

УДК 550.384.32:551.242.11(470.1)

Иосифиди А.Г., Храмов А.Н.ФГУП «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, iosifidi@freemail.ru

К ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ НАДВИГОВЫХ СТРУКТУР ПАЙ-ХОЯ И ПОЛЯРНОГО УРАЛА: ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ ПО РАННЕПЕРМСКИМ И РАННЕТРИАСОВЫМ ОТЛОЖЕНИЯМ

Изучена коллекция осадочных пород раннепермского возраста (P_{1gs}, артинский ярус) разрез р. Ябтояха (Гусиная), юго-западный Пай-Хой. Анализ полученных и имеющихся палеомагнитных данных для надвиговых передовых структур Полярного Урала и Пай-Хоя показал, что ориентация раннепермских и раннетриасовых палеомагнитных векторов этих структур отражает их повороты по и против часовой стрелки соответственно. Даны оценки величин углов этих поворотов, а также общей амплитуды надвигов для структур Пай-Хоя.

Ключевые слова: палеомагнитные векторы, геодинамика, коллизия, надвиг, Пай-Хой.

В этом исследовании авторы методами палеомагнетизма оценили максимальную суммарную амплитуду надвигов на северо-восточном крае Печорской плиты (минимальная амплитуда была оценена ранее путем «распрямления» складок). Несомненно, эти оценки служат некими рамками, в пределах которых должны укладываться сначала гипотетические, а затем и обоснованные результатами комплексных исследований структурные, палинспастические и палеогеодинамические построения. Все это, однако, уже выходит за рамки представленной здесь работы.

Объект исследования и методика работ

В качестве объекта исследования использована коллекция ориентированных образцов, отобранная в ходе полевых работ 2008 года на Югорском полуострове сотрудниками геохимического отряда ВНИГРИ. Здесь в устье р. Ябтояха (Гусиная) обнажаются нижнепермские отложения гусиной свиты (P_{1gs}, артинский ярус), представленные переслаивающимися аргиллитами, алевролитами и песчаниками. В черных аргиллитах отмечается наличие мергелистых, пиритовых и кремнисто-глинистых конкреций. Общая мощность гусиной свиты достигает 500 метров [Пухонто, 1998]. Отбор образцов произведен по двум профилям вдоль левого берега р. Ябтояха (Гусиная) в 1 км выше устья, охватившим разрезы мощностью 8 м (точка 1) и 31 м (точка 2). В первом разрезе средние элементы залегания - азимут падения 140-200°, угол падения 15-25°, во втором породы запрокинуты - азимут падения 210-235°, угол падения 150-120°. Схема отбора образцов показана на рис. 1.

Лабораторные исследования и обработка полученных результатов проводились по общепринятой методике [Палеомагнитология, 1982]. Выделение компонент естественной остаточной намагниченности (J_n) велось методом ступенчатого терморазмагничивания; применялись установки, помещенные в 5-слойные пермаллоевые экраны (собственная конструкция ВНИГРИ) и TD48(США). Измерения J_n велись на рок-генераторах JR-4 и JR-5 (Чехия). Контроль над химическими изменениями в процессе термочистки осуществлялся путем измерения магнитной восприимчивости после каждого нагрева. Для определения магнитных минералов - носителей естественной остаточной намагниченности изучалось поведение магнитной восприимчивости в ходе нагрева на каппа-мосте KLY-3 с термоприставкой CS3 (Agico, Чехия). При анализе полученных данных, компоненты J_n 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 [Torsvik et al, 1990; Enkin, 1994; Chadima, Hrouda, 2006; Попов, 2007, 2008; Chadima, Jelinek, 2009].

Экспериментальные данные

Магнитные свойства пород. Для большинства изученных образцов осадочных пород характерны небольшие значения естественной остаточной намагниченности (J_n) и магнитной восприимчивости (K). Значения величин J_n составляют 0,3-2,1 мА/м, при среднем значении 1,0 мА/м, а значения магнитной восприимчивости лежат в пределах $(2,0-3,6) \times 10^{-4}$ ед. СИ, при среднем значении $2,7 \times 10^{-4}$ ед. СИ. Интересно отметить, что магнитные свойства раннепермских отложений из других разрезов Пай-Хоя и Полярного Урала (р. Таб-Ю, р. Хей-Яга и р. Воркута) имеют те же параметры [Иосифиди и др., 2005].

Для определения магнитных минералов - носителей J_n исследованы зависимости магнитной восприимчивости от температуры. На рис. 2А, Б показано изменение магнитной восприимчивости в ходе нагрева и охлаждения образца 227 на каппа-мосте KLY-3 с термоприставкой CS3. Основным магнитным минералом - носителем J_n является, по всей вероятности, магнетит с примесями или титаномагнетит. Это подтверждается как поведением магнитной восприимчивости, так и деблокирующими температурами в ходе термочистки J_n . Поведение магнитной восприимчивости в ходе непрерывного нагрева этого образца показано на рис. 2Б. Здесь более четко видны химические изменения, начинающиеся с 250°C и заканчивающиеся после 400°C.

Мы связываем эти изменения с разрушением пирита и сульфидов железа и образованием магнетита, что подтверждается резким возрастанием величины K при охлаждении. Этот вывод подтверждается и результатами ступенчатого терморазмагничивания образцов. Деблокирующие температуры для образцов, по которым в ходе чистки удалось выделить характерную компоненту, составляют 490-550°C.

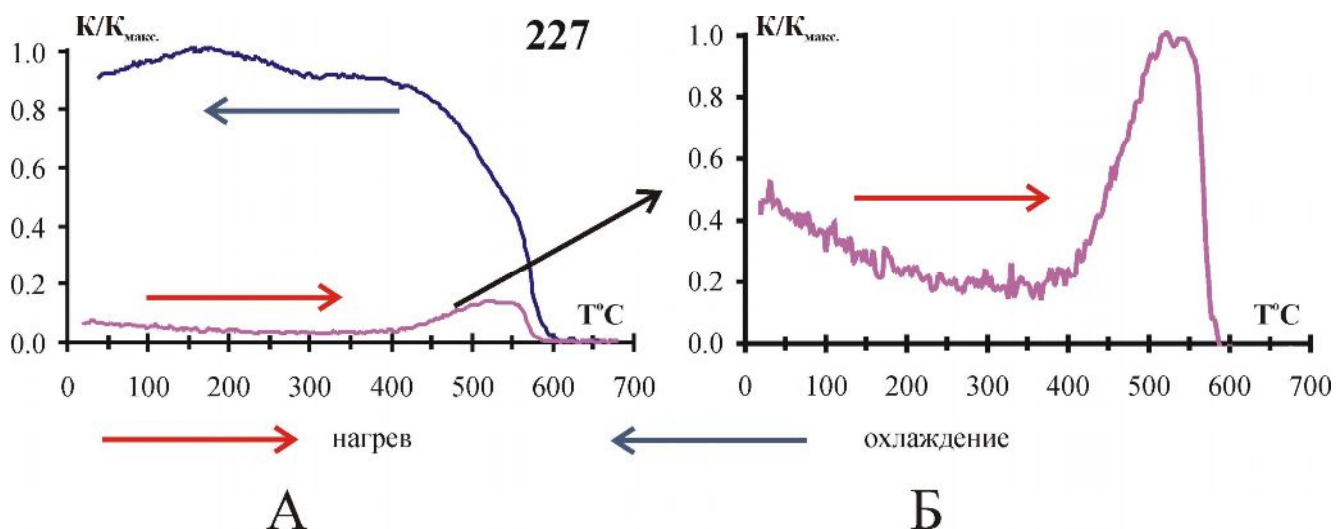


Рис. 2. Изменение магнитной восприимчивости в ходе нагрева и охлаждения в образце 227:
А-полный цикл нагрев-охлаждение (40-680-40°C); Б – нагрев (40-600°C)

Компонентный анализ. В ходе размагничивания в образцах этого разреза выделяются две компоненты естественной остаточной намагниченности. Примеры поведения вектора J_n при размагничивании показаны на рис. 3. Первая низкотемпературная компонента (А) выделяется в диапазоне 100-250°C, 300°C и имеет направление близкое к направлению современного геомагнитного поля ($D_c=25^\circ$, $I_c=80^\circ$), табл. 1 (строка 1) и рис. 4А. Часть образцов сильно перемагничена современным геомагнитным полем (рис. 3, образец 227-1).

Из общего числа изученных образцов только в 25% случаев удастся четко выделить вторую высокотемпературную компоненту (Б) естественной остаточной намагниченности (рис. 3, образец 196-2) в интервале температур 350-530°C и 450-570°C. Распределение этой компоненты показано на рис. 4Б, а её направление в табл. 1 (строка 2). Выделение характерной высокотемпературной компоненты J_n в остальных случаях осложняется химическими изменениями в ходе нагрева (рис. 3, образцы 81-1 и 88-1), что фиксируется ростом магнитной восприимчивости.

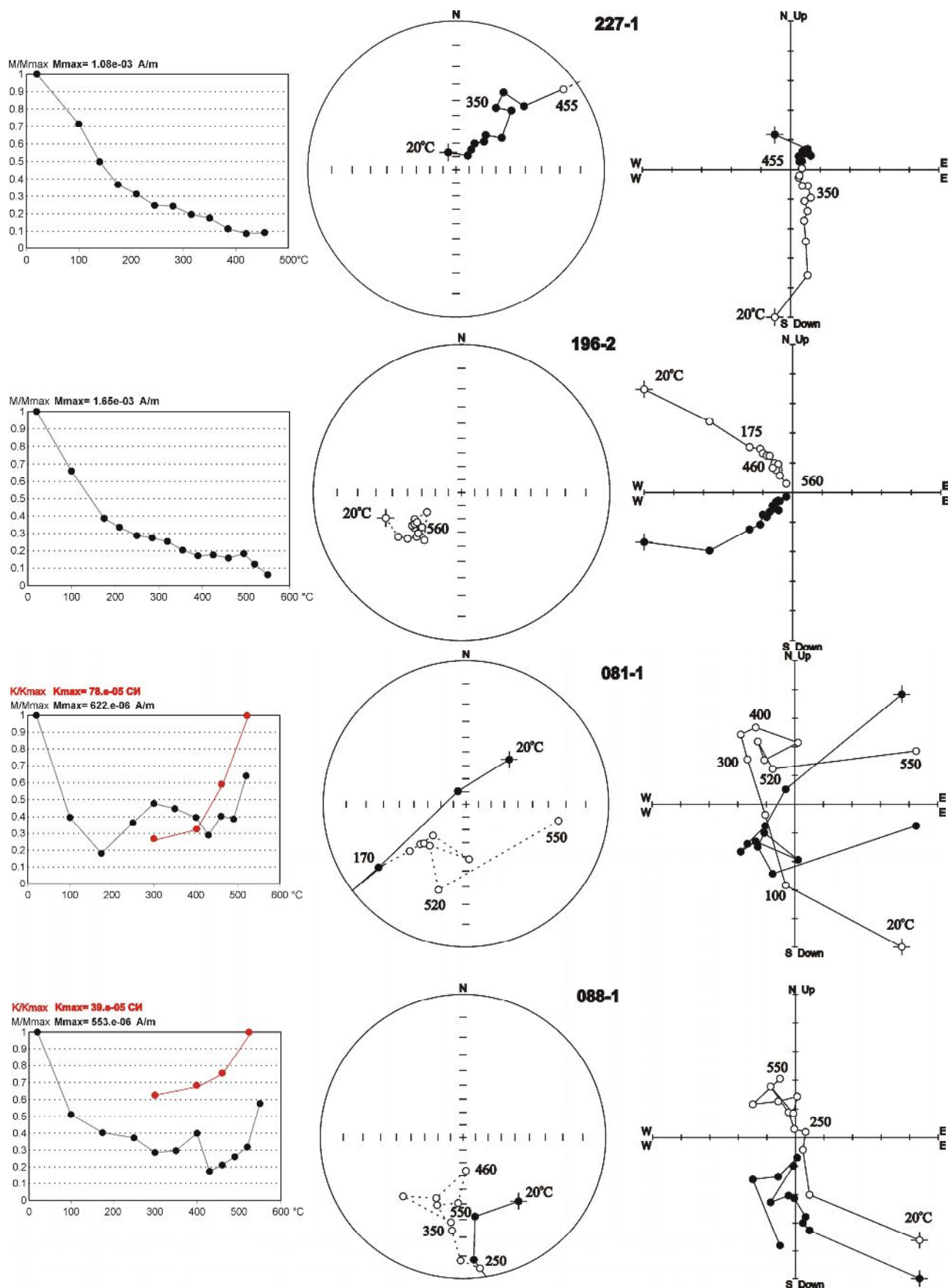


Рис. 3. Примеры ступенчатого терромагнитования образцов раннепермских пород, р. Ябтояха (Гусинья)

Условные обозначения к рис. 3: для каждого образца слева направо: кривая изменения величины естественной остаточной намагниченности в ходе температурной чистки, стереопроекция ее направлений (в стратиграфической (образец 227-1 в географической) системе координат) и диаграмма Зийдервельда (в стратиграфической (образец 227-1 в географической) системе координат). Полые кружки – проекции векторов на верхнюю полусферу (для диаграмм Зийдервельда проекция на вертикальную плоскость), заливные кружки – проекции векторов на нижнюю полусферу (для диаграмм Зийдервельда проекция векторов на горизонтальную плоскость). Рисунок построен с использованием программы Remasoft [Chadima, Hrouda, 2006].

Выделение компоненты Б по этой части коллекции проводилось методом кругов размагничивания. Распределение нормалей к кругам размагничивания и полученное направление представлены на рис. 4В и в табл. 1 (строка 3).

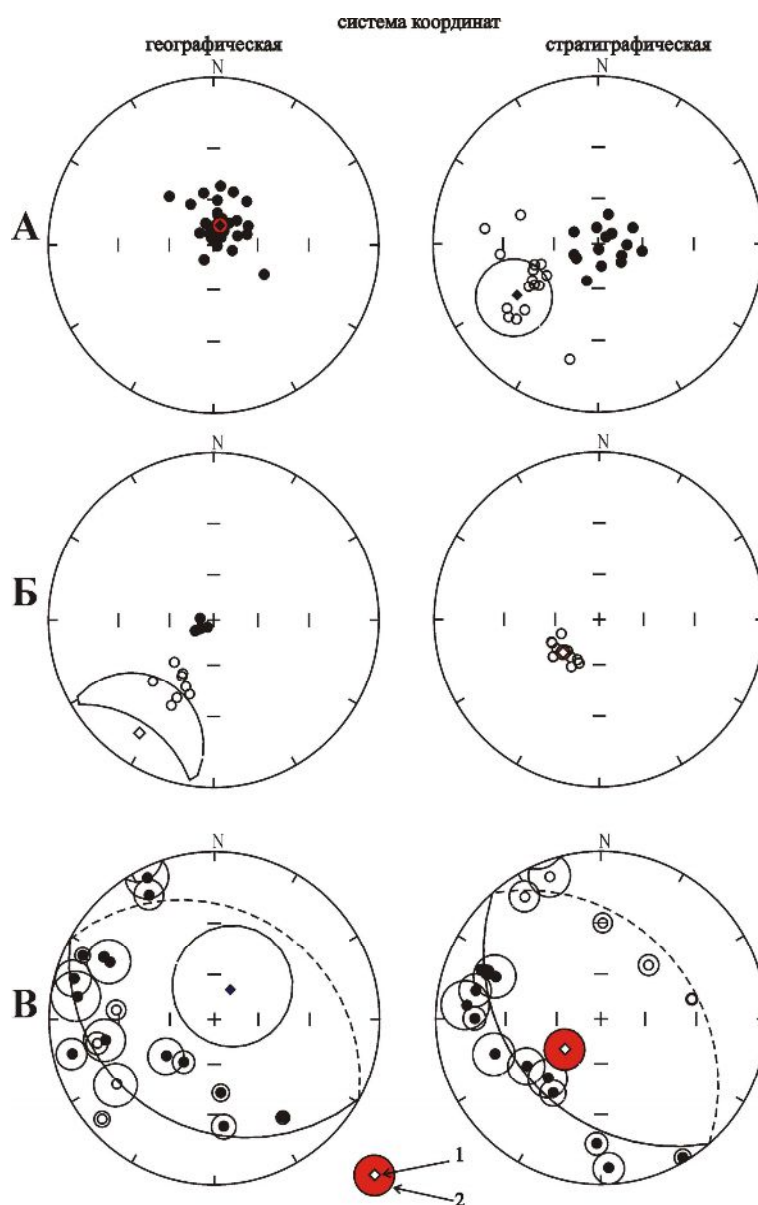


Рис. 4. Распределение направлений характерных компонент естественной остаточной намагниченности после проведения чисток:

А – компонента А; Б- компонента Б; В - распределение нормалей к кругам размагничивания и нахождение направления доскладчатой компоненты J_n . 1- среднее направление; 2- круг доверия при 95% вероятности для среднего направления; остальные обозначения те же, что и на рис.3.

Таблица 1

Палеомагнитные направления и полюсы для раннепермских отложений, р. Ябтояха (Гусиная), P_{1ar} ($\varphi=69.26^\circ$, $\lambda=60.7^\circ$)

№	Возраст пород	комп. J _n (интервалы выделения, °C)	Магнитный возраст комп. J _n	с.к.	N/n	D°	I°	K	α_{95}°	Φ°, N	Λ°, E	dp°	dm°	φ_m°	тест
1	P _{1ar}	А(20-200°C)	Kz	г	32/57	19	76	21	6	81	179	10	11	64	F ₋ , -0.05±0.05
				с		238	30	2	32						
2	P _{1ar}	Б(350-570°C)	P _{1ar}	г	12/15	214	-12	2	42						
				с		228	-57	86	5	49	176	5	7	38	F ₊ , 1.03±0.04
3*	P _{1ar}	Б(200-400°C)	P _{1ar}	г	19	209	-67	$\sigma=38$							
				с		229	-59	$\sigma=13$							
4**	P _{1ar}	Б, обнажение1		г	212	-43	53	5							Соответствие средних направлений, класс В($\gamma < \gamma_c$), $\gamma=5$, $\gamma_c=6$
				с	226	-59	81	4							
5**	P _{1ar}	Б, обнажение2		г	239	78	42	7							
				с	233	-56	83	5							
6**	P _{1ar}	Б(4+5)	P _{1ar}	г	37/34	205	-31	3	19						
				с		228	-58	79	3	50	175	3	4	39	

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; 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° – палеомагнитная широта; *- направление получено методом кругов перемагничивания; σ - стандартное угловое отклонение от большого круга; **- среднее направление получено по методу [McFadden, McElhinny, 1988]; F₊-тест складки положителен по Енкину [Enkin, 2003]; статистика на уровне штурфов.

Тест складки для компоненты Б в модификации Енкина [Enkin, 2003] положителен, что говорит о ее доскладчатом происхождении. Компонента А постскладчатая (тест складки отрицателен). Данные, полученные методом кругов размагничивания, объединялись с данными по образцам, где удалось выделить характерную компоненту J_n в ходе термочистки, по методу, предложенному в работе Мак Фаддена и Мак Элхини [McFadden, McElhinny, 1988], табл. 1 (строка 4).

Тест соответствия средних направлений для 1 и 2 профилей отбора положителен, класс В (угол между средними направлениями 5° при критическом угле 6°), табл. 1 [McFadden, McElhinny, 1990].

Анизотропия магнитной восприимчивости. Для части образцов раннепермских пород разреза р. Ябтояха (Гусиная) была измерена анизотропия магнитной восприимчивости. Степень анизотропии не зависит от величины магнитной восприимчивости и изменяется в пределах 1,5-3,0% (рис. 5Б). Значительная часть образцов имеет плоскостной тип анизотропии, хотя несколько образцов имеют линейный тип анизотропии магнитной восприимчивости (рис. 5В). Распределение направлений главных осей эллипсоидов магнитной восприимчивости (рис. 5А) показывает ориентировку минимальных осей (K_3) близкую к вертикали, что характерно для осадочных толщ. Однако максимальные и промежуточные оси (K_1 , K_2) эллипсоидов сгруппированы. Направление максимальных осей (K_1) соответствует простиранию изученной толщи (рис. 5А). Все направления имеют доскладчатое происхождение (тест складки положителен), что косвенно подтверждает доскладчатый возраст выделенных характерных компонент J_n (если эти компоненты связаны с детритовыми частицами). Между склонением направления оси K_1 и склонением характерной компоненты J_n имеется линейная зависимость (рис. 5Г), что говорит о наличии вторичного влияния на запись направления древнего геомагнитного поля. Это может быть связано с наличием мощных давлений при складкообразовании. Такое влияние здесь подтверждается небольшой вытянутостью как направлений минимальной оси анизотропии магнитной восприимчивости (рис. 5А), так и направлений компоненты Б (рис. 4Б).

Обсуждение результатов

Для расшифровки истории развития надвиговых процессов на границе ВЕП с Уралом необходимо проведение геодинамических построений на временной интервал девон – юра. К сожалению, как показывает анализ имеющихся в мировой базе палеомагнитных данных (МБПД, версия 4.6-2004) [McElhinny, Lock, 1996], полное решение этой задачи на нынешнем этапе исследований невозможно из-за отсутствия достаточного числа надежных

палеомагнитных определений на этот возрастной интервал для структур Восточно-Европейской платформы, Урала, Казахстанских блоков и Сибирской платформы. В предыдущих работах [Иосифиди, Храмов, 1995, 2002, 2007] нами проведены оценки углов поворота пермских и триасовых структур Северного Тимана, Полярного и Южного Урала. Распределение палеомагнитных направлений в регионе и положения соответствующих палеомагнитных полюсов согласуются с тектонической схемой, в которой надвиговые структуры Пай-Хоя и Полярного Урала принадлежат к деформированному краю Печорской плиты [Геодинамическая..., 1988, Тимонин и др., 2004].

В табл. 2 приведены имеющиеся палеомагнитные направления для изученных нижнепермских и нижнетриасовых структур северо-востока Печорской плиты. Как видно (табл. 2, строка 3), полученное направление по нижнепермским породам р. Ябтояха (Гусиная) имеет склонение, отличающееся от такового для Русской платформы.

Анализ всех данных, представленных в табл. 2, показывает, что палеомагнитные направления для нижнепермских и нижнетриасовых отложений и по другим разрезам Пай-Хоя и Полярного Урала также имеют склонения, которые не согласуются с данными по стабильной части Восточно-Европейской платформы, например, по разрезам Донбасса. Наличие значительных поворотов ($10-40^\circ$) связано с надвиговыми процессами в период коллизии ВЕП с Уралом, при этом ориентация фронтов надвигов указывает на западное и юго-западное направления надвигания [Геодинамическая карта..., 1988; Зоненшайн и др., 1990; Юдин, 1994; Тимонин, 1998; Тимонин и др., 2004]. Согласно этой схеме, в процессе такой косо́й коллизии развивались право- и левосторонние сдвиги, обуславливавшие повороты надвиговых структур по и против часовой стрелки соответственно.

Альтернативой таким «внутренним» поворотам может быть схема ороклинального изгиба С. Кэри [Carey, 1955]. Модель, основанная на этой схеме, предполагает, что до начала процесса сближения ВЕП с Уралом структуры Предуральского краевого прогиба имели меридиональное (в современных координатах) простирание, а затем повернулись как целое. Тогда поправку на поворот можно получить, измеряя угол отклонения осей структур от современного меридиана. Другой вариант оценки угла поворота заключается в использовании средних палеомагнитных направлений для ВЕП. Путем пересчета среднего направления по ВЕП для пород того же возраста, что и изучаемый объект, на координаты изучаемой толщи можно оценить угол поворота. Естественно, в данном варианте считается, что надежность определений, использованных для расчета среднего полюса, высокая.

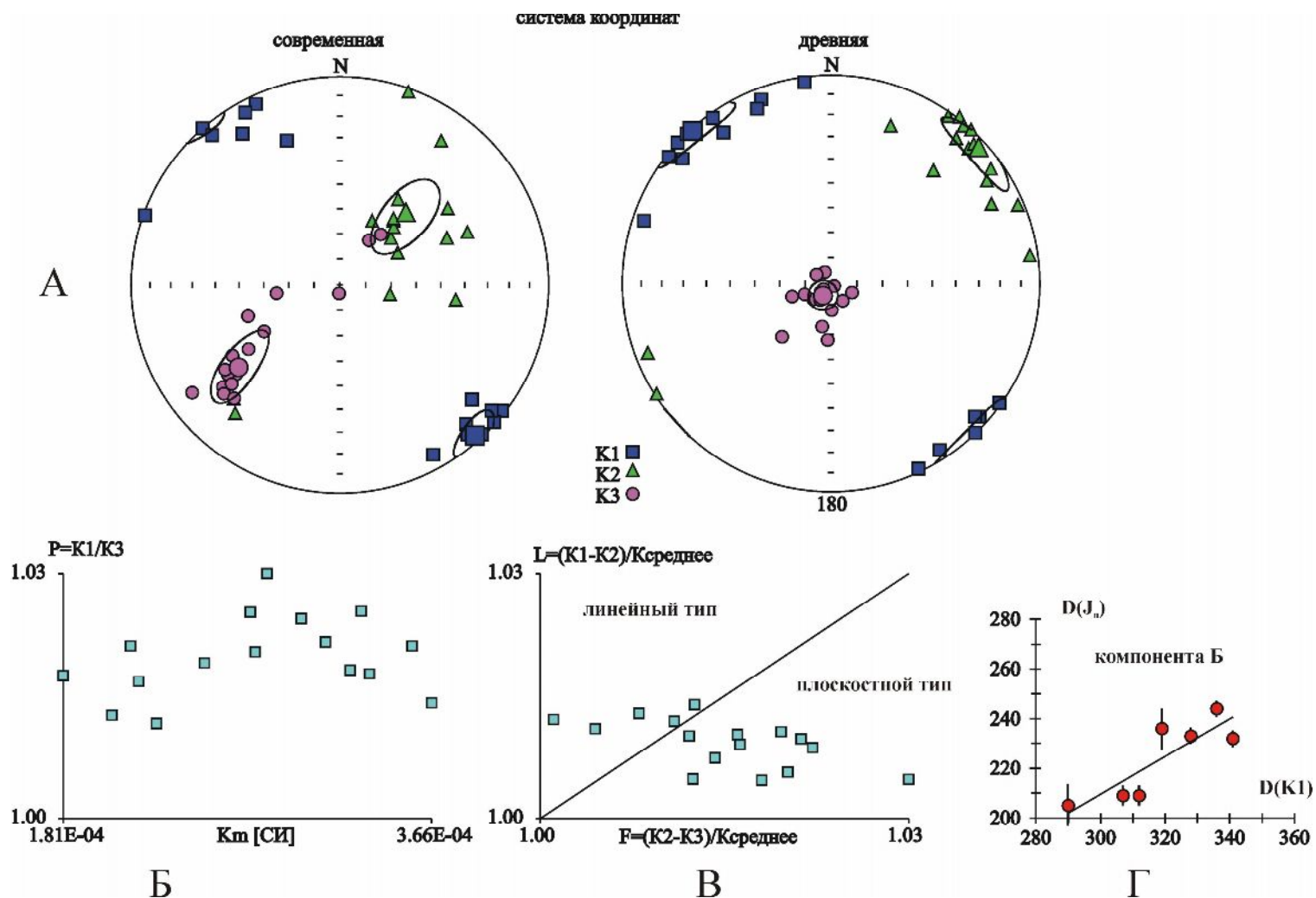


Рис. 5. Анизотропия магнитной восприимчивости:

A - распределение главных осей эллипсоидов анизотропии магнитной восприимчивости в современной и древней системе координат; Б – зависимость параметра степени анизотропии (P) от величины магнитной восприимчивости; В - диаграмма Флинна; Г – зависимость склонения выделенных характерных компонент J_n от склонения соответствующих направлений максимальной оси эллипсоида анизотропии (K1).

Рисунок построен с использованием программы Anisoft 42 [Chadima, Jelinek, 2009]

Таблица 2

Расчет углов поворота для пермских структур Пай-Хоя и Урала

№	Возраст	Координаты отбора	N/n	D°	I°	K	α_{95}°	$\Phi,^{\circ}N$	$\Lambda,^{\circ}E$	dp°	dm°	φ_m°	D_C°	φ_{mc}°	Δ°	Источник
			Пай-Хой													
1	T ₁	р. Хей-Яга ($\varphi=68.63^{\circ}$, $\lambda=62.8^{\circ}$)	63/141	43	54	26	4	49	185	4	5	35	60	41	17±5	Иосифиди и др.,2007
2	T ₁	р. Силоваяха ($\varphi=68.2^{\circ}$, $\lambda=64.51^{\circ}$)	16/90	47	64	44	6	57	174	8	10	46	61	41	14±7	Иосифиди и др.,2007
3	P ₁	р. Ябтояха (Гусиная) $\varphi=69.26^{\circ}$, $\lambda=60.7^{\circ}$)	37/34	228	-58	79	3	50	175	3	4	39	61	36	14±3	Данная работа
4	P _{1a} -kg	р. Таб-Ю ($\varphi=69.48^{\circ}$, $\lambda=63.71^{\circ}$)	30/50	241	-53	42	6	43	174	5	7	33	66	36	-	Иосифиди и др.,2005
5	P _{1a} -kg	р. Хей-Яга ($\varphi=68.63^{\circ}$, $\lambda=62.8^{\circ}$)	29/43	230	-55	28	4	47	176	4	6	36	65	37	15±3	Иосифиди, Храмов,2005
6	*P _{1a} -kg	р. Воркута ($\varphi=67.5^{\circ}$, $\lambda=64.1^{\circ}$)	64/84	240	-56	$\sigma=9$		45	166	9	12	36	65	37	-	Иосифиди и др.,2005
			Полярный Урал													
7	T ₁	Б. Сыня ($\varphi=65.5^{\circ}$, $\lambda=58^{\circ}$)	44	277	-44	16	5	21	131	7	4	26	54	37	-43±5	Иосифиди, Храмов,1995
8	P _{1sk}	р.Кожим ($\varphi=65.9^{\circ}$, $\lambda=59.6^{\circ}$)	25/46	266	-51	43	5	30	139	4	6	31	58	33	-28±5	Иосифиди, Храмов,2002
9	P _{1a}	р.Щугор ($\varphi=64.35^{\circ}$, $\lambda=58.4^{\circ}$)	29/61	257	-48	21	6	32	146	5	8	29	56	32	-21±6	Иосифиди, Храмов,2002

Примечание: D_C° φ_{mc}° - склонение и палеоширота полученные путем пересчета референтного полюс на точку отбора; Δ° - угол поворота полученного палеомагнитного направления (склонение) по отношению к направлению пересчитанного по референтному полюсу; пересчитанные направления определялись по палеомагнитным полюсам для ранней перми ($\Phi=43^{\circ}N$, $\Lambda=164^{\circ}E$) и раннего триаса ($\Phi=48^{\circ}N$, $\Lambda=163^{\circ}E$) для Русской платформы из работы [Иосифиди, Храмов, 2002], остальные обозначения см. примечание к табл.1.

Надвиговые процессы на Пай-Хое имели место вплоть до мелового времени (в основном в поздне триасовое-меловое), а для Северного Урала до ранней юры (в основном в пермско-триасовое) [Юдин, 1994; Тимонин, 1998; Тимонин и др., 2004]. Отсюда следует, что для оценки возраста различных фаз надвиговых процессов, имевших место в ходе коллизии ВЕП с Уралом, необходимо иметь ряд палеомагнитных данных, по крайней мере, в диапазоне пермь-юра. Из данных, представленных в табл. 2, можно сделать вывод, что для структур северной части Предуральского краевого прогиба характерно проявление поворотов по часовой стрелке (табл. 2, строки 8-10). Эти данные подтверждают наличие юго-юго-западного направления надвигания для структур Предуральского краевого прогиба в ходе коллизии Восточно-Европейской платформы, Урала, Казахстанских блоков и Сибирской платформы.

По разрезам Пай-Хоя (табл. 2, строки 1, 2, 3 и 5) углы поворота имеют другой знак и выявляют поворот против часовой стрелки. По части разрезов оценки поворотов лежат в пределах погрешности определения (табл. 2, строки 4 и 6). На рис. 6 представлена геодинамическая схема северо-востока Печорской плиты [Геодинамическая карта..., 1988] с упрощениями) и показано положение изученных разрезов вместе с палеомагнитными направлениями. Таким образом, согласно первой модели ориентация пермских и раннетриасовых палеомагнитных векторов в пределах надвиговых передовых структур Полярного Урала и Пай-Хоя (см. рис. 6) может быть объяснена поворотами по и против часовой стрелки, связанными, соответственно, с правосторонними и левосторонними сдвигами, возникшими в процессе косоугольной коллизии структур Западной Сибири и Карского моря с Баренцево-Печорской плитой.

Альтернативной моделью для пайхойских структур, как и для североуральских, также может быть работа схемы «ороклинального изгиба». Применение этой схемы позволяет оценить общую амплитуду надвигания и реконструировать домезозойское положение внешнего края структурного комплекса. Как видно на рис. 7А, Б пермские (и раннетриасовые) полюсы для Пай-Хоя располагаются вдоль малого круга, включающего и ключевой палеомагнитный полюс для ранней перми (раннего триаса) Русской платформы. Центр этого круга (полюс Эйлера) находится в точке 63°N, 80° E. Максимальное отклонение палеомагнитного полюса для Пай-Хоя от ключевого при этом соответствует углу 13° для района Пай-Хоя, т. е. общей амплитуде надвигания в 50-300 км. Как упоминалась во введении, погрешности определения палеомагнитных полюсов пока еще достаточно велики

(3-10°), но при значимых поворотах структур возможна полуколичественная оценка амплитуды надвигов.

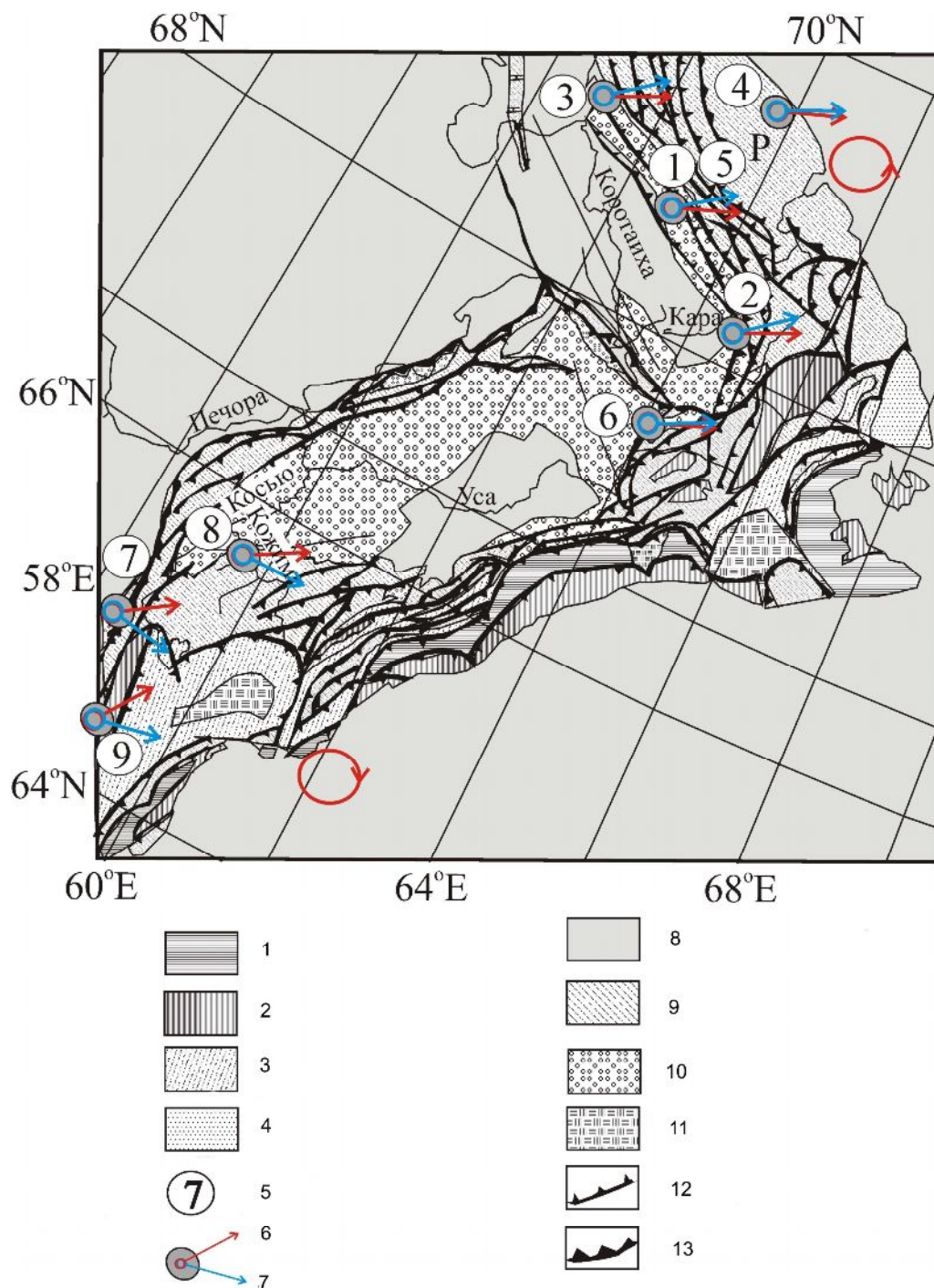


Рис. 6. Геодинамическая схема северо-востока Печорской плиты
([Геодинамическая карта..., 1988], с упрощениями)

Номера изученных разрезов в соответствии с порядковым номером в табл. 2.

Границы раздвижения: 1 – океанические рифтовые зоны; границы сближения: 2 – зоны поддвижения островодужные; зоны столкновения: 3 – метаморфические осадочные комплексы; 4 – осадочные комплексы; 5 – изученные разрезы; 6 – расчетное направление J_n ; 7 – выделенное направление J_n ; 8 – недеформированный осадочный чехол; 9 – пассивные континентальные окраины; 10 – молассы; 11 – метаморфические комплексы дорифейского фундамента; 12 – надвиги, взбросы; 13 – границы тектонических покровов.

Необходимо также отметить, что погрешности таких оценок включают и неточность возрастных датировок изученных отложений. Тем не менее, имеющиеся данные (см. табл. 2) позволяют сделать оценку амплитуд надвигов по нижнепермским и нижнетриасовым структурам. Как видно из рис. 7А, Б расхождение между направлениями референтных раннепермского и раннетриасового палеомагнитных полюсов Восточно-Европейской платформы и полюсов по разрезам Пай-Хоя в ряде случаев значимо и лежит за ошибкой определения координат полюсов (овалы доверия не пересекаются), например, палеомагнитные полюсы по отложениям р. Ябтояха (Гусиная) и р. Хей-Яга (рис. 7А, точки 1 и 3).

Поскольку смещение палеомагнитных полюсов жестко связано со смещением структур, по породам которых получены палеомагнитные данные, то, определив угол поворота до референтного полюса относительно полюса вращения (полюс Эйлера), мы получим возможность оценить амплитуду надвига изученных структур, вращая их на тот же угол.

Так как надвиговые процессы на северо-востоке Печорской плиты имеют региональный характер, то все вращения выполняются по малым кругам относительно выбранного полюса вращения (полюса Эйлера). В нашем случае выбран полюс Эйлера с координатами 63°N , 80°E из условия лучшего приближения положения референтного и сравниваемых палеомагнитных полюсов на малом круге вращения.

На рис. 7В, Г показано реконструированное положение изученных структур до начала надвиговых процессов и направления их движения. Для нижнепермских структур р. Ябтояха (Гусиная) и р. Хей-Яга амплитуда надвигов составила 290 и 150 км соответственно, а для нижнетриасовых структур р. Хей-Яга и р. Сыловаяха 350 и 270 км. Суммарную амплитуду надвигов на Пай-Хое можно оценить по палеомагнитным данным в первые сотни километров, что существенно превышает их видимую суммарную амплитуду.

Реконструированное до надвиговое положение предпайхойских структур, предполагает развитие рифтогенных (спрединговых ?) процессов в тылу Пай-Хоя и Байдарацкого террейна, что согласуется с установленным наличием соответствующих структур в Карском море и на севере Сибири. Очевидно, что выбор между этими моделями, т. е. решение вопроса о том, какой механизм поворота структур – «внутренний» или «внешний» доминировал, потребует, по крайней мере, проведения новых палеомагнитных определений – тем более это необходимо для уточнения и детализации выбранной модели. Только тогда будет создана палеомагнитная основа для корректных палинспастических и палеогеодинамических реконструкций региона.

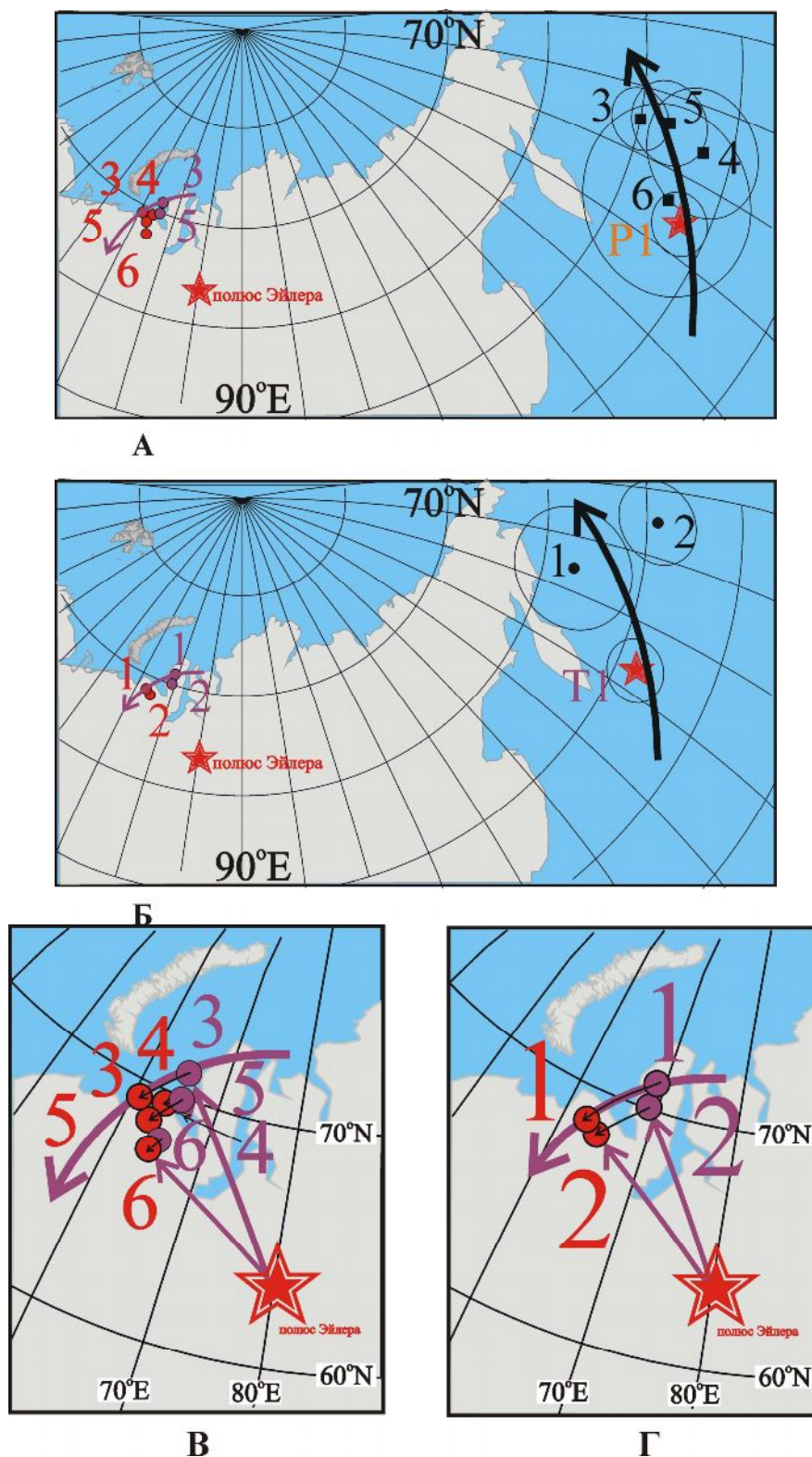


Рис. 7. Оценка амплитуды надвигов для нижнепермских и нижнетриасовых структур Пай-Хоя
 А – положение палеомагнитных полюсов и изученных структур относительно референтных полюсов и полюса Эйлера для раннепермских структур, стрелками показано направления движения полюсов и структур при надвигах; Б – то же для раннетриасовых структур; В – оценка амплитуды надвига по раннепермским палеомагнитным полюсам; Г – то же по раннетриасовым палеомагнитным полюсам; нумерация палеомагнитных полюсов и обнажений в соответствии с порядковым номером в табл. 2; для положения изученных обнажений – красным цветом – современное, лиловым цветом – древнее положение.

Кратко формулируем итоги проведенных исследований:

- нижнепермские структуры Пай-Хоя испытали повороты в горизонтальной плоскости на углы до 10-20 градусов против часовой стрелки по отношению к Восточно-Европейской платформе;

- нижнепермские структуры Предуральского краевого прогиба испытали повороты в горизонтальной плоскости на углы до 30 градусов по часовой стрелке по отношению к Восточно-Европейской платформе;

- развитие горизонтальных поворотов и их распределение в рассматриваемой части Северной Евразии может быть объяснено коллизионными процессами, развивавшимися здесь в конце палеозоя – начале мезозоя;

- вероятная последовательность этих процессов могла быть следующей: в процессе коллизии Восточно-Европейской платформы, Казахстанских блоков и Сибирской платформы за счет тангенциальных сжатий Казахстанские блоки сместились на юг. При этом произошел правосторонний сдвиг, который и привел к повороту структур Предуральского краевого прогиба по часовой стрелке. На следующих этапах коллизии северо-западная часть Сибирской платформы и Байдарацкая островная дуга своим давлением на пайхойские структуры вызвали их повороты в горизонтальной плоскости против часовой стрелки. Полученные оценки указывают на важность учета амплитуды надвигов при расшифровке геологического строения Пай-Хоя при поиске полезных ископаемых.

- для более полной расшифровки надвиговых процессов, имевших место при коллизии тектонических блоков Северной Евразии, необходимо получение новых палеомагнитных определений и, в первую очередь, по осадочным толщам пермского, триасового и юрского возрастов, как для Восточно-Европейской и Сибирской платформам и Казахстанских блоков, так и для Печорской плиты.

В заключение авторы выражают благодарность сотрудникам геохимического отряда ВНИГРИ (начальник отряда С.А. Богословский) за отбор образцов для палеомагнитных исследований. Р.А. Комиссаровой (ВНИГРИ), Н.В. Сальной (СПбГУ) за помощь в проведении измерений.

Работа выполнена в рамках тематических региональных исследований ВНИГРИ по Тимано-Печорской провинции и проекта РФФИ 01-05-64315.

Литература

Геодинамическая карта СССР и прилегающих акваторий М: 1:2500000 /Ред. Зоненшайн Л.П. и др. - М.: МинГеоСССР, 1988. - Л. 16.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР: В 2 кн. - М.: Недра, 1990. - 328 с.

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 платформы: ключевой палеомагнитный полюс и кинематика коллизии с Уралом //Физика Земли, 2002 - № 5. - С. 42-56.

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.

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

Палеомагнитология /Храмов А.Н. и др. - Л.: Недра, 1982. - 312 с.

Попов В.В. [Интернет-ресурс] Лаборатория Главного геомагнитного поля и Петромагнетизма, 2007, 2008 - <http://paleomag.ifz.ru/soft.html>

Пухонто С.К. Стратиграфия и флористическая характеристика пермских отложений угольных месторождений Печорского бассейна. - М.: Научный мир, 1998. - 312 с.

Тимонин Н.И. Печорская плита: история геологического развития в фанерозое. - Екатеринбург: УрО РАН, 1998. - 240 с.

Тимонин Н.И., Юдин В.В., Беляев А.А. Палеогеодинамика Пай-Хоя. - Екатеринбург.: УрО РАН, 2004. - 240 с.

Юдин В.В. Орогенез севера Урала и Пай - Хоя. - Екатеринбург: УИФ « Наука», 1994. - 286 с.

Carey S.W. The orocline concept in geotectonics. Proc. Roy. Soc. Tasmania, 1955. V. 89 – P. 255-288.

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.

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

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

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.

McFadden P. L., McElhinny M.W. The combined analysis of remagnetization circles and direct observations in palaeomagnetism //Earth Planet. Sci. Lett., 1988. – V. 87. - P. 161-172.

McFadden P. L., McElhinny M. W. Classification of reversal test in palaeomagnetism //Geophys. J. Int., 1990. – 103. – P. 725-729.

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

Torsvik T.H., Smethurst M.A., Pesonen L.J. GMAP - geographic mapping and paleoreconstruction package. NGU rapport nr 90.019, 1990.

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.

Рецензент: Окнова Нина Сергеевна, доктор геолого-минералогических наук.

Iosifidi A.G., Khramov A.N.

All-Russia Petroleum Research and Exploration Institute (VNIGRI), Saint Petersburg, Russia, iosifidi@freemail.ru

TO THE HISTORY OF THRUST STRUCTURES OF THE PAI-KHOI AND POLAR URALS: PALEOMAGNETIC DATA FOR EARLY PERMIAN AND EARLY TRIASSIC SEDIMENTS

Collection of Early Permian rocks (P_1gs , artinskian stage, section r. Yabtoyakha (Gusinaya), south-west of the Pai-Khoi have been studied. Analysis of the inferred new and published paleomagnetic data for the foreland structures of the Polar Urals and Pai-Khoi showed that horizontal orientation of paleomagnetic directions reflect the clockwise and counterclockwise rotations of these structures consequently. Values of these rotation angles and total thrust amplitudes for the Pai-Khoi structures are estimated.

Key words: paleomagnetic directions, geodynamic, collision, thrust, Pai-Khoi.

References

- Geodinamičeskaâ karta SSSR i prilegajúših akvatorij M: 1:2500000 /Red. Zonenšajn L.P. i dr. - M.: MinGeoSSSR, 1988. - L. 16.
- Zonenšajn L.P., Kuz'min M.I., Natapov L.M. Tektonika litosferných plit territorii SSSR: V 2 kn. - M.: Nedra, 1990. - 328 s.
- Iosifidi A.G., Hramov A.N. O gercinskih deformaciãh na Pripolãrnom Urale //Fizika Zemli, 1995. - # 11. - S. 48-54.
- Iosifidi A.G., Hramov A.N. Paleomagnetizm verhnekamennougol'nyh i rannepermskih otloženíj Vostočno-Evropskoj platformy: ključevoj paleomagnetnyj polús i kinematika kollizii s Uralom //Fizika Zemli, 2002 - # 5. - S. 42-56.
- Iosifidi A.G., Hramov A.N., Trapeznikova G.V., Puhonto S.K. Paleomagnetizm rannepermskih otloženíj Pečorskoj plity: ocenka gorizontáln'nyh povorotov struktur. //Fizika Zemli, 2005. - #2. - S. 52-65.
- Iosifidi A.G., Hramov A.N. Paleomagnetizm permi i triasa Paj-Hoã i Polãrnogo Urala: k probleme gorizontáln'nyh deformacij //Paleomagnetizm osadočnyh bassejnov Severnoj Evrazii. - SPb.: VNIGRI, 2007. - S. 65-69.
- Paleomagnetologiiã /Hramov A.N. i dr. - L.: Nedra, 1982. - 312 s.
- Popov V.V. [Internet-resurs] Laboratoriã Glavnogo geomagnitnogo polã i Petromagnetizma, 2007, 2008 - <http://paleomag.ifz.ru/soft.html>
- Prišepa O.M., Orlova L.A., Čumakova O.V. Napravlenie geologorazvedočnyh rabot na neft' i gaz v severo-vostočnoj časti Timano-Pečorskoj neftegazonosnoj provincii 0420800064\0034 //Neftegazovaã geologiã. Teoriã i praktika. - èlektron. nauč. žurnal, 2008. - T. 3. - # 3. - http://www.ngtp.ru/rub/4/40_2008.pdf.
- Puhonto S.K. Stratigrafiã i florističeskaâ harakteristika permskih otloženíj ugol'nyh mestoroždenij Pečorskogo bassejna. - M.: Naučnyj mir, 1998. - 312 s.
- Timonin N.I. Pečorskaâ plita: istoriã geologičeskogo razvitiã v fanerozoe. - Ekaterinburg: UrO RAN, 1998. - 240 s.
- Timonin N.I., Ūdin V.V., Belãev A.A. Paleogeodinamika Paj-Hoã. - Ekaterinburg.: UrO RAN, 2004. - 240 s.
- Ūdin V.V. Orogenez severa Urala i Paj - Hoã. - Ekaterinburg: UIF « Nauka», 1994. - 286 s.

© Иосифиди А.Г., Храмов А.Н., 2010