

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/37_2015

УДК 550.384:551.734(481-922.1)

*Памяти Алексея Никитича Храмова***Иосифиди А.Г.**Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, iosifidi@km.ru

МАГНИТОСТРАТИГРАФИЯ РАННЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ОСТРОВА ШПИЦБЕРГЕН

Представлены новые палеомагнитные данные, полученные по раннедевонским отложениям северной части о. Шпицберген. Детальное температурное размагничивание раннедевонских пород выявило двухкомпонентный состав естественной остаточной намагниченности. Зоны прямой и обратной полярности выделены в раннедевонских отложениях серии Ред-Бей (Red Bay), свиты Андебреен (Andreebreen), Френкельрюгген (Fraenkelryggen) и Бен Невис (Ben Nevis), серии Вуд Бей (Wood Bay), свиты Карп-Хьелдсен (Karr Kjeldsen) и Кельтифьеллет (Keltiefjellet). Тесты складки и обращения полярности для компонент естественной остаточной намагниченности положительны. Направления полученных палеомагнитных полюсов для раннедевонского времени согласуются с имеющимися данными по о. Шпицберген. Корреляция полученных в данном исследовании магнитозон с общей магнитостратиграфической шкалой подтверждает древний возраст выделенных компонент естественной остаточной намагниченности.

Ключевые слова: полярность геомагнитного поля, магнитостратиграфия, палеомагнитные полюсы, о. Шпицберген.

Историческое отступление

В 1953 г. Алексей Никитич Храмов¹ приступил к исследованиям фаунистически неохарактеризованных разрезов нефтепродуктивной толщи плиоцена Восточного Азербайджана и красноцветной свиты Западной Туркмении. В процессе палеомагнитных исследований было установлено, что разрезы представлены чередованием зон прямой и обратной полярности, при этом их последовательность прослеживалась по латерали в разрезах различного литолого-фациального состава. Корреляция изученных толщ по выделенным зонам показала их соответствие одному и тому же стратиграфическому уровню. Палеомагнитные данные полностью подтвердили высказанное ранее мнение геологов о синхронности этих отложений. Благодаря этому, удалось сопоставить разрезы блоков «битой тарелки» Челекенской антиклинальной структуры и восстановить их первоначальное положение [Храмов, 1955, 1958]. Проведенные в 50-е гг. исследования пермских и триасовых отложений Русской платформы (разрезы р. Вятка и р. Кама) также выявили наличие зон прямой и обратной полярности геомагнитного поля.

¹ <http://www.ngtp.ru/rub/autors/ANKhramov.html>

Впервые в мире было показано, что явление инверсий геомагнитного поля не только реально, но и может быть использовано для решения практических задач геологии. Важным результатом работы стала разработка методики магнитостратиграфических исследований, которая актуальна и в настоящее время. Эти работы послужили зарождению нового приложения палеомагнетизма – магнитостратиграфии. На основе полученных результатов была издана монография «Палеомагнитная корреляция осадочных толщ» [Храмов, 1958]. Важность работы была оценена известным австралийским палеомагнитологом Е. Ирвингом (E. Irving), который способствовал её переводу на английский язык. Книга была опубликована в 1960 г. «*Palaeomagnetism and stratigraphic correlation*» и сразу стала мировым палеомагнитным бестселлером и дала толчок широкому применению магнитостратиграфического метода на практике [Khramov, 1960]. Эти работы Алексея Никитича послужили началом «палеомагнитного бума» и в СССР. Наиболее активно палеомагнитные исследования выполнялись во ВНИГРИ под руководством Алексея Никитича Храмова. Результатом многолетних магнитостратиграфических исследований палеомагнитологов СССР, проводимых под общим руководством Алексея Никитича Храмова, стало создание общей магнитостратиграфической шкалы полярности фанерозоя [Дополнение к Стратиграфическому..., 2000].

Введение

Геомагнитное поле – явление планетарное, поэтому именно границы магнитостратиграфических подразделений могут служить каркасом для глобальной корреляции геологических событий. Вместе с тем наличие биостратиграфических реперов дает возможность проводить детальную стратификацию разрезов и их корреляцию как внутри региона, так и за его пределами. Эти данные образуют жесткий каркас, в который должны укладываться все модели глобальной корреляции геологических событий, связанных с палеотектоническими и палеогеографическими перестройками, изменением уровня Мирового Океана и другими процессами, которые могли привести к экологическим катастрофам.

Существующие варианты общей магнитостратиграфической шкалы фанерозоя [Дополнение к Стратиграфическому..., 2000; The Geological Time..., 2012] имеют сильное различие для раннедевонской эпохи. В обоих вариантах фиксируется зона положительной полярности в начале лохковского яруса. Далее по [Дополнение к Стратиграфическому..., 2000] выделяется еще 5 зон положительной полярности, а по [The Geological Time..., 2012] большая зона обратной полярности. Такое различие требует проведения дополнительных исследований для уточнения магнитной зональности геомагнитного поля в раннедевонское время. Одной из причин сложившейся ситуации является неполнота разрезов девонских

отложений, изученных на разных континентах. Наличие размывов и перерывов в осадочных толщах девона не позволяет получить полные временные ряды палеомагнитных данных. Поэтому необходим поиск разрезов большой мощности и их палеомагнитное изучение. Одним из перспективных объектов являются разрезы девонских отложений острова Шпицберген [Буров, Мурашов, 1967; Мурашов, Мокин, 1976; Стратиграфический словарь Шпицбергена, 1990] (рис. 1). Общая мощность девонских отложений о. Шпицберген достигает 8 км. Это создает предпосылки получения полных временных рядов палеомагнитных данных и, соответственно, более детальную запись поведения геомагнитного поля в девонскую эпоху, чем по разрезам других континентов.

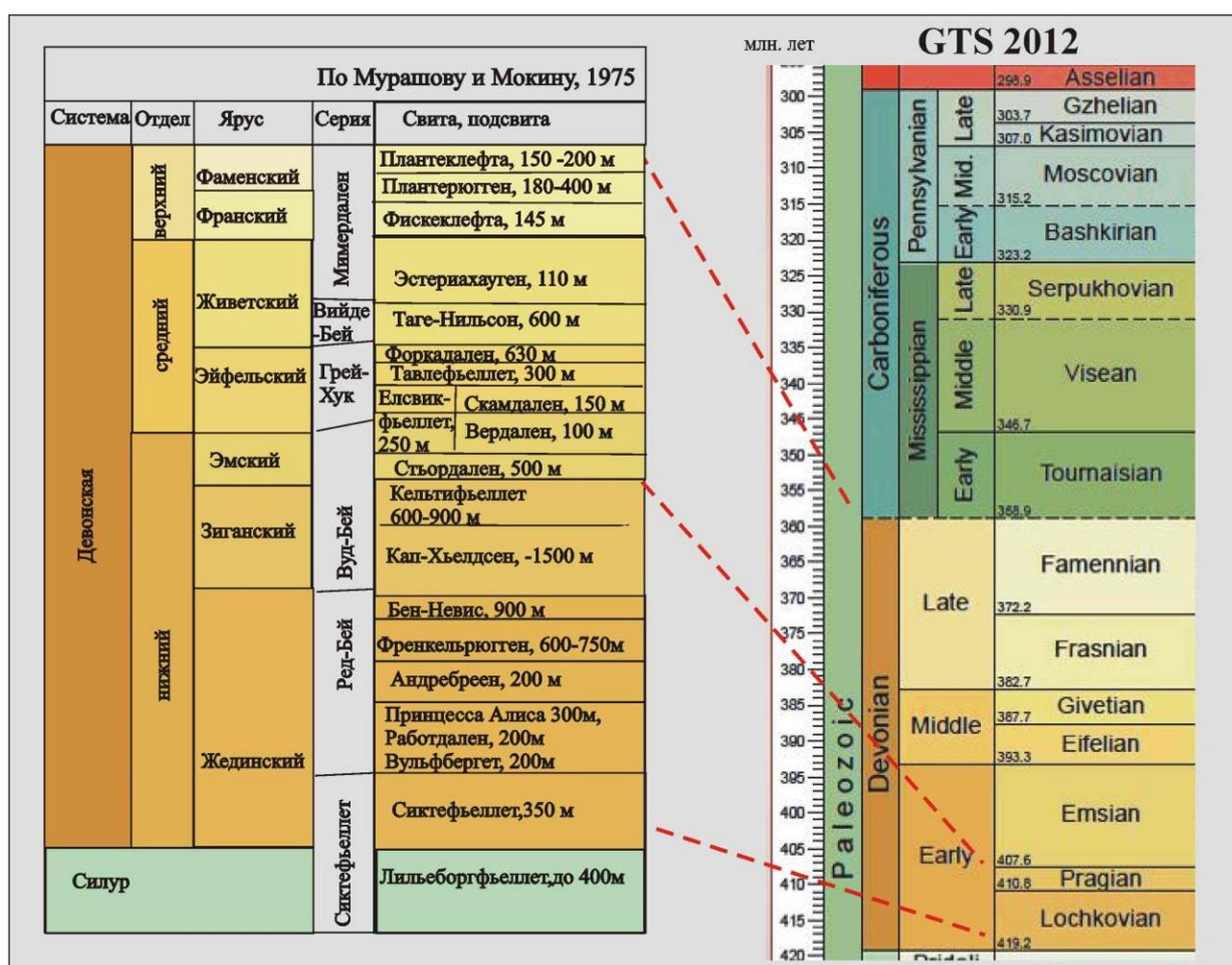


Рис. 1. Схема корреляции стратиграфии отложений девона Шпицбергена с международной стратиграфической шкалой

В данной работе представлены палеомагнитные данные, полученные по раннедевонским отложениям северо-западной части о. Шпицберген. Коллекция образцов горных пород девонского возраста была отобрана в полевые сезоны 1986 г. и 1987 г. (коллекция собрана Е.Л. Гуревичем и А.Г. Иосифиди). Первые результаты изучения этой

коллекции были представлены в работах [Погарская, Гуревич, 1988; Иосифиди и др., 2007; Iosifidi, Khramov, 2013].

Объекты исследования и методика работ

Лифде-фьорд. На северном берегу Лифде-фьорда в его начале в береговых обрывах отобраны образцы горных пород раннедевонского возраста серий Ред-Бей (D₁, лохковский ярус) и Вуд Бей (D_{1р}, пражский ярус), [Мурашов, Мокин, 1976; Стратиграфический словарь Шпицбергена, 1990]. В данной работе представлены результаты изучения образцов горных пород серии Ред-Бей из верхней части свиты Френкельрюгген (28 стратиграфических уровней, общая мощность изученного интервала 300 м) и серии Вуд Бей из свиты Кельтифельлет (19 стратиграфических уровней, общая мощность изученного интервала 65 м). Породы представлены переслаиванием коричнево-красных, зеленовато-серых разномасштабных, часто косослоистых песчаников и алевролитов (рис. 2, обнажения 1, 2, 4, 5, 6). Результаты изучения нижней части свиты Френкельрюгген (41 штупф, с шагом отбора 2–3 м; общая мощность изученного интервала 200 м) были представлены ранее в работе [Iosifidi, Khramov, 2013].

Рауд-фьорд. На западном берегу Рауд-фьорда на п-ове Бучананхалвой (Buchananhalvöya) 1 км южнее горы Каррфельлет (Carrfjellet) отобраны образцы горных пород из свиты Андребреен (30 стратиграфических уровней, общая мощность изученного интервала 130 м). Шаг отбора образцов составлял 2–10 м. На восточном берегу Рауд-фьорда отобраны образцы горных пород из свиты Бен Невис (21 стратиграфических уровней, общая мощность изученного интервала 95 м). Породы представлены серыми, зеленовато-серыми полимиктовыми песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов. В средней части свиты Бен Невис имеется пачка лилово-красных песчаников и алевролитов (рис. 2, обнажения 8, 9).

Бок-фьорд. На восточном берегу Бок-фьорда отобраны образцы горных пород раннедевонского возраста серии Вуд Бей из свиты Кап-Хьелдсен (106 стратиграфических уровней, общая мощность изученного интервала 770 м). Шаг отбора образцов составлял 2–10 м. Породы представлены переслаиванием красноцветных и серо-зеленых песчаников, алевролитов и аргиллитов (рис. 2, обнажения 01, 02, 03). Результаты исследования свиты Кап-Хьелдсен опубликованы в работе [Iosifidi, Khramov, 2013].

Лабораторные палеомагнитные исследования и обработка полученных результатов проводились по общепринятой методике [Палеомагнитология, 1982; Khramov, 1987]. При проведении терморазмагничивания пород применялись установки, помещенные в пятислойные пермаллоевые экраны (собственная конструкция ВНИГРИ) и TD48 (ASC Scientific, США).

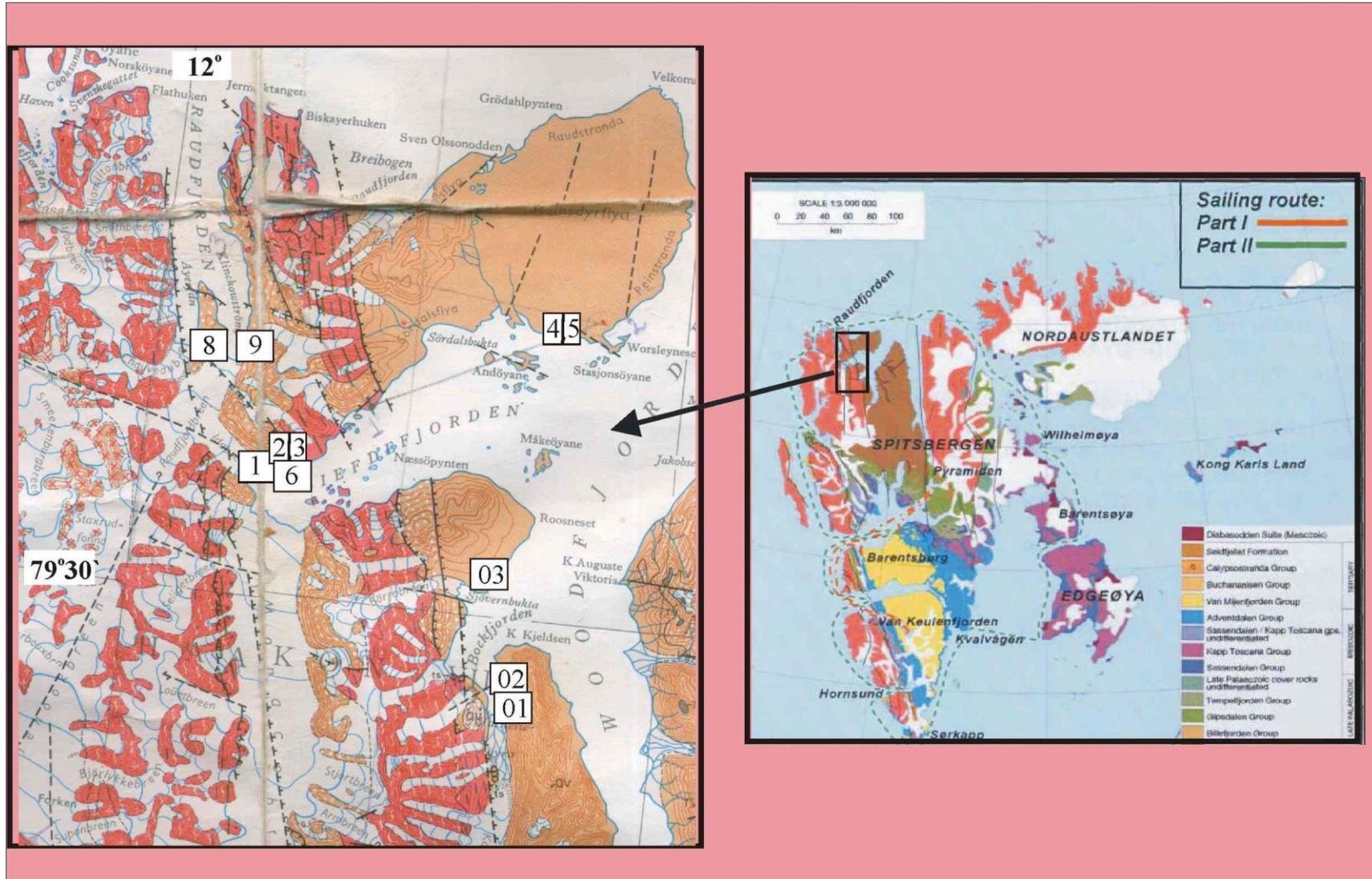


Рис. 2. Схема района отбора образцов. Использована геологическая карта [Hjelle, Lauritzen, 1982]

9 - точки отбора образцов. Обн. 4, 5 - свита Кельтифьлет (серия Вуд Бей), Лифде-фьорд; обн. 01, 02, 03 - свита Кан-Хьелдсен (серия Вуд Бей), Бок-фьорд; Обн. 9 - свита Бен Невис (серия Ред Бей), Лифде-фьорд; Обн. 1, 2, 6 - свита Френкельрюгген (серия Ред Бей), Лифде-фьорд; Обн. 8 - свита Андербреен (серия Ред Бей), РAUD-фьорд.

Измерения естественной остаточной намагниченности велись на магнитометрах JR-4 и JR-5 (AGICO, Czech Republic). Магнитная восприимчивость измерялась на каппа-мостах KLY-2 и KLY-3 (AGICO, Czech Republic).

Анализ полученных данных и представление результатов в графической форме велось с использованием пакетов программ [Попов, 2007, 2008; Enkin, 1994]. Тесты складки и обращения применялись в модификациях [Watson, Enkin, 1993; McFadden, McElhinny, 1990], соответственно. При обработке данных статистика проводилась на уровне штуфов.

Экспериментальные данные

Магнитные свойства. Значения скалярных магнитных характеристик: естественной остаточной намагниченности (J_n) и магнитной восприимчивости (K_m) для изученных пород изменяются в широких пределах (табл. 1). Деблокирующие температуры для выделенных компонент естественной остаточной намагниченности образцов горных пород раннедевонского возраста лежат в интервалах 300–610°C и 400–670°C. Основными носителями характерной компоненты J_n являются минералы магнетитового ряда и гематит.

Компонентный анализ. Образцы горных пород раннего девона из изученных разрезов о. Шпицберген имеют, как правило, две компоненты естественной остаточной намагниченности. Примеры поведения вектора J_n при размагничивании образцов свиты Андербреен раннедевонского возраста показаны на рис. 3. Первая низкотемпературная компонента (А) выделяется в диапазоне 100–500°C и имеет направление, близкое к направлению современного геомагнитного поля ($D_c = 25^\circ$, $I_c = 80^\circ$) (табл. 1, строка 15; рис. 3). Часть образцов перемагничена современным геомагнитным полем полностью (рис. 3, образец 248-3). Из общего числа изученных образцов только в 25% случаев удается выйти на вторую, высокотемпературную компоненту D1 естественной остаточной намагниченности (рис. 3, образцы 247-2, 264-2) в интервале температур 400–610°C. Направление компоненты D1 представлено в табл. 1 (строка 16). Выделение характеристической высокотемпературной компоненты J_n в остальных случаях осложняется химическими изменениями в ходе нагрева (рис. 3, образец 268AB), что фиксируется ростом магнитной восприимчивости. По этой части коллекции выделение компоненты D1 проводилось методом кругов размагничивания. Выделенное направление имеет большее значение наклона (табл. 2, строка 17). Тест складки для компонент А и D1 неопределенный. Данные, полученные методом кругов размагничивания, объединялись с данными по образцам, где удалось выделить характеристическую компоненту J_n , по методу, предложенному в работе [McFadden, McElhinny, 1988] (табл. 2 строка 18).

Примеры температурного размагничивания образцов из верхней части свиты Френкельрюгген раннедевонского возраста показаны на рис. 4 (161-2, 169-3, 171-4, 181-3).

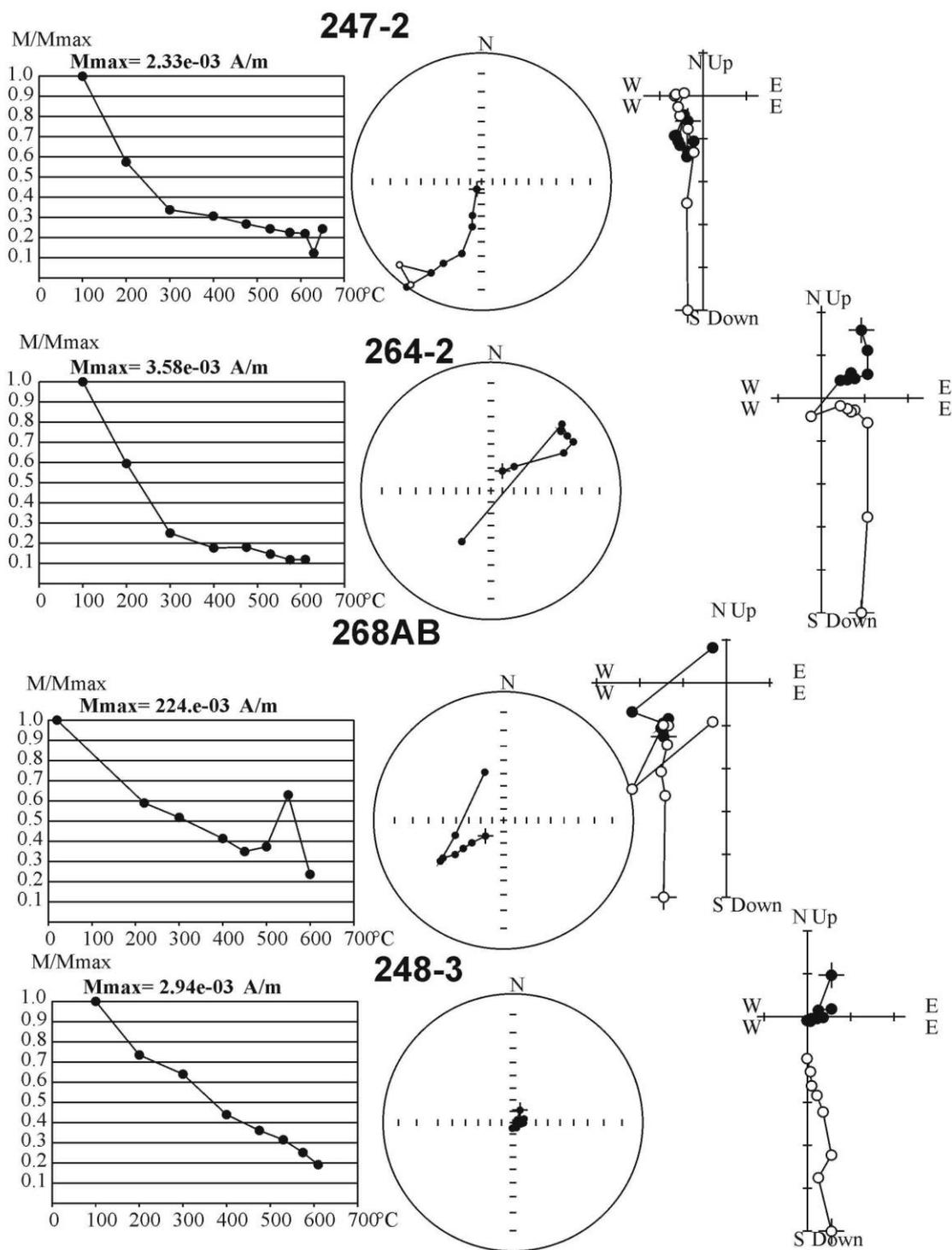


Рис. 3. Примеры размагничивания девонских образцов горных пород свиты Андербрун нагревами

а - кривые изменения величины естественной остаточной намагниченности в ходе терморазмагничивания; *б* - стереопроекция её направлений (пустые кружки - проекции векторов на верхнюю полусферу (для диаграмм Зийдверельда проекция вектора в вертикальной меридиональной плоскости), залитые кружки - проекции векторов на нижнюю полусферу (для диаграмм Зийдверельда проекция вектора в горизонтальной плоскости); *в* - диаграммы Зийдверельда; система координат для стереопроекций и диаграмм Зийдверельда стратиграфическая; остальные пояснения в тексте. Для построения рисунка использована программа Remasoft 3.0 [Chadima, Hrounda, 2006].

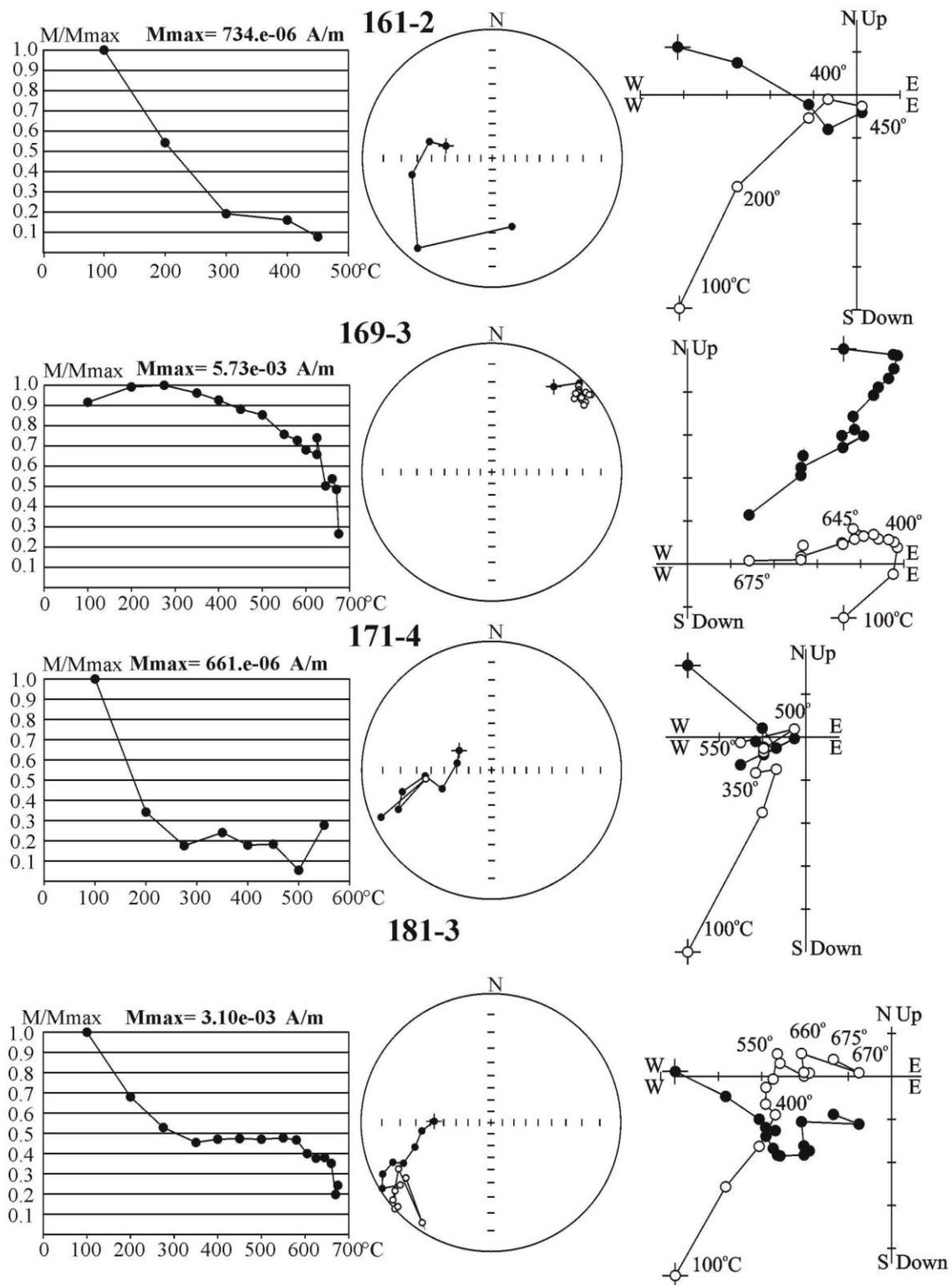


Рис. 4. Примеры размагничивания девонских образцов горных пород свиты Френкельрюгген нагревами

Условные обозначения см. рис. 3.

Естественная остаточная намагничённость изученных образцов горных пород имеет, как правило, две компоненты. Компонента А, выделяемая в температурном диапазоне (100–350°C), по всей вероятности, связана с вязким намагничиванием горных пород в

геомагнитном поле кайнозойской эры. Тест складки для компоненты А – неопределенный. Высокотемпературная биполярная компонента D1, выделяется в интервале температур 500–680°C и 350–650°C. Направления компонент А и D1 для всей свиты Френкельрюгген (полученные данные объединены с результатами по нижней части свиты [Iosifidi, Khramov, 2013]) представлено в табл. 2 (строки 11, 14). Тесты складки и обращения полярности компоненты D1 для всей свиты Френкельрюгген положительны (табл. 2, строка 14).

Таблица 1

**Пределы изменения величин естественной остаточной намагниченности (J_n)
и магнитной восприимчивости (K_m) изученных пород**

Обнажение/свита	Число измеренных образцов	Диапазон изменения J_n , мА/м	Среднее значение J_n , мА/м	Диапазон изменения K_m , 10^{-6} ед. СИ	Среднее значение K_m , 10^{-6} ед. СИ
обн. 8/ Андреев	56	0,4÷8,3	3,1	99÷356	215
обн. 6/Френкельрюгген	48	0,4÷8,2	1,9	208÷509	352
обн. 9/Бен Невис	42	0,2÷11,8	2,2	199÷406	291
обн. 5, 4/Кельтифельлет	45	0,4÷9,6	2,9		

Температурное размагничивание образцов раннедевонского возраста из свит Бен-Невис (образцы 280-1, 285-1) и Кельтифельлет (образцы 156-3, 160-3) показаны на рис. 5. Выделяются, как правило, две компоненты естественной остаточной намагниченности низкотемпературная, компонента А, и биполярная компонента D1. Тест складки неопределенный. Выделенные направления компонент J_n по породам свит Бен-Невис и Кельтифельлет представлены в табл. 2 и (строки 10 и 4, соответственно).

Полученные распределения компонент А и D1 по всем изученным свитам представлены на рис. 6 и 7, а направления палеомагнитных полюсов - в табл. 3.

В большинстве изученных разрезов раннедевонских отложений выделены зоны прямой и обратной полярности древнего геомагнитного поля. Распределение выделенных зон магнитной полярности для серий Ред Бей и Вуд Бей показаны на рис. 8, 9

Корреляция изученных разрезов с общей магнитостратиграфической шкалой [Дополнение к Стратиграфическому..., 2000; The Geological Time..., 2012] представлена на рис. 10. Средние палеомагнитные полюсы для изученных серий Ред Бей и Вуд Бей показаны на рис. 11, где для сравнения приведены данные по о. Шпицберген в интервале 420-145 млн. лет [Iosifidi, Khramov, 2013]. Полученные распределения магнитозон для раннего девона имеют сходимость с общей магнитостратиграфической шкалой по [Дополнение к Стратиграфическому..., 2000]. Удовлетворительный характер этой корреляции также подтверждает древний возраст выделенных характерных компонент J_n .

Таблица 2

Палеомагнитные направления для девонских отложений о. Шпицберген

Номер	Возраст ChRM, млн. лет	компл. J _n (интервалы выделения, °C)	с.к.	N/n	D°	I°	K	α ₉₅ °	Тест
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Обн. 4, 5, свита Кельтифельет (серия Вуд Бей), Лифде-фьорд, (φ=79,45°N, λ=13,46° E)									
1	KZ	A (100-350°C)	g	19/35	36	83	59	4	F-(d/c=0.2±0.4)
2		D1- (400-610°C)	g	4/6	210	-8	41	15	
			s		211	10	40	15	
3		D1+ (400-610°C)	g	8/10	16	35	25	11	
			s		17	15	28	10	
4	407-411	D1 (2+3)	g	12/16	22	27	16	11	F~
			s		22	7	17	11	
Обн. 01, 02, 03, свита Кап-Хьелдсен (серия Вуд Бей), Бок-фьорд, (φ=79,43°N, λ=13,35° E) [Иосифиди, Храмов, 2013]									
5	407-411	D1 (обн. 1, 2, 3)	g	72/101	35	21	14	5	F+, R+, класс B
			s		32	23	14	5	(γ/γ _{кр.} =9°/9°)
Обн. 9, свита Бен Невис (серия Ред_Бей), Лифде-фьорд, (φ=79,67°N, λ=12,27° E)									
6	KZ	A(100-300°C)	g	21/41	358	89	26	6	F~
7		D1-(400-610°C)	g	6/9	249	4	24	14	
			s		249	4	24	14	
8		D1+(400-610°C)	g	3/4	86	3	17	31	
			s		87	3	19	30	
9		По к. р. (310-500°C)	g	5/5	70	10		3	
			s		70	10		3	
10	407-411	D1 (7+8+9)	g	14/18	254	0	22	9	F~
			s		254	-1	22	9	
Обн. 1, 2, 6, свита Френкельрюгген (серия Ред-Бей), Лифде-фьорд, (φ=79,63°N, λ=12,76° E), данные объединены с полученными в работе [Иосифиди, Храмов, 2013]									
11	KZ	A (100-350°C)	G	63/109	24	78	24	4	F~ (d/c=0.5±0.1)
12		D1- (350-650°C)	g	27/48	204	38	7	11	
			s		213	7	11	9	
13		D1+ (500-680°C)	g	30/52	28	-26	11	8	
			s		33	3	15	7	
14	411-416	D1 (12+13)	g	57/100	26	-32	9	7	F+, R+, класс C
			s		33	-1	12	6	(γ/γ _{кр.} =4°/11°)
Обн. 8, D _{1p} , свита Андербреен (серия Ред_Бей), Рауд-фьорд, (φ=79,67°N, λ=12,17° E)									
15	KZ	A(100-350°C)	g	28/54	50	84	77	3	F~
16		D1-(400-610°C)	g	7/7	233	4	12	18	
			s		232	-8	17	15	
17		По к. р. (300-575°C)	g	11/11	58	22		8	
			s		51	23		5	
18	407-411	D1 (16+17)	g	18/18	235	-4	15	9	F~
			s		232	-13	26	7	

Примечание: N - число штурфов; n - число образцов; с.к. – система координат; g - географическая, s - стратиграфическая системы координат; D°, I° - склонение и наклонение средних направлений компонент; K - кучность векторов; α₉₅ – радиус круга доверия при 95% вероятности для среднего направления; по к.р. – направление получено по кругам размагничивания; F+(-,~) - тест складки положителен (отрицателен, неопределен) по [Watson, Enkin, 1993]; R - тест обращения полярности + (-) положителен (отрицателен) по [McFadden, McElhinny, 1990]; γ/γ_{кр.} - угол между векторам прямой и обратной полярности /критический угол для данной выборки; статистика на уровне штурфов.

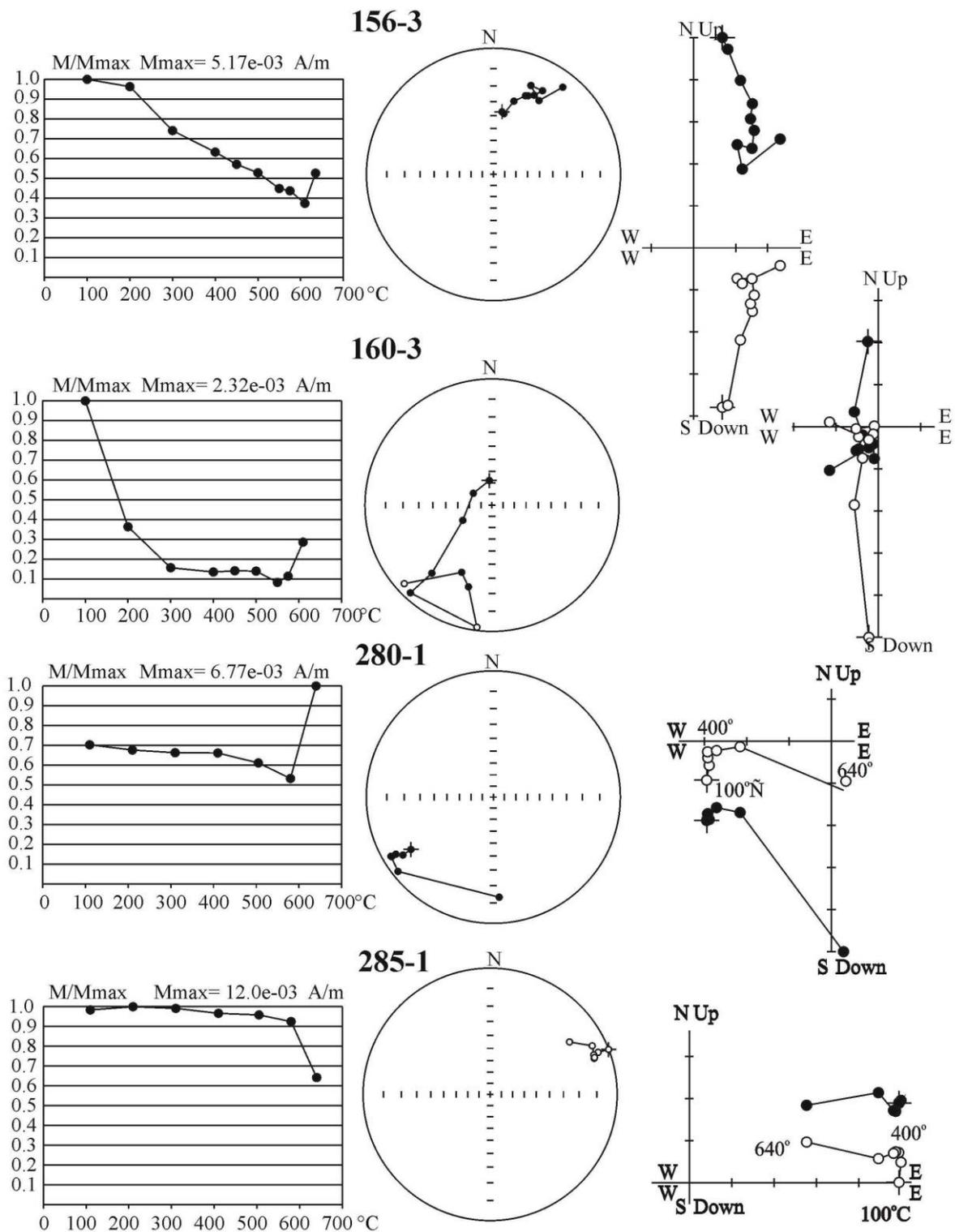


Рис. 5. Примеры размагничивания девонских образцов горных пород свит Кельтифьелет и Бен Невис нагревами

Условные обозначения см. рис. 3.

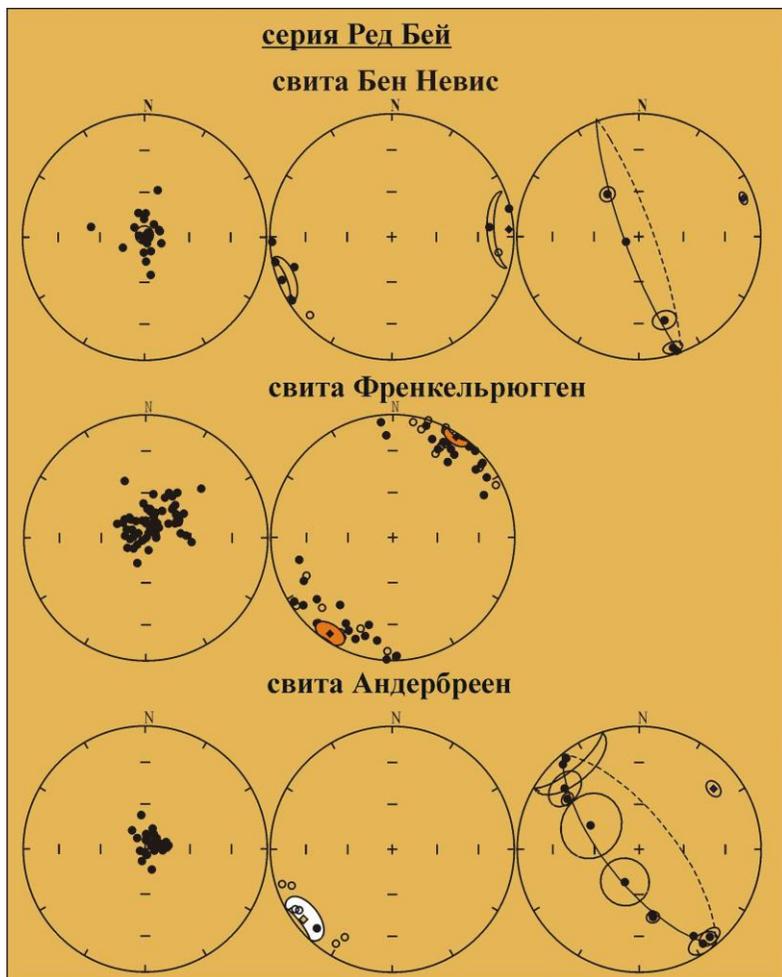


Рис. 6. Распределение направлений компонент естественной остаточной намагниченности раннедевонских отложений серии Ред Бей о. Шпицберген

Слева направо: компонента А - географическая система координат; компонента D1 - стратиграфическая система координат; определение направления компоненты D1 по нормалям к кругам размагничивания. Пустые (залитые) кружки - проекции векторов на верхнюю (нижнюю) полусферу; остальные пояснения в тексте.

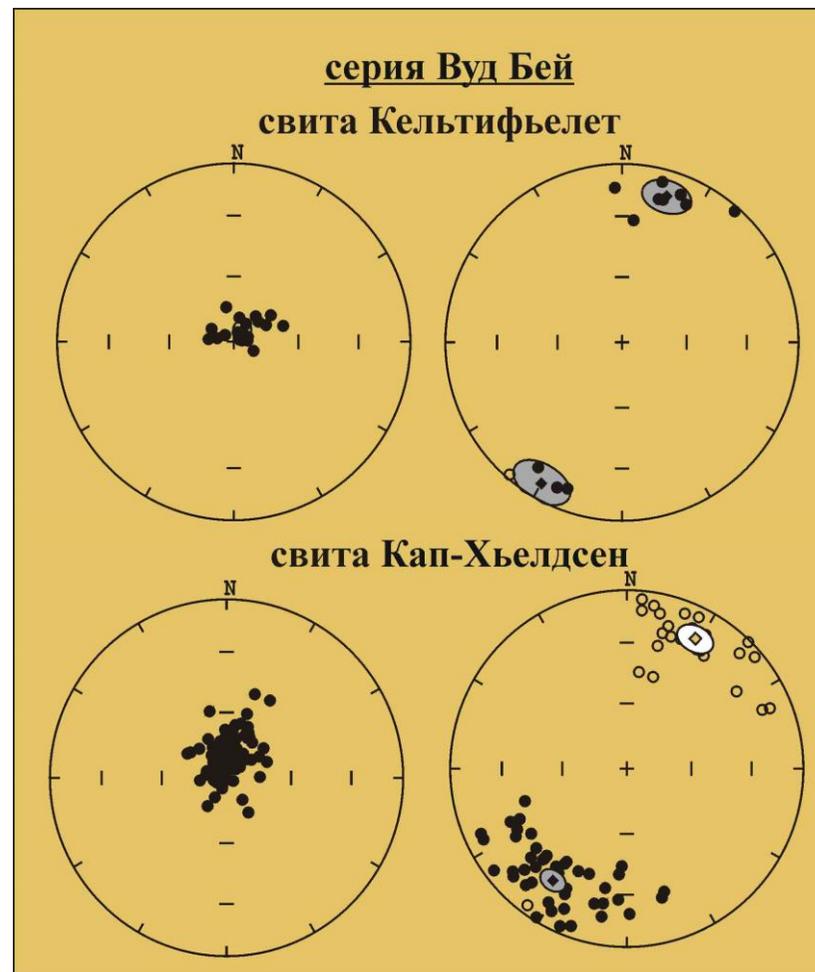


Рис. 7. Распределение направлений компонент естественной остаточной намагниченности раннедевонских отложений серии Вуд Бей о. Шпицберген

Условные обозначения см. рис. 6.

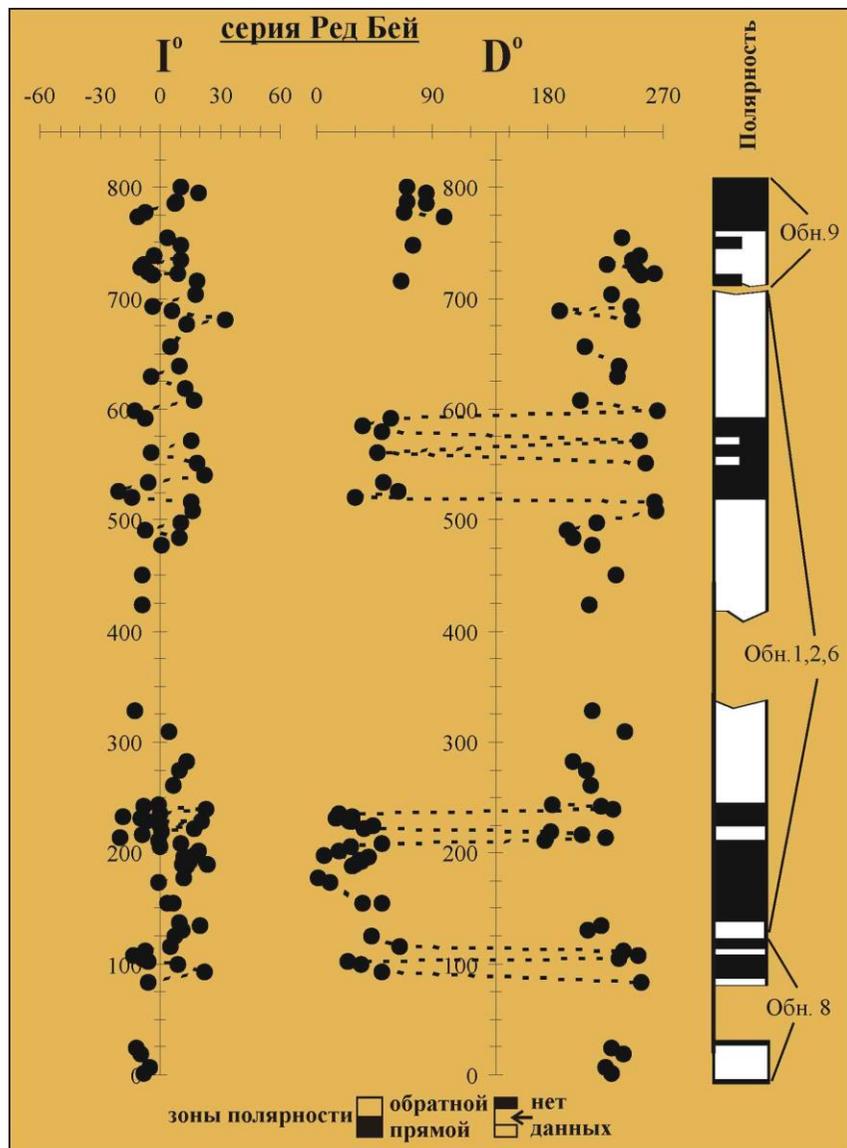


Рис. 8. Магнитная зональность изученных пород серии Ред Бей

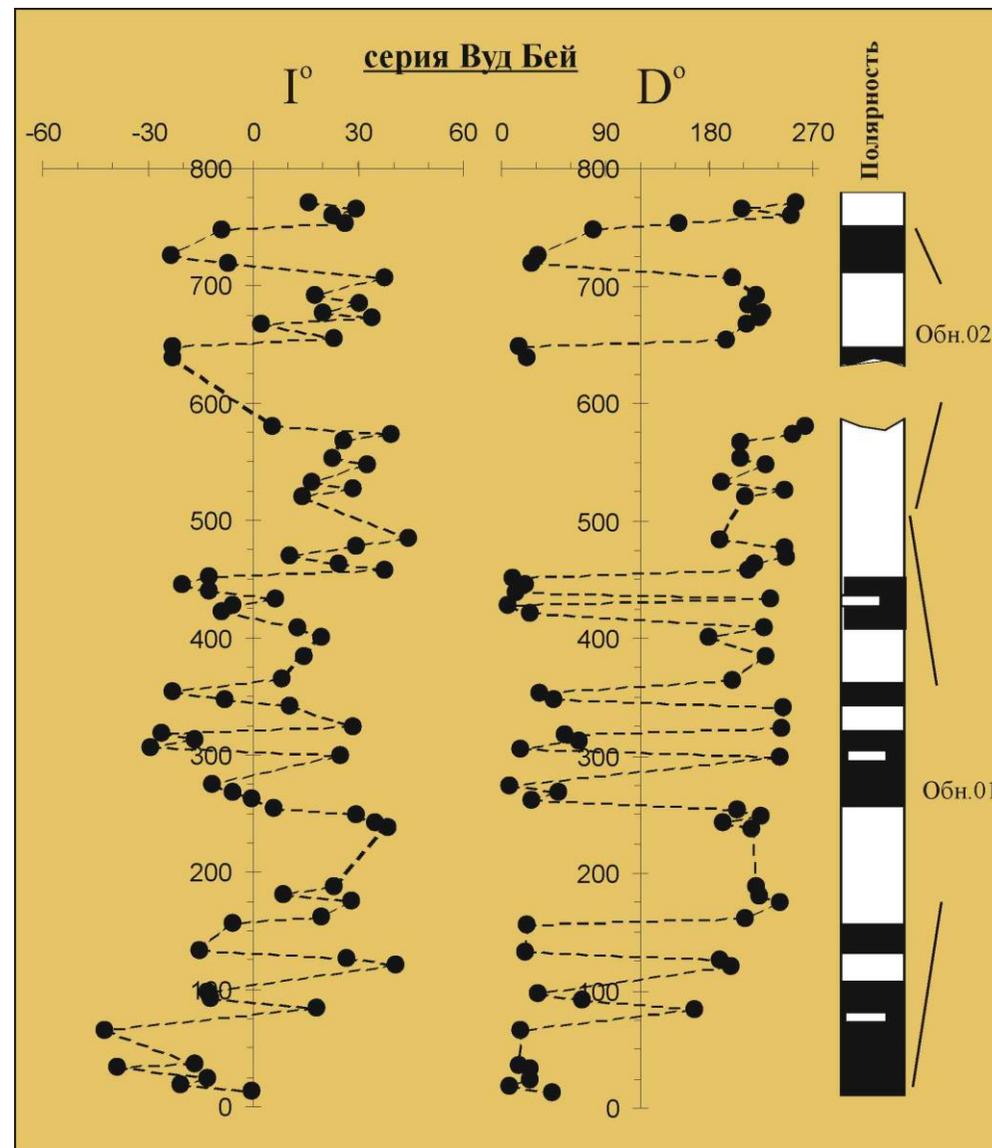


Рис. 9. Магнитная зональность изученных пород серии Вуд Бей

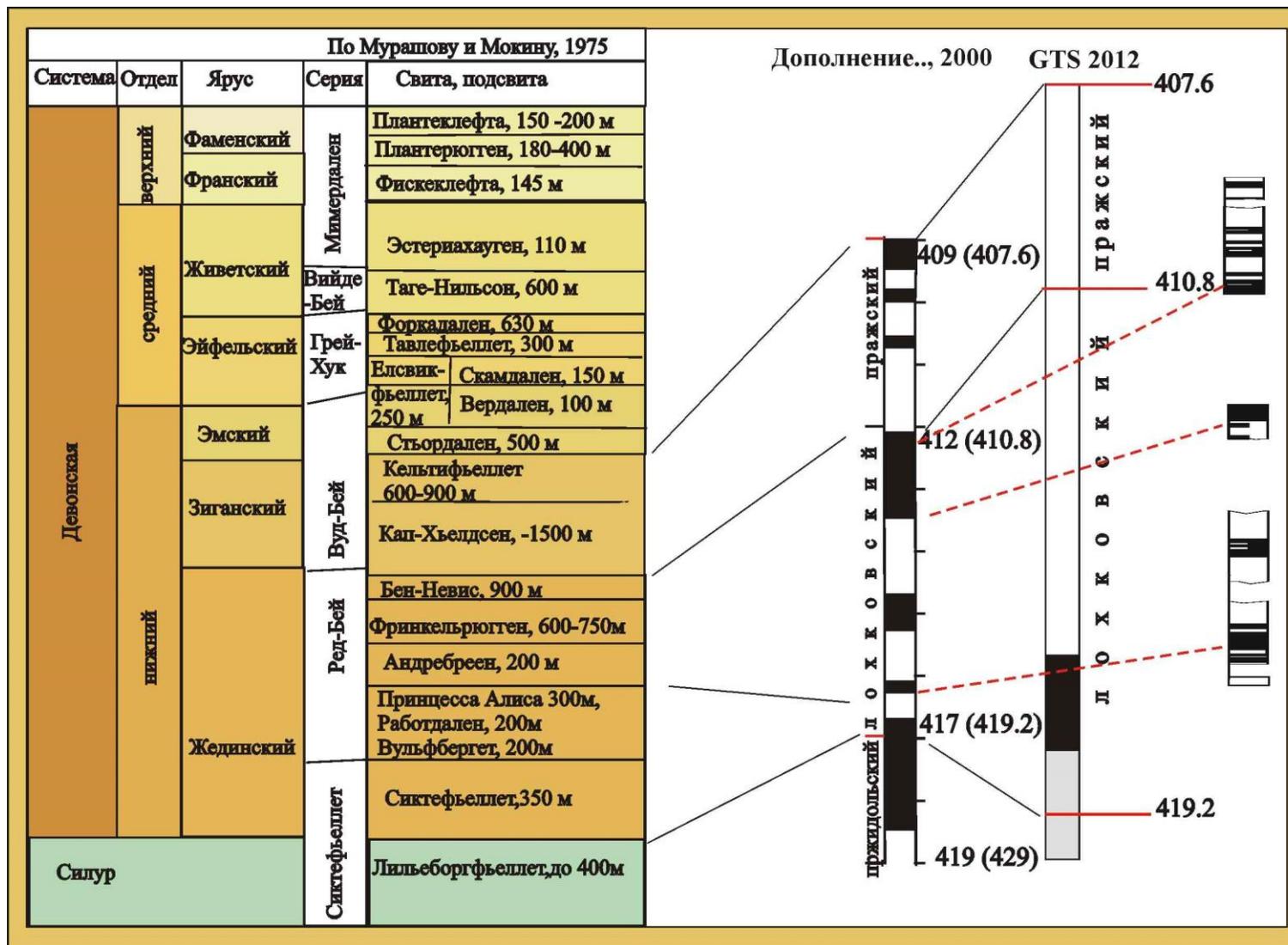


Рис. 10. Корреляция изученных разрезов с общей магнитостратиграфической шкалой

Таблица 3

Палеомагнитные полюсы для раннедевонских отложений о. Шпицберген

Номер	Свита, возраст ChRM, млн. лет	с.к.	N/n	Φ , °N	Λ , °E	dp°	dm°	φ_m°
1	свита Кельтифельлет, 408-411	s	12/16	13	170	6	11	4
2	Свита Кап-Хьелдсен, 408-411	s	72/101	-3	162	3	5	-12
3	серия Вуд Бей, 410	s	84/117	-1	164	3	5	-10
4	свита Бен Невис, 411-419	s	14/18	3	118	5	9	1
5	свита Френкельрюгген, 411-419	s	57/10	8	159	3	6	-1
6	свита Андребреен, 411-419	s	18/18	13	139	4	7	7
7	серия Ред-Бей, 416	s	89/136	8	150	3	5	1

Примечание: Φ° , Λ° - широта и долгота палеомагнитного полюса; dp° , dm° - полуоси овала доверия; φ_m° - палеомагнитная широта.

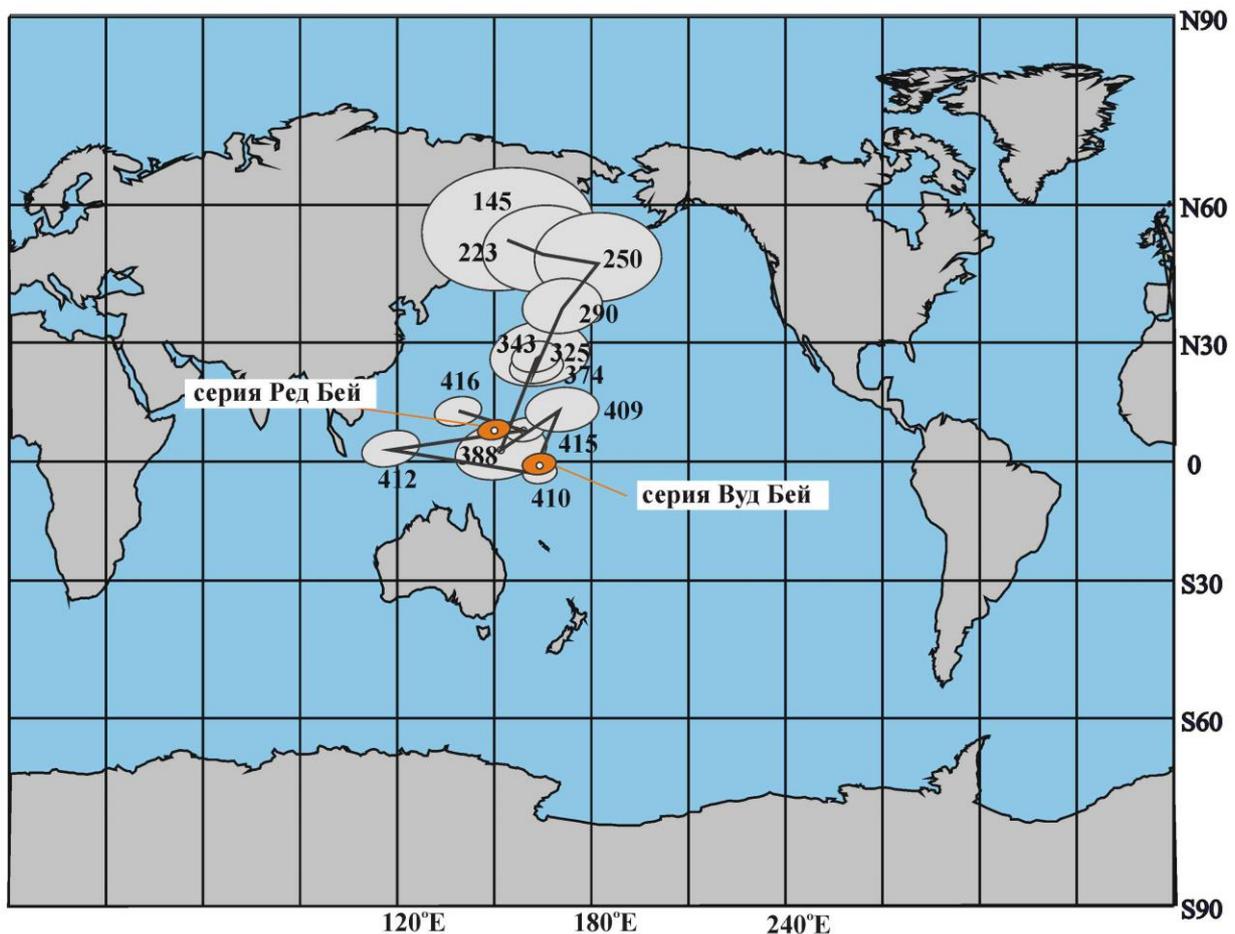


Рис. 11. Траектория кажущейся миграции палеомагнитных полюсов для Шпицбергена
Пояснения в тексте. Рисунок построен с помощью программы GMAP [Torsvik et al., 1990].

Обсуждение результатов

Полученные палеомагнитные направления по раннедевонским породам разрезов северо-западной части о. Шпицберген показывают хорошую сходимость по компоненте D1 с результатами, полученными в предыдущих работах [Погарская, Гуревич, 1988; Иосифиди и

др., 2007; Iosifidi, Khramov, 2013]. Естественная остаточная намагниченность, как правило, имеет двухкомпонентный состав. Первая компонента, выделяемая в большинстве пород (см. рис. 6, 7) в интервале температур 100-350°C), по всей вероятности, связана с вязким намагничиванием пород в геомагнитном поле кайнозойской эры. Вторая высокотемпературная компонента в большинстве разрезах биполярна (см. рис. 6, 7, табл. 2). Для наиболее представительных свит Френкельрюгген и Кап-Хьелдсен [Iosifidi, Khramov, 2013] эта компонента имеет доскладчатую природу (тест складки положителен) и положительный тест обращения полярности класса С и В, соответственно. Это указывает на синхронность записи изменения полярности геомагнитного поля. Для других свит (Андербреен, Бен-Невис и Кельтифьеллет) отмечается трудности выделения характерных компонент J_n , связанные с наличием химических превращений при проведении терморазмагничивания (см. рис. 3, 5). Тем не менее, по этим свитам также удалось выделить биполярную компоненту D1. О наличии позднепалеозойского перемагничивания части красноцветных девонских отложений указывалось в работах [Иосифиди и др., 2007; Iosifidi, Khramov, 2013]. Для изученных разрезов, где также преобладают красноцветные отложения, статистически значимых компонент, связанных с позднепалеозойским перемагничиванием не выявлено.

В отложениях серии Ред Бей выделено чередование 3 зон прямой и 3 обратной полярности (см. рис. 8). Для отложений серии Вуд Бей картина более сложная: чередование 4 зоны прямой и 4 обратной полярности, 6 зон прямой и обратной полярности непродолжительных по времени (по 2–3 уровня) (см. рис. 9). В обеих сериях имеются также кратковременные одноуровневые зоны прямой и обратной полярности. Поскольку отбор образцов осуществлялся с шагом от 2 до 10 м, то наличие пропусков в записи поведения геомагнитного поля неизбежно и это, естественно, усложняет интерпретацию полученных результатов. Отметим, что индекс достоверности данных по критериям для магнитостратиграфических исследований, предложенных в работе [Opdyke, Channell, 1996] составляет 5–6 баллов из 8.

Проведенные исследования носят рекогносцировочный характер. Основная цель работы показать возможности применения магнитостратиграфических методов для расчленения и корреляции девонских отложений о. Шпицберген, достигнута. Общая магнитостратиграфическая шкала полярности фанерозоя, построенная под руководством А.Н. Храмова на основе анализа мировых и собственных данных [Дополнение к Стратиграфическому..., 2000], отличается от мировой магнитостратиграфической шкалы представленной в работе [The Geological Time..., 2012]. Для раннего девона это отличие очень большое (см. рис. 10). Полученные результаты показывают удовлетворительную

сходимость с общей магнитостратиграфической шкалой по [Дополнение к Стратиграфическому..., 2000]. Необходимо отметить, что полученные палеомагнитные полюсы по сериям Ред-Бей (D_{1l}, лохковский ярус) и Вуд Бей (D_{1p}, пражский ярус), также согласуются с имеющимися данными по девонским отложениям о. Шпицберген и Русской платформы. Положение палеомагнитных полюсов показывает, что о. Шпицберген в раннедевонское время находился в приэкваториальных широтах (см. табл. 3, рис. 11).

Выводы

Проведенные исследования раннедевонских отложений о. Шпицберген показали наличие древних компонент естественной остаточной намагниченности в этих отложениях. Это подтверждается положительными результатами полевых тестов и сходимостью выделенных зон прямой и обратной полярности по четырем разрезам раннедевонских отложений с общей магнитостратиграфической шкалой [Дополнение к Стратиграфическому..., 2000]. Полученные положения палеомагнитных полюсов по сериям Ред-Бей (D_{1l}, лохковский ярус) и Вуд Бей (D_{1p}, пражский ярус), согласуются с имеющимися данными по девонским отложениям о. Шпицберген. Положение палеомагнитных полюсов показывает, что о. Шпицберген в раннедевонское время находился в приэкваториальных широтах. Для изученных разрезов, где преобладают красноцветные отложения, компонент J_n связанных с позднепалеозойским перемагничиванием не выявлено. Таким образом, результаты палеомагнитных исследований раннедевонских отложений, изученных в данной работе разрезов о. Шпицберген, подтверждают вариант общей магнитостратиграфической шкалы для раннего девона принятый в [Дополнение к Стратиграфическому..., 2000].

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность своему учителю Алексею Никитичу Храмову за постоянную поддержку и конструктивные замечания при обсуждении палеомагнитных исследований по отложениям о. Шпицберген, Е.Л. Гуревичу за участие в отборе и подготовке коллекций горных пород для палеомагнитных исследований, Р.А. Комиссаровой за участие в лабораторных исследованиях, С.В. Шипунову за доброжелательную критику и конструктивные замечания. Работа выполнена в рамках тематических региональных исследований ФГУП «ВНИГРИ» по Баренцево-Печорскому региону.

Литература

Буров Ю.П., Мурашов Л.Г. Некоторые результаты литолого-стратиграфического изучения свиты Кап-Кьелдсен в районе Бокк-фьорда // Материалы по стратиграфии Шпицбергена / Ред. В.Н. Соколов. - Л.: Изд. НИИГА, 1967. - С. 63-70.

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

Иосифиди А.Г., Храмов А.Н., Комиссарова Р.А., Плетнева А.С. Баренцево-Печорская плита в девоне: палеогеографическое положение и тектоника её обрамления: палеомагнитные данные // Палеомагнетизм осадочных бассейнов Северной Евразии: сб. статей / Науч. ред. А.Н. Храмов, 2007. - С. 126-143.

Мурашов Л.Г., Мокин Ю.И. Стратиграфическое расчленение девонских отложений острова Шпицберген. Геология Свальбарда. - Л.: Изд. НИИГА, 1976. - С. 78-91,

Палеомагнитология / А.Н. Храмов, Г.И. Гончаров, Р.А. Комиссарова, С.А. Писаревский, И.А. Погарская, Ю.С. Ржевский, В.П. Родионов, И.П. Слауцитайс (под ред. А.Н. Храмова). - Л.: Недра, 1982. - 312 с.

Погарская И.А., Гуревич Е.Л. Палеомагнетизм девонских пород Шпицбергена. Палеомагнетизм и аккреционная тектоника / Отв. ред. А.Н. Храмов. - Л.: ВНИГРИ, 1988. - С.6-17.

Понов В.В. 2007, 2008: <http://paleomag.ifz.ru//ru/soft>

Стратиграфический словарь Шпицбергена / Ред.: И.С. Грамберг, А.А. Красильщиков, Д.В. Семевский. - Л.: Недра, 1990. - 202 с.

Храмов А.Н. Изучение остаточной намагниченности осадков в связи с проблемой стратиграфической и расчленения немых толщ // ДАН СССР. - 1955.- Т.100. - №3. - С.551-554.

Храмов А.Н. Палеомагнитная корреляция осадочных толщ // Труды ВНИГРИ. – 1958. - Вып. 116. - С. 218.

Chadima, M., Hroudá, F. Remasoft 3.0 a user-friendly paleomagnetic data browser and analyzer. 2006. *Travaux Géophysiques*, XXVII, 20-21.

Enkin R.J. A computer program package for analysis and presentation of palaeomagnetic data // Pacific Geoscience Centre, Geol. Survey Canada. Sidney. 1994. 16 p. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(03\)00238-3](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(03)00238-3)

Hjelle A., Lauritzen Ø., 1982. Geological map of Svalbard 1:500,000. Spitsbergen, northern part. Oslo, Norsk Polarinst. Skr. Nr.154C

Iosifidi A.G., Khramov A.N. Paleomagnetism of Devonian and Carboniferous Sedimentary Rocks of Spitsbergen: to the Paleozoic History of the Barents–Kara Basin Framing// *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 2013, Vol. 49, No. 5, pp. 725–742. <https://doi.org/10.1134/S1069351313040034>

Khramov A.N. Palaeomagnetism and stratigraphic correlation / Department of Geophysics at the Australian National University. Canberra. 1960. p. 204.

Khramov A.N. Palaeomagnetology / Springer Verlag Heidelberg, 1987. 330 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-71750-5>

McFadden P.L., McElhinny M.W. Classification of reversal test in palaeomagnetism // Geophys. J. Int., 1990. 103, 725-729. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1990.tb05683.x>

McFadden P.L., McElhinny M.W. The combined analysis of remagnetization circles and direct observations in palaeomagnetism // Earth Planet. Sci. Lett., 1988, 87, 161-172. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(88\)90072-6](https://doi.org/10.1016/0012-821X(88)90072-6)

Opdyke N.D., Channell J.E.T. Magnetic stratigraphy. Academic Press. Int. Geophys. ser., 1996, v.64, 346 p.

The Geologic Time Scale 2012 / Editors Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M., The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands 225 Wyman Street, Waltham, MA 02451. USA. 2012. p. 1160.

Torsvik T.H., Smethurst M.A., Pesonen L.J. GMAP - geographic mapping and paleoreconstruction package. NGU rapport nr 0.019, 1990.

Watson G.S. and Enkin R.J. The fold test in palaeomagnetism as a parameter estimation problem // Geophys. Res. Lett., 1993, 20, 2135-2138.

Iosifidi A.G.

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St. Petersburg, Russia, iosifidi@km.ru

*The memory of Alexei Nikitich Khramov***MAGNETOSTRATIGRAPHY OF EARLY DEVONIAN DEPOSITS OF SPITSBERGEN**

A new paleomagnetic results on the collections of the Early Devonian rocks from the northern part of the Spitsbergen land are presented. Detailed demagnetization of the early Devonian rocks reveals the presence of two components of the natural remanent magnetization. The zones of normal and reverse polarity are identified in our study for the Andreebreen, Fraenkelryggen and Ben Nevis Formations, Red Bay series and Kapp Kjeldsen and Keltiefjellet formations, Wood Bay series. The polarity and reversal tests for components of normal and reverse polarity is positive. Directions of paleomagnetic poles for early Devonian time are consistent with the available data on Spitsbergen. The reasonable correspondence between the locations of the zones of normal and reverse polarity revealed in our study and the general magnetostratigraphic scale support the old age of the isolated characteristic components of normal and reverse polarity.

Keywords: *the polarity of the geomagnetic field, magnetostratigraphy, paleomagnetic poles, Spitsbergen.*

References

Burov Yu.P., Murashov L.G. *Nekotorye rezul'taty litologo-stratigraficheskogo izucheniya svity Kap-K'eldsen v rayone Bokk-f'orda* [Some results of lithological and stratigraphic study of suite Cap Keldsen near Bock fjord]. Materialy po stratigrafii Shpitsbergena. Editor V.N. Sokolov. Leningrad: NIIGA, 1967, p. 63-70.

Chadima, M., Hroudá, F. Remasoft 3.0 a user-friendly paleomagnetic data browser and analyzer. 2006. Travaux Géophysiques, XXVII, 20-21.

Dopolneniya k Stratigraficheskomu kodeksu Rossii [Additions to the Stratigraphic Code of Russia]. Editor A.I. Zhamoyda. Saint Petersburg: VSEGEI, 2000, 112 p.

Enkin R.J. A computer program package for analysis and presentation of palaeomagnetic data. Pacific Geoscience Centre, Geol. Survey Canada. Sidney. 1994, 16 p. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(03\)00238-3](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(03)00238-3)

Hjelle A., Lauritzen Ø., 1982. Geological map of Svalbard 1:500,000. Spitsbergen, northern part. Oslo, Norsk Polarinst. Skr. Nr.154C.

Iosifidi A.G., Khramov A.N. Paleomagnetism of Devonian and Carboniferous Sedimentary Rocks of Spitsbergen: to the Paleozoic History of the Barents–Kara Basin Framing. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 2013, Vol. 49, No. 5, p. 725–742. <https://doi.org/10.1134/S1069351313040034>

Iosifidi A.G., Khramov A.N., Komissarova R.A., Pletneva A.S. *Barentsevo-Pechorskaya plita v devone: paleogeograficheskoe polozhenie i tektonika ee obramleniya: paleomagnitnye dannye* [Barents-Pechora plate in the Devonian: paleogeographic and tectonic position of its frame: paleomagnetic data]. *Paleomagnetizm osadochnykh basseynov Severnoy Evrazii: proceedings of articles*. Editor A.N. Khramov, 2007, p. 126-143.

Khramov A.N. *Izuchenie ostatochnoy namagnichennosti osadkov v svyazi s problemoy stratigraficheskoy i raschleneniya nemykh tolshch* [The study of residual magnetization of sediments in connection with the stratigraphic problem and division of silent sequences]. DAN SSSR, 1955, vol. 100, no. 3, p. 551-554.

Khramov A.N. Palaeomagnetism and stratigraphic correlation. Department of Geophysics at the Australian National University. Canberra. 1960. p. 204.

Khramov A.N. Palaeomagnetology. Springer Verlag Heidelberg, 1987, 330 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-71750-5>

Khramov A.N. *Paleomagnitnaya korrelyatsiya osadochnykh tolshch* [Paleomagnetic correlation of sedimentary strata]. Trudy VNIGRI, 1958, vol. 116, p. 218.

McFadden P.L., McElhinny M.W. Classification of reversal test in palaeomagnetism. *Geophys. J. Int.*, 1990. 103, 725-729. <http://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1990.tb05683.x>

McFadden P.L., McElhinny M.W. The combined analysis of remagnetization circles and direct observations in palaeomagnetism. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1988, 87, 161-172. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(88\)90072-6](https://doi.org/10.1016/0012-821X(88)90072-6)

Murashov L.G., Mokin Yu.I. *Stratigraficheskoe raschlenenie devonskikh otlozheniy ostrova Shpitsbergen. Geologiya Sval'barda* [Devonian stratigraphy of the island of Spitsbergen. The geology of Svalbard]. Leningrad: NIIGA, 1976, p. 78-91.

Opdyke N.D., Channell J.E.T. Magnetic stratigraphy. Academic Press. Int. Geophys. ser., 1996, v. 64, 346 p.

Paleomagnitologiya [Paleomagnetology]. A.N. Khramov, G.I. Goncharov, R.A. Komissarova, S.A. Picapevckiy, I.A. Pogapckaya, Yu.S. Pzhevckiy, V.P. Podionov, I.P. Clautsitayc (editor A.N. Xpamova). Leningrad: Nedra, 1982, 312 p.

Pogarskaya I.A., Gurevich E.L. *Paleomagnetizm devonskikh porod Shchpitsbergena. Paleomagnetizm i akkretionnaya tektonika* [Paleomagnetism of the Devonian rocks of Svalbard. Paleomagnetism and accretion tectonics]. Ed. A.N. Khramov. Leningrad: VNIGRI, 1988, p. 6-17.

Popov V.V. 2007, 2008, available at: <http://paleomag.ifz.ru//ru/soft>

Stratigraficheskiy slovar' Shpitsbergena [Stratigraphic Dictionary Spitsbergen]. Editors: I.S. Gramberg, A.A. Krasil'shchikov, D.V. Semevskiy. Leningrad: Nedra, 1990, 202 p.

The Geologic Time Scale 2012 / Editors Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M., The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands 225 Wyman Street, Waltham, MA 02451. USA, 2012, p. 1160.

Torsvik T.H., Smethurst M.A., Pesonen L.J. GMAP - geographic mapping and paleoreconstruction package. NGU rapport nr 0.019, 1990.

Watson G.S. and Enkin R.J. The fold test in palaeomagnetism as a parameter estimation problem // *Geophys. Res. Lett.*, 1993, 20, 2135-2138.

© Иосифиди А.Г., 2015