

УДК 550.384:551.732/.734(470.13)

**Сальная Н.В.**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, [ins@vniagri.ru](mailto:ins@vniagri.ru); Институт Физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия, [natasavi@inbox.ru](mailto:natasavi@inbox.ru)

**Попов В.В., Родионов В.П., Якубсон А.М., Иосифиди А.Г.**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, [ins@vniagri.ru](mailto:ins@vniagri.ru)

## ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА, РЕКА ПАГА

*Проведено палеомагнитное изучение коллекции палеозойских отложений долины р. Пага. Результаты палеомагнитных исследований показывают двухкомпонентный состав естественной остаточной намагниченности. Выделенные характерные компоненты являются послескладчатыми. Выполнены оценки горизонтальных поворотов структур. Рассмотрена возможная модель перемагничивания исследованных отложений.*

**Ключевые слова:** палеомагнитные векторы, анизотропия магнитной восприимчивости, надвиг, Приполярный Урал.

### Введение

Западный склон Приполярного Урала имеет сложное тектоническое строение и представлен покровно-надвиговыми и складчато-чешуйчатыми структурами. Расшифровка истории развития изучаемой области является сложной задачей, решения которой возможно путем построения палинспастических реконструкций. Палеомагнитная лаборатория ФГУП «ВНИГРИ» за последние годы провела ряд исследований по оценке горизонтальных движений тектонический структур Приполярного Урала и Пай-Хоя [Еременко и др., 2009; Журавлев и др., 2011; Иосифиди, Храмов 1995, 2002, 2009, 2010, 2013; Иосифиди и др. 2005, 2007]. Результаты работ показали возможность получения количественных оценок поворотов тектонических блоков Приполярного Урала и Пай-Хоя, а также широкое развитие процессов перемагничивания палеозойских пород геомагнитным полем обратной полярности во время существования суперхрона Киама (поздний карбон - поздняя пермь).

Ю.С. Ржевским, одним из пионеров широкого применения палеомагнитных данных для палинспастических построений [Ржевский, 1977; Палеомагнитология, 1982], показана возможность использования вторичных компонент естественной остаточной намагниченности горных пород при определении и учете локальных поворотов тектонических блоков. Таким образом, палеомагнитные исследования структур р. Пага могут помочь в получении новых данных о геологической эволюции района.

### Объект исследования и методика работ

В ходе полевых работ 2013 года отобрана коллекция ориентированных образцов горных пород в бортах долины р. Пага, руч. Погурей и Покойница-Шор ( $66.35\div 66.38^{\circ}\text{N}$ ,  $62.75\div 62.93^{\circ}\text{E}$ ). Общий объем палеомагнитной коллекции составил 250 штуфов (14 обнажений). Положение изученных разрезов показано на рис. 1А, Б.

Район исследований приурочен к фронтальной части Западной Лемвинской структурно-фациальной зоны. На основе проведенных геолого-съемочных работ построена уточненная тектоническая схема (рис. 1Б), выявлено 7 мелких тектонических пластин.

Отбор коллекции проводился из естественных обнажений сильнодислоцированных горных пород силура, ордовика и предположительно девона. Апробирование разрезов осуществлялось из двух крыльев (кроме обн. 9), в большинстве случаев запрокинутых или лежащих складок (пример обнажения показан на рис 1В). Породы представлены филлитовидными сланцами и силицитами Харбейшорской свиты ( $O_{2-3} h\check{s}_2$ , обн. 1, 4); силицитами (обн. 2) и аргиллитами (обн. 3, 5) Харотской свиты ( $O_2-D_{1hr}$ ); песчаниками Погурейской свиты ( $\check{C}_3-O_1 pg$ , обн. 6); аргиллитами (обн. 7), кремнистыми алевролитами (обн. 8), песчаниками (обн. 9) и радиоляриевыми известняками (обн. 10) Пагатинской свиты ( $O_{1pt}$ ); песчаниками (обн. 11), пелитоморфными известняками (обн. 12) и силицитами (обн. 13, 14) Грубеинской свиты ( $O_{1gr}$ ).

Лабораторные палеомагнитные исследования и обработка полученных результатов проводились в лаборатории магнитостратиграфии и палеомагнитных реконструкций ФГУП «ВНИГРИ» по общепринятой методике [Палеомагнитология, 1982]. Ступенчатое терморазмагничивание велось на установке TD-48 (США). Измерения естественной остаточной намагниченности ( $J_n$ ) проводились на спин-магнитометрах JR-4 и JR-5 (Agico, Чешская республика), магнитной восприимчивости ( $K_m$ ). Измерение  $K_m$  в трех ортогональных плоскостях проводилось на каппа-мосте KLY-3 (Agico, Чешская республика) для вычисления параметров анизотропии магнитной восприимчивости. При анализе полученных данных компоненты естественной остаточной намагниченности устанавливались с помощью ортогональных проекций [Zijderveld, 1967], а при вычислении направлений этих компонент использовался метод наименьших квадратов [Kirschvink, 1980]. Все эти операции и представление их результатов в графической форме велось с использованием составленных ранее программ [Enkin, 1994; Попов, 2007, 2008; Chadima, Hrouda, 2006; Chadima, Jelinek, 2009].

При интерпретации данных использовался тест складки в модификации Енкина и тест выпрямления складки в модификации Ватсона [Watson, Enkin, 1993; Enkin, 1994; Enkin, 2003]. Статистика проводилась на уровне штуфов.

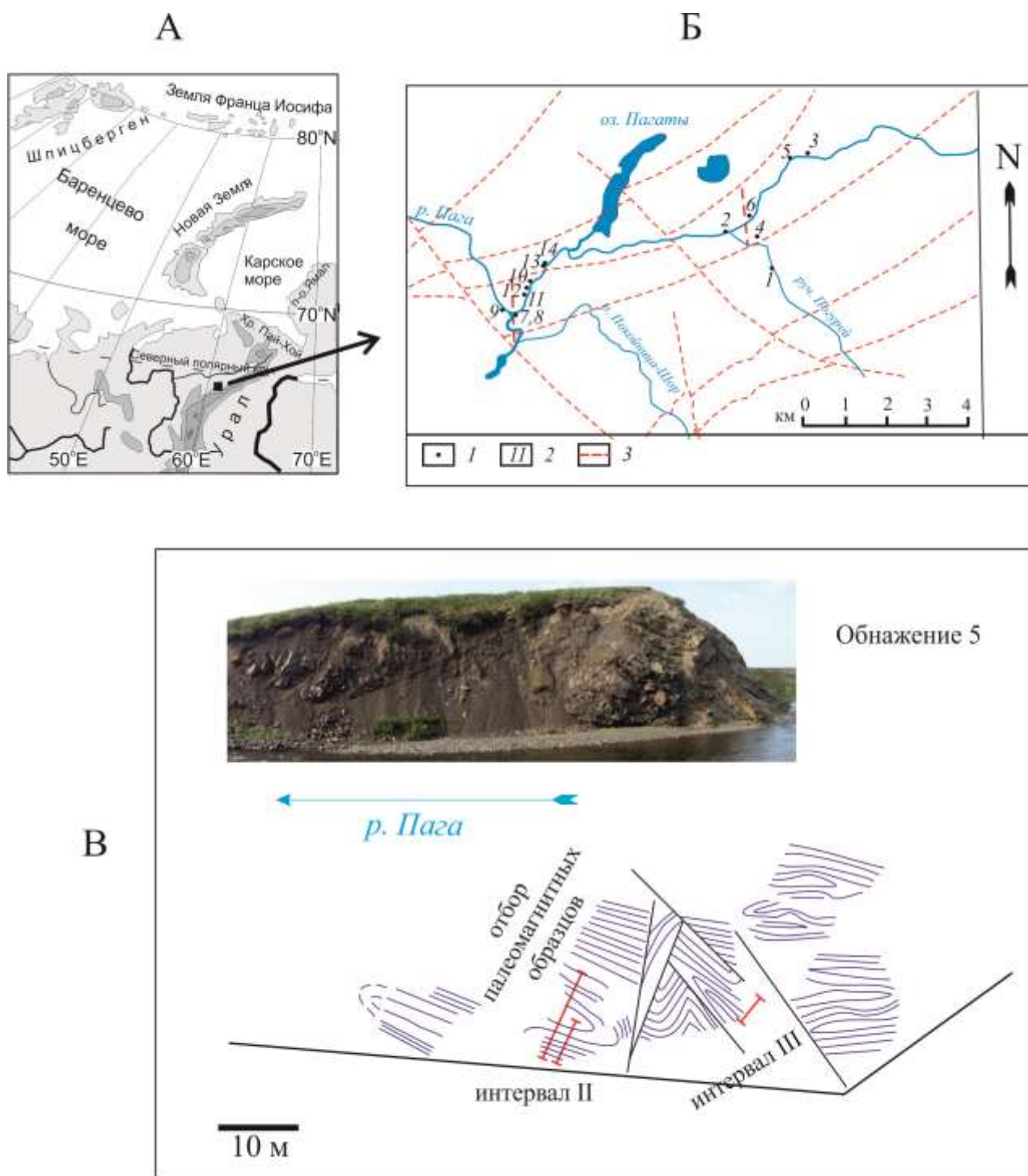


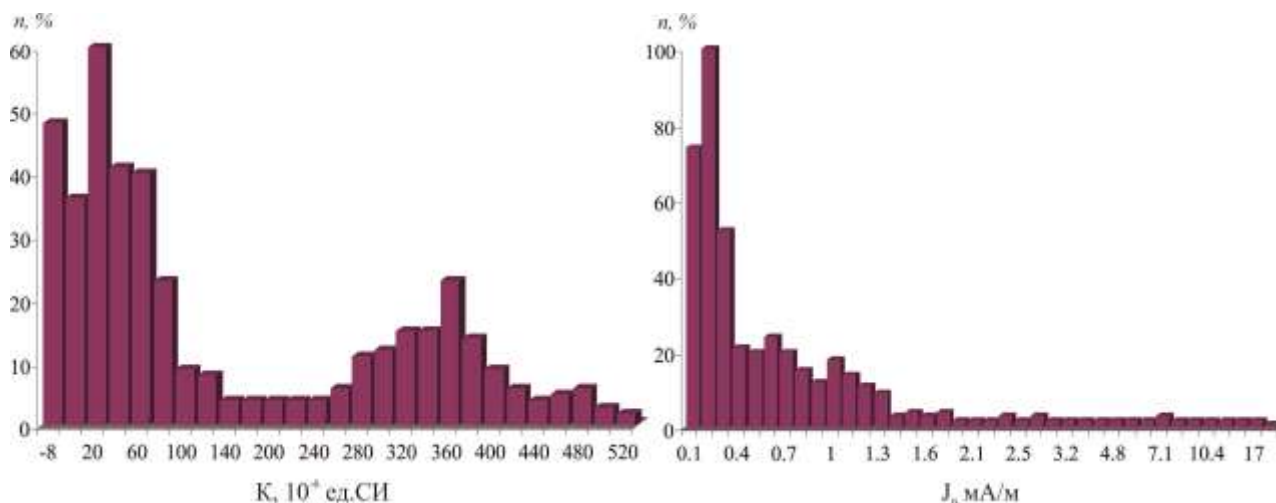
Рис. 1. Положение изученных разрезов, тектоническая схема участка работ (А, Б), геологический разрез (составлен Н.М. Еременко) и фотография обнажения 5 (В)

1 – точки отбора палеомагнитных образцов, 2 – номер обнажения, 3 – разломы.

### Экспериментальные данные

**Магнитные свойства.** Значения скалярных магнитных характеристик - естественной остаточной намагниченности и магнитной восприимчивости, для изученных пород представлены в табл. 1. Как видно из гистограмм (рис. 2), большая часть образцов обладает невысокими значениями  $J_n$  и  $K_m$ . Величины магнитной восприимчивости и естественной

остаточной намагниченности пород изученной коллекции сильно различаются в разрезах (см. табл. 1). Так, величина магнитной восприимчивости  $K_m$  колеблется от отрицательных значений в обн. 7 ( $-7 \times 10^{-6}$  ед. СИ) до высоких положительных ( $570 \times 10^{-6}$  ед. СИ) в обн. 5. Таким образом, разброс составляет четыре порядка. Большой диапазон изменений величин  $J_n$  и  $K_m$  характерен и для однотипных пород, отобранных в пределах одного обнажения (см. табл. 1). Видимо, это связано с различным составом магнитных минералов-носителей и их концентрацией, что, в свою очередь может являться следствием различной интенсивности вторичных химических процессов, происходивших в породах.



**Рис. 2. Гистограммы величин магнитной восприимчивости и естественной остаточной намагниченности изученных пород**

В районе р. Пага в естественных обнажениях горных пород наблюдались многочисленные следы углеродистого вещества – переработанной органики и сульфидов железа. Их присутствие в составе образцов приводит к магнито-минералогическим изменениям в ходе температурной чистки. Это зачастую не позволяет по большинству из них выделить характерную компоненту естественной остаточной намагниченности полностью, как показано в ряде работ по палеомагнитным исследованиям, проводимых на северо-востоке Печорской плиты [Иосифиди и др., 2005; Иосифиди, Храмов, 2009, 2010].

Основные изменения в поведении естественной остаточной намагниченности начинаются после прогрева выше  $400^\circ\text{C}$ . Тем не менее, в большинстве образцов, удаётся выделить характерную высокотемпературную компоненту. По деблокирующим температурам для характерной компоненты естественной остаточной намагниченности, составляющим  $350-480^\circ\text{C}$  и  $350-560^\circ\text{C}$ , можно предположить, что ее основными носителями являются магнитные минералы титаномагнетитового ряда.

Таблица 1

**Значения скалярных магнитных характеристик (естественной остаточной намагниченности и магнитной восприимчивости)  
для изученных пород**

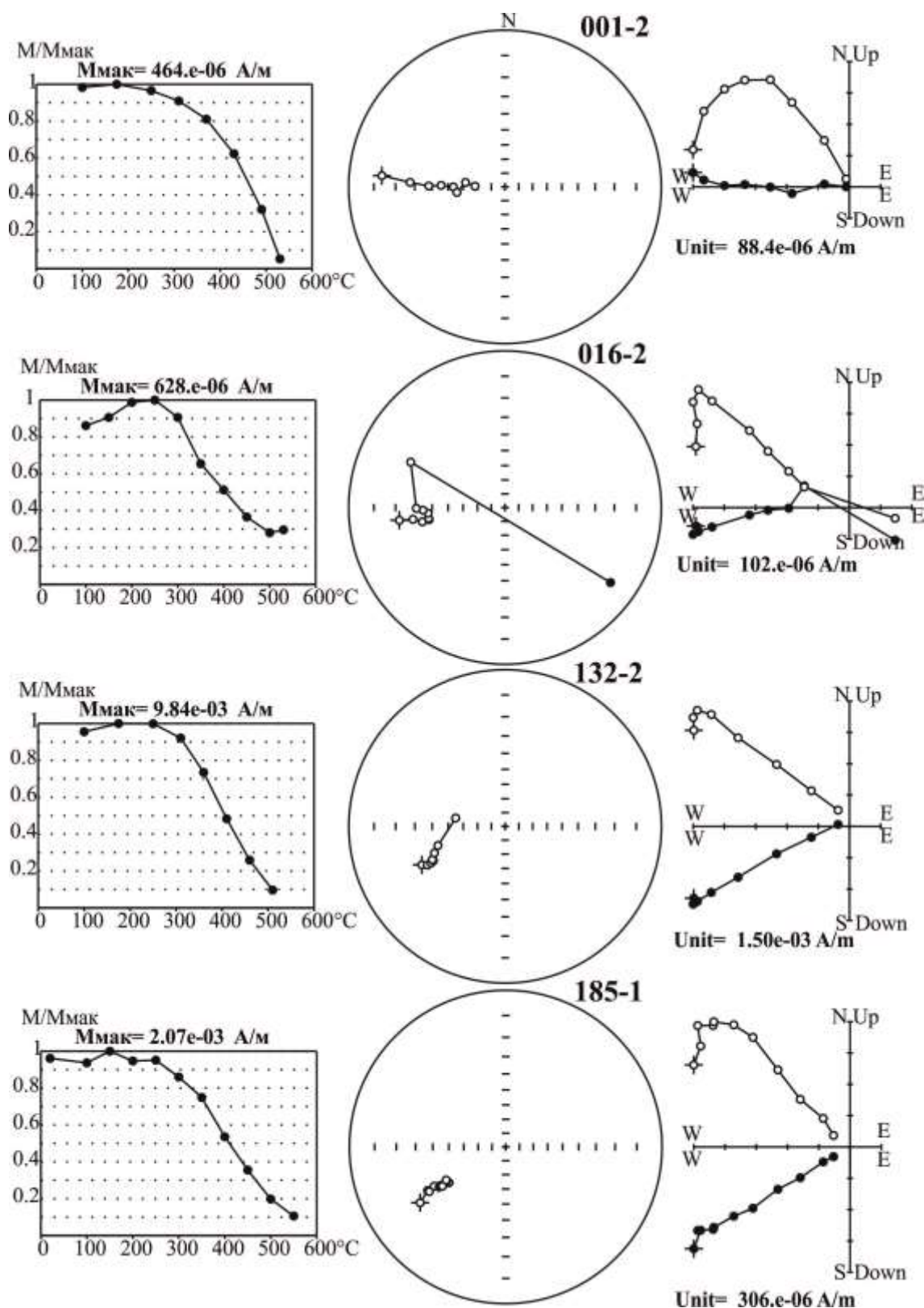
| Номер<br>обнажения | Возраст<br>пород               | Число измеренных<br>образцов | Диапазон изменения<br>$J_n$ , мА/м | Среднее значение<br>$J_n$ , мА/м | Число<br>измеренных<br>образцов | Диапазон изменения<br>$K_m$ , $10^{-6}$ ед. СИ | Среднее значение<br>$K_m$ , $10^{-6}$ ед. СИ |
|--------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--|--|
| 1                  | O <sub>2-3</sub>               | 34                           | 0,15÷0,67                          | 0,40                             | 34                              | 297÷432  | 368  |
| 2                  | O <sub>2</sub> -D <sub>1</sub> | 36                           | 0,03÷1,22                          | 0,22                             | 35                              | 5÷80   | 26   |
| 3                  | O <sub>2</sub> -D <sub>1</sub> | 26                           | 0,06÷0,46                          | 0,18                             | 14                              | 11÷25  | 17   |
| 4                  | O <sub>2-3</sub>               | 34                           | 0,01÷1,23                          | 0,19                             | 25                              | 5÷122  | 42   |
| 5                  | O <sub>2</sub> -D <sub>1</sub> | 48                           | 0,17÷29,00                         | 4,96                             | 48                              | 24÷570   | 393  |
| 6                  | Є <sub>3</sub> -O <sub>1</sub> | 45                           | 0,58÷1,91                          | 1,01                             | 43                              | 80÷131   | 89   |
| 7                  | O <sub>1</sub>                 | 25                           | 0,02÷0,41                          | 0,10                             | 25                              | -3 ÷ -7  | -5   |
| 8                  | O <sub>1</sub>                 | 28                           | 0,11÷9,10                          | 0,49                             | 20                              | 66÷100   | 78   |
| 9                  | O <sub>1</sub>                 | 48                           | 0,40÷7,35                          | 1,62                             | 45                              | 165÷445  | 338  |
| 10                 | O <sub>1</sub>                 | 32                           | 0,13÷0,32                          | 0,19                             | 33                              | 24÷138   | 51   |
| 11                 | O <sub>1</sub>                 | 28                           | 0,43÷1,35                          | 0,63                             | 28                              | 166÷333  | 253  |
| 12                 | O <sub>1</sub>                 | 24                           | 0,07÷0,26                          | 0,15                             | 22                              | 35÷61  | 51   |
| 13                 | O <sub>1</sub>                 | 12                           | 0,02÷0,99                          | 0,18                             | 12                              | 3÷98   | 18   |
| 14                 | O <sub>1</sub>                 | 28                           | 0,04÷2,33                          | 0,26                             | 26                              | 8÷31   | 20   |

**Компонентный анализ.** Для всех образцов коллекции было применено ступенчатое терморазмагничивание от 100°C с шагом 75-30°C до 500-560°C. В ходе размагничивания величина  $J_n$  многих образцов после прогрева до 500-550°C уменьшалась до 7-5%, а в некоторых образцах наблюдались химические изменения после прогрева выше 400°C, эти факторы не позволяли проводить полное размагничивание  $J_n$  (рис. 3, образец 016-2) Тем не менее, в большинстве образцов удалось выделить характерную высокотемпературную компоненту.

Диаграммы Зийдervельда (см. рис. 3) показывают двухкомпонентный состав естественной остаточной намагниченности. Первая, низкотемпературная А-компонента выделяется в интервале температур 100–350°C и имеет направление близкое к направлению кайнозойского геомагнитного поля. По всей видимости, А-компонента связана с перемагничиванием пород в кайнозойском геомагнитном поле за счет образования вязкой намагниченности [Палеомагнитология, 1982]. Статистические характеристики и распределение А-компоненты на уровне обнажений показаны в табл. 2 и на рис. 4а. Тест складки для низкотемпературной компоненты в модификации Энкина [Enkin, 2003] отрицательный – намагниченность послескладчатая. Это означает, что вязкая компонента  $J_n$  была приобретена, когда породы уже находились в смятом состоянии.

Вторая характеристическая В-компонента выделяется в интервале температур 300-550°C. Тест складки для В-компоненты также отрицательный - намагниченность послескладчатая. Примеры распределений В-компоненты показаны на рис. 4б-е, статистические характеристики для каждого обнажения в табл. 2. Распределение В-компоненты в географической системе координат на уровне обнажений ( $N = 14$ ,  $D = 247^\circ$ ,  $I_p = -48^\circ$ ,  $K = 41$ ,  $a_{95} = 6^\circ$ ) показано на рис. 4б. Среднее направление этой компоненты близко к расчетному направлению средне-позднепермского геомагнитного поля для района работ ( $D_p = 240^\circ$ ,  $I_p = -56^\circ$ ).

**Анизотропия магнитной восприимчивости.** Отбор образцов производился из сильнодислоцированных горных пород в естественных обнажениях, для оценки влияния процессов, происходивших при складкообразовании на направление намагниченности была измерена анизотропия магнитной восприимчивости. Выше отмечалось, что величины магнитной восприимчивости и естественной остаточной намагниченности пород изученной коллекции очень сильно различаются в разрезах (см. табл. 1). Также большой разброс имеет и степень анизотропии  $P_j$ , которая иногда в двух образцах из одного штуфа различается в несколько раз. В изученных породах встречаются эллипсоиды как сплюснутой (преимущественно), так и вытянутой формы.



**Рис. 3.** Примеры ступенчатого терморазмагничивания горных пород, р. Пага, обнажения 1 (001-2, 016-2), 5 (132-2), 9 (185-1)

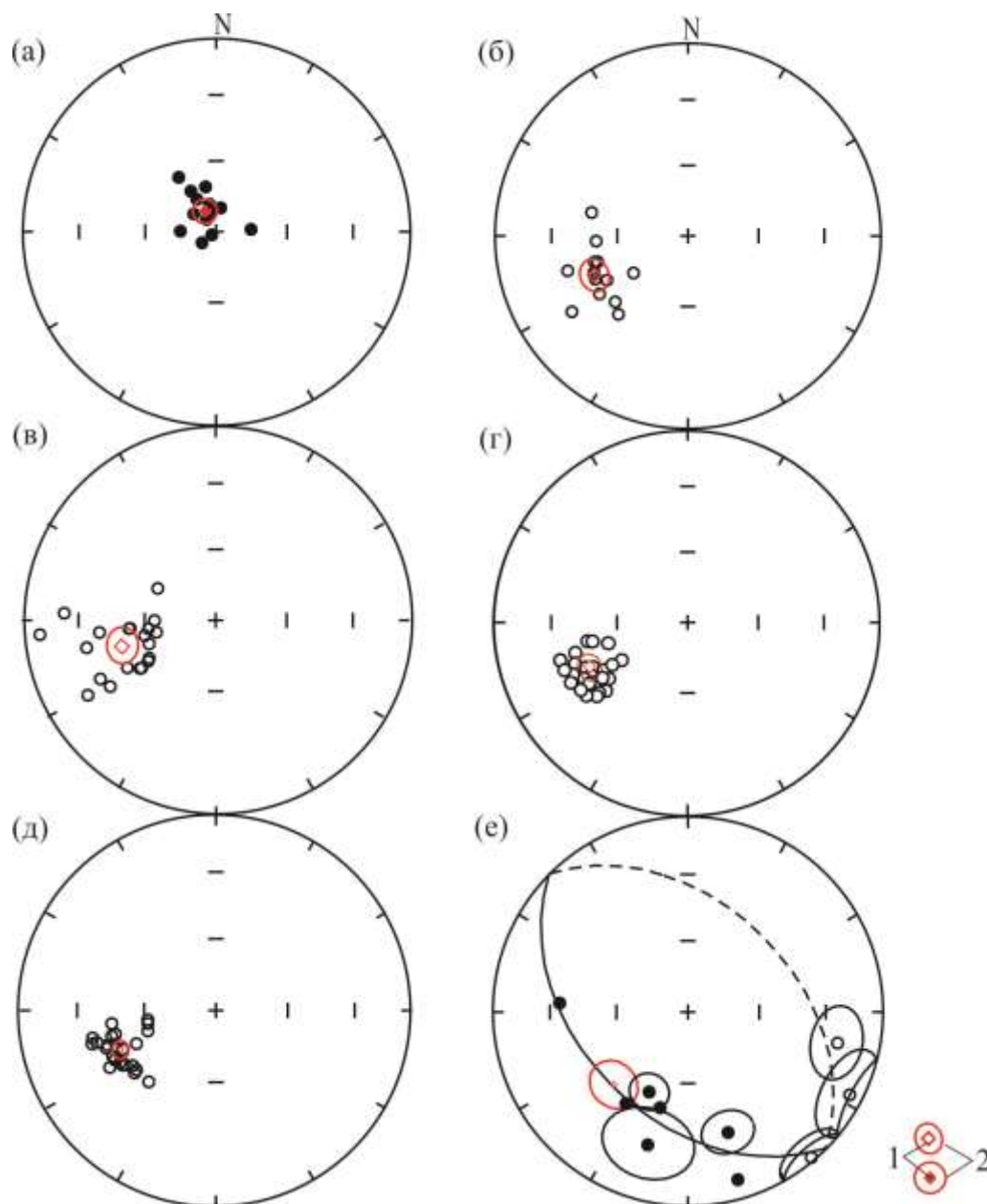
Слева направо: кривая изменения величины естественной остаточной намагниченности в ходе температурного размагничивания, стереопроекция ее направлений (в географической системе координат) и диаграмма Зийдervельда (в географической системе координат). Полюсы кружки – проекции векторов на верхнюю полусферу (для диаграмм Зийдervельда – проекция на вертикальную плоскость), залитые кружки – проекции векторов на нижнюю полусферу (для диаграмм Зийдervельда – проекция векторов на горизонтальную плоскость).

Палеомагнитные направления и полюсы для раннепалеозойских пород, р. Пага, руч. Погурей и руч. Покойница-Шор

| Номер | Возраст пород, обнажение, координаты отбора, компонента          | с.к. | N/n   | D°  | I°  | K   | $\alpha_{95}^{\circ}$ | $\Phi^{\circ}, N$ | $\Lambda^{\circ}, E$ | dp° | dm° | $\varphi_m^{\circ}$ | $\Delta^{\circ}$ | $\Delta\varphi_m^{\circ}$ | тест |
|-------|--|------|-------|-----|-----|-----|-----------------------|-------------------|----------------------|-----|-----|---------------------|------------------|---------------------------|------|
| 1     | D <sub>1</sub> , O, C <sub>3</sub> , обн.1-14, A                 | г    | 14/14 | 331 | 80  | 55  | 5                     | 79                | 8                    | 9   | 10  | 70                  |                  |                           | F-   |
|       |  | с    |       | 93  | 3   | 25  | 8                     |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |
| 2     | O <sub>2-3</sub> hš <sub>2</sub> , обн.1 (66.36°N; 62.88°E)*, B  | г    | 16/32 | 254 | -50 | 37  | 6                     | 34                | 154                  | 5   | 8   | 31                  | -14±5            | 5                         | F-   |
|       |  | с    |       | 255 | -3  | 2   | 31                    |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |
| 3     | O <sub>2</sub> -D <sub>1</sub> gr, обн.2, (66.37°N; 62.85°E), B  | г    | 14/17 | 266 | -51 | 20  | 9                     | 30                | 143                  | 8   | 12  | 32                  | -26±5            | 4                         | F-   |
|       |  | с    |       | 230 | -30 | 2   | 35                    |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |
| 4     | O <sub>2</sub> -D <sub>1</sub> gr, обн.3, (66.38°N; 62.93°E), B  | г    | 13/25 | 254 | -35 | 41  | 7                     | 24                | 160                  | 5   | 8   | 19                  | -14±6            | 17                        | F-   |
|       |  | с    |       | 240 | -19 | 3   | 27                    |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |
| 5     | O <sub>2-3</sub> hš <sub>2</sub> , обн.4, (66.37°N; 62.87°E), B  | г    | 10/15 | 283 | -47 | 19  | 11                    | 21                | 130                  | 9   | 14  | 28                  | -43±9            | 8                         | F-   |
|       |  | с    |       | 252 | -18 | 2   | 54                    |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |
| 6     | O <sub>2</sub> -D <sub>1</sub> gr, обн.5, (66.38°N; 62.93°E), B  | г    | 20/38 | 254 | -48 | 19  | 8                     | 33                | 155                  | 7   | 11  | 29                  | -14±7            | 7                         | F-   |
|       |  | с    |       | 235 | -36 | 1   | 124                   |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |
| 7     | C <sub>3</sub> -O <sub>1</sub> pg, обн.6, (66.37°N; 62.85°E)*, B | г    | 16/31 | 235 | -51 | 64  | 5                     | 43                | 172                  | 5   | 7   | 32                  | 5±               | 4±                        | F-   |
|       |  | с    |       | 234 | -4  | 2   | 31                    |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |
| 8     | O <sub>1</sub> pt, обн.7, (66.35°N; 62.73°E), B                  | г    | 10/10 | 237 | -29 | 24  | 10                    | 27                | 178                  | 6   | 11  | 16                  | 3±8              | 20                        | F~   |
|       |  | с    |       | 251 | 3   | 10  | 17                    |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |
| 9     | O <sub>1</sub> pt, обн.8, (66.35°N; 62.73°E), B                  | г    | 16/32 | 249 | -47 | 35  | 6                     | 34                | 160                  | 5   | 8   | 28                  | -9±5             | 8                         | F-   |
|       |  | с    |       | 247 | -2  | 4   | 22                    |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |
| 10    | O <sub>1</sub> pt, обн.9, (66.35°N; 62.72°E), B                  | г    | 24/47 | 237 | -44 | 102 | 3                     | 37                | 173                  | 2   | 4   | 26                  | 3±3              | 10                        | F-   |
|       |  | с    |       | 224 | -26 | 93  | 3                     |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |
| 11    | O <sub>1</sub> pt, обн.10, (66.35°N; 62.75°E), B                 | г    | 15/32 | 245 | -46 | 36  | 7                     | 35                | 164                  | 6   | 9   | 27                  | -5±6             | 9                         | F-   |
|       |  | с    |       | 264 | 10  | 2   | 32                    |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |
| 12    | O <sub>1</sub> gr, обн.11 (66.35°N; 62.73°E), B                  | г    | 14/27 | 241 | -51 | 90  | 4                     | 40                | 165                  | 4   | 5   | 32                  | -1±4             | 4                         | F-   |
|       |  | с    |       | 243 | -20 | 3   | 28                    |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |
| 13    | O <sub>1</sub> gr, обн.12, (66.35°N; 62.73°E), B                 | г    | 12/24 | 247 | -46 | 66  | 4                     | 34                | 162                  | 5   | 3   | 27                  | -7±4             | 9                         | F-   |
|       |  | с    |       | 242 | -5  | 2   | 25                    |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |
| 14    | O <sub>1</sub> gr (?), обн.13, (66.35°N; 62.75°E)*, B            | г    | 5/4   | 236 | -62 | 9   | 26                    | 52                | 162                  | 41  | 32  | 43                  | 4±26             | -7                        | F-   |
|       |  | с    |       | 229 | -30 | 5   | 40                    |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |
| 15    | O <sub>1</sub> gr (?), обн.14, (66.35°N; 62.75°E), B             | г    | 18/18 | 246 | -51 | 12  | 10                    | 38                | 161                  | 9   | 14  | 32                  | -6±9             | 4                         | F-   |
|       |  | с    |       | 262 | -21 | 3   | 23                    |                   |                      |     |     |                     |                  |                           |      |

Примечание: N- число штурфов; n- число образцов; с.к. – система координат (г - географическая, с – стратиграфическая); D°, I° - 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°, dm° - полуоси овала доверия;  $\varphi_m^{\circ}$  – палеомагнитная широта; \* - направление определено по характеристической компоненте и плоскостям размагничивания;  $D_p = 240^{\circ}$ ,  $I_p = -56^{\circ}$ ,  $\varphi_{mp} = 36^{\circ}$  – расчетные склонение, наклонение и палеоширота по палеомагнитному полюсу для Русской плиты для позднепермского времени (Полюс пересчета  $N = 24$ ,  $\Phi = 45^{\circ}N$ ,  $\Lambda = 164^{\circ}E$ ,  $\alpha_{95}^{\circ} = 2^{\circ}$ );  $\Delta^{\circ}$  – угол поворота;  $\Delta\varphi_m^{\circ}$  – разница полученных и расчетных палеоширот; статистика на уровне штурфов.



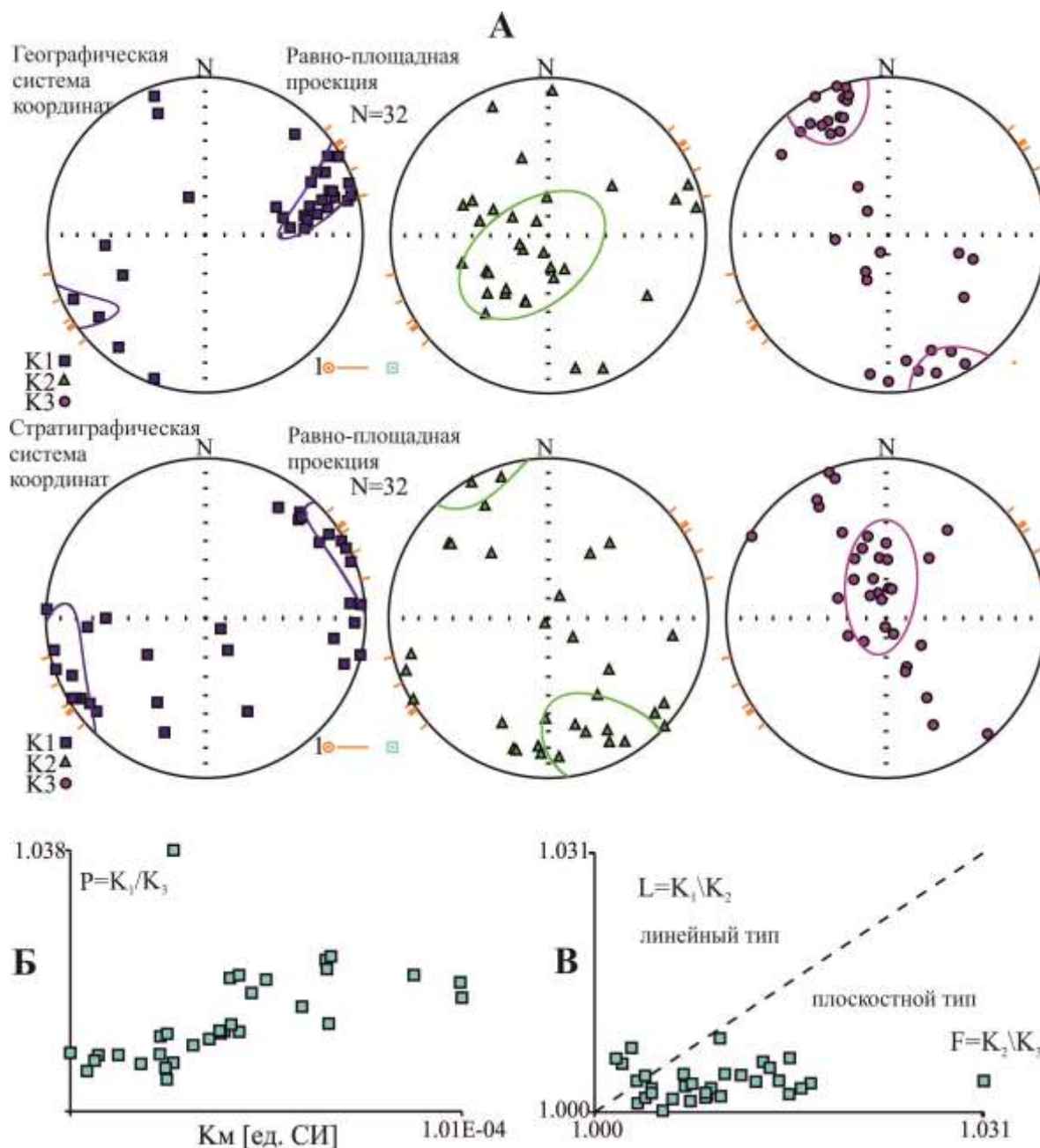


**Рис. 4. Распределение направлений характерных компонент естественной остаточной намагниченности после проведения размагничивания пород**

*a* – средние распределения А-компонент по всем обнажениям; *б* – средние распределения В-компонент по всем обнажениям; *в*, *г*, *д* – распределения В-компонент по обнажениям 5, 9, 12 соответственно; *е* – определение среднего направления В-компоненты по плоскостям размагничивания (14 обнажение). Полые кружки – проекции векторов на верхнюю полусферу, залитые кружки – проекции векторов на нижнюю полусферу, 1 – среднее направление; 2 – круг доверия при 95% вероятности для среднего направления.

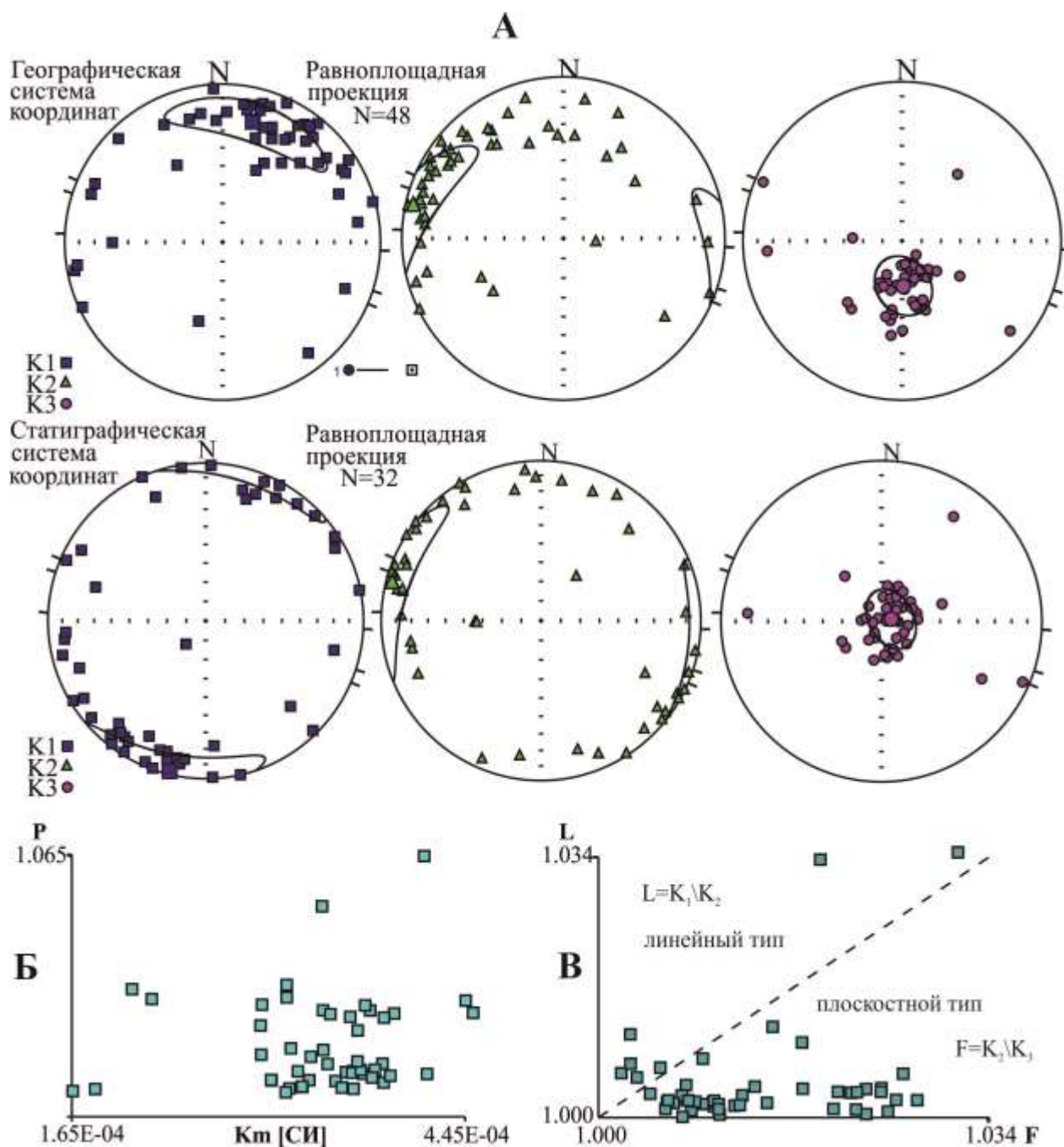
Максимальная полюсь К1 имеет нехарактерное для осадочных горных пород распределение эллипсоидов практически во всех обнажениях (кроме обн. 13) и группируется в направлениях, имеющих склонения в географической системе координат, совпадающие с азимутом простираия осей складок (рис. 5 и 6), либо располагаются вдоль дуги большого круга, проведенного через направления двух противоположно направленных полюсей (см. рис. 6). Кучность направлений К1 в географической системе координат выше, чем в

стратиграфической. Из этого можно сделать вывод, что анизотропия магнитной восприимчивости создана не в процессе осадконакопления, а изменена во время складкообразования, и направление полуоси K1 перпендикулярно направлению давления. Полуось K1 в обнажениях 1, 8 и 9 не горизонтальна, это позволяет предположить, что шарниры складок в этих обнажениях также не горизонтальны и имеют наклоны порядка 10-15 градусов.



**Рис. 5. Анизотропия магнитной восприимчивости образцов, отобранных из обнажения 8 по руч. Покойница**

*A* – распределение главных осей эллипсоидов анизотропии магнитной восприимчивости в географической и стратиграфической системе координат, K1, K2, K3, направления максимальной, промежуточной и минимальной осей эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости; *B* – зависимость параметра степени анизотропии ( $P = K_1/K_3$ ) от величины магнитной восприимчивости ( $K_m$ ); *B* – зависимость параметра линейности ( $L = K_1/K_2$ ) от степени сплюснутости ( $F = K_2/K_3$ ).



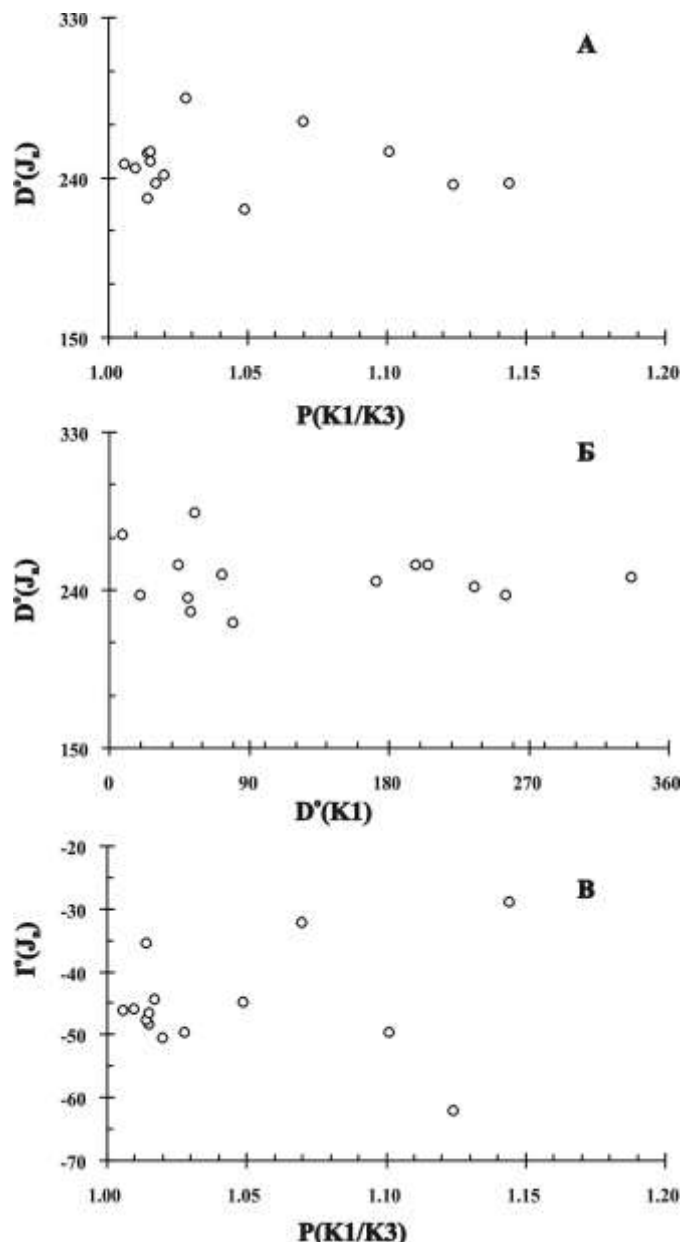
**Рис. 6. Анизотропия магнитной восприимчивости в обнажении 9 р. Пага**

*А* – распределение главных осей эллипсоидов анизотропии магнитной восприимчивости в географической и стратиграфической системе координат,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ , направления максимальной, промежуточной и минимальной осей эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости; *Б* – зависимость параметра степени анизотропии ( $P = K_1/K_3$ ) от величины магнитной восприимчивости ( $K_m$ ); *В* – зависимость параметра линейности ( $L = K_1/K_2$ ) от степени сплюснутости ( $F = K_2/K_3$ ).

Минимальная полуось эллипсоидов анизотропии  $K_3$  во многих обнажениях напротив более кучная в стратиграфической системе координат и по направлению близка к вертикали. Видимо, сплюснутость эллипсоидов анизотропии магнитной восприимчивости в этом направлении возникла в процессе осадконакопления и последующем вертикальном

уплотнении осадка. Дальнейшие процессы деформации не оказывали на нее большого влияния. Такое поведение КЗ характерно для большинства осадочных пород.

Влияние складкообразования на процесс перемагничивания изученных пород. На уровне обнажений построены зависимости направления склонения и величины наклонения В-компоненты от степени анизотропии магнитной восприимчивости пород (рис. 7А, Б). Проведена проверка наличия связи между направлениями максимальной полуоси эллипсоида магнитной восприимчивости К1 и направлением склонения В-компоненты (рис. 7Д).



**Рис. 7. Сравнение характеристик параметров анизотропии магнитной восприимчивости и направления характерной компоненты естественной остаточной намагниченности на уровне обнажений**

*A – зависимость направления склонения  $J_n$  от степени анизотропии  $P$ ; Б – зависимость склонения  $J_n$  от склонения максимальной оси эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости  $K1$ ; В – зависимость величины наклонения  $J_n$  от степени анизотропии магнитной восприимчивости пород  $P$ .*

### Оценка горизонтальных поворотов

Так как выделенная характеристическая компонента  $J_n$  послескладчатая, время перемагничивания изученных пород, по всей вероятности, моложе времени позднепалеозойского складкообразования на Урале (граница ранней и средней перми), подсчитан средний палеомагнитный полюс для Русской платформы по имеющимся в мировой базе данных палеомагнитным определениям в интервале 260–250 млн. лет [McElhinny, Lock, 1996; Pisarevsky, 2005].

Расчет углов горизонтальных поворотов для изученных структур разреза р. Пага по отношению к Русской платформе производился по методике, описанной в работе [Иосифиди, Храмов, 2002]. Полученные данные представлены в табл. 2. Значимые углы горизонтальных поворотов структур характерны для первого района отбора образцов (обн. 1-6, см. рис. 1). Здесь преобладают повороты против часовой стрелки. Среднее направление В-компоненты (без учета обн. 3 и 6):  $N = 6$ ,  $D = 258^\circ$ ,  $I = -48^\circ$ ,  $K = 45$ ,  $a_{95} = 10^\circ$ , а средний горизонтальный угол поворота структур составляет:  $\Delta = -18 \pm 8^\circ$ . Для второй группы обнажений среднее направление В-компоненты (без учета обн. 7 и 13):  $N = 6$ ,  $D = 240^\circ$ ,  $I = -47^\circ$ ,  $K = 123$ ,  $a_{95} = 6^\circ$ , а средний горизонтальный угол поворота структур составляет  $\Delta = 0^\circ$ . Отбраковка обнажений произведена исходя из статистических характеристик (обн. 13 - мало образцов) и большой разнице палеоширот (обн. 7, см. табл. 2).

### Обсуждение результатов

Полученные палеомагнитные направления по палеозойским породам разреза р. Пага все обратной полярности и близки к средне-позднепермскому направлению. Это указывает на полное перемагничивание допермских отложений геомагнитным полем обратной полярности во время существования гиперхрона Киама ( $C_2-P_2$ ). С учетом того, что характерная В-компонента послескладчатая, перемагничивание на Приполярном Урале. могло иметь место после окончания основной фазы складчатости (средняя пермь) В пользу вторичности В-компоненты свидетельствует отсутствие существенного влияния на направление характеристической компоненты намагниченности степени анизотропии и связи с направлением максимальной полуоси эллипсоида магнитной восприимчивости  $K_1$  (см. рис. 7).

Сделанные оценки горизонтальных поворотов изученных структур указывают на сложную тектоническую историю развития данного района. С одной стороны, полученная оценка горизонтального поворота по северо-восточному участку района (обн. 1-6)  $\Delta = -18 \pm 9^\circ$  не противоречит имеющимся палеомагнитным данным по перемагниченным палеозойским отложениям соседних районов:  $\Delta = (-15 \div -30)^\circ$  [Иосифиди, Храмов, 2010, 2013]. С другой

стороны, отмечается отсутствие горизонтальных поворотов для структур юго-западного участка (обн. 7-14)  $\Delta = 0^\circ$ .

Имеющиеся данные по Приполярному Уралу выполнены по разрезам, находящимся западнее изученного участка. Характерные компоненты  $J_n$  по перемагниченным палеозойским породам доскладчатые или синскладчатые. Восточнее изученного участка имеется лишь одно определение по Войкаро-Сыннинскому району [Савельев и др., 1996], которое также имеет послескладчатую характерную компоненту среднепермского возраста ( $D = 250^\circ$ ,  $I = -57^\circ$ ,  $\varphi_m = 38^\circ$ ). Горизонтальный угол поворота структур по отношению к Русской платформе  $\Delta = -11 \pm 8^\circ$ . По р. Пага в работе [Тектоническая история..., 2001] получены данные по красноцветным песчаникам Погурейской свиты ( $D_{\text{гео}} = 199^\circ$ ,  $I_{\text{гео}} = -45^\circ$ ,  $D_{\text{страт}} = 221^\circ$ ,  $I_{\text{страт}} = -8^\circ$ ,  $K = 21$ ,  $\alpha_{95} = 8^\circ$ ) и андезито-базальтам верхнего течения р. Пага ( $D_{\text{гео}} = 237^\circ$ ,  $I_{\text{гео}} = -44^\circ$ ,  $D_{\text{страт}} = 272^\circ$ ,  $I_{\text{страт}} = 3^\circ$ ,  $K = 57$ ,  $\alpha_{95} = 5^\circ$ ). Полевые тесты не проходят из-за моноклинального залегания пород. Авторы работы приняли эти компоненты за близкие к первичным палеомагнитным направлениям девона и ордовика. Это позволило авторам работы [Тектоническая история..., 2001] предположить, что в среднедевонское время Лемвинская зона сместилась на юг ( $2^\circ$  ю. ш.) и испытала поворот против часовой стрелки на  $50^\circ$ .

Данные по андезито-базальтам верхнего течения р. Пага в географической системе координат удовлетворительно согласуются с полученными результатами по второму участку, где не отмечается наличия значимых горизонтальных поворотов структур (см. табл. 2). Данные по погурейской свите в географической системе координат отличаются от полученных результатов и показывают значительный поворот ( $41^\circ$ ) против часовой стрелки. Обнажение погурейской свиты изученное в работе [Тектоническая история..., 2001] находится в 20 км юго-восточной участка работ. Таким образом, если предположить, что все направления  $J_n$  имеют послескладчатую природу, то горизонтальные повороты этих структур сильно расходятся между собой. Это еще раз подтверждает сложное чешуйчатое строение данного района.

Перемагничивание палеозойских отложений на Приполярном Урале [Иосифиди, Храмов, 2010, 2013] удовлетворительно согласуется с моделью термовязкого механизма перемагничивания предложенной в работах [Комиссарова, 1970; Палеомагнетизм палеозоя, 1974]. Главное отличие палеомагнитных направлений по палеозойским отложениям р. Пага от имеющихся данных по Приполярному Уралу и Пай-Хою [Иосифиди, Храмов, 2010, 2013] состоит в том, что выделенные характерные компоненты  $J_n$  послескладчатые и образовались после завершения основной фазы складчатости. Если принимать модель термовязкого перемагничивания, необходимо предположить, что породы р. Пага были смяты в складки на

глубине и выход пород из зоны «высоких» температур происходил в смятом состоянии, что и обеспечило образование «послескладчатой» вторичной В-компоненты.

Полученные оценки горизонтальных поворотов изученных структур имеют большую погрешность, что связано со сложной тектоникой изученного района (см. рис. 1). Тем не менее, даны оценки амплитуд горизонтальных смещений как за счет надвигов, так и за счет сдвигов для северо-восточного участка в месте впадения р. Погурей с р. Пага (обн. 1-6). Расчет амплитуд надвигов для структур Приполярного Урала и Пай-Хоя был выполнен в работах [Иосифиди, Храмов, 2010, 2013]. Все движения структур Приполярного Урала оценены относительно полюса Эйлера: 68°N, 58°E. По данным полученным для северо-восточного участка (обн. 1-6) амплитуда надвига составит 85 км, для данных по Войкар-Сыньинскому району [Савельев и др., 1996] амплитуда - 67 км. Движение структур шло с северо-востока. Расчет амплитуды надвига для структур Пагинского района по геолого-геофизическому профилю (Воргамусюрская-Лемвинская-Верхнелемвинская структуры-Западно-Уральская мегазона, ОАО «ТП НИЦ», 2012 г.) дает оценку амплитуды движения перпендикулярно фронту надвига более 75 км. Сравнение амплитуд горизонтальных движений, полученных по палеомагнитным данным и по геолого-геофизическим дает оценку для амплитуды сдвига изученных структур в 30-40 км.

Сложное чешуйчатое строение изученного района связано в большей степени с сильными тангенциальными сжатиями структур на последнем этапе коллизии Русской платформы, Сибири и Казахстанских блоков. Направление сжатия перпендикулярно фронту надвига (в современных координатах) совпадает с общим направлением миграции углеводородов для Приполярного Урала [Храмов, Окнова, 2007]. Таким образом, можно предположить, что поиск скоплений углеводородов необходимо вести в северо-западном направлении от района исследований.

### **Выводы**

- Допермские палеозойские отложения р.Пага перемагничены позже границы ранней и средней перми в верхней части гиперхрона Киама (C<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>) за счет термовязких процессов в ходе выхода этих отложений на поверхность при коллизии Восточно-Европейской платформы с Уралом.

- Отличительной особенностью полученных данных от имеющихся палеомагнитных определений по Приполярному Уралу [Еременко и др., 2009; Журавлев и др., 2011; Иосифиди, Храмов, 1995, 2002, 2009, 2010, 2013; Иосифиди и др., 2005, 2007], где характеристическая компонента ЕОН – доскладчатая, выделенная характеристическая компонента по р. Пага – послескладчатая. Эти компоненты имеют близкие направления.

- Ордовикско-девонские структуры северо-восточного участка (обн. 1-6) р. Пага испытали повороты в горизонтальной плоскости на углы до 10÷40 градусов по часовой стрелке, а юго-западного участка (обн. 7-14) на разнонаправленные углы (3÷-9) по отношению к Русской платформе;

- Амплитуда надвига для структур северо-восточного участка (обн. 1-6) р. Пага составила в среднем 85 км;

- Направление движения фронтов надвигов имеет меридиональную составляющую, что говорит в пользу косой коллизии Восточно-Европейской платформы с Уралом.

- Сравнение амплитуд горизонтальных движений, полученных по палеомагнитным данным и по геолого-геофизическим дает оценку для амплитуды сдвига изученных структур в 30-40 км для северо-восточного участка (обн. 1-6).

Необходимо отметить, что надвиги и повороты происходили после складкообразования позже границы ранней и средней перми. Их оценки являются скорее качественным (погрешность определений в ряде случаев больше 50%) и для корректного решения задачи необходимо проведение новых исследований.

В заключение авторы выражают благодарность Н.М. Еременко и С.М. Гильдину за помощь в отборе образцов для палеомагнитных исследований.

### Литература

*Еременко Н.М., Журавлев А.В., Иосифиди А.Г., Попов В.В., Храмов А.Н., Вевель Я.А., Николаев А.И.* Разрез верхнего девона – нижнего карбона на р. Талота (Тимано-Печорская провинция) - результаты литологических, биостратиграфических и палеомагнитных исследований // *Нефтегазовая геология. Теория и практика.* - 2009. - Т.4. - №4. - [http://www.ngtp.ru/rub/2/45\\_2009.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/2/45_2009.pdf)

*Журавлев А.В., Вевель Я.А., Иосифиди А.Г., Томша В.А., Чермных В.А.* Разрез верхнего девона - нижнего карбона на мысе Костяном острова Вайгач // *Нефтегазовая геология. Теория и практика.* – 2011. - Т.6. - №1. - [http://www.ngtp.ru/rub/2/6\\_2011.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/2/6_2011.pdf)

*Иосифиди А.Г., Храмов А.Н.* К истории развития надвиговых структур Пай-Хоя и Полярного Урала: палеомагнитные данные по раннепермским и раннетриасовым отложениям // *Нефтегазовая геология. Теория и практика.* - 2010. - Т.5. - №2. - [http://www.ngtp.ru/rub/4/21\\_2010.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/4/21_2010.pdf)

*Иосифиди А.Г., Храмов А.Н.* Магнитостратиграфия верхнепермских отложений юго-западного склона Пай-Хоя, разрез р. Хей-яга: следы глобального пермо-триасового кризиса // *Физика Земли.* - 2009. - № 1. - С. 5-15.



*Иосифиди А.Г., Храмов А.Н.* О герцинских деформациях на Приполярном Урале // Физика Земли. – 1995. - № 11. - С. 48-54.

*Иосифиди А.Г., Храмов А.Н.* Палеомагнетизм верхнекаменноугольных и раннепермских отложений Восточно-Европейской плиты: ключевой палеомагнитный полюс и кинематика коллизии с Уралом // Физика Земли. – 2002. - № 5. - С.42-56.

*Иосифиди А.Г., Храмов А.Н.* Палеомагнетизм палеозойских отложений разрезов р. Кожим: К проблеме палинспастических реконструкций Приполярного Урала и Пай-Хоя // Физика Земли. – 2013. - № 1. - С. 67–80.

*Иосифиди А.Г., Храмов А.Н.* Палеомагнетизм перми и триаса Пай-Хоя и Полярного Урала: к проблеме горизонтальных деформаций. Палеомагнетизм осадочных бассейнов Северной Евразии / Науч. ред. А.Н. Храмов, 2007. - С.65-69.

*Иосифиди А.Г., Храмов А.Н., Трапезникова Г.В., Пухонто С.К.* Палеомагнетизм раннепермских отложений Печорской плиты: оценка горизонтальных поворотов структур // Физика Земли. - 2005. - №2. - С. 52-65.

*Комиссарова Р.А.* Исследование древней намагниченности некоторых осадочных пород Южного Урала в связи с проблемой метакристаллического перемагничивания / Дис. канд. физ.мат. наук. - М.: ИФЗ, 1970. - 140 с.

Палеомагнетизм палеозоя / Храмов А.Н., Гончаров Г.И., Комиссарова Р.А. и др. Л.: ВНИГРИ, 1974. - Вып. 335. - 238 с.

Палеомагнитология / Храмов А.Н., Гончаров Г.И., Комиссарова Р.А. и др. - Л.: Недра, 1982. - 312 с.

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

*Ржевский Ю.С.* Палинспастическая схема Таджикской депрессии по палеомагнитным данным // Докл. АН ТаджССР. - 1977. - Т.20. - №2. - С. 42-44.

*Савельев А.А., Диденко А.Н., Куренков С.А., Лубнина Н.В.* Палеомагнетизм офиолитов Войкаро-Сыньинского массива (Полярный Урал) // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород. Тезисы докладов. Борок, 3-9 июня 1996 г., отв. ред. А.Н. Диденко. М.: ОИФЗ РАН, 1996. - с.77-79

Тектоническая история полярного Урала / Отв. ред. Н.В. Короновский. - Тр. ГИН РАН; Вып. 531, М.: Наука, 2001. - 191 с.

*Храмов А.Н., Окнова Н.С.* Пути исследования палеомагнитных записей с целью решения проблем нефтяной геологии (на примере Тимано-Печорской провинции) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2007. - Т.2. - <http://www.ngtp.ru/rub/2/036.pdf>

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

*Enkin R.J.* The direction - correction tilt test: an all-purpose tilt/fold test for paleomagnetic studies / *Earth Planet. Sci. Lett.*, 212 (2003)151-166.

*Elmore R.D., Kelley J. Evans M., Lewchuk M.T.*, 2001. Remagnetisation and orogenic fluids: testing the hypothesis, *Applications. Geophys. J. Int.*, 144, 568-576.

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

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

*Kirschvink J.L.* The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data *Geophys. J. Astronom. Soc.* 1980. v. 62. p. 699-718.

*McCabe C., Van der Voo R., Peacor D.R., Scotese C.R., Freeman R.*, 1983. Diagenetic magnetic carriers a remanence in some Palaeozoic sedimentary carbonates. *Geology*. 11, 221-223.

*McElhinny M.W. and Lock J.* IAGA palaeomagnetic databases with Access, *Surv. Geophys.*, 1996. 17, 575-591.

*Meere P.A., Banks D.A.*, 1997. Upper crustal fluid migration; an example from the variscides of SW Ireland. *J. Geol. Soc. London*, 154, pt 6, 975.

*Pisarevsky S.A.* New edition of the global palaeomagnetic database. *EOS Transactions*. 2005. V. 66. P. 170.

*Turner P., Rodgers J.* Chemical remagnetization events during the diagenesis of red beds – applications to magnetostratigraphy diagenesis and palaeofluid migration. *Earth Science Project*, 2002, 5 pp.

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

*Zijderveld J.D.A. A.C.* Demagnetization of rocks analysis of results. In: *Methods in Palaeomagnetism*, Ed. Collinson D.W., Amsterdam, Elsevier. 1967. P.254-286.

**Sal'naya N.V.**

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St. Petersburg, Russia, [ins@vnigri.ru](mailto:ins@vnigri.ru); Institute of Physics of the Earth named after O.Y. Schmidt, Moscow, Russia, [natasavi@inbox.ru](mailto:natasavi@inbox.ru)

**Popov V.V., Rodionov V.P., Yakubson A.M., Iosifidi A.G.**

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St. Petersburg, Russia, [ins@vnigri.ru](mailto:ins@vnigri.ru)

**PALEOMAGNETIC RESEARCH OF THE PALEOZOIC SECTIONS  
OF POLAR URALS (PAGA RIVER)**

*Paleomagnetic studying of Cambrian-Ordovician-Devonian collection of Paleozoic deposits of the Paga River valley has been carried out. The results of paleomagnetic research show a two-component structure of natural residual magnetization (NRM). The identified typical components are postfolded. The estimates of horizontal turns of structures are executed. The possible model of magnetic reversal of the studied deposits has been realized.*

**Keywords:** *paleomagnetic vectors, anisotropy of magnetic susceptibility, overthrust, Polar Urals.*

**References**

Chadima, M., Hrouda, F. Remasoft3.0 a user-friendly paleomagnetic data browser and analyzer. 2006. *TravauxGéophysiques*, XXVII, 20-21.

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

Elmore R.D., Kelley J. Evans M., Lewchuk M.T., 2001. Remagnetisation and orogenic fluids: testing the hypothesis, *Applications. Geophys. J. Int.*, 144, 568-576.

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

Enkin R.J. The direction - correction tilt test: an all-purpose tilt/fold test for paleomagnetic studies /*Earth Planet. Sci. Lett.*, 212 (2003)151-166.

Eremenko N.M., Zhuravlev A.V., Iosifidi A.G., Popov V.V., Khramov A.N., Vewel Ya.A., Nickolaev A.I. *Razrez verhnego devona – nizhnego karbonana r. Talota (Timano-Pechorskaja provincija) - rezul'taty litologicheskikh, biostratigraficheskikh i paleomagnitnykh issledovanij* [Upper Devonian – Lower Carboniferous key sequence on the Talota river, Timan-Pechora province – results of lithologic, biostratigraphic and paleomagnetic research]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2009, vol. 4, no. 4, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/2/45\\_2009.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/2/45_2009.pdf)

Iosifidi A.G., Khramov A.N. *K istorii razvitiya nadvigovykh struktur Pay-Hoja I Poljarnogo Urala: paleomagnitnye dannye po ranneperskim i rannetriasovym otlozhenijam* [To the history of thrust structures of the Pai-Khoi and Polar Urals: paleomagnetic data for Early Permian and Early Triassic sediments]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2010, vol. 5, no. 2, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/4/21\\_2010.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/4/21_2010.pdf)

Iosifidi A.G., Khramov A.N. *Magnitostratigrafiya verkhneperskikh otlozheniy yugo-zapadnogo sklona Pay-Khoya, razrez r. Khey-yaga: sledy global'nogo permo-triasovogo krizisa* [Magnetostratigraphy of Upper Permian south-western slope of the Pai-Khoi, section of Hey Yaga River: signs of the global Permo-Triassic crisis]. *Fizika Zemli*, 2009, no. 1, p. 5-15.

Iosifidi A.G., Khramov A.N. *O gertsinskikh deformatsiyakh na Pripolyarnom Urale* [Hercynian deformation in the Polar Urals]. *Fizika zemli*, 1995, no. 11, p. 48-54.

Iosifidi A.G., Khramov A.N. *Paleomagnetizm paleozoyskikh otlozheniy razrezov r. Kozhim: K probleme palinspasticheskikh rekonstruktsiy Pripolyarnogo Urala i Pay-Khoya* [Paleomagnetism of Paleozoic deposits of the section of Kozhim river: the problem of palinspastic reconstructions of the Polar Urals and Pai-Khoi]. *Fizika Zemli*, 2013, no. 1, p. 67–80.

Iosifidi A.G., Khramov A.N. *Paleomagnetizm permi i triasa Pay-Khoya i Polyarnogo Urala: k probleme gorizontalnykh deformatsiy. Paleomagnetizm osadochnykh basseynov Severnoy Evrazii*

[Paleomagnetism of the Permian and Triassic Pai-Khoi and the Polar Urals: the problem of horizontal deformations. Paleomagnetism of sedimentary basins of Northern Eurasia]. Editor A.N. Khramov, 2007, p. 65-69.

Iosifidi A.G., Khramov A.N. *Paleomagnetizm verkhnekamennougol'nykh i rannepermiskikh otlozheniy Vostochno-Evropeyskoy plity: klyuchevoy paleomagnitnyy polyus i kinematika kollizii s Uralom* [Paleomagnetism of Upper Carboniferous and Early Permian deposits of the East European plate: a key paleomagnetic pole and kinematics of collision with the Urals]. Fizika Zemli, 2002, no. 5, p. 42-56.

Iosifidi A.G., Khramov A.N., Trapeznikova G.V., Pukhonto S.K. *Paleomagnetizm rannepermiskikh otlozheniy Pechorskoy plity: otsenka gorizontal'nykh povorotov struktur* [Paleomagnetism of Early Permian sediments of the Pechora plate: evaluation of horizontal rotations of structures]. Fizika Zemli, 2005, no. 2, p. 52-65.

Khramov A.N., Oknova N.S. *Puti issledovaniya paleomagnitnykh zapisej s cel'ju resheniya problem neftjanoy geologii (na primere Timano-Pechorskoj provincii)* [Ways of paleomagnetic records research for petroleum geology problems solution (Timan-Pechora province)]. Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika, 2007, vol. 2, available at: <http://www.ngtp.ru/rub/2/036.pdf>

Kirschvink J.L. The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data Geophys. J. Astronom. Soc. 1980. v. 62. p. 699-718.

Komissarova R.A. *Issledovanie drevney namagnichennosti nekotorykh osadochnykh porod Yuzhnogo Urala v svyazi s problemoy metakhronnogo peremagnichivaniya* [The study of ancient magnetization of some sedimentary rocks of the Southern Urals in connection with the problem of metachronous magnetization reversal]. Dissertation for the degree of PhD in physical and mathematical sciences. - Moscow: IFZ, 1970, 140 p.

McCabe C., Van der Voo R., Peacor D.R., Scotese C.R., Freeman R., 1983. Diagenetic magnetic carriers a remanence in some Palaeozoic sedimentary carbonates. Geology. 11, 221-223.

McElhinny M.W. and Lock J. IAGA palaeomagnetic databases with Access, Surv. Geophys., 1996. 17, 575-591.

Meere P.A., Banks D.A., 1997. Upper crustal fluid migration; an example from the variscides of SW Ireland. J. Geol. Soc. London, 154, pt 6, 975.

*Paleomagnetizm paleozoya* [Paleozoic paleomagnetism]. Khramov A.N., Goncharov G.I., Komissarova R.A. et al. Leningrad: VNIGRI, 1974, vol. 335, 238 p.

*Paleomagnitologiya* [Paleomagnetology]. Khramov A.N., Goncharov G.I., Komissarova R.A. et al. - Leningrad: Nedra, 1982, 312 p.

Pisarevsky S.A. New edition of the global palaeomagnetic database. EOS Transactions. 2005. V. 66. P. 170.

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

Rzhevskiy Yu.S. *Palinspasticheskaya skhema Tadjikskoy depressii po paleomagnitnym dannym* [Palinspastic sketch of Tajik depression on the basis of paleomagnetic data]. Dokl. ANTadzhSSR, 1977, vol. 20, no. 2, p. 42-44.

Savel'ev A.A., Didenko A.N., Kurenkov S.A., Lubnina N.V. *Paleomagnetizm ofiolitov Voykaro-Syn'inskogo massiva (Polyarnyy Ural)* [Paleomagnetism of ophiolite Voikar-Syninsk massif (Polar Urals)]. Paleomagnetizm i magnetizm gornykh porod. Tezisy dokladov. Borok, 3-9 iyunya 1996 g., editor A.N. Didenko. Moscow: OIFZRRAN, 1996, p. 77-79.

*Tektonicheskaya istoriya polyarnogo Urala* [Tectonic history of the Polar Urals]. Editor N.V. Koronovskiy. - Tr. GINRAN; vol. 531, Moscow: Nauka, 2001, 191 p.

Turner P., Rodgers J. Chemical remagnetization events during the diagenesis of red beds – applications to magnetostratigraphy diagenesis and palaeofluid migration. Earth Science Project, 2002, 5 pp.

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

Zhuravlev A.V., Vevel' Ya.A., Iosifidi A.G., Tomsha V.A., Chermnykh V.A. *Razrez verhnego devona – nizhnego karbona na myse Kostjanom ostrova Vajgach* [Upper Devonian – Lower Carboniferous succession, Kostyanoy Cape, Vaygach Island]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2011, vol. 6, no. 1, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/2/6\\_2011.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/2/6_2011.pdf)

Zijderveld J.D.A. A.C. Demagnetization of rocks analysis of results. In: *Methods in Palaeomagnetism*, Ed. Collinson D.W., Amsterdam, Elsevier. 1967. P.254-286.

© Сальная Н.В., Попов В.В., Родионов В.П., Якубсон А.М., Иосифиди А.Г., 2014