

DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/39\\_2021](https://doi.org/10.17353/2070-5379/39_2021)

УДК 550.384:551.734.3/.5(470)

**Иосифиди А.Г.**

Акционерное общество «ВНИГРИ-Геологоразведка» (АО «ВНИГРИ-Геологоразведка»); 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](mailto:iosag@mail.ru)

**Попов В.В.**

Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ), Санкт-Петербург, Россия, [v\\_v\\_popov@yahoo.co.uk](mailto:v_v_popov@yahoo.co.uk)

## **ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СРЕДНЕ- ВЕРХНЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ (ПАВЛОВСКИЙ КАРЬЕР)**

*Представлены новые палеомагнитные определения по коллекции горных пород средне-верхнедевонского (живетский и франский ярусы) возраста, отобранной в обнажении на юго-западном склоне Павловского гранитного карьера. Выделены три характерные компоненты естественной остаточной намагниченности. Биполярная компонента С, соответствующая позднепалеозойскому перемагничиванию в каменноугольное время и две компоненты живетского - франского возраста. Биполярная компонента D2NR проходит тест обращения полярности геомагнитного поля. Полученное положение палеомагнитного полюса по биполярной компоненте естественной остаточной намагниченности согласуется с имеющимися данными по отложениям среднего девона Главного Девонского поля (Русская платформа).*

***Ключевые слова:** палеомагнитные определения, средне-верхнедевонские отложения, полярность геомагнитного поля, палеомагнитный полюс, Главное Девонское поле, Русская платформа.*

### **Введение**

Геологические исследования средне-верхнедевонских отложений Павловского гранитного карьера проводились многими исследователями [Легенда Воронежской..., 1999; Савко, 2002; Карпова, 2003; Раскатова, 2004]. Общая мощность средне-верхнедевонских отложений Павловского гранитного карьера - около 20 м. Девонские отложения залегают на докембрийских гранитах и перекрываются средне-меловыми отложениями. Изучение живетско-франских отложений в Павловском карьере показало низкую степень их постседиментационного преобразования. К живетскому веку отнесены нерасчленённые породы воробьевской и ардаатовской свит, а к франскому - отложения ястребовской свиты. Между отложениями живетского яруса и отложениями ястребовской свиты отмечается седиментационный перерыв (отложения мулинской свиты отсутствуют). Палеомагнитные исследования по девонским отложениям Воронежской антиклизы не проводились.

В данной работе представлены первые результаты палеомагнитного изучения средне-

верхнедевонских отложений Павловского гранитного карьера.

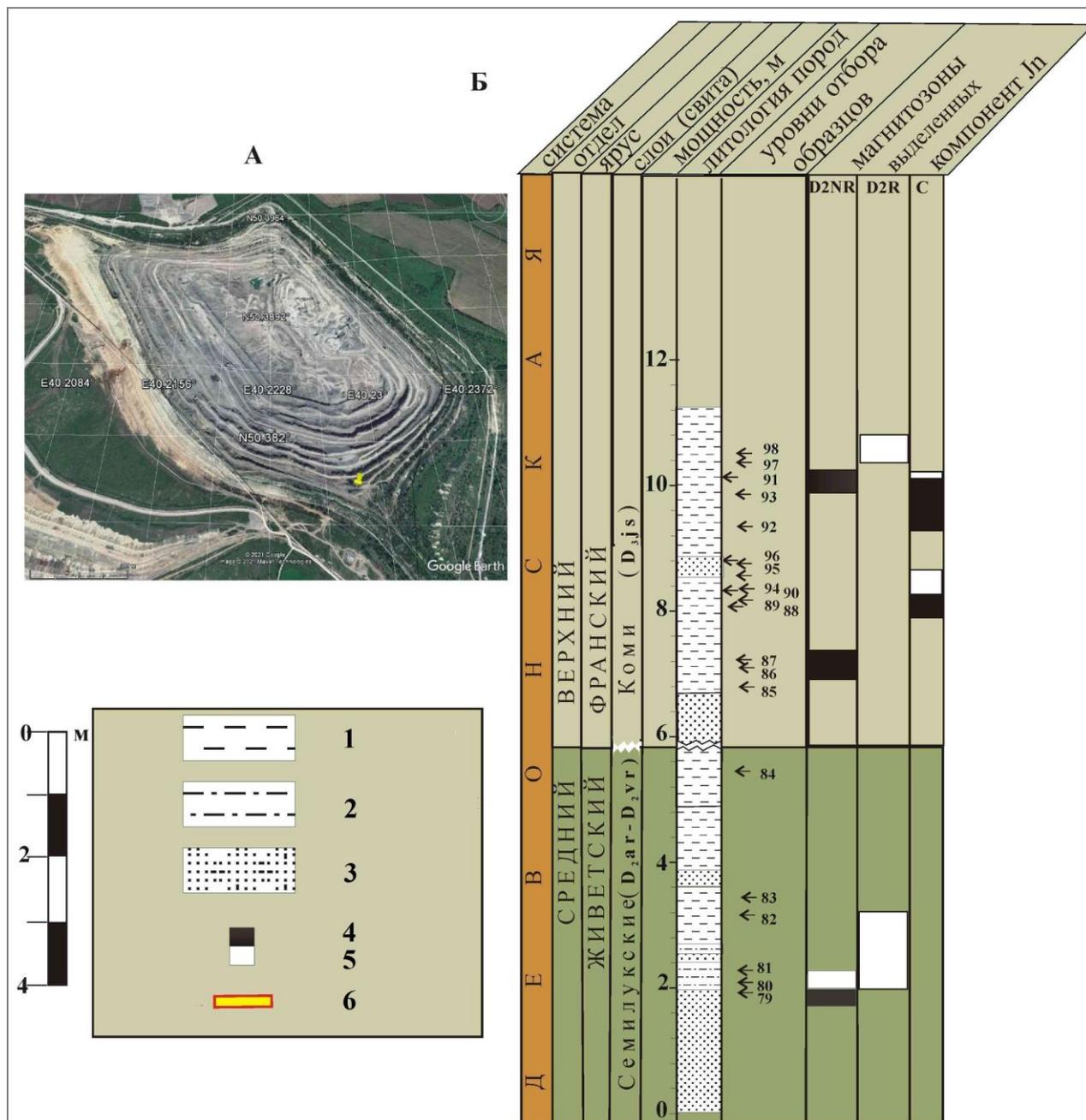
### Экспериментальные данные

**Объект исследования.** Воронежская обл. Коллекция горных пород средне-верхнедевонского (живетский и франкий яруса, слои семилукского и коми горизонтов), возраста отобрана в обнажении на юго-западном склоне Павловского гранитного карьера. Породы представлены глинами, глинистыми аргиллитами, алевролитами и песчаниками (10,5 м разреза, 20 стратиграфических уровней) [Легенда Воронежской..., 1999; Савко, 2002; Карпова, 2003; Раскатова, 2004]. Залегание пород - близко к горизонтальному, координаты отбора 50,38° N, 40,23° E (рис. 1А, Б).

**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). Необходимо отметить, что величины  $J_n$  и  $K_m$  образцов из сероцветных слоев имеют более высокие значения, чем из красно-бурых в 4-5 раз.

По кривым нормального намагничивания и методу [Lowrie, 1990] произведена оценка магнитных минералов носителей  $J_n$ . Величина нормальной намагниченности для образца 80-3 достигает насыщения в магнитном поле с индукцией - 250-500 мТл, а для образца 90 в магнитном поле с индукцией - больше 1000 мТл (рис. 2). По методу [Lowrie, 1990] при разрушении естественной остаточной намагниченности выделяются магнитные минералы с деблокирующими температурами 100-300°С и 300-600°С (см. рис. 2). Таким образом, основными минералами, носителями  $J_n$ , являются магнитные минералы титано-магнетитового ряда. Это подтверждается также деблокирующими температурами выделяемых компонент  $J_n$  при проведении размагничивания  $J_n$ , как переменным магнитным полем (10-70 мТл), так и температурой (300-600°С). Образцы красно-бурого цвета, отобранные из зон вторичного окисления пород, имеют аналогичные характеристики для деблокирующих температур выделяемых компонент  $J_n$ . Отсутствие гематита в образцах красно-бурого цвета, по всей вероятности, связано с присутствием в породах лимонита, наличие которого в глинистых породах подтверждается и литологическими исследованиями [Милаш, 2017]. Результаты измерения анизотропии магнитной восприимчивости представлены на рис. 2В. Коэффициент анизотропии магнитной восприимчивости не превышает 10%, среднее значение  $P=1,06$ . Общее распределение направлений главных осей эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости типично для осадочных отложений и показывает присутствие плоскостной анизотропии магнитной восприимчивости (см.

рис. 2В). Отмечается небольшое смещение направления минимальной оси эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости КЗ на север, северо-восток, рис. 2В.



**Рис. 1. Схема расположения обнажения пород средне-верхнедевонского (живетский и франский ярусы) возраста в Павловском гранитном карьере и стратиграфическая колонка по изученному разрезу**

*А - фото карьера сверху с точкой отбора образцов, Б - литолого-стратиграфическая колонка, положение образцов и выделенных компонент  $J_n$  в разрезе, магнитозоны выделенных компонент естественной остаточной намагниченности.*

*1 - глины, аргиллиты; 2 - алевриты, алевролиты; 3 - песчаники; полярность магнитозон: 4 - прямая, 5 - обратная; 6 - место отбора образцов.*

**Компонентный анализ  $J_n$ .** Выделение компонент  $J_n$  велось преимущественно методом ступенчатого терморазмагничивания, который оказался более эффективным, чем метод

размагничивания переменным магнитным полем. В большинстве образцов изолируются, как правило, две компоненты  $J_n$ . Первая компонента, связанная с перемагничиванием образцов за счет вязких процессов в современном геомагнитном поле, размагничивается в интервале температур 100-250°C (рис. 3). Вторая биполярная высокотемпературная компонента С (диапазон деблокирующих температур 350-600°C) присутствует в слоях ястребовской свиты (образцы 94-3, 88-1) и отражает перемагничивание пород геомагнитным полем в период существования суперхрона Киама (см. рис. 3). Тест обращения для компоненты С - положительный (табл. 2).

Таблица 1

**Пределы изменения величин  $J_n$  и  $K_m$  изученных пород**

№	Породы (цвет)	Число образцов	Диапазон изменения $J_n$ , мА/м	Среднее значение $J_n$ , мА/м	Число образцов	Диапазон изменения $K_m$ , $10^{-3}$ ед. СИ	Среднее значение $K_m$ , $10^{-3}$ ед. СИ
1	все	79	0,24÷31,80	5,57	55	0,26÷21,71	3,56
2	серые	47	0,30÷31,80	7,46	31	0,28÷21,71	5,54
3	красные	32	0,24÷8,14	2,79	24	0,26÷4,39	1,01

Третья биполярная компонента  $J_n$  (D2NR) выделяется в диапазоне температур 250-580°C (см. рис. 3), образцы 87-1, 90-2, 80-2, 80-7. Тест обращения для компоненты D2NR - положительный (см. табл. 2).

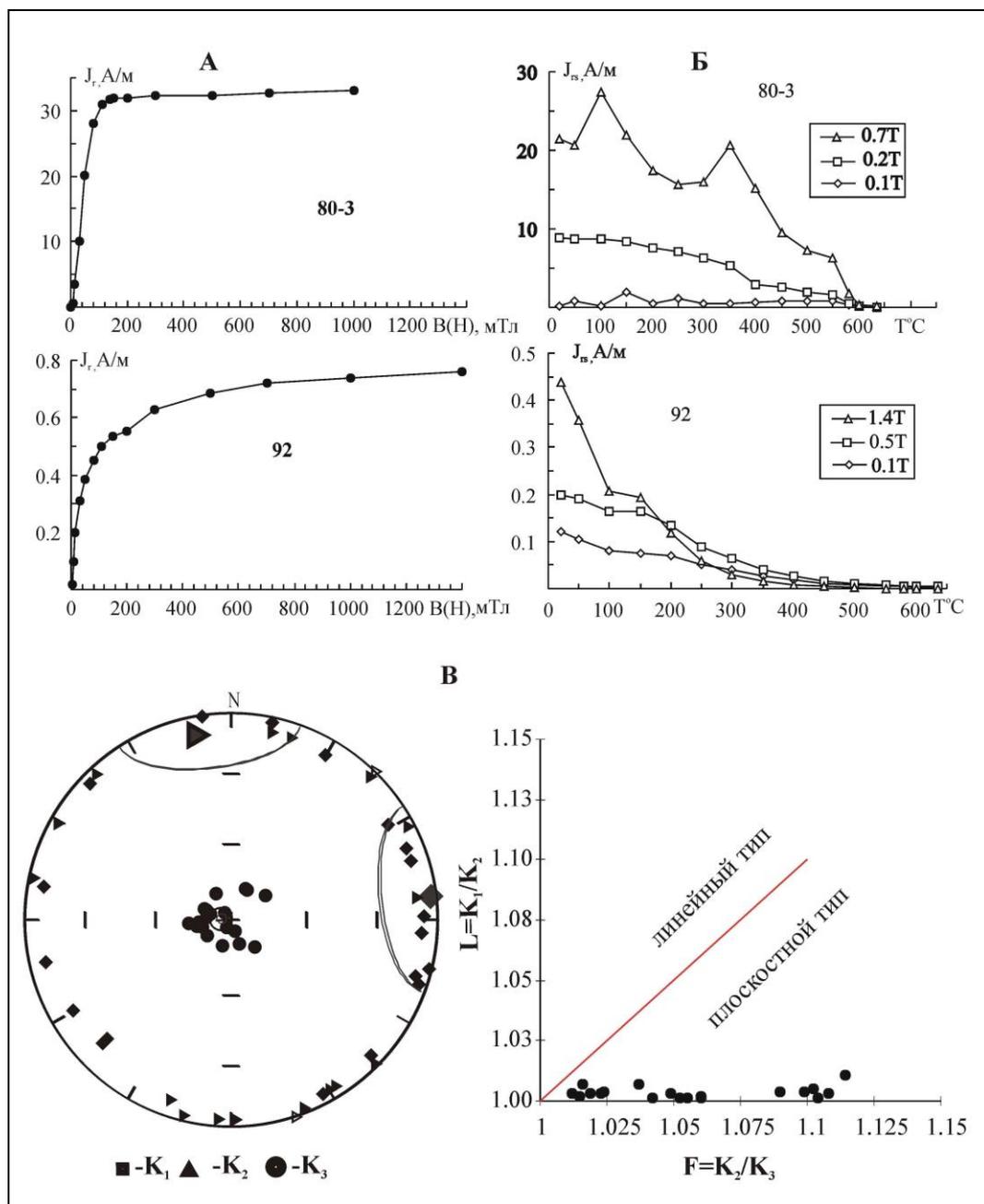
Четвёртая и пятая компоненты естественной остаточной намагниченности обратной полярности D2R-2 и D2R-3, по всей вероятности, связаны с перемагничиванием пород в позднем девоне. Диапазон деблокирующих температур для компоненты D2R лежит в пределах 300-600°C (см. рис. 3, образцы 82-2, 97-3).

Положение выявленных магнитозон для компонент D2RN, D2R и С по разрезу, показано на рис. 1Б.

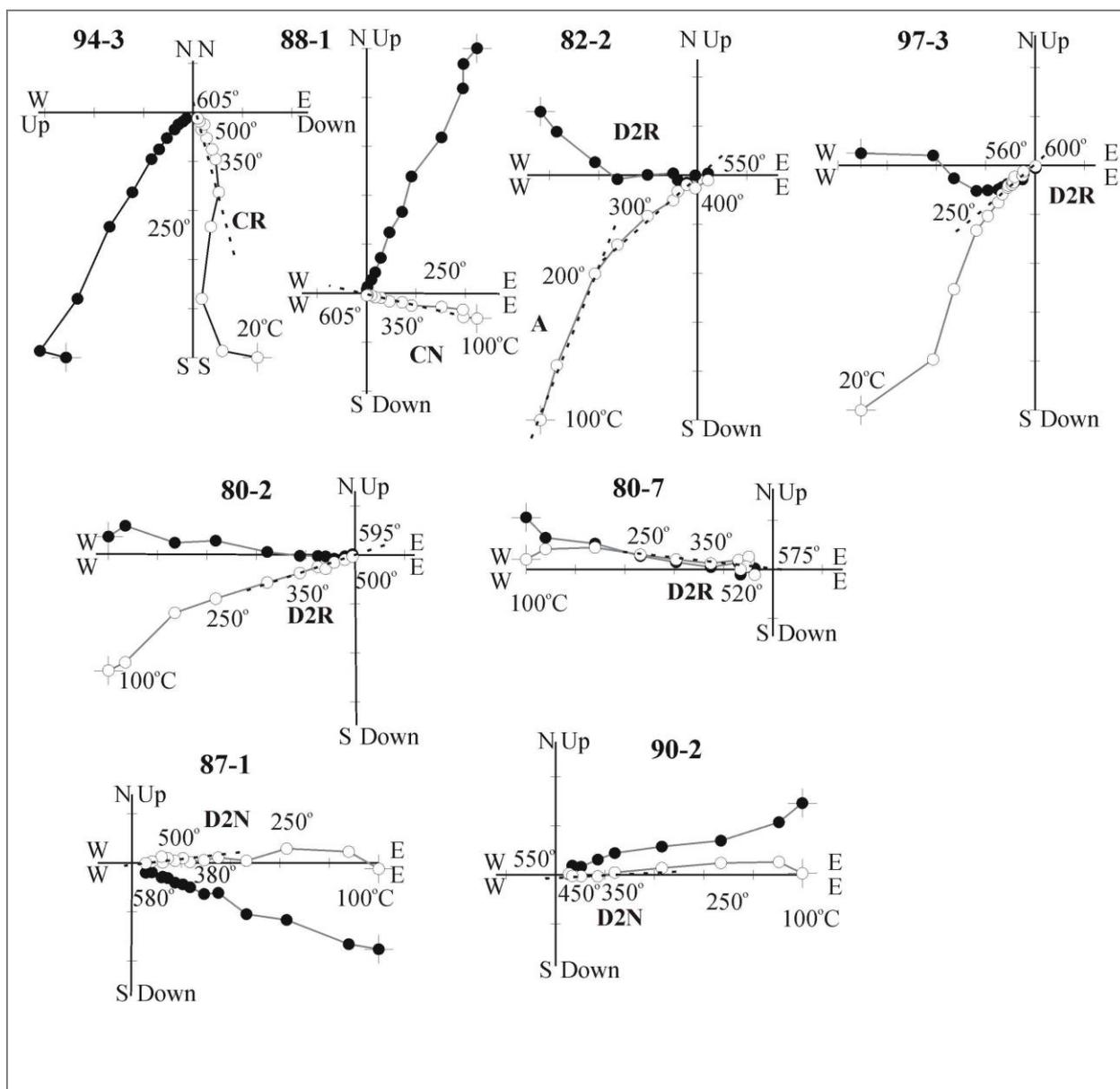
Статистические характеристики полученных в данной работе компонент  $J_n$  представлены в табл. 2, а на рис. 4 их распределения. В табл. 3 показаны результаты предыдущих исследователей по отложениям среднего-верхнего девона Русской платформы.

**Обсуждение результатов.** Проведенный компонентный анализ естественной остаточной намагниченности отложений средне-верхнедевонского (живетский и франский ярусы) возраста из разреза в борту Павловского гранитного карьера выявил двухкомпонентный состав  $J_n$  в большинстве изученных образцов. Компонента А, по всей вероятности, связана с вязким намагничиванием пород в современном геомагнитном поле. Высокотемпературные компоненты  $J_n$ , как прямой, так и обратной полярности имеют вытянутые, не Фишеровские распределения (см. рис. 4Б), а после усреднения по штуфам

разделяются на пять групп (см. рис. 4В, Г). Все группы направлений  $J_n$  лежат на большом круге (см. рис. 4Г), который не пересекает направления компоненты А и современного геомагнитного поля, что подтверждает перемагничивание пород в палеозойское время.



**Рис. 2. Определение ферромагнитных минералов по методу Лаури [Lowrie, 1990] и параметры анизотропии магнитной восприимчивости для осадочных пород живетского и франского ярусов девона из разреза юго-западного склона Павловского гранитного карьера**  
 А - кривые нормального намагничивания (IRM); Б - кривые терморазмагничивания жестких и мягких компонент IRM, образованной при намагничивании в полях 0,7(1,4) Тл по оси X, 0,2 (0,5) Тл по оси Y и 0,1(0,1) Тл по оси Z для образцов 80-3 (92), соответственно; В - слева направо: распределения направлений главных осей эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости в стратиграфической системе координат; зависимость параметра линейности ( $L=K_1/K_2$ ) от степени сплюснутости ( $F=K_2/K_3$ ).  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  - направления максимальной, промежуточной и минимальной осей эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости. Пустые (залитые) значки - проекции на верхнюю (нижнюю) полусферу.



**Рис. 3. Примеры ступенчатого термомрагничивания образцов девонского возраста**

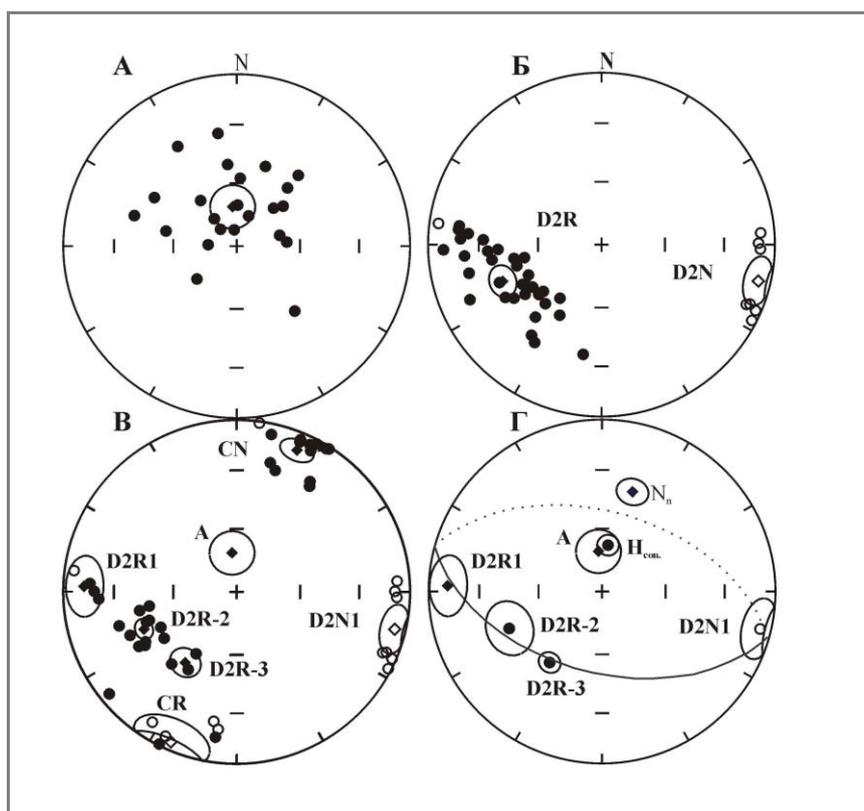
Диаграммы Зийдверельда приведены в стратиграфической системе координат, полые кружки - проекции векторов на вертикальную плоскость, заливные кружки - проекция векторов на горизонтальную плоскость. Штриховой линией показаны участки выделения компонент  $J_n$ , наименования компонент в соответствии с табл.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

Распределения направлений главных осей эллипсоидов анизотропии магнитной восприимчивости для образцов, по которым выделены компоненты С и DNR не показывают признаков сильного влияния вторичных геологических (тектонических) процессов (см. рис. 2В). Таким образом, компоненты С и D2R-2, D2R-3, по всей вероятности, связаны с перемагничиванием за счет вторичных химических процессов в эпоху суперхрона Киама (310-265 млн. лет) и в позднем девоне, соответственно. Данные для среднего-верхнего девона Русской платформы представлены в табл. 3.

**Палеомагнитные направления и полюсы для средне-верхнедевонских отложений  
Павловского карьера ( $\varphi=50,38^\circ$ ,  $\lambda=40,23^\circ$ )**

№	компонента $J_n$	с.к.	N/n	$D^\circ$	$I^\circ$	K	$\alpha_{95}^\circ$	$\Phi^\circ, N$	$\Lambda^\circ, E$	$dp^\circ$	$dm^\circ$	$\varphi_m^\circ$	Тест
1	A	г	23/38	354	71	8	12	84	9	18	21	55	
2	CN	с	13	23	11	36	7	41	189	4	7	6	
3	CR	с	7	204	-6	14	16	39	189	8	16	3	
4	C	с	20	24	9	25	7	40	188	4	7	5	$R_+, \gamma/\gamma_{кр}=5/17, C$
5	D2N-1	с	7/12	104	-7	36	10	-12	122	5	10	-4	
6	D2R-1	с	4/5	272	13	38	15	-6	133	8	15	-7	
7	D2NR-1	с	11/17	99	-8	32	8	-9	126	4	8	-5	$R_+, \gamma/\gamma_{кр}=9/16, C$
8	D2R-2	с	11/22	248	42	85	5	-6	162	4	6	24	
9	D2R-3	с	3/5	216	48	130	11	4	189	9	14	29	
10	D2NR1-2	с	22/39	86	-26	11	10	-8	142	6	11	14	

Примечание: с. к. - система координат, г - географическая, с - стратиграфическая; N - число штудов; n - число образцов;  $D^\circ$ ,  $I^\circ$  - склонение и наклонение средних направлений компонент; K - кучность векторов;  $\alpha_{95}^\circ$  - радиус круга доверия при 95% вероятности для среднего направления;  $\Phi^\circ$ ,  $\Lambda^\circ$  - широта и долгота палеомагнитного полюса;  $dp^\circ$ ,  $dm^\circ$  - полуоси овала доверия;  $\varphi_m^\circ$  - палеоширота; R - тест обращения полярности + (-) положителен (отрицателен) по [McFadden, McElhinny, 1990];  $\gamma/\gamma_{кр}$  - угол между векторами прямой и обратной полярности/ критический угол для данной выборки.



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

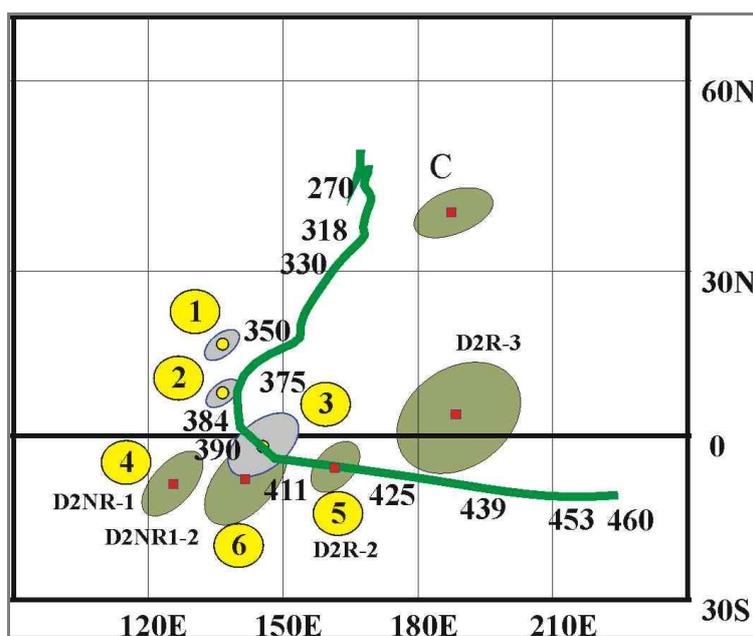
Полые кружки - проекции векторов на верхнюю полусферу, залитые кружки - проекции векторов на нижнюю полусферу; распределения компонент приведены в географической (A) и в стратиграфической (C, D2NR 1-2) системе координат;  $H_{сов.}$  - направление современного геомагнитного поля в районе отбора образцов;  $N_n$  ( $D=17^\circ$ ,  $I=39^\circ$ ,  $A=7^\circ$ ) - нормаль к кругу перемагничивания пород.

Таблица 3

**Палеомагнитные направления и полюсы для средне-позднедевонских отложений  
Русской платформы**

№	Магнитный возраст $J_n$ , млн. лет	компонента $J_n$	N/n	D°	I°	K	$\alpha_{95}^\circ$	$\Phi^\circ, N$	$\Lambda^\circ, E$	$dp^\circ$	$dm^\circ$	$\phi_m^\circ$	Тест	Ссылка
1	365	*D R <sub>+</sub>	/20	70	16	56	4	17	136	2	4	8	R <sub>+</sub>	[Русецкая и др., 2013]
2	375	D	/47	75	1	31	4	8	136	2	4	1	R <sub>+</sub> , B	[Гуревич и др., 2005; Родионов и др., 2010]
3	380-390	D <sub>3</sub> NR	16/27	70	-26	21	8	-2	145	5	9	14	R <sub>+</sub> , C	[Иосифиди и др., 2020]
4	385-392	D2NR-1	11/17	99	-8	32	8	-9	126	4	8	-5	R <sub>+</sub> , C	Данная работа
5	385-392	D2R-2	11/22	248	42	85	5	-6	162	4	6	24		Данная работа
6	385-392	D2NR1-2	22/39	86	-26	11	10	-8	142	6	11	14		Данная работа

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 усл. обозначения см. в табл. 2.



**Рис. 5. Положения полученных палеомагнитных полюсов для средне-верхнедевонских отложений 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. Новые данные показаны с овалами доверия зеленого цвета. Рисунок построен с помощью программы GMAP [Torsvik et al., 1990].

Полученная в проведенном исследовании характерная биполярная компонента DNR имеет фрагментарный характер. В работах [Гуревич и др., 2005; Родионов и др., 2010; Русецкая и др., 2013] выделены более значимые зоны прямой и обратной полярности

геомагнитного поля. В работе [Русецкая и др., 2013] сделана попытка корреляции данных с имеющимися магнитостратиграфическими шкалами [Дополнения..., 2004; A Geological Time..., 2004]. С учетом наличия продолжительных зон прямой и обратной магнитной полярности, выявленных в работах [Гуревич и др., 2005; Родионов и др., 2010], необходимо провести стратиграфическую корреляцию разрезов, что позволит оценить более определенно картину магнитной полярности геомагнитного поля в интервале 390-370 млн. лет. По имеющимся данным изученный в работе [Иосифиди, Попов, Журавлев, 2006] стратиграфический интервал отвечает конодонтовой зоне MN6 (= верхняя часть зоны *Palmatolepis punctata*, примерно 381-382 млн. лет) [Zhuravlev et al., 2006]. Новые данные (компонента D2NR-1) коррелируют с участком кривой траектории палеомагнитного полюса 385-392 млн. лет, что согласуется с данными по франским отложениям о. Ильмень (см. рис. 5). Известно, что дрейф Русской платформы шел из высоких и умеренных широт южного полушария в начале ордовика в тропические и приэкваториальные широты в девоне. Кинематика этого процесса традиционно представляется в виде двух составляющих – перемещения по меридиану (изменение палеоширот) и поворотов. Этот способ оставляет значительный произвол в долготном положении литосферных плит. Перемагничивание изученных пород шло от живетского века до каменноугольного. Таким образом, на процессы перемагничивания пород оказывало влияние и общее перемещение Русской платформы на север (северо-восток) с поворотом по часовой стрелке. Данные по литолого-фациальному анализу живетско-франских отложений [Карпова, 2003] позволили выявить наличие поднятий и опусканий структур в раннеживетское-франское время. Изученные отложения образовывались в условиях подвижного мелководья эпиконтинентального морского бассейна, что могло приводить к сползанию слоёв в ходе регрессивно-трансгрессивных процессов.

Наложение этих процессов, возможно, и оказало сильное влияние на смещение палеомагнитных полюсов для компонент как прямой, так и обратной полярности геомагнитного поля.

### Заключение

Проведенные палеомагнитные исследования пород средне-верхнедевонского (живетский и франский ярусы) возраста Воронежской антеклизы выявили наличие древних компонент естественной остаточной намагниченности в девонских отложениях Центрального девонского поля, что подтверждается биполярными компонентами  $J_n$  имеющими положительные тесты обращения полярности.

По части изученных пород отмечается позднепалеозойское перемагничивание, которое имело место в позднедевонское и каменноугольное время.

Дана оценка магнитного возраста биполярных компонент  $J_n$ : компонента С - 300-310 млн. лет (поздний карбон) и компонента D2NR-1 - 385-395 млн. лет (средний девон). Полученные результаты имеют удовлетворительную сходимость с данными по другим разрезам средне-верхнедевонского возраста Русской платформы, полученными другими исследователями, табл. 3. Наличие хорошо обнаженных участков средне-верхнедевонских отложений в стенках Павловского карьера, позволяет продолжить палеомагнитные исследования.

### Литература

*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.

*Иосифиди А.Г., Попов В.В., Журавлев А.В.* Верхнедевонские отложения (франский ярус) северо-запада Русской платформы: палеомагнитные данные // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2020. - Т.15. - №4. - [http://www.ngtp.ru/rub/2020/42\\_2020.html](http://www.ngtp.ru/rub/2020/42_2020.html). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/42\\_2020](https://doi.org/10.17353/2070-5379/42_2020)

*Карнова Е.В.* Особенности седименто- и литогенеза в живетском-ранне франском веках среднего-верхнего девона на Павловском месторождении (юго-восток Воронежской антеклизы) // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. - 2003. - №5. - С. 47-56.

Легенда Воронежской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (издание второе). Объяснительная записка / Т.Е. Горбаткина, Ю.И. Иосифова, Р.В. Красненков, Ю.Т. Кузьменко, М.Х. Махлина, А.Г. Олферьев, Б.М. Петров, Т.Д. Родионова, С.М. Шик. - М., 1999.

*Милаш А.В.* Акцессорные минералы эйфельских, живетских и нижнефранских отложений юго-востока Воронежской антеклизы // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Геология. - 2017. - № 1. - С. 31-42.

*Раскатова М.Г.* Миоспоровая зональность средне-верхнедевонских отложений юго-восточной части Воронежской антеклизы (Павловский карьер) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Геология. - 2004. - № 2. - С. 89-98.

*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: 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 бурегских слоев (франский ярус); главное девонское поле // Литосфера. - 2013. - № 5. - С. 42-56.

*Савко А.Д.* Геология Воронежской антеклизы // Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета. - Вып. 12. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2002. - 165 с.

A Geological Time Scale. Editors F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz. Cambridge University Press, 2004. Cambridge, 589 pp.

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

*Chadima M., Jelinek V.* Anisoft 42. - 2009. - [www.AGICO.com](http://www.AGICO.com)

*Lowrie W.* Identification of the ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties // Geophysical Research Letters. - 1990. - Vol. 17. - Issue 2. - P. 159-162. DOI: <https://doi.org/10.1029/GL017i002p00159>

*McFadden P.L., McElhinny M.W.* Classification of reversal test in palaeomagnetism // Geophysical Journal International. - 1990. - Vol. 103. - Issue 3. - P. 725-729. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1990.tb05683.x>

*Tarling D.H., Hroudâ F.* The magnetic anisotropy of rocks. Chapman and Hall, New York. 1993. 217 p.

*Torsvik T.H., Smethurst M.A., Pesonen L.J.* GMAP - geographic mapping and paleoreconstruction package. NGU (rapport nr 90.019). - 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. - Vol. 51 (4). - P. 747-758.

**Iosifidi A.G.**

VNIGRI-Geologorazvedka; Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radiowave Propagation, St. Petersburg Branch, St. Petersburg, Russia, iosag@mail.ru

**Popov V.V.**

Saint- Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, v\_v\_popov@yahoo.co.uk

**PALEOMAGNETIC STUDIES OF THE MIDDLE-UPPER DEVONIAN SECTION OF THE VORONEZH ANTECLISE (PAVLOV QUARRY)**

*New paleomagnetic determinations are presented for a collection of rocks of the Middle-Upper Devonian (Givetian and Frasnian stages), sampled from an outcrop on the southwestern slope of the Pavlov granite quarry. Three characteristic components of natural remanent magnetization have been identified. The bipolar component C corresponds to the Late Paleozoic remagnetization in the Carboniferous and two components of Givetian - Frasnian age. The bipolar component of D2NR passes the geomagnetic field polarity reversal test. The obtained position of the paleomagnetic pole in terms of the bipolar component of the natural remanent magnetization is consistent with the available data on the Middle Devonian strata of the Main Devonian Field (Russian platform).*

**Keywords:** *paleomagnetic determinations, Middle-Upper Devonian, geomagnetic field, paleomagnetic pole, Main Devonian Field, Russian platform.*

**References**

A Geological Time Scale. Editors F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz. Cambridge University Press, 2004. Cambridge, p. 589.

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

Chadima M., Jelinek V. Anisoft 42, 2009. - [www.AGICO.com](http://www.AGICO.com)

*Dopolneniya k Stratigraficheskomu kodeksu Rossii* [Additions to the Stratigraphic Code of Russia]. Editor A.I. Zhamoyda. St.Petersburg: VSEGEI, 2000, 112 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., Popov V.V., Zhuravlev A.V. *Verkhnedevonskie otlozheniya (franskiy yarus) severo-zapada Russkoy platformy: paleomagnitnye dannye* [Upper Devonian (Frasnian stage) of the north-western part of the Russian Platform: paleomagnetic data]. Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika, 2020, vol. 15, no. 4, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/2020/42\\_2020.html](http://www.ngtp.ru/rub/2020/42_2020.html). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/42\\_2020](https://doi.org/10.17353/2070-5379/42_2020)

Karpova E.V. *Osobennosti sedimento- i litogeneza v zhivetskom-ranne franskom vekakh srednego-verkhnego devona na Pavlovskom mestorozhdenii (yugo-vostok Voronezhskoy anteklizy)* [Peculiarities of sedimentary and lithogenesis in Givetian-Early Frasnian centuries of the Middle-Upper Devonian at the Pavlov field (southeast of the Voronezh antecline)]. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4. Geologiya, 2003, no.5, pp. 47-56.

*Legenda Voronezhskoy serii listov Gosudarstvennoy geologicheskoy karty Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200 000 (izdanie vtoroje). Ob'yasnitel'naya zapiska* [Legend of the Voronezh series of sheets of the State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1:200,000 (second edition). Explanatory letter]. T.E. Gorbatkina, Yu.I. Iosifova, R.V. Krasnenkov, Yu.T. Kuz'menko, M.Kh. Makhlina, A.G. Olfer'ev, B.M. Petrov, T.D. Rodionova, S.M. Shik. Moscow, 1999.

Lowrie W. Identification of the ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties. *Geophysical Research Letters*, 1990, vol. 17, pp. 159-162. DOI: <https://doi.org/10.1029/GL017i002p00159>

McFadden P.L., McElhinny M.W. Classification of reversal test in palaeomagnetism. *Geophysical Journal International*, 1990, vol. 103, issue 3, pp. 725-729. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1990.tb05683.x>

Milash A.V. *Aktsessornye mineraly eyfel'skikh, zhivetskikh i nizhnefranskikh otlozheniy yugovostoka Voronezhskoy anteklizy* [Accessory minerals of the Eifelian, Givetian, and Lower Frasnian of the southeastern Voronezh antecline]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geologiya*, 2017, no.1, pp. 31-42.

Raskatova M.G. *Miosporovaya zonal'nost' sredne-verkhnedevonskikh otlozheniy yugovostochnoy chasti Voronezhskoy anteklizy (Pavlovskiy kar'er)* [Miospore zoning of the Middle-Upper Devonian strata of the southeastern part of the Voronezh antecline (Pavlov quarry)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geologiya*, 2004, no. 2, pp. 89-98.

Rodionov V.P., Khramov A.N., Gurevich E.L., Tomsha V.A. *Paleomagnetizm devona severo-vostoka glavnogo devonskogo polya: klyuchevoy paleomagnitnyy polyus i magnitostratigrafiya verkhnego frana* [Devonian paleomagnetism of the northeastern Main Devonian Field: key paleomagnetic pole and magnetostratigraphy of the Upper Frasnian]. *Paleomagnetizm i magnetizm gornyx porod; teoriya, praktika, eksperiment: 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. *Stratopip buregskikh sloev (franskiy yarus, glavnoe devonskoe pole)* [Stratotype of the Bureg Beds (Frasnian Stage, Main Devonian Field)]. *Litosfera*, 2013, no. 5, pp. 42-56.

Savko A.D. *Geologiya Voronezhskoy anteklizy* [Geology of the Voronezh antecline]. *Trudy nauchno-issledovatel'skogo instituta geologii Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Voronezh: Izd-vo VGU*, 2002, issue 12, 165 p.

Tarling D.H., Hrounda F. *The magnetic anisotropy of rocks*. Chapman and Hall, New York. 1993, 217 p.

Torsvik T.H., Smethurst M.A., Pesonen L.J. *GMAP - geographic mapping and paleoreconstruction package*. NGU (rapport nr 90.019). 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, vol. 51 (4), pp. 747-758.

© Иосифиди А.Г., Попов В.В., 2021

