

УДК 550.384:571.72(470.57)

Иосифиди А.Г., Михайлова В.А., Сальная Н.В., Храмов А.Н.Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, iosifidi@km.ru

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД АШИНСКОЙ СЕРИИ ЗАПАДНОГО СКЛОНА ЮЖНОГО УРАЛА: НОВЫЕ ДАННЫЕ

Изучена коллекция образцов пород кук-караукской и басинской свит ашинской серии верхнего венда из разрезов на реках Басу, Зилим и ручье Кук-Караук. Выявлен многокомпонентный состав намагниченности пород, определен возраст компонент путем сравнения с данными по Восточно-Европейской плите. Полученные результаты позволили проследить и датировать главные этапы тектонического развития пояса, примыкающего с запада к Главному Уральскому надвигу.

Ключевые слова: палеомагнетизм, тектоника, венд, Южный Урал.

Исследование тектоно-термальной истории формирования структур западного склона Урала, представляющего собой в тектоническом отношении деформированный край Восточно-Европейской плиты, является необходимой основой, в значительной степени определяющей программу и методику предстоящего этапа разведочных работ на нефть и газ в указанном регионе. Как показали недавние исследования [Torsvik et al., 2001; Иосифиди и др., 2010], в создание такой основы весьма существенный вклад могут внести палеомагнитные данные, которые являются записью – в виде привязанных к геологическому возрасту компонент естественной остаточной намагниченности – записью процессов, протекающих на главных этапах формирования и преобразования осадочных и магматических пород. Очевидно, что миграция и аккумуляция флюидов напрямую связана с указанными процессами.

В этом отношении весьма удачным объектом палеомагнитного изучения может оказаться ашинская серия Южного Урала, выходы которой и ее возрастных аналогов на Среднем и Северном Урале простираются вдоль Главного Уральского надвига. Потенциально породы этой верхневендской серии могут содержать палеомагнитную запись всех главных тектоно-термальных событий, происходивших здесь, согласно современным тектоническим моделям [Пучков, 2000; Диденко и др., 2001; Glasmacher et al., 2002; Свяжина и др., 2003], в позднем ордовике – раннем силуре, девоне и в средней перми.

Ашинская серия, по своему строению и тектоническому положению относящаяся к молассам предгорных прогибов, по составу слагающих ее терригенных пород подразделяется на четыре свиты; снизу вверх это урюкская, басинская, кук-караукская и

зиганская свиты (рис. 1). Поздневендская (эдиакарская) фауна установлена достоверно в двух из этих свит – басинской и зиганской [Беккер, 1996], а также в аналогах ашинской серии в более северных районах – в бассейне р. Косьвы и на р. Койве [Вендская система, 1985], где дайки габбро-диабазов, рвущие низы сылвицкой серии имеют К-Аг возраст 590 ± 20 Ма. На Южном Урале терригенные обломки, входящие в состав кук-караукской свиты, показали весьма широкий спектр возрастов – от 412 до 690 млн. лет со средним значением 576 млн. лет [Willner et al., 2003; Голованова и др., 2011]. Распределение эдиакарской фауны по разрезу ашинской серии показало, что она в целом древнее разреза Подолии и может быть сопоставлена с редкинским горизонтом; аналоги котлинского горизонта на Южном Урале неизвестны [Вендская система, 1985; Соколов, 2011].

Палеомагнитное изучение ашинской серии началось еще в 1960-х гг., когда Р.А. Комиссаровой (ВНИГРИ) и Н.Ф. Данукаловым (УфаАНСССР) была отобрана из выходов горных пород вдоль рек Басу (54.2°N , 57.1°E), Зилим (53.5°N , 56.5°E) и ручья Кук-Караук (53.6°N , 56.6°E) представительная коллекция ориентированных образцов из свит серии (рис. 1). Ее изучение при существующем в те времена техническом уровне дало значимые палеомагнитные результаты для двух из четырех свит серии – кук-караукской и басинской [Комиссарова и др., 1963, 1967, 1981; Данукалов и др., 1982]. В результате временной чистки (в течение 30 дней) всех образцов, а также чистки переменным магнитным полем (до 48 кА/м) и термочистки (до 500°C) их десятой части были выделены две доскладчатые компоненты естественной остаточной намагниченности (J_n) – монополярная ($D=264^{\circ}$, $I=-18^{\circ}$, $K=15$, $\alpha=9^{\circ}$) и биполярная ($D=51^{\circ}$, $I=-32^{\circ}$, $K=9$; $\alpha=10^{\circ}$), отнесенные предположительно к ордовику (возраст ашинской серии в то время был неизвестен). Находки эдиакарской фауны в породах ашинской серии побудили вернуться к ее палеомагнитному изучению – уже на новом современном техническом и методическом уровне. Термомагнитный анализ установил многокомпонентность J_n пород и позволил определить направления этих компонент, имеющих различные спектры деблокирующих температур [Pisarevsky et al., 1999; Komissarova, Iosifidi, 2000]. Палеомагнитные полюсы для кук-караукской и басинской свит, соответствующие высокотемпературным компонентам, выделенным в породах этих свит, оказались близкими к палеомагнитным полюсам для поздневендских пород Зимнего берега Белого моря и Подолии [Popov et al., 2002; Iosifidi et al., 2005].

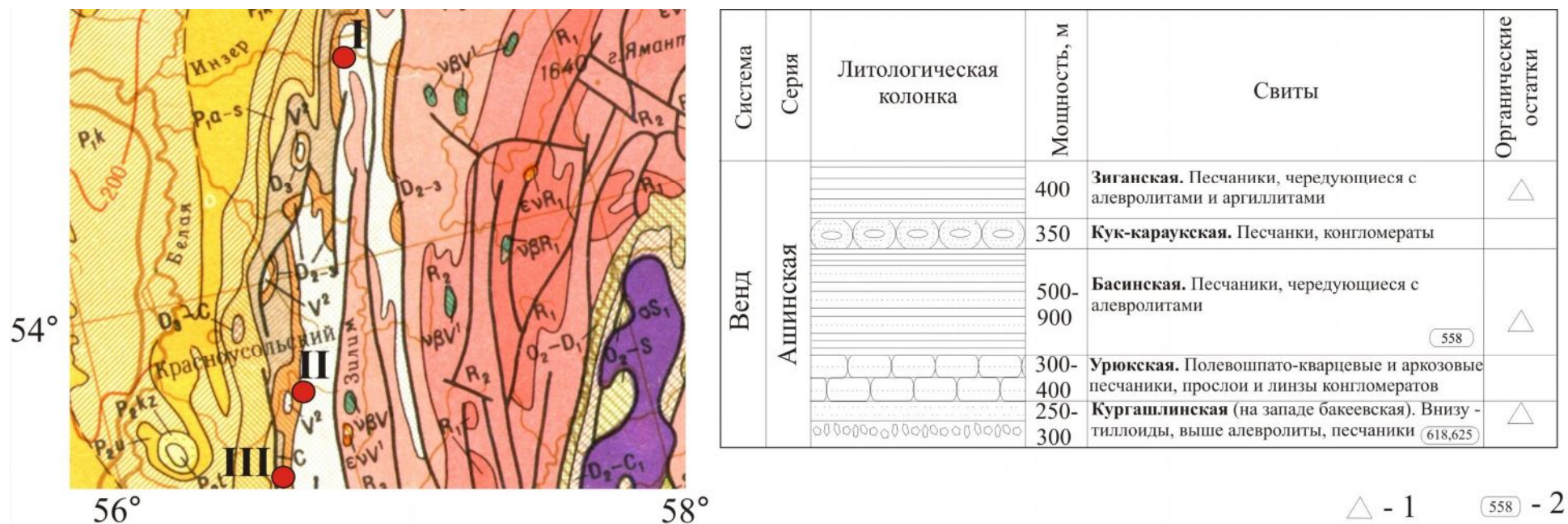


Рис. 1. Расположение изученных разрезов и стратиграфическая колонка венда Южного Урала

Разрезы: I – р. Басу (54.2°N, 57.1°E); II – р. Зилим (53.5°N, 56.5°E); III – ручей Кук-Караук (53.6°N, 56.6°E); 1- растительные микрофоссилии; 2 – радиометрические датировки по глаукониту.

К сожалению, в недавней работе по палеомагнетизму басинской свиты [Голованова и др., 2011] эти результаты были проигнорированы, а в методическом отношении был сделан шаг назад: представлена и обсуждена только одна компонента, доминирующая в одной из литологических разностей и, что вполне естественно, совпадающая с полученной при первом же изучении свиты 50 лет назад.

Ниже представлены первые результаты переизучения части большой (более 1000 точек отбора) коллекции образцов, отобранной Р.А. Комиссаровой и Н.Ф. Данукаловым. Около 50 ориентированных образцов басинской свиты и 70 - кук-караукской свиты из более чем 50 точек отбора прошли полный цикл ступенчатого терморазмагничивания – вплоть до 680°C.

Методика работ. Лабораторные палеомагнитные исследования и обработка полученных результатов проводились в лаборатории магнитостратиграфии и палеомагнитных реконструкций ФГУП «ВНИГРИ» по общепринятой методике [Палеомагнитология, 1982]. Магнитная чистка велась на установке ступенчатого терморазмагничивания TD-48 (США). Измерения естественной остаточной намагниченности J_n проводились на спинмагнитометре JR-4 (Agico, Чехия), а магнитной восприимчивости α на каппа-мостах KLY-2 и KLY-3 с термоприставкой CS-3 (Agico, Чехия). При компонентном анализе полученных данных использовались диаграммы Зийдервельда [Zijderveld, 1967], а направления компонент намагниченности оценивались с помощью метода наименьших квадратов [Kirschvink, 1980]. Все эти операции и представление их результатов в графической форме велись с использованием составленных ранее программ [Попов, 2007, 2008; Enkin, 1994; Chadima, Hroudá, 2006]. Направления характерных компонент J_n считались установленными, если они выделялись не менее чем по 3 точкам ортогональной проекции (диаграммы Зийдервельда) и имели погрешность не более 16°. По выделенным характерным компонентам естественной остаточной намагниченности вычислялись средние направления, используя статистику Фишера [Fisher, 1953]. При обработке данных статистика проводилась на уровне штучков.

Магнитные свойства. Естественная остаточная намагниченность J_n осадочных пород басинской свиты заключена в пределах от 69 до 169 мА/м, их магнитная восприимчивость α изменяется от 40 до 88×10^{-5} ед. СИ. У осадочных пород кук-караукской свиты значения J_n варьируют от 5 до 36 мА/м, а α находится в пределах от 2 до 20×10^{-5} ед. СИ.

Перед проведением терморазмагничивания образцов для определения магнитных минералов, являющихся основными носителями J_n , были изучены зависимости изменения магнитной восприимчивости от температуры в процессе нагрева и охлаждения $\alpha(T)$. На

рис. 2 показаны типичные примеры кривых изменения $\chi(T)$ в ходе нагрева до 700°C и последующего охлаждения до комнатной температуры. В большинстве изученных образцов кук-караукской и басинской свит фиксируются температуры 560-580°C, которые характерны для минералов титаномагнетитового ряда. В некоторых образцах кук-караукской свит выделяется интервал температур 250-350°C, что вероятно говорит о наличии в горных породах гидроокислов и сульфидов железа. Однако, по деблокирующим температурам J_n для всех изученных образцов басинской и кук-караукской свит основным ее носителем является гематит; в ходе терморазмагничивания удалось выделить две характерных компоненты, деблокирующие температуры которых находятся в интервалах 500-680°C и 620-680°C (рис. 3).

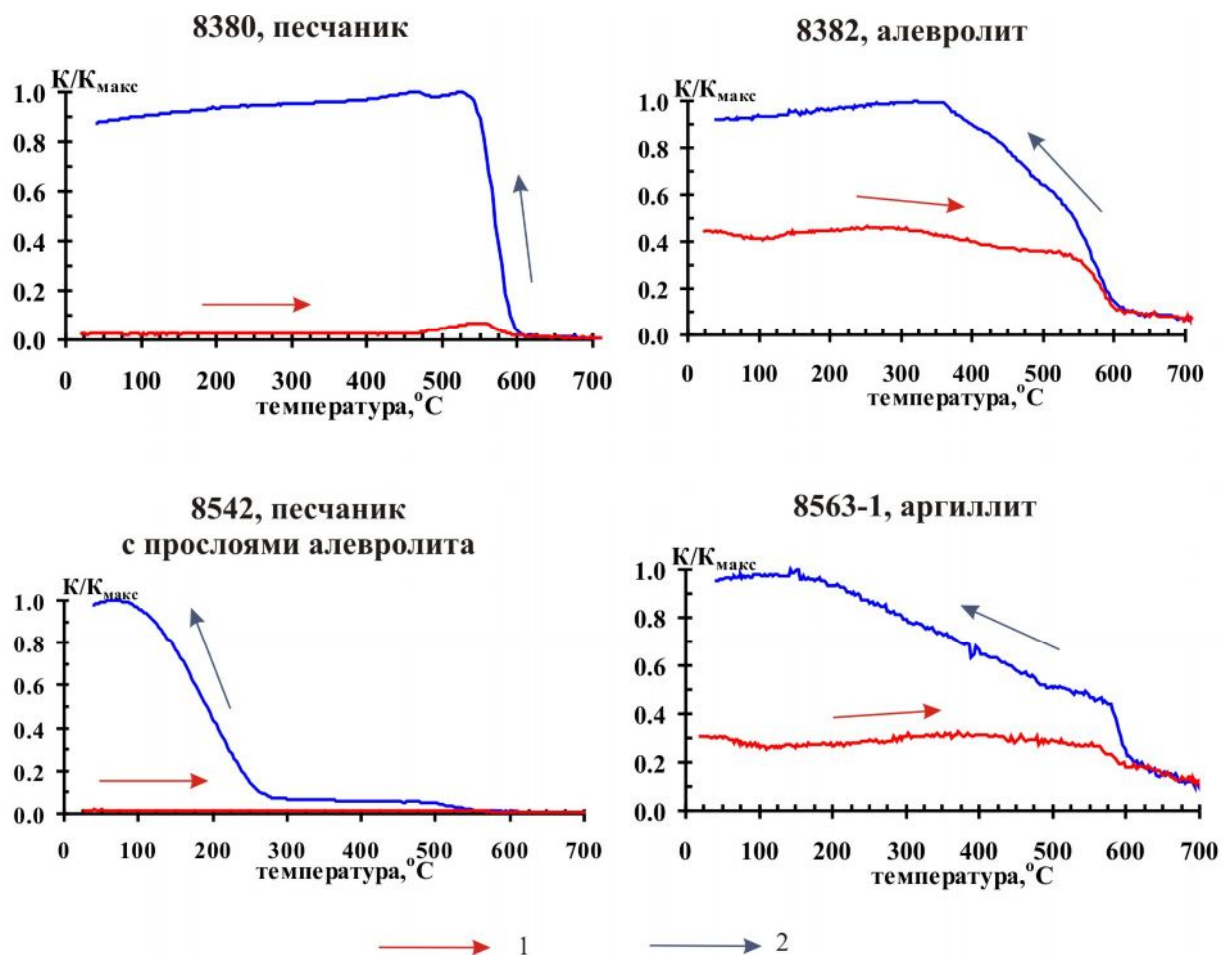


Рис. 2. Изменения магнитной восприимчивости изученных пород в ходе цикла нагрев-охлаждение

1 – нагрев; 2 – охлаждение.

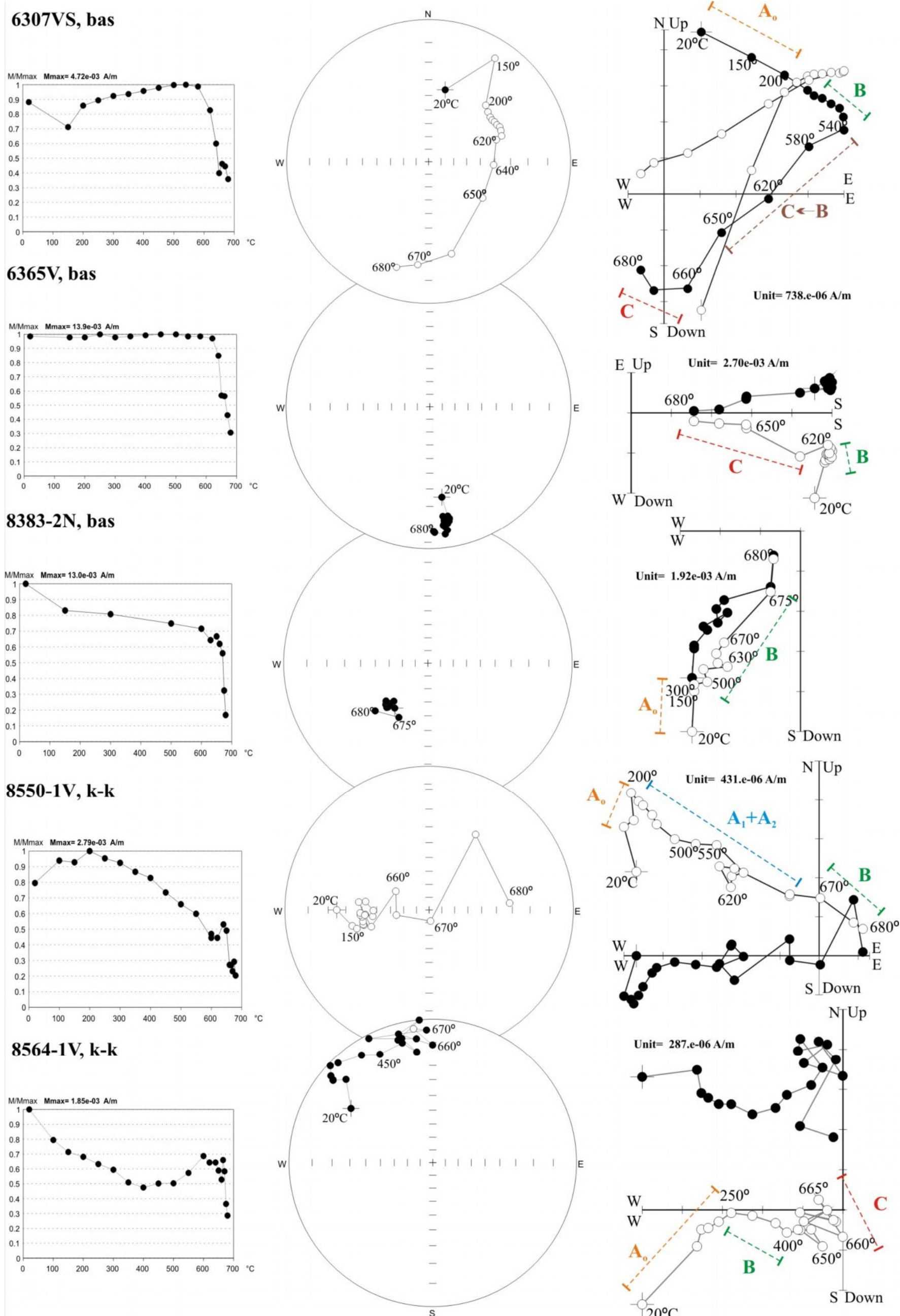


Рис. 3. Примеры терморазмагничивания изученных образцов горных пород (в стратиграфической системе координат)

Слева направо: кривые изменения величины I_n в ходе размагничивания; стереопроекция её направлений; диаграмма Зийдверельда. Пустые (залитые) кружки - проекции векторов на верхнюю (нижнюю) полусферу.

Компонентный анализ. Для всех изученных образцов басинской и кук-караукской свит было применено ступенчатое терморазмагничивание от 100°C с шагом 50-100°C до 600°C, затем с шагом 5-20°C до 680°C, в ходе которого в большинстве образцов выделяются от трех до четырех компонент J_n .

Басинская свита. Первая - низкотемпературная A_0 -компонента выделяется в диапазоне 100-300°C и имеет направление, близкое направлению современного геомагнитного поля. Распределение этой компоненты показано на рис. 4, а её направление в табл. 1 (строка 1). Тест складки для A_0 -компоненты в модификации Энкина [Enkin, 2003] неопределенный.

Вторая B -компонента - биполярная, выделяется в интервале температур 500-680°C, имеет как прямую, так и обратную полярность намагниченности (рис. 3). Векторы сконцентрированы в двух областях стереограммы: одна группа векторов (B^-) имеет среднее направление $D=238^\circ$, $I=35^\circ$, другая группа (B^+) - $D=56^\circ$, $I=-36^\circ$ (рис. 4; табл. 1, строка 2, 3, 4). Тест складки для компоненты (B^-) неопределенный ввиду малого числа образцов, а для компоненты (B^+) положителен, что говорит о ее доскладчатом происхождении. Тест обращения положительный, класс C [McFadden, McElhinny, 1990] (угол между направлениями $\gamma = 2^\circ$, при критическом $\gamma_{cr} = 14^\circ$). Средние направления компонент B прямой и обратной полярности составляют угол 178° , незначимо отличающийся от 180° , но значимо отличаются от направления современного поля, указывая на древность обеих компонент и близость времен их образования.

Третья - высокотемпературная биполярная C -компонента выделяется лишь у 5 образцов в интервале температур 620-680°C, приведенные к прямой полярности векторы распределены в одной области стереограммы и имеют среднее направление $D=159^\circ$, $I=-23^\circ$ (рис. 4; табл. 1, строка 5). Тесты складки и обращения для этой компоненты неопределенны, из-за малого количества образцов.

Кук-Караукская свита. Первая - низкотемпературная A_0 -компонента выделяется в диапазоне 100-300°C и имеет направление, близкое направлению современного геомагнитного поля. Распределение этой компоненты показано на рис. 4, а её направление в табл. 1 (строка 6). Тест складки для A_0 -компоненты в модификации Энкина [Enkin, 2003] неопределенный.

Вторая - B -компонента - биполярная, как и у пород басинской свиты выделяется в интервале температур 500-680°C. Векторы сконцентрированы в двух областях стереограммы: одна группа векторов (B_R) имеет среднее направление $D=234^\circ$, $I=39^\circ$, другая

группа (B_N) - $D=37^\circ$, $I=-42^\circ$ (рис. 4; табл. 1, строка 9, 10, 11). Тест складки для В-компоненты показал положительный результат, что свидетельствует о доскладчатом ее происхождении.

Третья - высокотемпературная биполярная С-компонента - выделяется в интервале температур $620-680^\circ\text{C}$, её векторы распределены в двух областях стереограммы и имеют средние направления $D=331^\circ$, $I=12^\circ$ и $D=153^\circ$, $I=-14^\circ$ (рис. 4; табл. 1, строка 12, 13, 14). Тест складки для этой компоненты положителен. Тест обращения положительный, класс С (угол между направлениями $\gamma = 5^\circ$, при критическом $\gamma_{cr} = 15^\circ$).

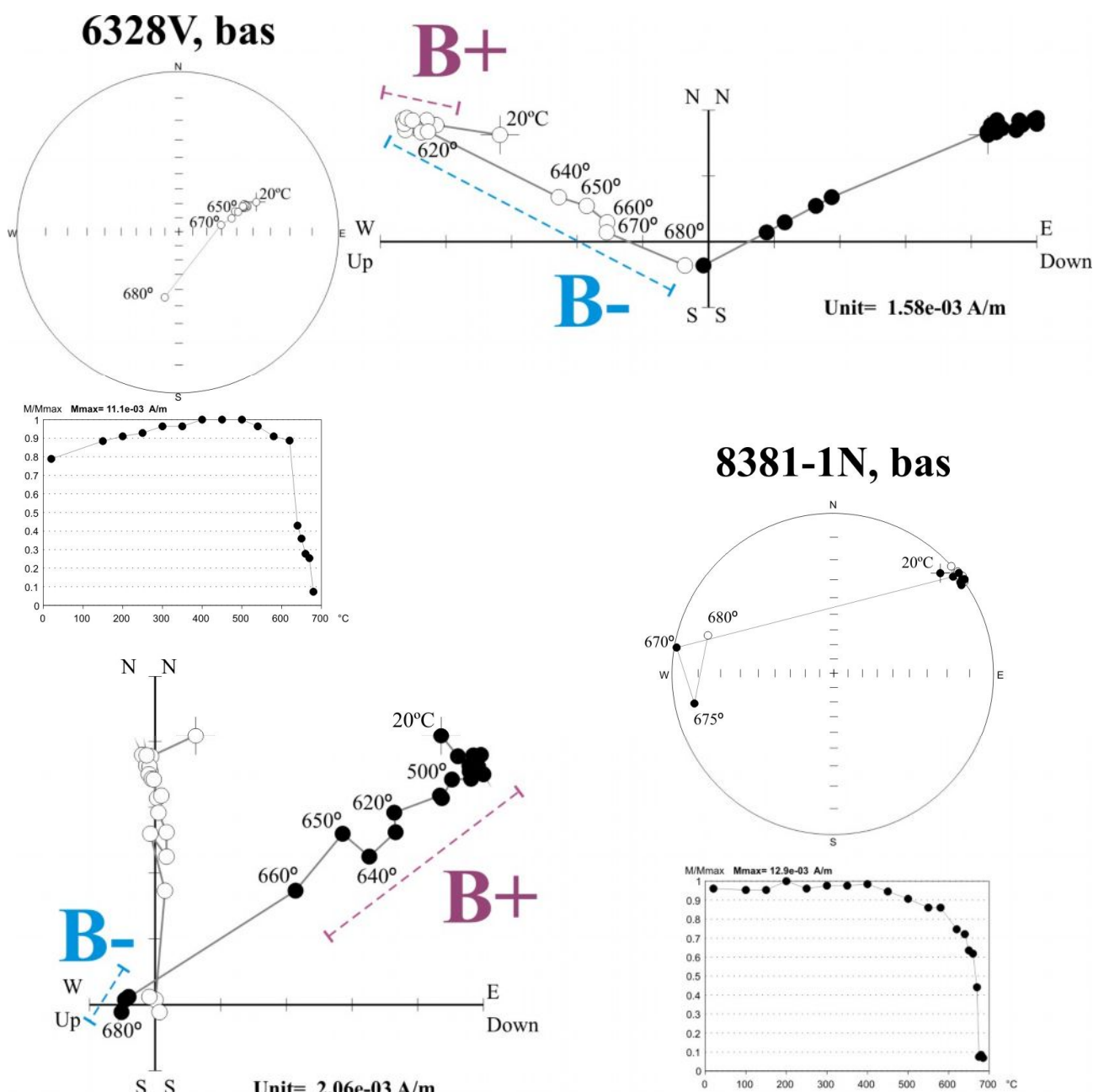


Рис. 3. Примеры терморазмагничивания образца (в стратиграфической системе координат), показывающий наличие обеих полярностей В-компоненты в одном и том же образце

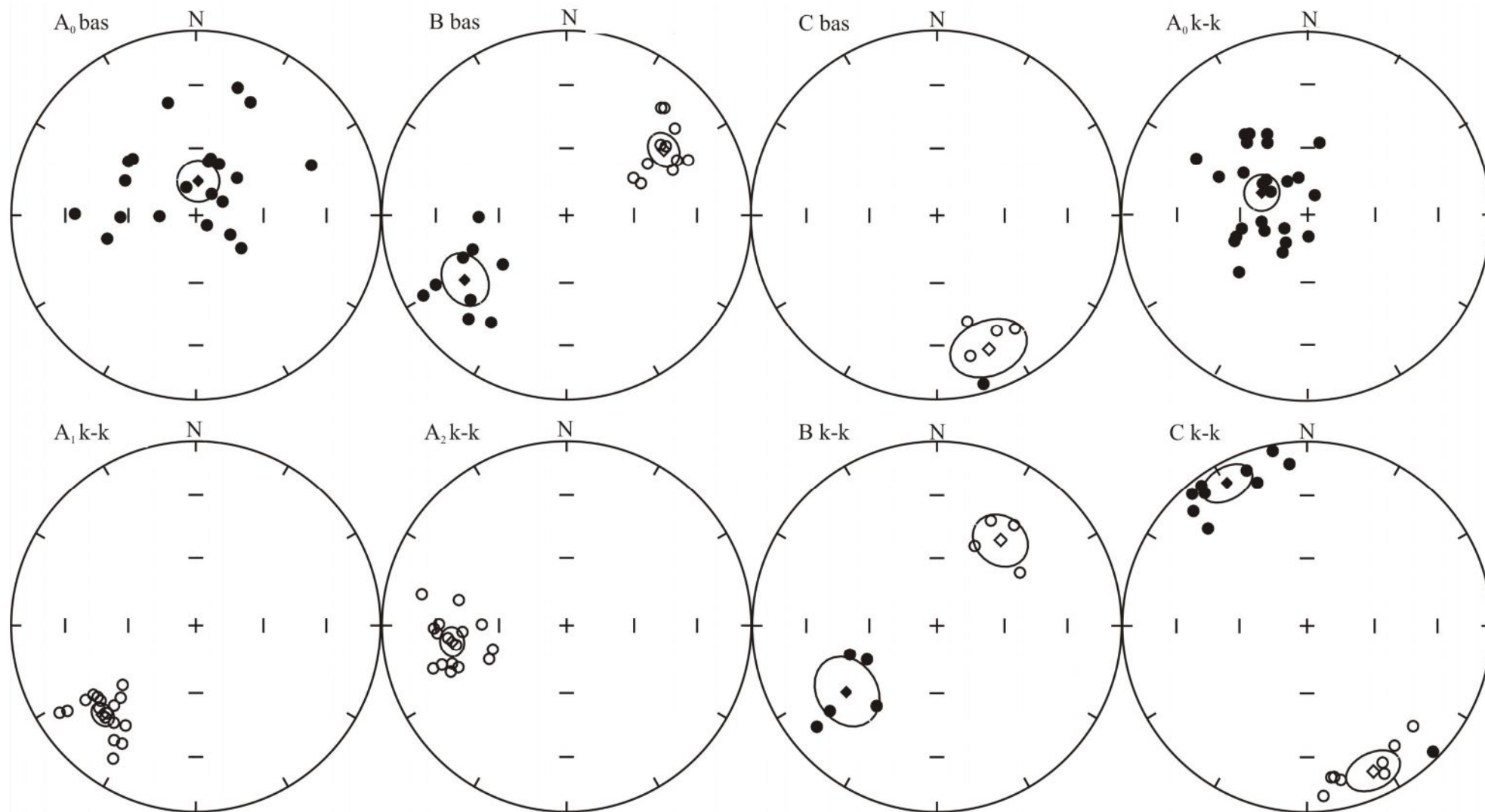


Рис. 4. Распределение средних направлений выделенных компонент I_n в географической (A_0) и стратиграфической (остальные компоненты) системах координат

Пустые (залитые) кружки - проекции векторов на верхнюю (нижнюю) полусферу.

Таблица 1

**Палеомагнитные направления и полюса для ашинской серии Южного Урала
(басинская и кук-караукская свиты)**

№	Компоненты J_n	N/n	с.к.	D°	I°	K	α_{95}°	$\Phi, ^\circ N$	$\Lambda, ^\circ E$	dp°	dm°	φ_m°	Тест
Басинская свита													
1	A ₀ (100-300°C)	29/44	g	4	75	8	10	81	70	17	18	62	F~
2	B+	11/22	g	39	-40	24	10						
			s	56	-36	34	8	2	186	5	9	-20	F+(1.2+-0.7)
3	B-	9/11	g	229	41	11	17						
			s	238	35	18	12	1	184	8	14	-19	F~
4	B(500-680°C)	20/33	g	43	-41	16	9						
			s	57	-36	26	7	2	185	5	8	-20	R+($\gamma=2^\circ, \gamma_{cr}=14^\circ$), C
5	C(620-680°C)	5/5 (2R,3N)	g	163	-30	18	18						
			s	159	-23	18	18	-45	87	10	19	-12	F~
Кук-караукская свита													
6	A ₀ (100-300°C)	28/45	g	296	68	13	9	52	350	13	15	51	F-(0.4+-05)
7	A ₁ (250-520°C)	17/19	g	223	-37	20	8						
			s	226	-31	48	5	39	174	3	6	17	F~
8	A ₂ (250-530°C)	16/20	g	263	-47	20	9						
			s	262	-37	35	6	21	140	4	7	21	F+(0.9+-0.4)
9	B _R	5/5	g	236	29	13	23						
			s	234	39	18	8	1	188	6	10	-22	F~
10	B _N	4/4	g	45	-32	37	15						
			s	37	-42	36	16	6	203	12	20	-24	F~
11	B(645-675°C)	9/9	g	51	-30	19	12						
			s	46	-40	22	11	4	195	8	13	-23	F+(0.6+-0.6)
12	C _R	9/13	g	331	6	10	17						
			s	331	12	25	11	-37	94	6	11	-6	F+(1.2+-0.4)
13	C _N	9/10	g	152	-11	21	11						
			s	155	-15	22	11	-39	90	6	11	-8	F~
14	C(560-680°C)	18/23	g	152	-8	14	9						R+($\gamma=5^\circ, \gamma_{cr}=15^\circ$), C
			s	153	-14	24	7	-39	92	4	7	-7	R+,F+(1.0+-0.3)
	B (2+3+9+10)	4						3	190	A ₉₅ =8			
	C (5+12+13)	3						-40	91	A ₉₅ =5			

N - число штурфов; *n* - число образцов; с.к. – система координат (g-географическая, s-стратиграфическая); D°, I° - склонение и наклонение средних направлений компонент; K - кучность векторов; \square_{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; F+, F-, F~ - положительный, отрицательный, неопределённый результат теста складки соответственно, по Енкину [Enkin, 2003]; R+ - тест обращения положительный по [McFadden, McElhinny, 1990]; статистика на уровне образцов и штурфов.

В кук-караукской свите также выделяются две компоненты – A₁ и A₂ в интервале температур 250-530°C (рис. 4; табл. 1, строка 7, 8). Эти компоненты J_n имеет обратную полярность; группа векторов для A₁ дает юго-западное распределение (D=226°, I=-31°), а группа векторов для A₂ - западное (D=262°, I=-37°). В басинской свите таких направлений J_n

выделить не удалось. Тест складки для компоненты A_1 - неопределенный, для A_2 – положительный.

Обсуждение результатов. Положение исследованных разрезов ашинской серии к западу от зоны Главного Уральского надвига (разлома) дает возможность сравнить полученные по выделенным компонентам J_n положения палеомагнитных полюсов (табл. 2) с таковыми для Русской платформы и с полюсами, образующими последнюю версию их миграции для Восточно-Европейской плиты [Torsvik et al, 2005], и тем самым определить их возраст. Предварительно заметим, что там, где тест дал определенный результат, выделенные компоненты J_n (кроме A , с направлением, близким к направлению современного геомагнитного поля в районе отбора) являются доскладчатыми. Поскольку основная фаза герцинской складчатости на Урале приходится на середину перми [Пучков, 2000], то все выделенные компоненты J_n старше событий этого возраста. Как показывает таблица 2, возрасты компонент – следующие: A_1 : C_3 – P_1 , A_2 : D_3 – C_1 , B : O_3 – S_1 , C : V_2 (570 млн. лет). При этом палеомагнитные полюсы B и C –компонент располагаются в виде неширокой полосы, повторяя последовательность полюсов для Зимнего Берега Белого моря и Подолии, полученных в работах [Popov et al., 2002, Popov et al., 2005, Iosifidi et al., 2005]. Природу компонент J_n и характер связанных с их образованием процессов можно предположить, приняв модель термовязкого намагничивания и обратившись к известным схемам формирования структуры Урала [Пучков, 2000]. В доордовикское время, согласно известным глобальным реконструкциям [McCausland et al., 2002; Torsvik, Cocks, 2005; Диденко и др., 2001] восточный (в современных координатах) край Восточно-Европейской платформы был обращен к океану и здесь накапливались, по-видимому, в пределах задугового прогиба, осадки молассового типа. При дальнейшем их погружении при развитии геосинклинального процесса они попадали в зону повышенных температур, уничтоживших низкотемпературную часть их седиментационной и постседиментационной намагниченности посредством термовязкого процесса. Ее оставшаяся часть (небольшая) и есть C -компонента с узким спектром блокирующих температур. Находясь на больших глубинах, при температурах выше 160°C [Glasmacher et al., 2002] породы постепенно приобретали термовязкую намагниченность, деблокирующие температуры которой со временем повышались. При начале восходящих движений («инверсия» геосинклинали) породы выходили из зоны повышенных температур и возникшая намагниченность закреплялась (блокировалась). При подъеме первыми проходили рубеж блокирования более молодые породы, затем последовательно все более древние, фиксируя геомагнитную историю – в том

числе геомагнитные инверсии – в обратном хронологическом порядке и формируя биполярную J_n – компоненту **B**. Хронология эта нарушалась неизбежными различиями в составе магнитных носителей, о чем свидетельствует наличие обеих полярностей **B**-компоненты даже в одном образце (см. рис. 3а). Процесс блокирования термовязкой намагниченности при подъеме осадочной толщи занял, по-видимому, несколько миллионов лет, судя по различиям в координатах полюсов **B**-компоненты для разных частей ашинской серии в разных ее выходах. Процесс этот происходил в конце ордовика – начале силура, судя по датировке **B** – компоненты (табл. 2), т.е. в завершающей стадии формирования Палеоурала [Свяжина и др., 2003]. Следующая, в нисходящем порядке спектра деблокирующих температур оказывается J_n – компонента **A₂** (табл. 2) D₃–C₁ возраста. Ее возраст соответствует началу понижения температуры в осадочной толще Западного склона Урала со 150-160°C до 70-80°C. Эти температуры были определены, в том числе для пород ашинской серии, по методу *apatite fission track* (следов распада в апатитах) [Glasmacher et al., 2002]. Второй этап подъема толщи и опускания температуры уже до 60 °C, по данным той же работы, произошел уже в герцинское время (*fission track* даты для ашинской серии находятся в пределах 315-298 млн. лет). Таким образом, формирование **A₁**- и **A₂**-компонент J_n также можно связать с блокированием термовязкой намагниченности. Судя по указанным датам, это произошло в начале формирования складчато-надвиговой структуры западного склона Урала.

Выводы. Палеомагнитным изучением ашинской серии западного склона Урала прослежены и датированы главные этапы тектонического развития пояса, примыкающего с запада к Главному Уральскому надвигу. Это – образование моласс склона задугового бассейна – поздний венд (570 млн. лет), погружение накопленной толщи и начало поднятия – поздний ордовик – ранний силур (440 млн. лет), выход из зоны повышенных температур – в два приема – поздний девон – ранний карбон (360÷340 млн. лет) и поздний карбон – ранняя пермь (300÷280 млн. лет). За этим последовало образование складчато-надвиговой структуры пояса. Исследование палеомагнетизма пород ашинской серии должно быть продолжено; прежде всего, для повышения значимости (статистической и физической) результатов и проверки применимости механизма термовязкого намагничивания для их объяснения. Значительный интерес представит также изучение обратной магнитной зональности басинской свиты для оценки скорости поднятия толщи; более сложной проблемой выглядит построение магнитостратиграфической схемы (колонки) ашинской серии на основе наиболее древней, позднедевонской **C**-компоненты намагниченности.

Таблица 2

Положение южных палеомагнитных полюсов для пород ашинской серии Южного Урала и для Восточно-Европейской плиты (по T.N. Torsvik, J.R.M. Cocks, 2005)

Возраст, ±10 Ma	N*	Φ, °N	Λ, °E	A ₉₅ °	Φ, °N	Λ, °E	A ₉₅ °
	Восточно-Европейская платформа			Южный Урал			
250	35	-57	337	4			
260	26	-56	339	5			
270	28	-50	343	4			
280	57	-45	348	2			
290	67	-43	347	2			
300	36	-42	349	2			
310	20	-40	352	5	-39	354	4
320	10	-34	349	9			
330	8	-28	342	10			
340	5	-19	335	11	-21	320	5
350	1	-14	332				
360	1	-14	332				
390	5	-4	321	10			
400	7	-3	321	7			
410	11	-7	326	8			
420	16	-14	338	7			
430	11	-19	346	5			
440	1	-5	7		3	10	8
450	3	1	25	26			
460	3	7	39	16			
570					40	271	5

*N** - количество осредненных полюсов; *A*₉₅° - радиус круга доверия при 95% вероятности для среднего направления; Φ, °N, Λ, °E - широта и долгота палеомагнитного северного полюса.

Авторы с признательностью отмечают неоценимый вклад в проведенные исследования, который сделали безвременно ушедшие Р.А. Комиссарова и Н.Ф. Данукалов, оставившие «в наследство» нам богатую коллекцию образцов ашинской серии Южного Урала. Первичные палеомагнитные измерения всех образцов коллекции провела Р.А. Комиссарова; ей и С.А. Писаревскому удалось провести компонентный анализ намагниченности части коллекции образцов кук-караукской свиты, что послужило толчком к проведению наших работ.

Литература

Беккер Ю.Р. Открытие эдиакарской биоты в кровле венда Южного Урала // Региональная геология и металлогения. – 1996. - №56. - С. 111-131.

Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Стратиграфия и геологические процессы. / Под ред. Б.С. Соколова. - М.: Наука. - 1985. - Т.2. – 182 с.

Голованова И.В., Данукалов К.Н., Козлов В.И., Пучков В.Н., Павлов В.Э., Галле И., Левашиова Н.М., Сирота Г.С., Хайруллин Р.Р., Баженев М.Л. Палеомагнетизм верхневендской басинской свиты башкирского мегасинклиория: результаты повторного исследования // Физика Земли. - 2011. - №7. - С. 67-79.

Данукалов Н.Ф., Комиссарова Р.А., Михайлов П.Н. Палеомагнетизм рифея и венда Южного Урала // Стратотип рифея. Палеонтология. Палеомагнетизм. - М.: Наука. - 1982. - С. 121-161.

Диденко А.Н., Куренков С.А., Руженцев С.В., Симонов В.А., Лубнина Н.В., Кузнецов Н.Б., Аристов В.А., Борисенок Д.В. Тектоническая история Полярного Урала // Тр. ГИНРАН. - М.: Наука. - 2001. - Вып.531. - С. 191.

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.

Комиссарова Р.А. Палеомагнитной изучение ашинской свиты западного склона Южного Урала // Палеомагнитные стратиграфические исследования. - Труды ВНИГРИ. - 1963. - Вып. 204. - С. 69-82.

Комиссарова Р.А. Возраст ашинской серии по палеомагнитным данным // Палеомагнетизм. - Труды ВНИГРИ. - 1967. - Вып. 256. - С.126-131.

Комиссарова Р.А., Михайлов П.Н. Палеомагнетизм осадочных толщ рифея и венда западного склона Южного Урала // Палеомагнетизм и вопросы палеогеографии. - Труды ВНИГРИ. - 1981. - С. 35-45

Попов В.В. Пакет компьютерных программ для обработки палеомагнитных данных. 2007, 2008.- <http://paleomag.ifz.ru/soft.html>.

Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. - Уфа: ГИЛЕМ. – 2000. – 146 с.

Свяжина И.А., Пучков В.Н., Иванов К.С., Петров Г.А. Палеомагнетизм ордовика Урала. – Екатеринбург: УрОАН. - 2003. - С. 133.

Соколов Б.С. Палеонтология докембрия и акрохроны биосферной эволюции (к теории расширяющейся биосферы) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2011. - Т.20. - №2. - С. 3-12.

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

Chadima M., Jelinek V. Anisoft 42. – 2009. - www.agico.com.

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 and Planetary Science Letters. – 2003. - Vol. 212. - P. 151-166.

Fisher R.A. Dispersion on a sphere // Proceedings Royal Society London, Ser. A. – 1953. - №217. - P. 295-305.

Glasmacher U.A., Wagner G.A., Puchkov V.N. Thermotectonic evolution of the western fold – and – thrust belt, southern Urals, Russia, as revealed by apatite fission track data // Tectonophysics. - 2002. - Vol. 354. - Issue 1-2. - P. 25-48.

Iosifidi A.G., Khramov A.N., Bachtadse V. Multicomponent magnetization of the Vendian sedimentary sequences of Podolia, Ukraine // Russian journal of Earth Sciences. – 2005. - Vol. 7(2). - P.1-29.

Kirschvink J.L. The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data // Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society. - 1980. - V.62. - P. 699-718.

Komissarova R.A., Iosifidi A.G. Vendian sedimentary rocks of South Urals (Basinskaya Formation): palaeomagnetic data // Book of Abstracts of International Conference of Problems of Geocosmos (St. Petersburg, Russia). - 2000. - P. 76-77.

McCausland Ph.J.A., Vander Voo R., Hall Ch.M. Circum-lapetus palaeogeography of the Precambrian-Cambrian transition with a new paleomagnetic constraint from Laurentia // Precambrian Research. - 2007. - Vol. 156. - P. 125-152.

McFadden P.L., McElhinny M.W. Classification of reversal test in palaeomagnetism // Geophysical Journal International. - 1990. - Vol. 103. - P. 725-729.

Pisarevsky S.A., Komissarova R.A., Khramov A.N. A multicomponent magnetization of the Vendian red sediments from Southern Urals and the palaeoposition of the Baltica // Aarhus Geoscience. - 1999. - Vol. 8. - P. 95-98.

Popov V., Iosifidi A., Khramov A., Tait J., Bachtadze V. Paleomagnetism of Upper Vendian sediments from the Winter Coast, White Sea region, Russia: implications for the palaeogeography of the Baltica during Neoproterozoic times // Journal of Geophysical Research. - 2002. - Vol. 107. - B11. - P. 2315, doi 10.1029/2001jb001607.

Popov V., Khramov A., Bachtadze V. Paleomagnetism, magnetostratigraphy and petromagnetism of Upper Vendian sedimentary rocks in the sections of the Verhotina Hole, Winter coast of White Sea, Russia // Russian Journal of Earth Sciences. - 2005. - Vol. 7(2). - P. 1-29.

Torsvik T.H., Rehnstrom E.F. Cambrian palaeomagnetic data for Baltica: implications for true polar wander and Cambrian palaeogeography // Journal of the Geological Society. - 2001. - Vol. 158. - P. 321-329.

Torsvik T.N., Cocks J.R.M. Norway in space and time. A Centennial cavalcade // Norwegian Journal of geology. - 2005. - Vol. 85. - P. 73-86.

Willner A.F., Sindern S., Metzger R., Ermolaeva T., Kramm U., Puchkov V., Kronz A. Typology and single grain U/Pb ages of detrital zircons from Proterozoic sandstones in the SW Urals (Russia): early time markers at the eastern margin of the Baltica // Precambrian Research. - 2003. - Vol. 124. - P. 1-20.

Zijderveld J.D. Demagnetization of rocks: analysis of results // Methods in Palaeomagnetism. - Amsterdam: Elsevier. - 1967. - P. 254-286.

Iosifidi A.G., Mikhaylova V.A., Sal'naya N.V., Khramov A.N.

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

PALAEOMAGNETISM OF SEDIMENTARY ROCKS OF THE SOUTH URALIAN ASHA SERIES: NEW DATA

Collection of rock samples from the Kuk-Karauk and Basa Formations of the Upper Vendian Asha series on the Basu River, Zilim River and Kuk-Karauk Stream have been studied. Multicomponent structures of the studied rocks magnetization have been identified. Component ages have been estimated by comparison with the data for the East-European plate. The results allow us to trace and to date the main stages of the tectonic history of the belt placed along the western side of the Main Uralian thrust.

Key words: palaeomagnetism, tectonics, Vendian, Southern Ural.

References

- Bekker Yu.R. *Otkrytie ediakarskoy bioty v krovle venda Yuzhnogo Urala* [Discovery of the Ediacaran biota in the top Vendian of South Urals]. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, 1996, no. 5b, p. 111-131.
- Chadima M., Hroudá F. Remasoft 3.0 a user-friendly paleomagnetic data browser and analyzer. *Travaux Géophysiques*, 2006, vol. XXVII, p. 20-21.
- Chadima M., Jelinek V. Anisoft 42, 2009, available at: www.agico.com.
- Danukalov N.F., Komissarova R.A., Mikhaylov P.N. *Paleomagnetizm rifeya i venda Yuzhnogo Urala* [Paleomagnetism of the Riphean and Vendian of the Southern Urals]. *Stratotip rifeya. Paleontologiya. Paleomagnetizm*. Moscow: Nauka, 1982, p. 121-161.
- Didenko A.N., Kurenkov S.A., Ruzhentsev S.V., Simonov V.A., Lubnina N.V., Kuznetsov N.B., Aristov V.A., Borisenok D.V. *Tektonicheskaya istoriya Polyarnogo Urala* [Tectonic history of the Polar Urals]. *Trudy GINRAN*. Moscow: Nauka, 2001, vol. 531, p. 191.
- 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 and Planetary Science Letters*, 2003, vol. 212, p. 151-166.
- Fisher R.A. Dispersion on a sphere. *Proceedings Royal Society London, Ser. A*, 1953, no. 217, p. 295-305.
- Glasmacher U.A., Wagner G.A., Puchkov V.N. Thermotectonic evolution of the western fold – and – thrust belt, southern Urals, Russia, as revealed by apatite fission track data. *Tectonophysics*, 2002, vol. 354, issue 1-2, p. 25-48.
- Golovanova I.V., Danukalov K.N., Kozlov V.I., Puchkov V.N., Pavlov V.E., Galle I., Levashova N.M., Sirota G.S., Khayrullin R.R., Bazhenov M.L. *Paleomagnetizm verkhnevendenskoy basinskoy svity bashkirskogo megasinklinoriya: rezul'taty povtornogo issledovaniya* [Paleomagnetism of the Upper Vendian Basinski suite, Bashkirian mega synclinorium: results of re-examination]. *Fizika Zemli*, 2011, no. 7, p. 67-79.
- Iosifidi A.G., Khramov A.N. *K istorii razvitiya nadvigovykh struktur Pay-Khoya i Polyarnogo Urala: paleomagnetnye dannye po rannepermiskim i rannetriasovym otlozheniyam* [On the history of development of thrust structures of Pay-Khoy and the Polar Urals: paleomagnetic data on the 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.
- Iosifidi A.G., Khramov A.N., Bachtadse V. Multicomponent magnetization of the Vendian sedimentary sequences of Podolia, Ukraine. *Russian journal of Earth Sciences*, 2005, vol. 7(2), p. 1-29.
- Kirschvink J.L. The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 1980, vol. 62, p. 699-718.
- Komissarova R.A. *Paleomagnetnoye izuchenie ashinskoy svity zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala* [Paleomagnetic study of the Asha series of the west of the Southern Urals]. *Paleomagnetnye stratigraficheskie issledovaniya. Trudy VNIGRI*, 1963, vol. 204, p. 69-82.

Komissarova R.A. *Vozrast ashinskoy serii po paleomagnitnym dannym* [Age of Asha series on paleomagnetic data]. Paleomagnetizm. Trudy VNIGRI, 1967, vol. 256, p.126-131.

Komissarova R.A., Iosifidi A.G. Vendian sedimentary rocks of South Urals (Basinskaya Formation): palaeomagnetic data. Book of Abstracts of International Conference of Problems of Geocosmos (St. Petersburg, Russia), 2000, p. 76-77.

Komissarova R.A., Mikhaylov P.N. *Paleomagnetizm osadochnykh tolshch rifeya i venda zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala* [Paleomagnetism of sedimentary rocks of Riphean and Vendian of the western slope of the Southern Urals]. Paleomagnetizm i voprosy paleogeografii. Trudy VNIGRI, 1981, p. 35-45

McCausland Ph.J.A., Vander Voo R., Hall Ch.M. Circum-lapetus palaeogeography of the Precambrian-Cambrian transition with a new paleomagnetic constraint from Laurentia. Precambrian Research, 2007, vol. 156, p. 125-152.

McFadden P.L., McElhinny M.W. Classification of reversal test in palaeomagnetism. Geophysical Journal International, 1990, vol. 103, p. 725-729.

Pisarevsky S.A., Komissarova R.A., Khramov. A.N. A multicomponent magnetization of the Vendian red sediments from Southern Urals and the palaeoposition of the Baltica. Aarhus Geoscience, 1999, vol. 8, p. 95-98.

Popov V., Iosifidi A., Khramov A., Tait J., Bachtadze V. Paleomagnetism of Upper Vendian sediments from the Winter Coast, White Sea region, Russia: implications for the palaeogeography of the Baltica during Neoproterozoic times. Journal of Geophysical Research, 2002, vol. 107, B11, p. 2315, doi 10.1029/2001jb001607.

Popov V., Khramov A., Bachtadze V. Paleomagnetism, magnetostratigraphy and petromagnetism of Upper Vendian sedimentary rocks in the sections of the Verhotina Hole, Winter coast of White Sea, Russia. Russian Journal of Earth Sciences, 2005, vol. 7(2), p. 1-29.

Puchkov V.N. *Paleogeodinamika Yuzhnogo i Srednego Urala* [Paleogeodynamics of the Southern and Middle Urals]. Ufa: GILEM, 2000, 146 p.

Sokolov B.S. *Paleontologiya dokembriya i akrokrony biosfernoy evolyutsii (k teorii rasshiryayushchey biosfery)* [Paleontology of the Precambrian and acrochrones of biosphere evolution (on the theory of expanding biosphere)]. Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya, 2011, vol. 20, no. 2, p. 3-12.

Svyazhina I.A., Puchkov V.N., Ivanov K.S., Petrov G.A. *Paleomagnetizm ordovika Urala* [Paleomagnetism of the Ordovician of the Urals]. Ekaterinburg: UrOAN, 2003, p. 133.

Torsvik T.H., Rehnstrom E.F. Cambrian palaeomagnetic data for Baltica: implications for true polar wander and Cambrian palaeogeography. Journal of the Geological Society, 2001, vol. 158, p. 321-329.

Torsvik T.N., Cocks J.R.M. Norway in space and time. A Centennial cavalcade. Norwegian Journal of geology, 2005, vol. 85, p. 73-86.

Vendskaya sistema. Istoriko-geologicheskoe i paleontologicheskoe obosnovanie. Stratigrafiya i geologicheskie protsessy [Vendian system. Historical, geological and paleontological substantiation. Stratigraphy and geological processes]. Editor B.S. Sokolov. Moscow: Nauka, 1985, vol. 2, 182 p.

Willner A.F., Sindern S., Metzger R., Ermolaeva T., Kramm U., Puchkov V., Kronz A. Typology and single grain U/Pb ages of detrital zircons from Proterozoic sandstones in the SW Urals (Russia): early time markers at the eastern margin of the Baltica. Precambrian Research, 2003, vol. 124, p. 1-20.

Zijderveld J.D. Demagnetization of rocks: analysis of results. Methods in Palaeomagnetism. Amsterdam: Elsevier, 1967, p. 254-286.