.P. et al. Lower cretaceous magnetic stratigraphy in Umbrian pelagic carbonate rocks // Geophys. J. R. astr. Soc. 1980. Vol. 60. P. 263 – 281.
34. Lowrie W., Channell J.E.T., Alvarez W. A review of magnetic stratigraphy investigations in Cretaceous pelagic carbonate rocks // J. Geophys. Res. 1980. Vol. 85, № B7. P. 3597 – 3605.
35. 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.
36. Tarduno J.A., Lowrie W., Sliter W.V. et al. Reversed Polarity Characteristic Magnetizations in the Albian Contessa Section, Umbrian Apennines, Italy: Implications for the Existence of a Mid-Cretaceous Mixed Polarity Interval // J. Geophys. Res. 1992. Vol. 97. P. 241 – 271.
37. Van Hinte J.E. A Cretaceous time scale // Bull. Am. Assoc. Pet. Geol. 1976. Vol. 60. P. 498 – 516.

Московский государственный университет
Саратовский государственный университет

Поступила в редакцию
10.10.95

ALBIAN BIO-AND MAGNETOSTRATIGRAPHY IN AKUSHA SECTION (DAGHESTAN).
2. MAGNETOSTRATIGRAPHY

E.J. Baraboshkin, A.Yu. Guzhikov, V.N. Eremin

The sequence of magnetic intervals in Albian of Akusha section consists of alternation of 7 magnetic subzones – 3 normal, 2 reversed and 2 unstable.