

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/42_2020

УДК 550.384:551.735

Иосифиди А.Г.

Акционерное общество «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (АО «ВНИГРИ»); Санкт-Петербургский филиал учреждения Российской академии наук Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН им. Н.В. Пушкова (СПбФ ИЗМИРАН), Санкт-Петербург, Россия, iosag@mail.ru

Попов В.В.

Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ), Санкт-Петербург, Россия, vik_val_popov@mail.ru

Журавлев А.В.

Институт геологии им. академика Н.П. Юшкина Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН), Сыктывкар, Россия, micropalaeontology@gmail.com

ВЕРХНЕДЕВОНСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ (ФРАНСКИЙ ЯРУС) СЕВЕРО-ЗАПАДА РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ: ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ

Палеомагнитные определения для девонских отложений Главного Девонского поля, имеющиеся в международной базе палеомагнитных данных, не дают возможности построить как детальные магнитостратиграфические шкалы, так и надежные траектории кажущейся миграции палеомагнитного полюса. Это связано с недостаточным количеством данных, отвечающих современным критериям надежности. Получение более полных рядов достоверных палеомагнитных определений является одной из важных задач палеомагнитных исследований. В работе представлены новые палеомагнитные определения по коллекции горных пород франского яруса верхнего девона (ильменские и бурегские слои семилукского горизонта), отобранной на южном берегу оз. Ильмень, восточнее дер. Коростынь в 2009 г. Проведены магнитоминералогические исследования для определения магнитных минералов носителей естественной остаточной намагниченности. Выделены три характерные компоненты естественной остаточной намагниченности. Две компоненты соответствуют позднепалеозойскому перемагничиванию (в каменноугольное и пермское время). Третья, биполярная компонента франского возраста проходит тест обращения полярности геомагнитного поля. Полученное положение палеомагнитного полюса по биполярной компоненте естественной остаточной намагниченности согласуется с имеющимися данными по отложениям верхнего девона Главного Девонского поля.

Ключевые слова: палеомагнетизм, ильменские и бурегские слои семилукского горизонта, франского яруса верхнего девона, полярность геомагнитного поля, магнитостратиграфия, палеомагнитные полюсы, Русская платформа.

Введение

Палеомагнитные исследования девонских отложений Русской платформы начаты в палеомагнитной лаборатории ВНИГРИ под руководством А.Н. Храмова с 60-х гг. прошлого века. Верхний девон изучался на северо-западе Русской платформы. Проведенные работы по выяснению природы естественной остаточной намагниченности (J_n), позволили сделать следующие выводы: магнитные минералы - носители J_n представлены гидроокислами

железа, гетитом, магнетитом и гематитом; присутствуют компоненты J_n ориентационной и химической природы; по опытам переосаждения сделан вывод о низком уровне величины позднедевонского геомагнитного поля (примерно в 25 раз меньше современного), что до сих пор является дискуссионным положением; преобладают компоненты J_n , имеющие направления, характерные для позднего палеозоя [Комиссарова, Погарская, 1970; Погарская, Комиссарова, 1977]. В работах [Палеомагнетизм палеозоя, 1974; Погарская, 1984] представлены основные результаты, проведённых палеомагнитных и магнитостратиграфических исследований по верхнему девону Главного Девонского поля (ГДП). Полученные результаты в основном отражают поведение геомагнитного поля, характерное для позднего палеозоя, что связано, как с перемагничиванием пород, так и с аппаратными возможностями, имевшимися в 60-70-е гг. прошлого столетия, которые не позволяли работать со слабомагнитными породами.

Первые результаты по верхнедевонским (франский ярус) отложениям северо-запада Русской платформы (ГДП), отвечающие современным критериям достоверности, получены в 2005-2010 гг. [Гуревич и др., 2005; Родионов и др., 2010].

Новые коллекции верхнедевонских отложений (франский ярус, средний подъярус, ильменские и бурежские слои семилукского горизонта) отобраны в 2009 и 2010 гг. на северо-западе Русской платформы (южный берег оз. Ильмень, р. Псижа). Палеомагнитные результаты коллекции 2010 г. (бурежские слои) представлены в статье Г.А. Русецкой с соавторами, где показано, что полученные данные по палеотемпературам, которые свидетельствуют, что в среднем фране район исследований располагался в тропическом поясе с сезонным типом климата, не совпадают с результатами палеомагнитных исследований [Русецкая и др., 2013].

Имеющиеся палеомагнитные определения по позднедевонским отложениям ГДП не позволяют получить непрерывные палеомагнитные ряды, что требуется для решения задач, как магнитной стратиграфии, так и тектоники. Актуальность новых палеомагнитных определений по данному региону несомненна. В данной работе представлены палеомагнитные результаты по коллекции 2009 г. Исследования проводились по общепринятой методике [Палеомагнитология, 1982]. При анализе данных и построении рисунков использовались пакеты программ [Enkin, 1994; Попов, 2007; 2008; Chadima, Hroudá, 2006; Chadima, Jelinek, 2009; Torsvik et al., 1990].

Экспериментальные данные

Объект исследования. Новгородская обл. Коллекция горных пород франского яруса позднего девона (ильменские, бурежские слои) отобрана на южном берегу оз. Ильмень,

Тектонически район работ расположен на стыке северо-западного крыла Московской синеклизы и Ладожской моноклинали Восточно-Европейской платформы [Геология СССР, 1971]. Разрез франского яруса представлен здесь глинисто-карбонатными мелководными отложениями, накопившимися на северо-западной окраине эпиконтинентального морского бассейна. Рассматриваемый стратиграфический интервал среднего франа (ильменские и бургские слои) охватывает регрессивно-трансгрессивную последовательность со следами максимума регрессии в верхней части ильменских слоев (пачки 5-7, см. рис. 1) [Zhuravlev et al., 2006]. С границей ильменских и бургских слоев связан размыв [Шишлов и др., 2014]. Биостратиграфически ильменские и бургские слои сопоставляются с конодонтовой зоной MN6 [Zhuravlev et al., 2006]. Франские отложения рассматриваемого района характеризуются незначительными вторичными преобразованиями: температуры прогрева, реконструированные по индексам окраски конодонтов, не превышали 100°C (индекс окраски 1-1,5). Отложения смяты в пологие линейные складки северо-восточного простирания.

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). Величины J_n и K_m образцов из ильменских слоев имеют более высокие значения, чем из бургских слоев в два раза. Анализ кривых зависимостей магнитной восприимчивости от температуры (рис. 2) и интерпретация их особенностей показали следующее. В образце 19 по кривой нагрева выделяются три магнитные фазы с характерными точками Кюри: гидроокислов железа (гетита) – около 330°C; магнетита - около 580°C и, возможно, гематита - около 630°C. В образце 19 по кривой нагрева выделяются три магнитные фазы: с характерными точками Кюри.

Таблица 1

Пределы изменения величин J_n и K_m изученных пород

Возраст пород	Число образцов	Диапазон изменения J_n , мА/м	Средне-геометрическое J_n , мА/м	Число образцов	Диапазон изменения $K_m, 10^{-6}$ ед. СИ	Средне-геометрическое $K_m, 10^{-6}$ ед. СИ
D _{3il}	89	0,02÷27,80	0,89	24	0,9÷188,7	81,7
D _{3br}	10	0,10÷4,86	0,33	9	16,7÷59,5	42,5

В образце 43 по кривой нагрева отмечены две магнитные фазы с точками Кюри магнетита - около 580°C и гематита - около 700°C.

Эти характеристики подтверждаются деблокирующими температурами выделяемых компонент J_n .

Компонентный анализ J_n . Выделение компонент J_n велось методом ступенчатого

терморазмагничивания. В изученных образцах, как правило, присутствуют две компоненты J_n .

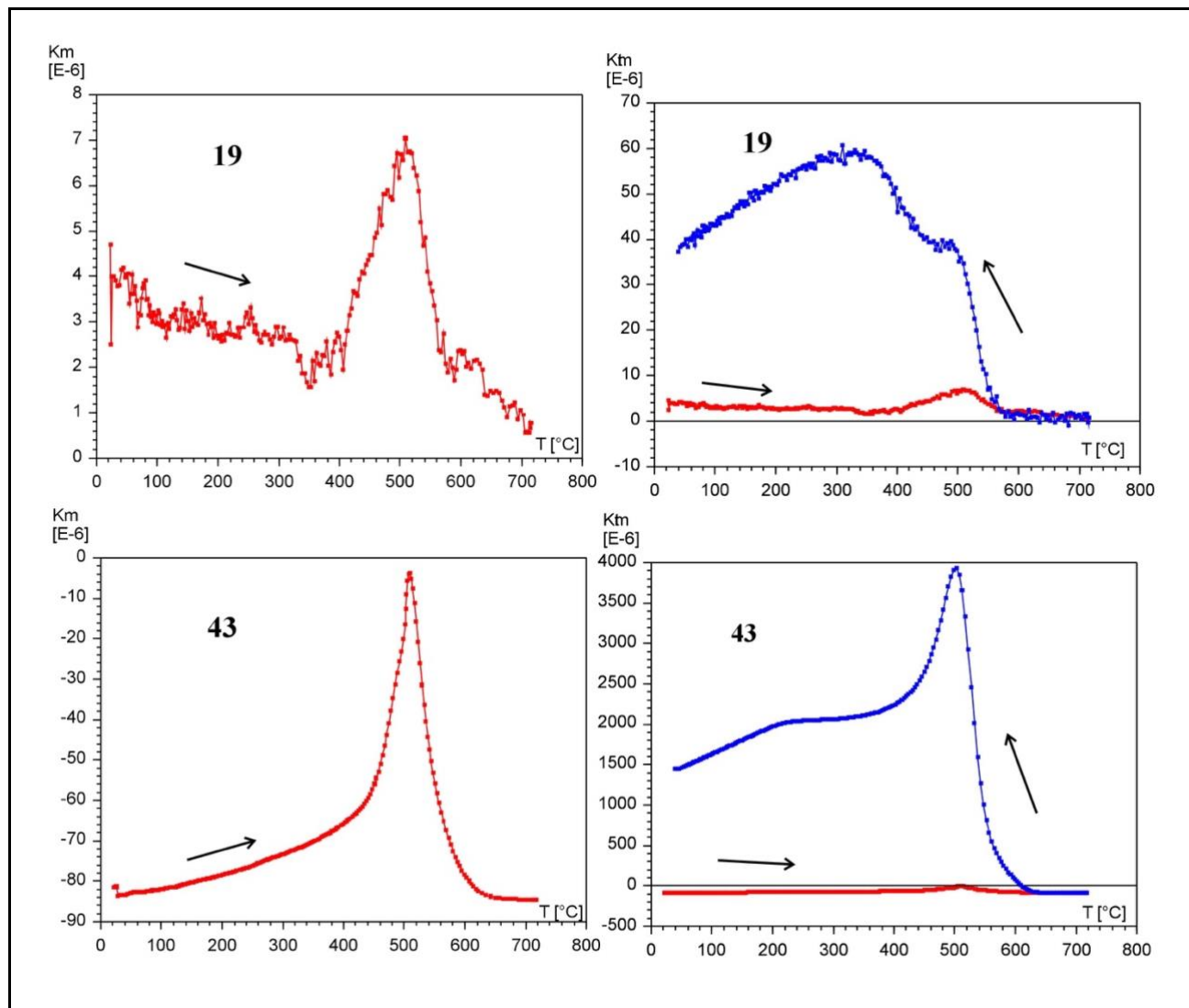


Рис. 2. Примеры термомагнитного анализа девонских пород: кривые изменения магнитной восприимчивости при нагреве (красная линия) и охлаждении (синяя линия)

Первая компонента, связанная с перемагничиванием образцов за счет вязких процессов, отмечается в интервале температур 100-250°C (рис. 3, образцы 03-1, 04, 24-1).

Вторая высокотемпературная компонента Р (диапазон деблокирующих температур 150-660°C) присутствует в основном в ильменских слоях (уровни 2-15 и 26-41, рис. 1Б) и отражает перемагничивание пород геомагнитным полем обратной полярности в период существования суперхрона Киама (рис. 3, образцы 03-1, 04).

Третья компонента естественной остаточной намагниченности обратной полярности S_1 , по всей вероятности, связана с перемагничиванием пород в среднекаменноугольное время. Диапазон выделения компоненты S_1 лежит в пределах 200-550°C (рис. 3, образцы 32,

37-1, 42-1). Положение компоненты C1 по разрезу показано на рис. 1Б.

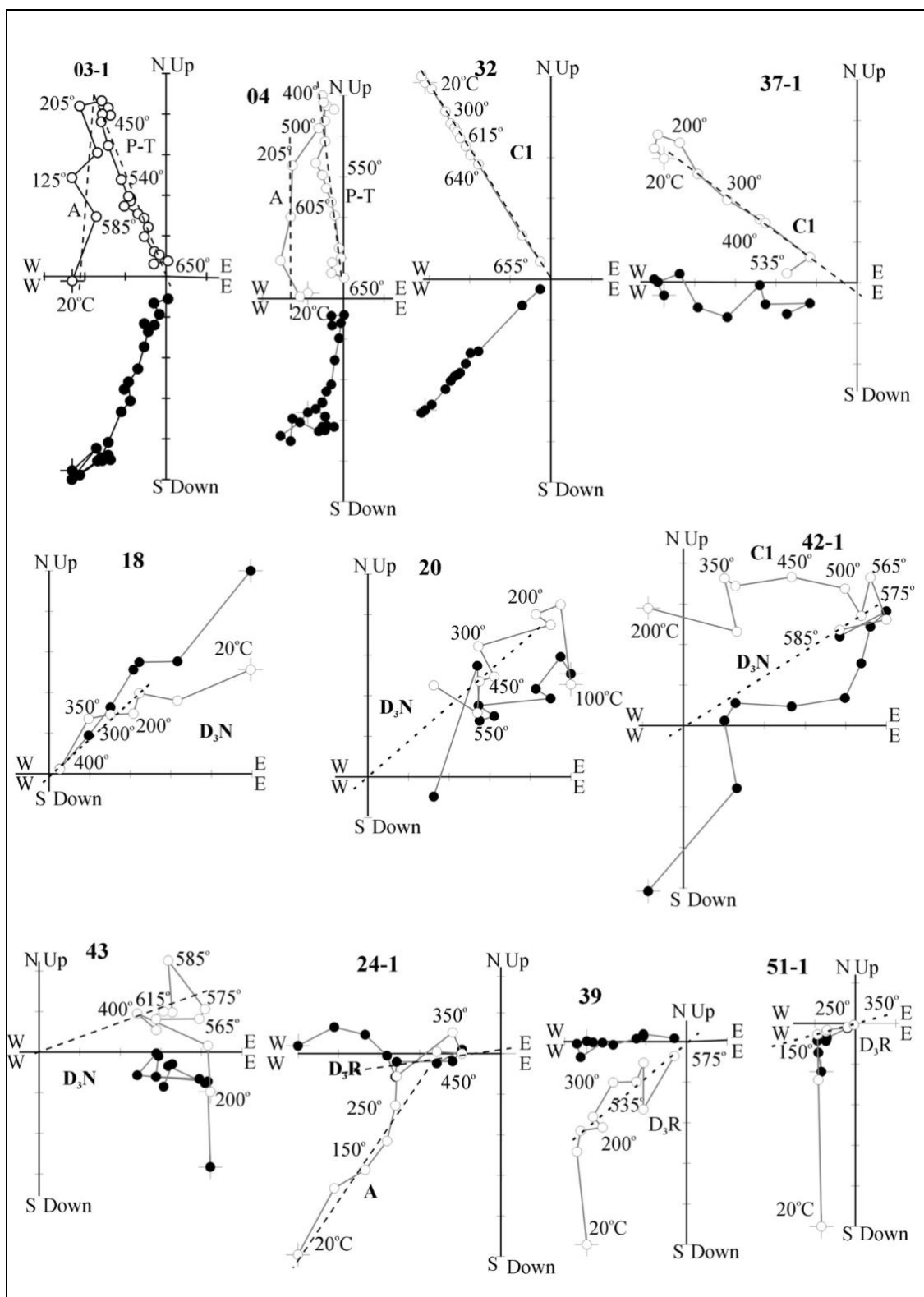


Рис. 3. Примеры ступенчатого терморазмагничивания образцов девонского возраста

Диаграммы Зийдervельда приведены в географической системе координат, полые кружки – проекции векторов на вертикальную плоскость, залитые кружки – проекция векторов на горизонтальную плоскость. Штриховой линией показаны участки выделения компонент J_n , наименования компонент в соответствии с табл. 2. Для построения диаграмм Зийдervельда использована программа Remasoft 3.0 [Chadima, Hrounda, 2006].

Четвертая биполярная компонента J_n (D_3NR) выделяется в диапазонах 150-450°C и 200-575°C, 560-615°C (рис. 3, образцы 18, 20, 24-1, 39, 42-1, 43, 51-1). В ряде образцов компонента D_3NR отмечается после снятия вторичных компонент. Так, в образце 42-1 идет последовательное разрушение компонент А и С1, а компонента D_3N находится в интервале 565-585°C. В образце 51-1 (бурегские слои) компонента D_3R уверенно прослеживается после 150°C, но после прогрева до 350°C величина естественной остаточной намагниченности резко уменьшается, и поведение вектора становится хаотичным.

Статистические характеристики выделенных в данной работе компонент J_n представлены в табл. 2, а на рис. 4 показаны их распределения. В табл. 3 - результаты предыдущих исследователей по отложениям франского яруса северо-запада Русской платформы.

Таблица 2

Палеомагнитные направления и полюсы для позднедевонских (франский ярус) отложений, оз. Ильмень ($\varphi = 58,18^\circ$, $\lambda = 31,01^\circ$)

Компонента J_n	N/n	D°	I°	K	α_{95}°	Φ°, N	Λ°, E	dp°	dm°	φ_m°	Тест
A	20/42	331	78	9	12	74	167	21	23	67	
P	26/47	206	-48	32	5	56	168	4	7	29	
C1	8/12	249	-22	19	13	21	133	7	14	11	
D_3N	8/15	69	-27	15	15	-2	146	9	16	14	
D_3R	8/12	251	24	29	10	-1	144	6	11	13	
D_3NR	16/27	70	-26	21	8	-2	145	5	9	14	$R_+, \gamma/\gamma_{кр} = 4/18, C$

Примечание: N - число штурфов; n - число образцов; D° , I° - склонение и наклонение средних направлений компонент; K - кучность векторов; α_{95}° - радиус круга доверия при 95% вероятности для среднего направления; Φ° , Λ° - широта и долгота палеомагнитного полюса; dp° , dm° - полуоси овала доверия; φ_m° - палеоширота; R- тест обращения полярности + (-) положителен (отрицателен) (по [McFadden, McElhinny, 1990]); $\gamma/\gamma_{кр}$ - угол между векторам прямой и обратной полярности/критический угол для данной выборки.

Анизотропия магнитной восприимчивости

В горных породах ильменских и бурегских слоёв величина K_m изменяется в широких пределах. В ильменских и бурегских слоях накопление осадков происходило в различных гидродинамических условиях, и эти условия могли отразиться в характере распределений направлений главных полуосей эллипсоидов анизотропии магнитной восприимчивости. Результаты измерения анизотропии магнитной восприимчивости представлены на рис. 5.

Общее распределение показывает присутствие как плоскостной, так и линейной анизотропии магнитной восприимчивости (рис. 5А). В ряде случаев отмечается смещение КЗ с юго-востока на запад, что согласуется с северо-восточным простираем береговой линии

в бургеское время [Шишлов и др., 2014]. Сильное отклонение КЗ на юг и север относится к образцам с преобладанием линейной анизотропии. Величина анизотропии небольшая и имеет значения порядка 2%, при максимуме 7%.

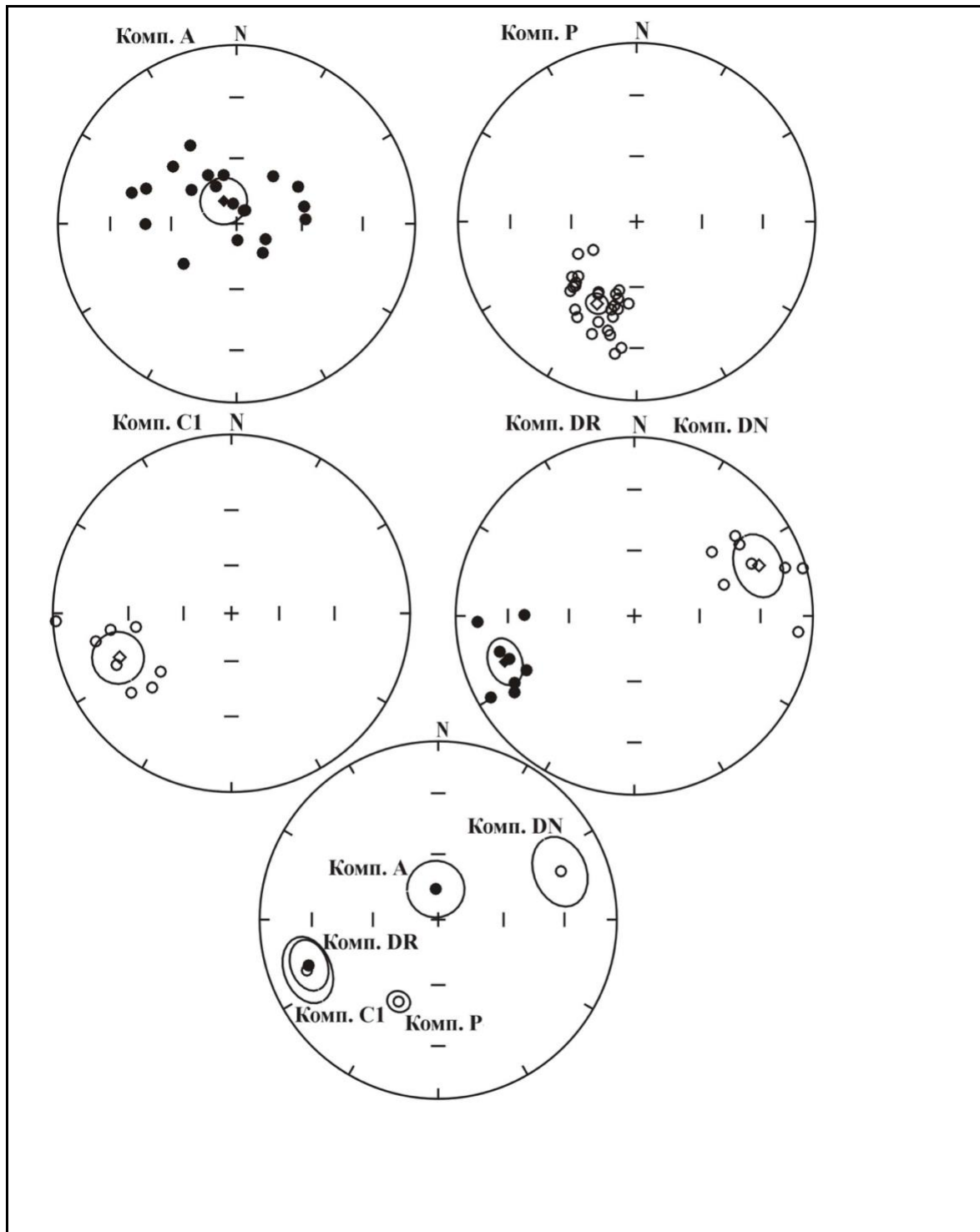


Рис. 4. Распределение направлений компонент естественной остаточной намагниченности после проведения размагничивания

Полые кружки – проекции векторов на верхнюю полусферу, залитые кружки – проекции векторов на нижнюю полусферу; распределения компонент приведены в географической системе координат.

Таблица 3

**Палеомагнитные направления и полюсы для позднедевонских (франский ярус)
отложений северо-востока Главного девонского поля**

Магнитный возраст J_n млн. лет	Компонента J_n	N/n	D°	I°	K	α_{95}°	Φ°, N	Λ°, E	dp°	dm°	φ_m°	Тест	Ссылка
270	P	/28	31	35	22	6	46	167	4	7	19		[Погарская, 1984]
262	P	/120	213	-43	45	2	48	165	2	3	25		[Гуревич и др., 2005; Родионов и др., 2010]
275	P	26/47	206	-48	32	5	56	168	4	7	29		Данная статья
318	C-P	/20	28	16	27	6	36	178	3	6	8		[Русецкая и др., 2013]
260	P(1+3)						50	167	3	6			
365	*D R ₊	/20	70	16	56	4	17	136	2	4	8	R ₊ ,	[Русецкая и др., 2013]
375	D	/47	75	1	31	4	8	136	2	4	1	R ₊ , $\gamma/\gamma_{кр}$ = 3/7, B	[Гуревич и др., 2005; Родионов и др., 2010]
380-390	D ₃ NR	16/27	70	-26	21	8	-2	145	5	9	14	R ₊ , $\gamma/\gamma_{кр}$ = 4/18, C	Данная статья
375	D(6+7+8)						6	139	3	5			

*Примечание: Оценка магнитного возраста компонент J_n выполнена по отношению к траектории кажущейся миграции палеомагнитного полюса для Русской платформы ([Iosifidi, Khramov, 2013] с дополнениями); *- направление получено по кругам размагничивания, остальные обозначения см. в табл. 2.*

Распределения направлений главных полуосей эллипсоидов анизотропии магнитной восприимчивости для образцов, по которым выделены компоненты P, C1 и DNR, имеют подобный характер (рис. 5Б-Г). Существенные отличия распределений полуосей эллипсоидов анизотропии от «нормального» для осадочных пород, несущих компоненты P и C1, может быть связано с перемагничиванием пород в позднем палеозое (образование гематита за счет химического перемагничивания, рис. 3, образцы 03, 04, 32). По образцам, имеющим компоненту DNR, которые дают плоскостной тип анизотропии, отмечается смещение K3 с юго-востока на запад. Это направление близко к направлению линии отбора образцов, которая совпадает с береговой линией оз. Ильмень, а также перпендикулярно осям складчатых деформаций в данном районе. Таким образом, в ходе образования пород не исключается воздействие вторичных процессов: смещение, деформация глинистых пород и химическое перемагничивание.

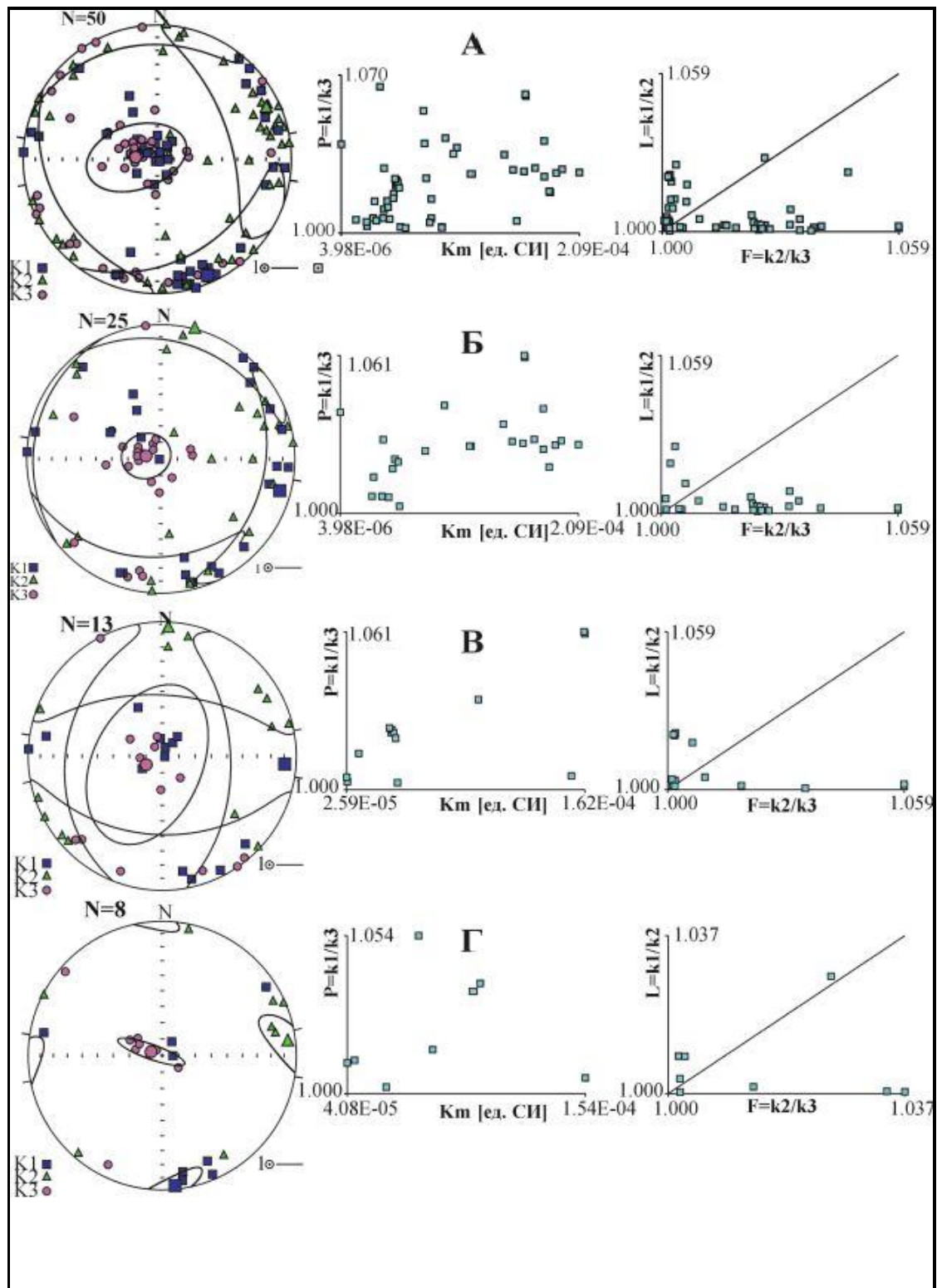


Рис. 5. Параметры анизотропии магнитной восприимчивости для осадочных пород франского яруса девона из разреза юго-западного берега оз. Ильмень

A - общее распределение для всех образцов; *Б* - распределение для образцов компоненты *P*; *В* - компонента *C1*; *Г* - компонента *DNR*.

Слева направо: распределения направлений главных осей эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости в географической системе координат; зависимость степени анизотропии ($P=K1/K3$) от величины магнитной восприимчивости; зависимость параметра линейности ($L=K1/K2$) от степени сплюснутости ($F=K2/K3$). $K1$, $K2$, $K3$ - направления максимальной, промежуточной и минимальной осей эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости. Пустые (залитые) значки - проекции на верхнюю (нижнюю) полусферу.

Обсуждение результатов

Проведенный компонентный анализ естественной остаточной намагниченности позднедевонских отложений из береговых разрезов оз. Ильмень выявил двухкомпонентный состав J_n в большинстве изученных образцов. Компонента А, по всей вероятности, связана не только с вязким намагничиванием пород в геомагнитном поле кайнозойской эры, но и с химическими превращениями в процессе выветривания. Вторая и третья высокотемпературные компоненты Р и С1 имеют вторичную природу и связаны с перемагничиванием в эпоху суперхрона Киама (310-265 млн. лет) и в карбоне, соответственно. Четвертая, биполярная, компонента J_n (D₃NR) проходит тест обращения [McFadden, McElhinny, 1990] (см. табл. 2). Магнитозона прямой полярности выделена в ильменских слоях, а магнитозоны обратной полярности «размазаны» по всему изученному разрезу. Все компоненты, за исключением компоненты А, имеют вытянутые распределения. Распределения направлений главных осей эллипсоидов анизотропии магнитной восприимчивости для образцов, по которым выделены компоненты Р, С1 и DNR имеют признаки влияния вторичных геологических процессов (см. рис. 5Б-Г). Компонента DNR выделена в основном по ильменским слоям с глинистыми прослоями и это может приводить, например, к сползанию слоев относительно линии простираания. По образцам, имеющим компоненту DNR, которые дают плоскостной тип анизотропии, отмечается смещение КЗ с юго-востока на запад. Это направление близко к направлению линии отбора образцов, которая совпадает с береговой линией оз. Ильмень.

Компонента Р согласуется по направлению для ильменских и бурежских слоев [Погарская, 1984], где выделены зоны обратной полярности и небольшая зона прямой полярности. Положения палеомагнитных полюсов по компоненте Р, полученных при изучении отложений франского яруса девона северо-запада Русской платформы другими исследователями, показаны в табл. 3 и на рис. 6 [Погарская, 1984; Гуревич и др., 2005; Родионов и др., 2010; Русецкая и др., 2013]. Необходимо отметить, что выделение характерных компонент J_n в позднедевонских отложениях имеет определенные проблемы, связанные с наличием химических превращений при проведении терморазмагничивания. Трудности выделения характерной компоненты J_n в девонских отложениях северо-запада Русской платформы (верхний девон ГДП) отмечаются и другими исследователями [Погарская, 1984; Гуревич и др., 2005; Родионов и др., 2010; Русецкая и др., 2013].

Приведенные в табл. 3 палеомагнитные определения по отложениям франского яруса северо-запада Русской платформы (верхний девон ГДП), показывают, что характерные компоненты DNR согласуются между собой, и средние положения палеомагнитных полюсов для этих компонент образуют группу, которая соотносится с позднедевонским участком

траектории кажущегося движения палеомагнитного полюса для Русской платформы ([Iosifidi, Khramov, 2013] с дополнениями) (рис. 6).

Выделенная в авторском исследовании характерная биполярная компонента DNR имеет фрагментарный характер. В опубликованных ранее работах [Гуревич и др., 2005; Родионов и др., 2010; Русецкая и др., 2013] отмечены более значимые зоны прямой и обратной полярности геомагнитного поля, сделана попытка корреляции полученных данных [Русецкая и др., 2013] с имеющимися магнитостратиграфическими шкалами [Дополнения..., 2004; A Geological Time..., 2004]. С учетом наличия продолжительных зон прямой и обратной магнитной полярности [Гуревич и др., 2005; Родионов и др., 2010] необходимо провести стратиграфическую корреляцию разрезов, что позволит получить более определенную картину магнитной полярности геомагнитного поля в интервале 380-370 млн. лет. По имеющимся данным изученный стратиграфический интервал отвечает конодонтовой зоне MN6 (= верхняя часть зоны *Palmatolepis punctata*, примерно 381-382 млн. лет) [Zhuravlev et al., 2006].

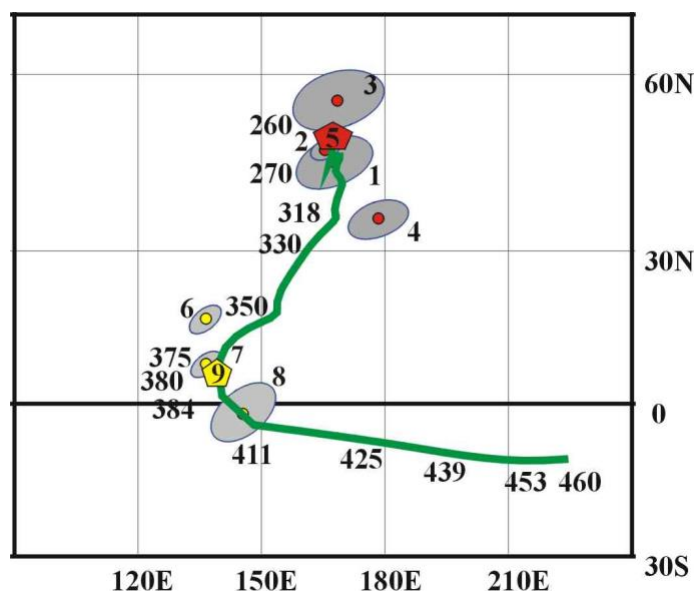


Рис. 6. Положения полученных палеомагнитных полюсов для отложений позднего девона по отношению к траектории кажущейся миграции палеомагнитных полюсов для Русской платформы ([Iosifidi, Khramov, 2013] с дополнениями)

Цифры слева от траектории - возраст в млн. лет; новые определения показаны с овалами доверия, номера соответствуют порядковому номеру компонент в табл. 3. Рисунок построен с помощью программы GMAP [Torsvik et al., 1990].

Заключение

Изученный стратиграфический интервал отвечает конодонтовой зоне MN6.

Выявлено сильное позднепалеозойское перемагничивание большинства пород, которое имело место в позднепермское время. Получен средний палеомагнитный полюс для

перемагниченных в позднепалеозойское время (310-265 млн. лет) пород франского возраста северо-запада Русской платформы (верхний девон ГДП).

Проведенные исследования девонских отложений показали возможность выделения древних компонент естественной остаточной намагниченности в отложениях франского яруса северо-запада Русской платформы. Это подтверждается определением биполярных компонент J_n и положительными полевыми тестами. Получен средний палеомагнитный полюс для пород среднефранского подъяруса (381-382 млн. лет) северо-запада Русской платформы (верхний девон ГДП).

Дана оценка магнитного возраста выявленных компонент J_n .

Новые результаты имеют хорошую сходимость с данными по другим разрезам франского возраста северо-запада Русской платформы, полученными другими исследователями.

Литература

Геккер Р.Ф. Отложения, фауна и флора Главного девонского поля // Фауна Главного девонского поля. - М.-Л., 1941. - С. 17-84.

Геология СССР. Том I. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Геологическое описание. Северо-Западное ГУ. - М.: Недра, 1971. - 504 с.

Гуревич Е.Л., Храмов А.Н., Родионов В.П., Деккерс М., Федоров П.В. Палеомагнетизм ордовикских и девонских осадочных пород северо-запада Русской платформы: новые данные о кинематике Балтики в палеозое и о пермо-триасовом перемагничивании // Физика Земли. - 2005. - №7. - С.48-64.

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

Комиссарова Р.А., Погарская И.А. Новые палеомагнитные данные по девону Русской платформы // VIII конференция по постоянному геомагнитному полю и палеомагнетизму: материалы конференции. - Киев: Наукова думка, 1970. - 60 с.

Палеомагнетизм палеозоя; под ред. А.Н. Храмова // Труды ВНИГРИ. - 1974. - Вып. 335. - 238 с.

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. - Л.: Недра, 1982. - 312 с.

Погарская И.А. Палеомагнетизм девона Русской платформы // Палеомагнитные методы в стратиграфии: сборник научных трудов. - Л.: ВНИГРИ, 1984. - С. 42-55.

Погарская И.А., Комиссарова Р.А. Палеомагнетизм среднего палеозоя Русской и Сибирской платформ // Палеомагнетизм и вопросы тектоники плит. - Труды ВНИГРИ. - 1977. - С.63-107.

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

Родионов В.П., Храмов А.Н., Гуревич Е.Л., Томша В.А. Палеомагнетизм девона северо-востока главного девонского поля: ключевой палеомагнитный полюс и магнитостратиграфия верхнего франа. Палеомагнетизм и магнетизм горных пород; теория, практика, эксперимент // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: материалы международной школы-семинара. -

СПб.: СОЛО, 2010. - С. 121–126.

Русецкая Г.А., Тарасенко А.Б., Вербицкий В.Р., Храмов А.Н., Журавлев А.В., Евдокимова И.О., Иосифиди А.Г., Томша В.А., Сокиран Е.В. Стратопип бургских слоев (франский ярус, главное девонское поле) // Литосфера. - 2013. - № 5. - С. 42–56.

Тарасенко А.Б., Шишов С.Б. Литолого-генетические особенности ильменских и бургских слоев франского яруса в районе южного берега озера Ильмень // Региональная геология и металлогения. - 2012. - № 49. - С. 47-55.

Шишов С.Б., Журавлев А.В., Родина Т.С. Строение и генезис ракушняковых известняков бургских слоев в стратотипической местности (франский ярус, южное побережье озера Ильмень) // Региональная геология и металлогения. - 2014. - № 58. - С. 45-53.

A Geological Time Scale 2004 / Editors F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz Cambridge University Press, 2005. Cambridge, 589 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511536045>

Chadima M., Jelinek V. 2009. Anisoft 42. - <https://www.agico.com>

Enkin R.J. A computer program package for analysis and presentation of palaeomagnetic data // Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada. – Sidney, 1994. - 16 p.

Iosifidi A.G., Khramov A.N. Paleomagnetism of Devonian and Carboniferous sedimentary rocks of Sitzbergen: to the Paleozoic history of the Barents-Kara basin framing // Izvestiya Physics of the Solid Earth. - 2013. - Is.49. - P. 725-742. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1069351313040034>

McFadden P.L., McElhinny M.W. Classification of reversal test in palaeomagnetism // Geophysical Journal International. - 1990. - Vol. 103. - No. 3. - P. 725-729. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1990.tb05683.x>

Torsvik T.H., Smethurst M.A., Pesonen L.J. GMAP – geographic mapping and paleoreconstruction package, 1990. - 62 s.

Zhuravlev A.V., Sokiran E.V., Evdokimova I.O., Dorofeeva L.A., Rusetskaya G.A., Malkowski K. Faunal and facies changes at the Early-Middle Frasnian boundary in the Northwestern East European Platform // Acta Palaeontologica Polonica. - 2006. - Issue 51. - No.4. - P. 747–758.

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

Iosifidi A.G.

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI); Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radiowave Propagation Branch, St. Petersburg, Russia, iosag@mail.ru

Popov V.V.

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, vik_val_popov@mail.ru

Zhuravlev A.V.

Institute of Geology of FRC Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia, micropalaeontology@gmail.com

UPPER DEVONIAN (FRASNIAN STAGE) OF THE NORTH-WESTERN PART OF THE RUSSIAN PLATFORM: PALEOMAGNETIC DATA

Paleomagnetic determinations for the Devonian strata of the Main Devonian Field, available in the international paleomagnetic data base, do not make it possible to construct both detailed magnetostratigraphic scales and reliable trajectories of the apparent polar wander path of the paleomagnetic pole. This is primarily due to the insufficient amount of data that determine modern reliability criteria. Obtaining more complete series of reliable paleomagnetic determinations is one of the important tasks of paleomagnetic studies. The paper presents new paleomagnetic determinations from a collection of rocks of the Frasnian stage of the Upper Devonian (Ilmen and Bureg Beds of the Semiluky Formation), sampled on the southern shore of Lake Ilmen, east of the village. Korostyn in 2009. Magnetomineralogical studies were carried out to determine the magnetic minerals of carriers of natural remanent magnetization. Three characteristic components of natural remanent magnetization have been identified. Two components correspond to the Late Paleozoic magnetization reversal (in the Carboniferous and Permian times). The third, bipolar component of the Frasnian age passes the reverse polarity test of the geomagnetic field. The obtained position of the paleomagnetic pole by the bipolar component of the natural remanent magnetization is consistent with the available data on the section of the Late Upper Devonian of the Main Devonian Field.

Keywords: paleomagnetism, Frasnian stage of the Upper Devonian, Ilmen and Bureg Beds of the Semiluky Formation, geomagnetic field polarity, magnetostratigraphy, paleomagnetic pole.

References

- A Geological Time Scale 2004 / Editors F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz. Cambridge University Press, 2005. Cambridge, 589 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511536045>
- Chadima M., Hroudá F. Remasoft 3.0 a user-friendly paleomagnetic data browser and analyzer. Travaux Géophysiques, 2006, vol. XXVII, pp. 20-21.
- Chadima M., Jelinek V. 2009. Anisoft 42: <https://www.agico.com>
- 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, Geological Survey of Canada. Sidney, 1994, 16 p.
- Gekker R.F. *Otlozheniya, fauna i flora Glavnogo devonskogo polya* [Sediments, fauna and flora of the Main Devonian Field]. Fauna Glavnogo devonskogo polya. Moscow-Leningrad, 1941, pp. 17-84.
- Geologiya SSSR. Tom I. Leningradskaya, Pskovskaya i Novgorodskaya oblasti. Geologicheskoe opisanie* [Geology of the USSR. Volume I. Leningrad, Pskov and Novgorod regions. Geological description]. Severo-Zapadnoe GU. Moscow: Nedra, 1971, 504 p.
- Gurevich E.L., Khramov A.N., Rodionov V.P., Dekkers M., Fedorov P.V. *Paleomagnetizm ordovikskikh i devonskikh osadochnykh porod severo-zapada Russkoy platformy: novye dannye o kinematike Baltiki v paleozoe i o permo-triasovom peremagnichivanii* [Paleomagnetism of Ordovician and Devonian sedimentary rocks in the northwestern part of the Russian Platform: new constraints on the Baltica kinematics in the Paleozoic and the remagnetization in the Permian-

Triassic]. *Fizika Zemli*, 2005, no. 7, pp. 48-64.

Iosifidi A.G., Khramov A.N. Paleomagnetism of Devonian and Carboniferous sedimentary rocks of Sitzbergen: to the Paleozoic history of the Barents-Kara basin framing. *Izvestiya Physics of the Solid Earth*, 2013, issue 49, pp. 725-742. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1069351313040034>

Komissarova R.A., Pogarskaya I.A. *Novye paleomagnetnye dannye po devonu Russkoy platformy* [New paleomagnetic data on the Devonian of the Russian Platform]. VIII konferentsiya po postoyannomu geomagnitnomu polyu i paleomagnetizmu: materialy konferentsii. Kiev: Naukova dumka, 1970, 60 p.

McFadden P.L., McElhinny M.W. Classification of reversal test in palaeomagnetism. *Geophysical Journal International*, 1990, vol. 103, no. 3, pp. 725-729. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1990.tb05683.x>

Paleomagnetizm paleozoya [Paleozoic paleomagnetism]. Editor A.N. Khramov. Leningrad: VNIGRI, 1974, vol. 335, 238 p.

Paleomagnetologiya [Paleomagnetology]. A.N. Khramov, G.I. Goncharov, R.A. Komissarova, S.A. Picapevskiy, I.A. Pogapckaya, Yu.S. Pzhevckiy, V.P. Podionov, I.P. Clautsitayc. Leningrad: Nedra, 1982, 312 p.

Pogarskaya I.A. Paleomagnetizm devona Russkoy platformy [Paleomagnetism of the Devonian of the Russian Platform]. *Paleomagnetnye metody v stratigrafii: sbornik nauchnykh trudov*. Leningrad: VNIGRI, 1984, pp. 42-55.

Pogarskaya I.A., Komissarova R.A. *Paleomagnetizm srednego paleozoya Russkoy i Sibirskoy platformy* [Paleomagnetism of the Middle Paleozoic of the Russian and Siberian Platforms]. *Paleomagnetizm i voprosy tektoniki plit. Trudy VNIGRI*, 1977, pp. 63-107.

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

Rodionov V.P., Khramov A.N., Gurevich E.L., Tomsha V.A. *Paleomagnetizm devona severo-vostoka glavnogo devonskogo polya: klyuchevoy paleomagnetnyy polyus i magnitostratografiya verkhnego frana. Paleomagnetizm i magnetizm gornyykh porod; teoriya, praktika, eksperiment* [Paleomagnetism of the Devonian of the northeast of the main Devonian field: the key paleomagnetic pole and magnetostratigraphy of the Upper Frasnian. Paleomagnetism and magnetism of rocks; theory, practice, experiment]. *Paleomagnetizm i magnetizm gornyykh porod: materialy mezhdunarodnoy shkoly-seminara*. St. Petersburg: SOLO, 2010, pp. 121-126.

Rusetskaya G.A., Tarasenko A.B., Verbitskiy V.R., Khramov A.N., Zhuravlev A.V., Evdokimova I.O., Iosifidi A.G., Tomsha V.A., Sokiran E.V. *Stratotip buregskikh sloev (franskiy yarus, glavnoe devonskoe pole)* [Stratotype of the Bureg Beds (Frasnian Stage, Main Devonian Field)]. *Litosfera*, 2013, no. 5, pp. 42-56.

Shishlov S.B., Zhuravlev A.V., Rodina T.S. *Stroenie i genezis rakushnyakovykh izvestnyakov buregskikh sloev v stratotipicheskoy mestnosti (franskiy yarus, yuzhnoe poberezh'e ozera Il'men')* [Structure and genesis of shell limestones of the Bureg Beds in the stratotype area (Frasnian stage, southern coast of Lake Ilmen)]. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, 2014, no. 58, pp. 45-53.

Tarasenko A.B., Shishlov S.B. *Litologo-geneticheskie osobennosti il'menskikh i buregskikh sloev franskogo yarusa v rayone yuzhnogo berega ozera Il'men'* [Lithological and genetic features of the Ilmen and Bureg Beds of the Frasnian stage in the area of the southern coast of Lake Ilmen]. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, 2012, no. 49, pp. 47-55.

Torsvik T.H., Smethurst M.A., Pesonen L.J. GMAP – geographic mapping and paleoreconstruction package, 1990, 62 p.

Zhuravlev A.V., Sokiran E.V., Evdokimova I.O., Dorofeeva L.A., Rusetskaya G.A., Malkowski K. Faunal and facies changes at the Early-Middle Frasnian boundary in the Northwestern East European Platform. *Acta Palaeontologica Polonica*, 2006, issue 51, no.4, pp. 747-758.

