

Палеомагнетизм траппов долин рек Подкаменная Тунгуска и Котуй: к вопросу о реальности послепалеозойских относительных перемеще- ний Сибирской и Восточно-Европейской платформ.

Р.В. Веселовский¹, И.Галле², В.Э. Павлов¹.

¹ Институт физики Земли РАН, Москва

² Парижский институт физики Земли (IPGP CNRS).

Введение.

Сибирские траппы несут в себе информацию (записанную в виде палеомагнитного сигнала) о положении Сибирского континента в конце палеозоя - начале мезозоя. В это время завершалось образование Пангеи, происходило объединение Лавруссии и Сибирского континента, продолжалось формирование Азии путем приращения к Сибирскому континенту Таримского, Северо-Китайского и других континентальных образований. Сравнение палеомагнитных данных, полученных по траппам Сибирской платформы, с аналогичными данными по другим блокам земной коры дает возможность восстановить их взаимное положение на границе палеозоя и мезозоя, пролить свет на историю их последующих перемещений.

Палеомагнитное изучение сибирских траппов началось практически сразу же после зарождения палеомагнитологии. Вероятно, ни по одному другому геологическому объекту Сибири не сделано столько палеомагнитных определений, как по пермо-триасовым траппам. Пик этих работ пришелся на конец 60-х – начало 70-х годов, когда были выполнены и опубликованы работы, посвященные палеомагнитному исследованию траппов Таймыра и Маймеча-Котуйского района [Гусев и др., 1967; Гусев, 1968], Норильского региона [Давыдов и Кравчинский, 1965; Линд, 1973], Нижней Тунгуски и Подкаменной Тунгуски [Давыдов и Кравчинский, 1971], юга и запада Сибирской платформы [Давыдов, 1964; Файнберг и Линд, 1965; Файнберг и Дашкевич, 1960; Файнберг, 1960; Гусев и др., 1967] и др.

В те годы, однако, при обработке коллекций не использовались те способы и методические приемы, которые в настоящее время рассматриваются как обязательные: массовые чистки коллекций, полное и подробное размагничивание образцов, использование РС-анализа [Kirschvink, 1980] при выделении компонент намагниченности и др.

Методическая и аппаратная революция, прошедшая в палеомагнитологии в 80 – 90-х годах, поставила на повестку дня вопрос об уточнении, обосновании и частичном пересмотре результатов, полученных ранее.

К настоящему времени по большинству континентальных блоков, определяющих современную тектоническую структуру Азии, накоплен большой объем современных палеомагнитных данных. Для правильной интерпретации этих данных, имеющих большое значение для понимания тектонической эволюции всего Евразийского континента, исключительно важно получить надежный, опирающийся на современную методическую и аппаратную базу, пермо-триасовый палеомагнитный полюс Сибири.

Именно высокоточное, отвечающее современным палеомагнитным критериям надежности определение положения пермо-триасового палеомагнитного полюса Сибирской платформы является основной задачей проводимых нами исследований.

Настоящее исследование является третьим в серии наших работ, посвященных созданию современной палеомагнитной базы данных по пермо-триасовым субвулканическим телам и, отчасти, потокам, выходящих на поверхность в пределах Тунгусской синеклизы и ее обрамления. В этой статье представлены результаты палеомагнитных исследований траппов долины нижнего течения р.Котуй (западное

Прианабарье), а также траппов и перемагниченных ими осадочных пород южного и юго-западного бортов Тунгуской синеклизы, опробованных нами в долинах притоков р.Подкаменная Тунгуска – рек Б.Нирунда и Столбовая.

Ранее нами были представлены результаты исследований траппов долины реки Мойеро (южное Прианабарье) [Каменщиков и др., 1996] и западной части Норильского района [Павлов и др., 2001]. В 2002 г. опубликована статья Кравчинского с соавторами с аналогичными данными по объектам восточной периферии области распространения Сибирских траппов [Kravchinsky et al., 2002]. Готовится к печати статья [Gurevich et al., (in press)], в которой будут представлены результаты детальных исследований трапповой вулканогенно-осадочной толщи, слагающей плато Путорана. Синтез этих данных позволит с высокой точностью рассчитать положение пермо-триасового палеомагнитного полюса Сибирской платформы, определить положение Сибири в системе палеогеографических и палеотектонических реконструкций на границе палеозоя и мезозоя, получить новую информацию, необходимую для восстановления истории формирования Евразийского континента.

Объект исследований.

В течение полевого сезона 2000 г. нами было опробовано 9 трапповых силлов и потоков, выходящих на поверхность в долине нижнего течения р.Котуй на протяжении около 50 км (рис. 1г). Как и большинство других трапповых образований Сибирской платформы, изученные тела сложены породами основного состава – базальтами, габбро-диабазами, долеритами. Первичное залегание изученных тел местами нарушено в результате вертикальных блоковых движений, происходивших в регионе после внедрения траппов. Элементы залегания тел определялись по слоистости вмещающих пород, а в случае потоков замерялись по их поверхности. В последнем случае точность определения элементов залегания, в силу заметной неровности поверхности потоков, по нашей оценке вряд ли была лучше 8-12°. Принимая во внимание низкое качество палеомагнитного сигнала в этих потоках, а также очевидное несистематическое отличие в древней и современной системах координат соответствующих средних палеомагнитных направлений от палеомагнитных направлений тел, залегающих горизонтально, было принято решение исключить их из дальнейшего палеомагнитного анализа.

Летом 2001 г. в долинах правых притоков р.Подкаменная Тунгуска – рек Б.Нирунда и Столбовая – нами выполнялись магнитостратиграфические исследования опорных разрезов среднего и верхнего ордовика, сложенных преимущественно зеленовато-серыми карбонат-глинистыми породами. Положение изученных обнажений показано на рис. 1 (б, в). Образцы для этих исследований отбирались с шагом 0.5-1 м снизу вверх по разрезу. Одновременно для оценки влияния потенциальных источников перемагничивания на первичный палеомагнитный сигнал в ордовикских породах нами были изучены крупные (несколько километров в диаметре) гипабиссальные долеритовые интрузии, выходящие на поверхность в приустьевых частях этих рек. Нирундинская интрузия была опробована нами в одной точке, интрузия реки Б.Столбовая – в четырех точках, разнесенных на расстояние несколько сот метров друг от друга. В каждой точке отбиралось 8-12 ориентированных образцов. Лабораторные исследования осадочных пород, слагающих ордовикский разрез рек Б.Нирунда и Столбовая, показали, что все они практически полностью перемагничены траппами. Выделенная в них трапповая компонента намагниченности была использована нами впоследствии для расчета средних пермо-триасовых палеомагнитных направлений. Осадочные породы долины р.Столбовая залегают практически горизонтально. Осадочные породы долины р.Б.Нирунда, при общем региональном субгоризонтальном залегании пород, в изученных обнажениях слегка дислоцированы: отмечается пологое (до 10-12°) падение слоев в разных направлениях. Силурийские и раннедевонские

породы согласно залегают на нижележащих горизонтах ордовика, более молодые породы (за исключением позднекайнозойских) на территории региона отсутствуют. Таким образом, исходя из имеющихся данных, время складчатости пород долины р.Нирунды можно определить не точнее чем послераннедевонское.

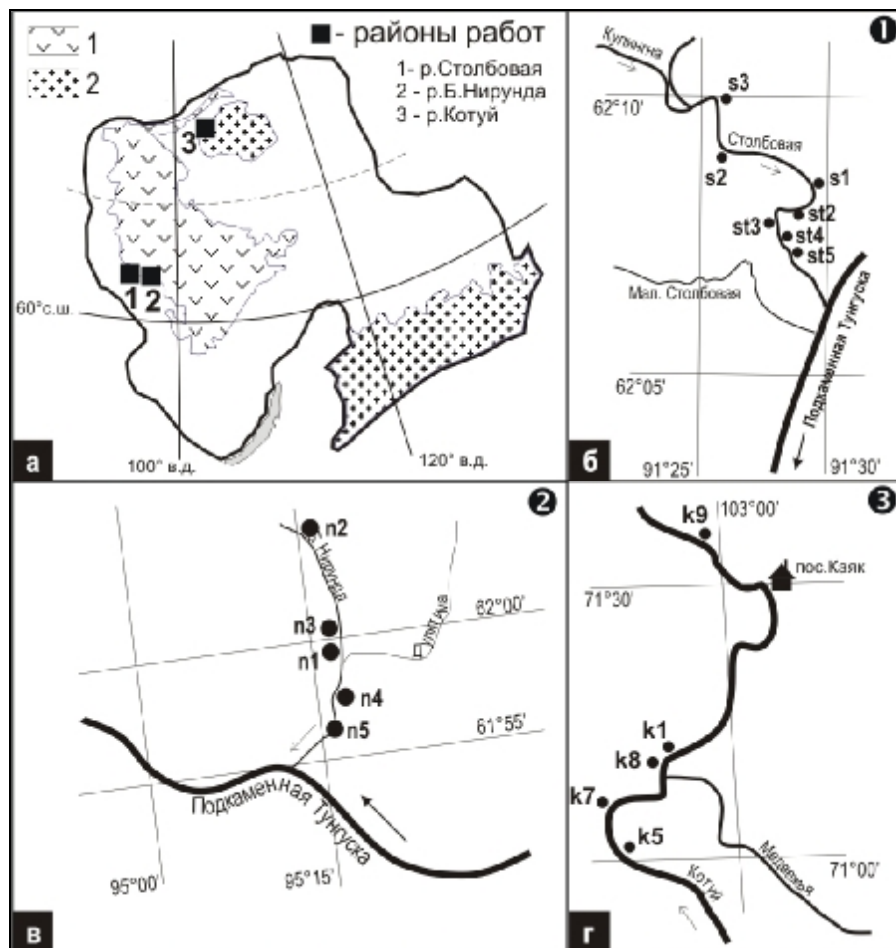


Рис.1

Географическое положение районов работ (а) и опробованных объектов (б,в,г) – магматических тел и обнажений. 1 – основной район распространения пород пермо-триасовой трапповой формации Сибирской платформы; 2 – основные выходы архейского и раннепротерозойского фундамента Сибирской платформы.

Палеомагнитный анализ.

Методика.

Лабораторные палеомагнитные исследования и первичная обработка результатов выполнялись в Палеомагнитных лабораториях Института физики Земли РАН (г. Москва) и Парижского института физики Земли в соответствии со стандартной методикой [Zijderveld, 1967; Храмов, 1982; Шипунов, 1999; Collinson, 1980; Kirschvink, 1980, McFadden, 1988; McFadden and McElhinny, 1990; Enkin, 1994; Torsvik et al., 1990]

Все образцы были подвергнуты детальной температурной чистке, которая в большинстве случаев выполнялась до температур 580-600°C. Число шагов чистки обычно составляло не менее 10-11, в ряде случаев детальность чистки ещё более увеличивалась. Для размагничивания образцов использовались специальные немагнитные печи с величиной нескомпенсированного поля не более 5-10 нТ. Измерения остаточной намагниченности производились на криогенном магнитометре фирмы 2G Enterprises и спин-магнитометре JR-4. Измерения намагниченности выполнялись в пространстве, экранированном от внешнего магнитного поля. Обработка измерений выполнялась при

помощи пакета программ Энкина [Enkin, 1994], использующего при выделении компонент намагниченности метод PCA [Kirschvink, 1980].

Выделение компонент намагниченности.

Котуй.

В целом качество палеомагнитной записи в изученных трапповых телах долины нижнего течения реки Котуй следует оценить как посредственное. Значительная часть образцов в процессе температурной чистки дает очень шумный либо хаотически изменяющийся сигнал, не позволяющий выделить присутствующие компоненты намагниченности и рассчитать их направление. По счастливому совпадению вышесказанное в первую очередь относится к тем телам, залегание которых нам не удалось определить с достаточной уверенностью (см. выше). Это дало нам основание исключить данные по этим объектам из дальнейшего рассмотрения.

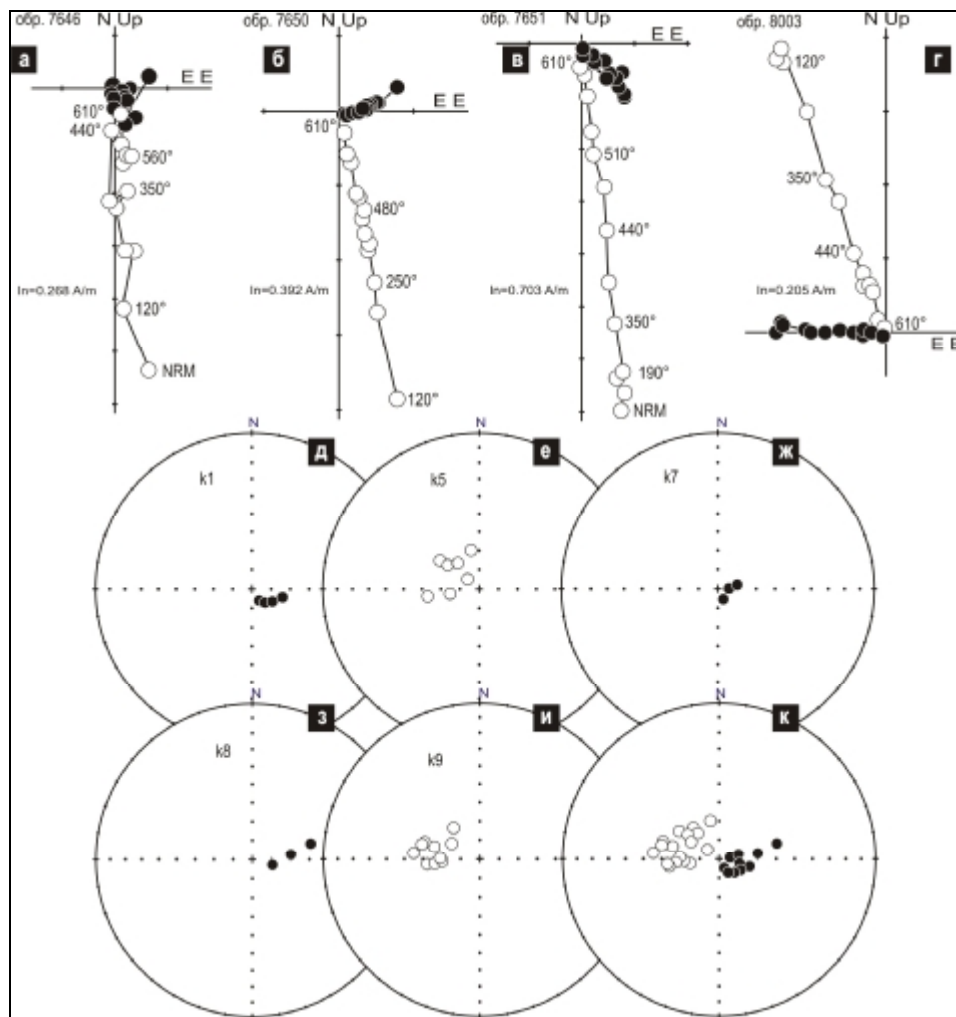


Рис.2

Объекты, изученные в долине р.Котуй. Диаграммы Зийдervельда (а, б, в, г) демонстрируют характер изменения естественной остаточной намагниченности образцов в процессе температурной магнитной чистки.

Стереогаммы (д, е, ж, з, и) показывают распределение векторов характеристической намагниченности в изученных объектах.

Стереогамма (к) демонстрирует совокупное распределение векторов характеристической компоненты в изученных объектах.

Залитые кружки на диаграммах Зийдervельда (на стереогаммах) обозначают проекции векторов на горизонтальную плоскость (нижнюю полусферу), открытые кружки – проекции векторов на вертикальную плоскость (верхнюю полусферу).

Оставшиеся пять тел демонстрируют присутствие характеристической компоненты намагниченности прямой (объекты к1, к7, к8) и обратной (объекты к5 и к9) полярности. Эта компонента присутствует в образцах как наиболее стабильная (часто единственная) компонента, разрушающаяся в интервале температур 300-600°C (рис. 2а-г). Иногда заметно присутствие низкотемпературной компоненты, разрушающейся к 200-400°C и являющейся, вероятно, наложением природной современной и лабораторной вязкой компонент намагниченности. Наличие векторов прямой и обратной полярности дает возможность выполнить тест обращения. К сожалению, из-за ограниченного числа объектов мы не можем выполнить этот тест на уровне их средних, однако близкий по смыслу результат мы можем получить при сравнении распределений индивидуальных векторов прямой и обратной полярности. Распределение этих векторов, полученных по 5 объектам, показано на рис. 2 (к). Несмотря на то, что овалы доверия средних ($D=296.2^\circ$; $I=-69.0^\circ$; $N=17$; $K=53.3$; $\alpha_{95}=4.9^\circ$ и $D=105.7^\circ$; $I=78.2^\circ$; $N=10$; $K=69.5$; $\alpha_{95}=5.8^\circ$) после приведения их к одной полярности перекрываются, тест Макфаддена-Макэлхинни [McFadden, McElhinny, 1990] указывает на то, что полученные направления статистически (на 95%-ом уровне значимости) различаются. Угол между этими направлениями – 9.6° , тогда как соответствующее критическое значение составляет 7.6° . Тем не менее, средние направления прямой и обратной полярности близки к антиподальности, а отрицательный результат теста обращения наиболее естественно объяснить неполным удалением в процессе чистки современной компоненты намагниченности. Поскольку отличие средних направлений после приведения к одной полярности невелико, следует ожидать, что среднее направление, полученное при осреднении данных по объектам, намагниченным прямо и обратно, не будет отличаться от истинного более чем на $1-3^\circ$.

Столбовая.

Магматическое тело.

В ходе температурной магнитной чистки образцы демонстрируют присутствие четкого палеомагнитного сигнала, образованного наложением двух (рис. 3в), трех (рис. 3а, 3б, 3г) или четырех компонент намагниченности (рис. 3д, 3е). Первая, наименее стабильная компонента, разрушается при прогреве до 200-250°C или раньше и представляет собой комбинацию природной современной и лабораторной вязкой компонент намагниченности. Об этом свидетельствует вид распределения векторов, соответствующих этой компоненте на стереограмме. Это распределение характеризуется большим разбросом векторов со средним направлением, лежащим вблизи направления современного дипольного поля ($D=25.9^\circ$; $I=76.7^\circ$; $K=14.9$; $\alpha_{95}=7.3$; $N=28$). В ряде образцов присутствие этой компоненты практически незаметно, и тогда двухкомпонентные диаграммы Зийдервельда вырождаются в однокомпонентные.

Вторая, среднетемпературная компонента (МТС), может иметь в разных образцах как прямую (рис. 3г), так и обратную полярность (рис. 3а, 3б, 3д, 3е). Эта компонента намагниченности разрушается в интервале температур 300-450°C, однако, в ряде образцов из обнажения st5 она прослеживается на диаграммах Зийдервельда в виде малой петли, отвечающей температурам 150-300°C.

Третья, высокотемпературная компонента (НТС1), также может иметь либо прямую (рис. 3а, 3б, 3д, 3е), либо обратную полярность (рис. 3г). Соответствующий ей интервал разблокирующих температур – 450-580°C.

И, наконец, в ряде образцов мы наблюдаем следы четвертой, также высокотемпературной компоненты – НТС2 (рис. 3д, 3е). Эта компонента имеет обратную полярность и разрушается в области температур 540-580°C.

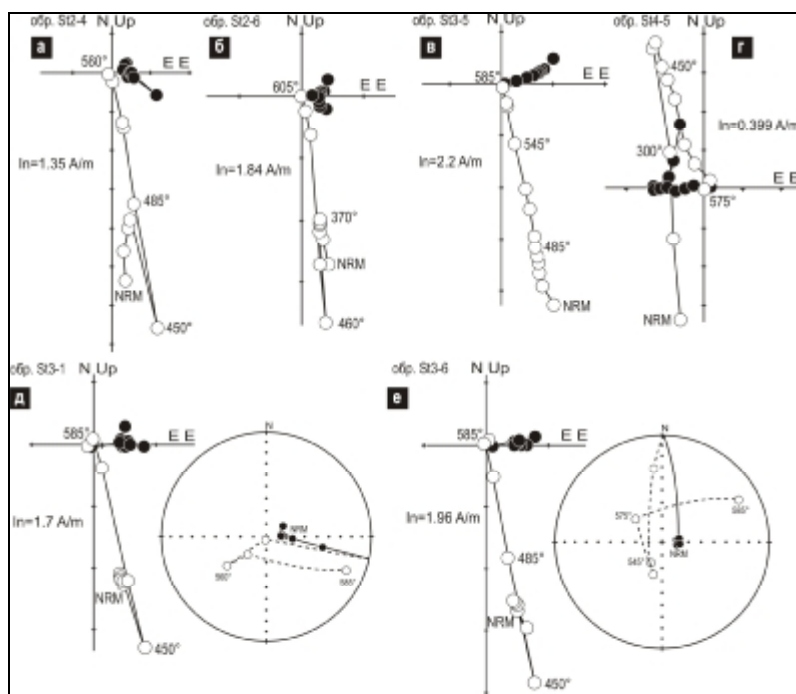


Рис.3

Трапповое тело в устье р.Б.Столбовая. Диаграммы Зийдervельда и стереограммы демонстрируют характер изменения естественной остаточной намагниченности образцов в процессе температурной магнитной очистки.

Обозначения см. рис. 2.

При рассмотрении диаграмм Зийдervельда возникает впечатление о близости направлений всех выделенных компонент (помимо низкотемпературной). Это впечатление подкрепляется сравнением средних направлений, рассчитанных для каждой из этих компонент (рис. 4е). Такая близость указывает на то, что рассматриваемые компоненты имеют практически один и тот же возраст. Этот вывод подтверждается сравнением средних направлений векторов прямой и обратной полярности (рис. 4д), полученных при расчете всех стабильных компонент ($D=102.2^\circ$; $I=81.8^\circ$; $K=343.1$; $\alpha_{95}=5.0$; $N=4$ и $D=280.7^\circ$; $I=74.4^\circ$; $K=143.8$; $\alpha_{95}=7.7$; $N=4$). После приведения к одной полярности различие этих средних становится статистически незначимым ($\gamma/\gamma_c = 7.4^\circ/8.0^\circ$). При расчете средних направлений для изученных объектов использовались наиболее стабильные компоненты намагниченности (см. обсуждение ниже).

Осадочные породы.

За исключением красноцветных пород киренско-кудринского горизонта, несущих следы присутствия ордовикской компоненты намагниченности, все остальные изученные осадочные породы разреза р.Столбовая либо несут нерегулярный или хаотический сигнал, либо полностью перемагничены. В последнем случае ЕОН пород образована, как правило, двумя компонентами намагниченности – менее стабильной современной и более стабильной – характеристической (рис. 4ж). Менее стабильная компонента разрушается к $250-340^\circ\text{C}$, максимальные разблокирующие температуры характеристической компоненты обычно лежат в области $500-530^\circ\text{C}$, однако в отдельных случаях могут приближаться к T_c магнетита и гематита. Среднее направление характеристической компоненты близко к палеомагнитным направлениям, полученным по трапповым телам (см. табл. 1) и совершенно непохоже на ожидаемое ордовикское направление [Pavlov, Gallet, 1998; Smethurst, 1998], что практически однозначно указывает на то, что регистрируемая характеристическая компонента образовалась во время внедрения траппов. Интересно отметить, что в обнажении s1,

наиболее близком к изученному в долине р.Столбовой трапловому телу, можно наблюдать присутствие двух стабильных компонент близких по направлению, но имеющих разную полярность (рис. 4з).

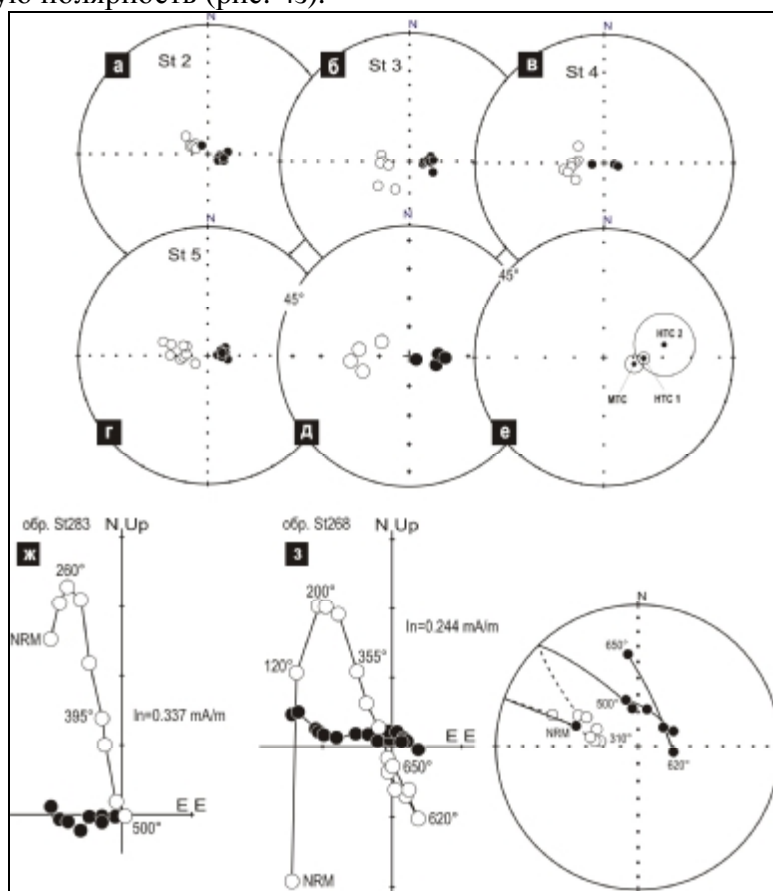


Рис.4

Трапловое тело в устье р.Б.Столбовая. А, б, в, г – стереограммы демонстрирующие характер распределения векторов характеристической компоненты в изученных точках отбора; д – распределение компонент намагниченности (высоко- и среднетемпературных), рассчитанных отдельно для каждой точки отбора; е – сравнение средних направлений компонент МТС, НТС1 и НТС2 (осреднение выполнено по всему изученному трапловому телу). Ж, з – диаграммы Зийдervельда и стереограмма, демонстрирующие характер изменения естественной остаточной намагниченности образцов в процессе температурной магнитной чистки осадочных пород долины р.Б.Столбовая. Обозначения см. рис. 2.

Б.Нирунда

Магматическое тело.

Естественная остаточная намагниченность изученных образцов включает две компоненты (рис. 5а). Первая компонента имеет направление близкое к направлению современного поля и разрушается в температурном интервале 100-250°C, вторая – характеристическая компонента – имеет обратную полярность и максимальные разблокирующие температуры в области T_c магнетита. Векторы, соответствующие этой компоненте, тесно группируются на стереограмме в области высоких наклонений (рис. 5з).

Осадочные породы.

ЕОН осадочных пород, опробованных нами в долине р.Б.Нирунда, в процессе температурной магнитной чистки ведет себя подобно ЕОН осадочных пород разреза р.Столбовая. Большинство изученных образцов демонстрирует присутствие двух компонент намагниченности – низкотемпературной современной и характеристической, имеющей высокое отрицательное наклонение и разрушающейся в

области 500-550°C (рис. 5б, 6г). В красноцветных образцах характеристическая компонента имеет тоже направление, что и в неокрасноцветных, однако спектр ее разблокирующих температур простирается до 650°C (рис. 5в). ЕОН части образцов изменяется в процессе чистки нерегулярно или хаотически. Распределение рассчитанных для объектов р.Б.Нирунда направлений показано на рис. 5 (д-з) и отражено в табл. 1

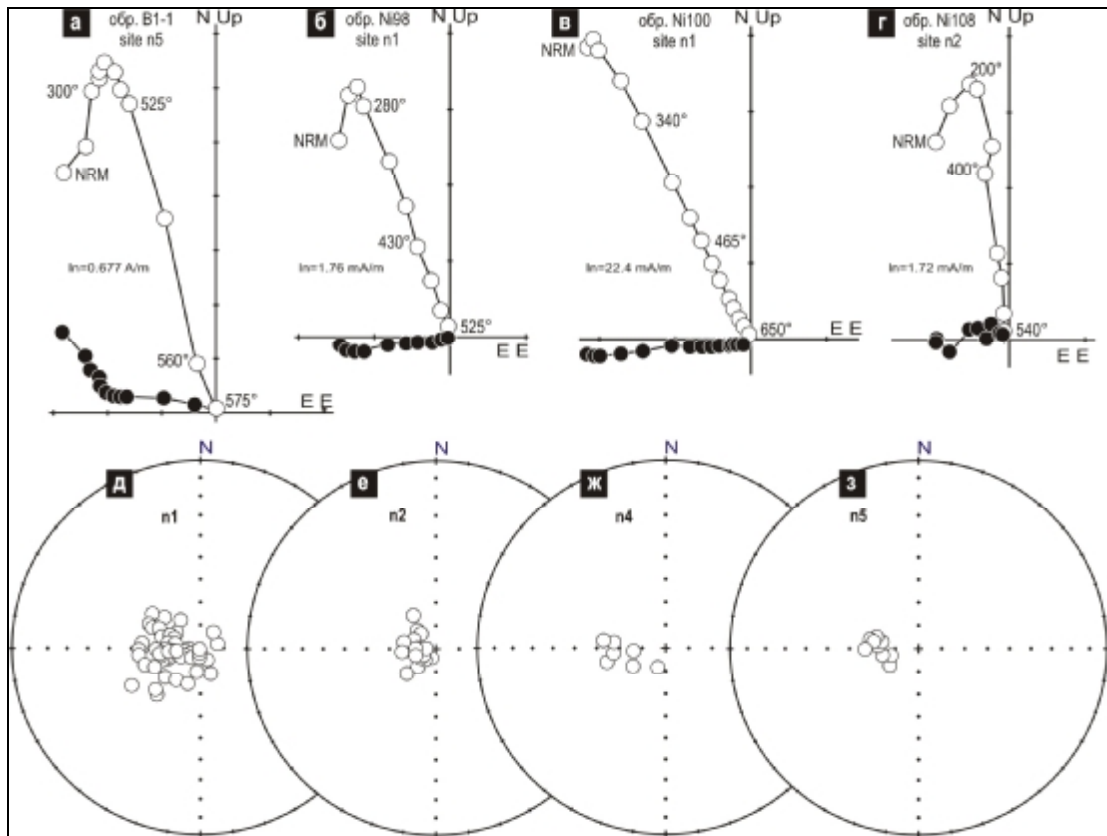


Рис.5

Объекты, изученные в долине р.Б.Нирунда. Диаграммы Зийдervельда демонстрируют характер изменения естественной остаточной намагниченности в процессе температурной магнитной чистки образцов траппового тела (а) и осадочных пород (б, в, г). Стереогаммы показывают распределение векторов характеристической намагниченности в изученных обнажениях осадочных пород (д, е, ж) и в трапповом теле (з). Обозначения см. рис. 2.

Таблица 1. Палеомагнитные направления

Номер точки отбора	N	Географическая система координат				Стратиграфическая система координат			
		D	I	K	α_{95}	D	I	K	α_{95}
<i>р. Большая Нирунда (осадочные породы, перемагничивающая компонента):</i>									
n1	61	276.0	-73.7	29.5	3.4	262.2	-77.9	55.0	2.5
n2	17	271.4	-63.9	90.4	3.8	260.7	-83.4	80.1	4.0
n4	9	257.1	-43.6	73.0	6.1	261.4	-70.0	81.9	5.7
Среднее:	3	265.1	-60.7	25.4	25.0	261.5	-77.1	144.8	10.3
<i>р. Большая Нирунда (магматическое тело):</i>									
n5	9	271.5	-72.6	225.2	3.4	271.5	-72.6	225.2	3.4
Среднее по р.Б.Нирунда (осадочные породы+магматическое тело)	4	266.2	-63.7	31.2	16.6	264.6	-76.0	177.7	6.9
<i>р. Столбовая (осадочные породы, перемагничивающая компонента):</i>									
s1	6	267.3	-70.5	215.9	4.6	267.3	-70.5	215.9	4.6
s2	6	247.4	-70.7	97.5	6.8	247.4	-70.7	97.5	6.8
s3	30	245.8	-74.0	59.0	3.4	245.8	-74.0	59.0	3.4
Среднее:	3	254.0	-72.0	362.1	6.5	254.0	-72.0	362.1	6.5
<i>р. Столбовая (магматическое тело):</i>									
St 2	6	97.8	79.9	775.1	2.4	97.8	79.9	775.1	2.4
St 3	8	89.4	78.4	485.7	2.5	89.4	78.4	485.7	2.5
St 4	5	263.3	-71.0	275.5	4.6	263.3	-71.0	275.5	4.6
St 5	8	86.5	80.2	539.6	2.4	86.5	80.2	539.6	2.4
Среднее:	4	88.2	77.4	320.8	5.1	88.2	77.4	320.8	5.1
Среднее по р.Столбовая (осадочные породы+магматическое тело)	4	76.7	74.1	201.8	6.5	76.7	74.1	201.8	6.5
<i>Траппы с р.Котуй:</i>									
k1	4	129.3	78.8	254.9	5.8	129.3	78.8	254.9	5.8
k5	7	309.4	-73.0	46.4	9.0	309.4	-73.0	46.4	9.0
k7	3	102.3	83.8	238.0	8.0	102.3	83.8	238.0	8.0
k8	3	167.1	49.5	51.7	17.3	89.6	69.5	51.9	17.3
k9	10	289.7	-65.8	81.7	5.4	289.7	-65.8	81.7	5.4
Среднее по р.Котуй:	5	137.4	72.0	25.2	15.5	111.0	74.7	88.9	8.2

Возраст выделенных компонент намагниченности.

Сравнение средних направлений стабильных компонент намагниченности, выделенных в изученных объектах, с большой долей уверенности позволяет считать эти компоненты практически одновозрастными. Полученные для разных объектов средние направления близки между собой, их различие обычно не превышает 10° , что легко объяснить естественным статистическим разбросом направлений намагниченности при записи направления геомагнитного поля, вековыми вариациями, некоторым неучетом локальной тектоники и проч.

Геологическая ситуация в районах работ не дает возможности использовать так называемые «полевые методы» для оценки возраста выделенных компонент намагниченности. Метод галек неприменим вследствие отсутствия в разрезах брекчий и конгломератов, содержащих обломки исследуемых пород; метод контактов не предназначен для ситуации, когда исследуемые магматические тела являются источником регионального перемагничивания; метод складок невозможно использовать, поскольку возраст складчатости точно не известен. В этих условиях, для обоснования пермо-триасового возраста выделенных компонент мы предлагаем следующие аргументы.

1. Рассчитанные, исходя из направления выделенных компонент, палеомагнитные полюсы близки к таковым, определенным ранее по другим пермо-триасовым объектам Сибирской платформы (см. табл. 2) и при этом заметно отличаются от позднемезозойских и кайнозойских полюсов Евразии и Сибири [Besse, Courtillot, 1991; Молоствовский и Храмов, 1997].

2. Исследование осадочных пород долины р.Подкаменная Тунгуска указывает на наличие мощного регионального перемагничивания. Палеомагнитные направления перемагничивающей компоненты осадочных пород практически те же, что и палеомагнитные направления исследованных трапповых интрузий. Это возможно либо в случае перемагничивания осадочных пород под влиянием траппового магматизма, либо в случае полного последующего перемагничивания осадочных пород и траппов вследствие некоего, более молодого, мощного тектонического или магматического события. Следы последнего в геологической истории региона отсутствуют, поэтому первое объяснение представляется единственным возможным.

3. В ходе лабораторных исследований нами определены практически антиподальные компоненты прямой и обратной полярности. Считается, что наличие таковых является достаточно сильным доводом в пользу первичности намагниченности [Van der Voo, 1993]. И хотя известны случаи, когда в процессе перемагничивания образуются компоненты разной полярности, практика работ показывает значительно большую вероятность однокомпонентного перемагничивания. Таким образом мы полагаем, что наличие компонент прямой и обратной полярности, различающихся на угол близкий к 180° , поддерживает наш вывод о пермо-триасовом возрасте выделенных компонент.

4. Отдельного обсуждения заслуживает факт наличия в образцах долеритов р.Столбовой двух, а иногда и трех антиподальных (или почти антиподальных) компонент намагниченности. Объяснить этот факт медленным остыванием интрузии не представляется возможным, поскольку в пределах одной точки отбора (т.е. на расстоянии нескольких метров друг от друга) встречаются образцы с различным характером записи. Мы полагаем, что мультикомпонентность намагниченности в данном случае может быть объяснена многофазным внедрением магматических порций во время формирования интрузии р.Столбовой или/и самообращением в процессе приобретения породами термоостаточной намагниченности. И в том и в другом случае наиболее ранней компонентой намагниченности будет та компонента, которая имеет наиболее высокие разблокирующие температуры. Именно этим соображением мы руководствовались при

расчете средних направлений для изученных обнажений (точек отбора). Возможность самообращения намагниченности в породах интрузии р.Столбовая в настоящее время изучается с помощью петромагнитных методов.

Таблица 2. Палеомагнитные полюсы

№ объекта	Точки отбора	Координаты точки отбора		Координаты полюса		dp/dm (A95)
		lat, φ	long, λ	PLat, Φ	PLong, Λ	
р. Большая Нирунда (осадочные породы, перемагничивающая компонента):						
n1		62.0°	95.3°	56.8	140.7	4.4/4.7
n2		62.0°	95.3°	61.4	122.9	7.7/7.8
n4		62.0°	95.3°	49.0	157.8	8.1/9.8
	Среднее:	N=3; Φ=56.6; Λ=142.3; A95=17.7; K=49.4				
р. Большая Нирунда (магматическое тело):						
n5		62.0°	95.3°	47.8	147.5	5.4/6.0
Среднее по р.Большая Нирунда: N=4; Φ=54.4; Λ=143.8; A95=12.0; K=59.6						
р. Столбовая (осадочные породы, перемагничивающая компонента):						
s1		62.1°	91.5°	47.2	149.7	6.9/8.0
s2		62.2°	91.4°	55.8	161.9	10.2/11.8
s3		62.2°	91.4°	59.6	155.1	5.5/6.1
	Среднее:	N=3; Φ=54.3; Λ=155.2; A95=11.2; K=122.3				
р. Столбовая (магматическое тело):						
s4	St 2	62.1°	91.5°	54.2	126.1	4.4/4.6
	St 3	62.1°	91.5°	55.0	133.0	4.5/4.7
	St 4	62.1°	91.5°	57.4	123.2	4.7/4.8
	St 5	62.1°	91.5°	57.7	129.0	4.4/4.6
	Среднее:	N=4; Φ=56.1; Λ=127.9; A95=3.3; K=774				
Среднее по р.Столбовая: N=4; Φ=55.3; Λ=148.7; A95=11.2; K=68.3						
р. Котуй (лавовые потоки):						
k1		73.0°	102.4°	55.2	132.3	10.4/11.0
k5		73.0°	102.4°	46.0	137.9	14.3/16.1
k7		73.0°	102.4°	67.1	134.6	15.5/15.7
k8		73.0°	102.4°	50.1	171.4	25.3/29.6
k9		73.0°	102.4°	40.2	157.9	7.2/8.8
Среднее по р.Котуй: N=5; Φ=52.7; Λ=148.4; A95=13.9; K=31.1						
Сводная таблица полюсов:						
		N	PLat, Φ	PLong, Λ	A95	K
Полюс для З.Таймыра:		29	59.0	149.7	15.7	16.0
Полюс для долины р.Мойеро:		12	61.7	153.4	7.3	36.0
Полюс для района Норильска:		10	56.4	165.3	10.0	24.3
Полюс для района р.Большая Нирунда:		4	54.4	143.8	12.0	59.6
Полюс для района р.Столбовая:		4	55.3	148.7	11.2	68.3
Полюс для района р.Котуй:		5	52.7	148.4	13.9	31.1
Полюс для района р.Виллой:		5	52.5	153.3	17.5	20.0
ОБЩИЙ ПОЛЮС:		7	56.2	151.7	3.8	255.4

5. Сравнение кучностей распределений векторов стабильной компоненты намагниченности, полученной при изучении средне-позднеордовикских пород р.Б.Нирунда, в географической и стратиграфической системах координат (табл. 1), недвусмысленно указывает ее доскладчатый возраст. Направление этой компоненты значительно отличается от ранне- и среднепалеозойских направлений, рассчитанных из соответствующих полюсов Сибирской платформы и, в то же время, почти совпадает с палеомагнитным направлением близлежащей трапповой интрузии (см. табл. 1). Характер

записи этой компоненты практически тот же, что и характер записи перемагничивающей компоненты в одновозрастных и близких по литологии породах разреза р. Столбовой. Все вышесказанное ясно указывает на трапповый (пермо-триасовый) возраст этой компоненты. Таким образом становится ясно, что складчатость осадочных толщ этого района происходила не раньше внедрения траппов и может быть датирована как послепалеозойская. Возможно, дислокация осадочных толщ связана с внедрением траппов, возможно с какими-то последующими региональными или локальными тектоническими движениями.

Обсуждение результатов.

К настоящему времени накоплено достаточно большое число данных [Bogdanov et al., 1998], указывающих на то, что длительность пермо-триасового магматизма на Сибирской платформе составляла не более 10-15 млн. лет, при этом большинство пород трапповой формации сформировалось в интервале 255-253 млн. лет – 248-244 млн. лет [Золотухин и др., 1996]. Ряд исследователей [Gurevich et al., 1995; Renne et al., 1995] указывают на то, что самый активный, приведший к излиянию на поверхность огромной массы базальтов, этап траппового вулканизма мог занимать очень короткий в геологическом масштабе времени промежуток времени и, вследствие этого, повлечь за собой массовые вымирания организмов и кардинальные изменения биоценозов, имевшие место на границе палеозоя и мезозоя 250 млн. лет назад. Таким образом, возраст изученных нами пород (и соответственно возраст полученных палеомагнитных полюсов) лежит в интервале 255-244 млн. лет и, с достаточно большой вероятностью, может рассматриваться как близкий к 250 млн. лет.

Вопрос о возможности относительных перемещений Сибирской и Восточно-Европейской платформ неоднократно рассматривался в отечественной литературе. В работе [Храмов, 1982] на основании имевшихся к тому времени палеомагнитных данных авторы предполагают отодвигание северного края Сибирской платформы от Восточно-Европейской. Там же, вслед за Гусевым Б.В. [Гусев, 1974], делается предположение об образовании Енисейско-Хатангского прогиба за счет отодвигания Таймыра от Сибирской платформы. Несколько позже, исходя из критериев палеомагнитной надежности, М.Л.Баженовым и А.А.Моссаковским [Баженов и Моссаковский, 1986] была выполнена тщательная селекция сибирских и восточно-европейских палеомагнитных данных, которая позволила установить заметное различие положений соответствующих раннетриасовых полюсов. Это различие было интерпретировано как свидетельство вращения Сибирского докембрийского континентального блока относительно Восточно-Европейского на величину порядка 10° против часовой стрелки (при этом предполагалось, что полюс вращения находится в районе Северного Казахстана). Анализ особенностей размещения раннемезозойских структур сжатия и растяжения по периферии Сибирской платформы [Баженов, Моссаковский, 1986] как будто подтверждал этот вывод.

После того, как в середине-конце 90-х годов на основании современной методики для траппов были получены новые палеомагнитные полюсы, авторы работ [Каменщиков и др., 1996; Павлов и др., 2001] снова возвращаются к вопросу о возможности послепалеозойских относительных перемещений Сибирской и Восточно-Европейской платформ. Сравнение вновь полученных палеомагнитных полюсов с восточно-европейскими кривыми кажущейся миграции полюса (КМП) Печерского и Диденко [Печерский и Диденко, 1995] и Молостовского и Храмова [Молостовский и Храмов, 1997] снова указывает на значимое отличие среднего траппового полюса от соответствующих участков восточно-европейских кривых КМП. Однако теперь их взаимное расположение таково, что, в отличие от [Баженов, Моссаковский, 1986; Храмов и др., 1982], может быть объяснено только придвиганием северной части Сибирской платформы к Восточно-

Европейской, с вращением противоположным тому, которое предполагалось в этих работах. Последняя интерпретация выглядит парадоксально с геологической точки зрения, поскольку предполагает наличие в пределах Западной Сибири масштабных структур сжатия, тогда как наоборот, в этом регионе широко распространены раннемезозойские грабены, свидетельствующие о широком развитии процессов растяжения.

Полученные в настоящей работе результаты, а также данные [Kravchinsky et al., 2002] значительно расширяют палеомагнитную базу данных по сибирским траппам, дают возможность более строго подойти к решению вопроса о возможности послепалеозойских взаимных перемещений Сибирской и Восточно-Европейской платформ.

Средние палеомагнитные полюсы, рассчитанные для объектов, расположенных в долинах рек Котуй, Б.Нирунда и Столбовая, представлены в табл. 2. Прежде всего отметим, что вместе с ранее полученными по сибирским траппам полюсами (мы рассматриваем только данные, полученные в соответствии с современной методикой, обсуждение см. в [Kravchinsky et al., 2002] эти полюсы образуют очень тесную группу. Уже то, что кучность полюсов, образующих эту группу, превышает 250, является само по себе примечательным фактом.

Такую величину кучности можно было бы ожидать в случае практически мгновенного в геологических масштабах времени магматического события, приведшего к образованию сибирских траппов – т.е. события длившегося сотни-первые тысячи лет. Однако гипотеза о практически мгновенном образовании траппов Сибирской платформы, из общих соображений, представляется фантастической. Впрочем, она может быть в дальнейшей проверена путем сравнения полученного среднего траппового полюса с палеомагнитным полюсом близкого по возрасту объекта, принадлежащего к той же плите и формировавшегося достаточно продолжительное время (сотни тысяч – миллионы лет). Сейчас же мы отклоняем эту гипотезу как маловероятную.

Другое объяснение высокой кучности трапповых полюсов возможно только при одновременной реализации ряда условий, а именно: 1) формирование изученных тел происходило в течение относительно короткого (по сравнению со скоростью движения плит) промежутка времени; 2) характер геомагнитного поля (по крайней мере, в пределах Сибирской платформы) в это время не отличался от дипольного; 3) влияние вековых вариаций в изученных объектах в результате достаточного осреднения сведено к минимуму; 4) достигнуто высокое качество выделения первичного палеомагнитного сигнала.

Следующей важной особенностью рассматриваемых полюсов, является то, что они отклонены от кривой КМП Восточно-Европейской платформы не случайным образом, а скорее систематически, в одном направлении (см. рис. 6), как это действительно должно было бы быть в случае вращения Сибирской платформы относительно Восточно-Европейской против часовой стрелки. Эта особенность уже отмечалась [Павлов и др., 2001] для трех известных тогда полюсов. Сейчас она подтверждается на гораздо более значительном статистическом материале.

Рассмотрим насколько это отклонение является статистически значимым. Это можно сделать используя кривые КМП Печерского и Диденко [Печерский и Диденко, 1995] и Молостовского и Храмова [Молостовский и Храмов, 1997]. К сожалению, кривая КМП, предложенная Сметарсом с соавторами [Smethurst et al., 1998], представлена в виде, не позволяющем использовать ее для наших целей.

В таблице 3 приведены угловые расстояния между рассчитанным средним трапповым полюсом и близкими по возрасту участками восточно-европейских кривых КМП. Как и раньше мы видим, что статистически значимое отличие существует для полюсов из интервала 262-244 млн. лет. Так же, как и раньше, новые данные указывают на сближение

среднего траппового полюса с участками восточно-европейской кривой КМП, отвечающими времени 239 и 222 млн. лет. Таким образом, казалось бы, новые данные подтверждают (с небольшими уточнениями) ранее сделанный вывод о том, что если возраст траппов в самом деле превышает 240 млн. лет, то послепалеозойское перемещение Сибирской платформы относительно Восточно-Европейской действительно имело место. Для совмещения траппового полюса Сибирской платформы с точкой восточно-европейской кривой КМП, отвечающей возрасту 250 млн. лет, и для восстановления взаимного положения рассматриваемых континентальных блоков в это время необходимо повернуть Сибирскую платформу вокруг эйлеровского полюса, расположенного на большом круге, проходящем через середину малого круга, соединяющего полюс и эту точку, и перпендикулярном ему. При этом если эйлеровский полюс будет находиться к западу (но не дальше, чем на расстоянии 180°) от середины этого круга, вращение Сибири из современного положения в пермо-триасовое должно производиться против часовой стрелки; если к востоку (но не дальше, чем на расстоянии 180°) – то по часовой стрелке.

Таблица 3.
Сравнение среднего сибирского траппового полюса с близкими по возрасту полюсами Восточно-Европейской платформы.

Возраст (млн. лет)	Угловое расстояние γ	Критическое угловое расстояние [McFadden P.L., McElhinny M., 1990] γ_c
Кривая КМП [Молостовский и Храмов, 1997]		
222	7.8	7.8
231	8.3	7.2
239	7.3	8.4
244	10.0	5.0
249	13.1	3.9
255	17.2	4.7
262	20.3	6.6
Кривая КМП [Печерский и Диденко, 1995]		
240	8.3	5.0
260	16.1	5.0
Мировая база данных [McElhinny M.W., Lock J., 1996] (результаты №№: 1419, 1813, 2779, 168 (ранняя пермь); 2421, 652, 165-1, 165-2, 1408, 2744, 2779-1, 2779-2, 3161 (поздняя пермь); 1832, 1123, 3188, 158, 3199, 1028 (поздняя пермь-ранний триас); 2622-1, 2622-2, 2411, 3253 (ранний триас-средний триас) из временного интервала 230-270 млн. лет).		
ранняя пермь - средний триас $\Phi=51.4^\circ$; $\Lambda=156.1^\circ$; $N=23$; $K=35.7$; $A95=5.1^\circ$.	5.5	9.5
ранняя пермь $\Phi=48.3^\circ$; $\Lambda=175.5^\circ$; $N=4$; $K=19.5$; $A95=21.3^\circ$.	16.5	13.7
поздняя пермь $\Phi=49.7^\circ$; $\Lambda=157.9^\circ$; $N=9$; $K=110.6$; $A95=4.9^\circ$.	7.5	6.2
поздняя пермь – (поздняя пермь – ранний триас) $\Phi=49.7^\circ$; $\Lambda=156.1^\circ$; $N=15$; $K=81.1$; $A95=4.3^\circ$.	7.0	6.6
поздняя пермь – ранний триас $\Phi=49.7^\circ$; $\Lambda=153.3^\circ$; $N=6$; $K=52.4$; $A95=9.3^\circ$.	6.6	8.8
ранний триас – средний триас $\Phi=57.0^\circ$; $\Lambda=132.6^\circ$; $N=4$; $K=51.8$; $A95=12.9^\circ$.	10.5	9.2

Из рисунка 8 видно, что полюс вращения должен находиться вне пределов Сибирской платформы, достаточно далеко от ее геометрического центра. Это означает, что взаимное перемещение Сибирской и Восточно-Европейской платформ в послепалеозойское время не может ограничиться простым сдвиговым смещением, как предполагалось в работе [Баженов, Моссаковский, 1986], а требует их значительного сближения (см. рис. 8).

Так, например, палеоширота точки, соответствующей нынешнему Игарскому краю Сибирской платформы (68° с.ш., 88° в.д.), рассчитанная исходя из среднего траппового полюса, отличается от таковой, рассчитанной из 250 миллионлетней точки восточно-европейской кривой КМП более, чем на 10° (см. рис. 8). В случае если полученные полюсы верны, имеющиеся кривые КМП адекватно отражают движения Восточно-Европейской платформы, а магнитное поле Земли в рассматриваемое время имело дипольный характер, это означает, что в послепалеозойское время Сибирская и Восточно-Европейская платформы сблизилась на расстояние большее 1000 км.

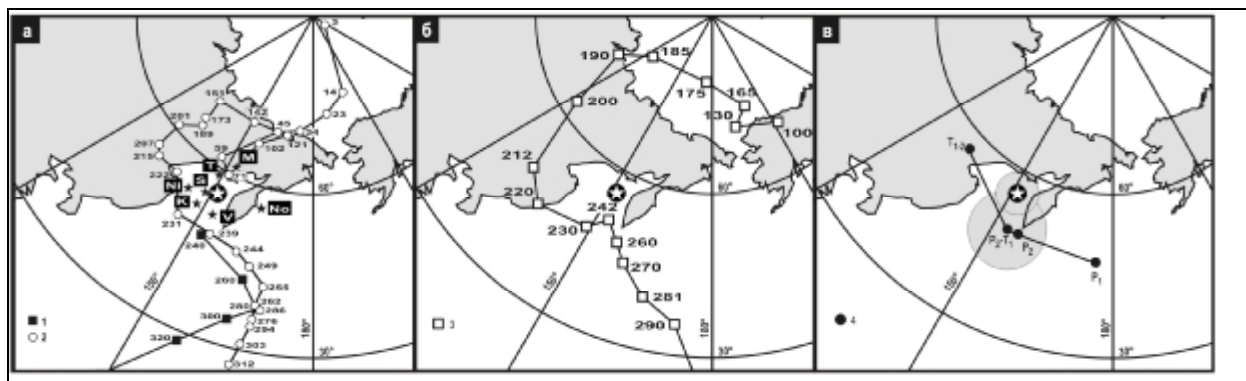


Рис.6

Сравнение трапповых палеомагнитных полюсов с кривыми кажущейся миграции полюса Восточно-Европейской платформы.

Залитыми звездочками показаны полюсы траппов: No- западной части Норильского района [Павлов и др., 2001]; M - долины р.Мойеро [Каменщиков и др., 1996]; Т - Западного Таймыра [Gurevich et al., 1995]; V – Виллой [Kravchinsky et al., 2002]; Ni –Б.Нирунда; К – Котуй; S - Столбовая. Белой звездочкой показано положение среднего полюса (см. табл. 2).

Отрезки европейские кривых КМП: 1 – Печерского и Диденко [Печерский и Диденко, 1995]; 2 – Молоствовского и Храмова [Молоствовский и Храмов, 1997]; 3 – Сметарса и др. [Smethurst et al., 1998]. 4 – последовательность средних «стратиграфических» полюсов Европы.

На рис. 6в затемненные области вокруг полюсов показывают их круги доверия.

Однако все имеющиеся геологические данные противоречат этому выводу. Как уже отмечалось выше, на территории Западной Сибири широко распространены структуры растяжения – грабены раннемезозойского возраста. Действительно, триасовые и раннеюрские отложения, заполняющие эти грабены, часто смяты в складки [Бочкарев, 1973], что демонстрирует существование некоторого эпизода сжатия на рассматриваемой территории в среднем мезозое. Однако масштаб реальных дислокаций сжатия, по крайней мере, на два порядка меньше того, которого следовало бы ожидать при полученном выше сближении Сибирской и Восточно-Европейской платформ.

Вышесказанное вынуждает нас более внимательно рассмотреть используемую методику расчета относительных перемещений. У нас нет оснований сомневаться в качестве используемых палеомагнитных полюсов. Дипольность геомагнитного поля для рассматриваемой эпохи также достаточно хорошо обоснована [Kent and Smethurst, 1998]. Наши данные (см. выше) также хорошо согласуются с гипотезой дипольности геомагнитного поля. Остается вопрос – а правильно ли мы сравниваем полученный полюс и кривую КМП, или, другими словами, насколько хорошо и правильно датированы кривые КМП? Нам представляется, что именно здесь находится источник проблемы.

В последнее десятилетие при датировании полюсов, составляющих кривые КМП, используются численные значения возраста, а не стратиграфические, как это делалось, например А.Н.Храмовым [Храмов, 1991], раньше. Численные значения возраста берутся из имеющихся на момент составления кривых КМП (или используемых при их составлении баз данных) геохронологических шкал, которые достаточно часто меняются. Извест-

ны примеры, когда численные оценки возраста стратиграфических подразделений нижнего палеозоя менялись на десятки миллионов лет за одно десятилетие. Для мезозоя эти изменения не столь велики, однако достаточно значительны, чтобы повлиять на результаты тектонических интерпретаций палеомагнитных данных. Напомним, в частности, что граница перми и триаса в шкале Харланда и др. [Harland et al., 1988] на 5 млн. лет моложе, чем эта же граница в более современных схемах [Menning, 1995]. В то же время стратиграфические оценки возраста значительно более консервативны, случаи их пересмотра крайне редки (здесь мы говорим о породах континентальных блоков, где стратиграфические и палеонтологические характеристики и геологические взаимоотношения пород, как правило, очень хорошо установлены). Помимо этого, в практике разработки кривых КМП часто встречается либо произвольное, либо слабо обоснованное ранжирование полюсов по численным возрастам в рамках отдельных стратиграфических подразделений. Яркий пример этому сибирская кривая КМП, предложенная Сметарсом с соавторами [Smethurst et al., 1998], где полюсы, полученные по породам, о возрасте которых известно лишь то, что они позднеордовикские, ранжированы на интервале более чем 20 млн. лет. От этого недостатка часто бывают несвободны и другие кривые КМП.

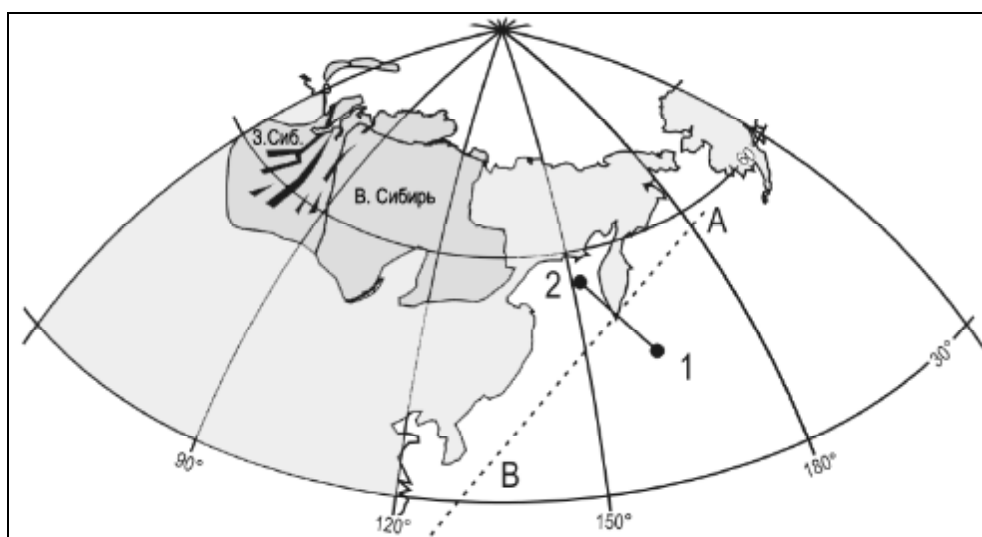


Рис.7

Положение большого круга АВ, представляющего геометрическое место точек возможных положений полюса вращения Сибирской платформы относительно Восточно-Европейской. 1 – Средний европейский полюс для времени 250 млн. лет (рассчитан как средний для из данных Печерского и Диденко [Печерский и Диденко, 1995] и Молоствовского и Храмова [Молоствовский и Храмов, 1997]); 2 – средний трапповый полюс, рассчитанный в настоящей работе (см. табл. 2).

Черные жирные линии к востоку от Сибирской платформы условно обозначают грабены Западной Сибири.

Исходя из вышесказанного, мы выполнили сравнение среднего траппового полюса с пермскими и триасовыми полюсами «стабильной Европы», отобранных из Мировой Базы данных [McElhinny M.W. and Lock J., 1996] таким образом, чтобы их «магнитный возраст» отвечал интервалу 230-270 млн. лет, а параметр DC, отражающий качество лабораторной обработки коллекций, был не менее 3. Положение последовательности раннепермских – среднетриасовых полюсов показано на рис. бв и отражено в табл. 3. Как видно из таблицы, средний трапповый полюс значительно отличается от раннепермских, позднепермских и ранне-среднетриасовых полюсов Европы и очень близок к полюсу, полученному при осреднении полюсов, отмеченных в базе данных как позднепермские и позднепермские – нижнетриасовые, и статистически не отличается от последних. Это означает, что при «стратиграфическом» подходе к сравнению палеомагнитных полюсов, являющемся,

очевидно, более корректным, чем «геохронологический», имеющиеся данные не дают основания делать вывод о взаимном перемещении Сибирской и Восточно-Европейской платформ в послепалеозойское время.

Важно подчеркнуть, что полученный результат не означает, что таких движений действительно не было, а то, что масштаб этих движений, если таковые были, не превышал по своей величине значения, соответствующего угловой разнице имеющихся сибирских и европейских полюсов в 6-7°.

Наши данные не исключают полностью возможности относительных движений Сибирской и Восточно-Европейской платформ, но существенно ограничивают их возможный масштаб. Следующим шагом в решении этой проблемы должно стать получение новых еще более точных определений пермо-триасовых полюсов Европы и Сибири. Последнее относится в значительной степени к европейскому полюсу, поскольку точность определения сибирского полюса уже сейчас находится вблизи пределов возможностей палеомагнитного метода.

В заключение рассмотрим, с учетом полученных палеомагнитных данных, вопрос о возможности образования системы западносибирских раннемезозойских грабенов за счет вращения Сибирской платформы относительно более западных территорий Северной Евразии. В отличие от точки зрения, приведенной в работе [Баженов и Моссаковский, 1986], современные данные указывают на вырождение западно-сибирских рифтовых структур к северу, что отражается в уменьшении количества и выразительности их глубинных геофизических признаков. В частности, согласно [Bogdanov et al., 1998], поперечные размеры Колтогорско-Уренгойского рифта в районе бурения Тюменской сверхглубокой скважины ТСГ-6 составляют 120-130 км, а амплитуда рифтовой долины составляет порядка 1.5 км. В заполярной области ширина рифтовой долины уже не превышает 50-70 км, а глубина трога сокращается до первых сотен метров. Далее на север рифт еще более затухает и к Карскому морю полностью исчезает. Аналогичные данные имеются и по Худосейскому рифту. Такая геометрия системы грабенов указывает на возможность их образования за счет поворота Сибири против часовой стрелки на угол порядка 4-6° вокруг полюса, расположенного у северного побережья Западной Сибири. Палеомагнитные данные не исключают эту возможность. Расположение среднего траппового полюса к северо-востоку от имеющегося на настоящее время пермо-триасового тренда европейских полюсов можно рассматривать как указание на вращение Сибири против часовой стрелки. В том случае, если будущий более точный европейский пермо-триасовый палеомагнитный полюс окажется несколько смещен относительно его современного положения в сторону среднетриасового полюса, это составит достаточно сильный аргумент в пользу расположения эйлеровского полюса Сибири у западносибирского побережья Ледовитого океана. Для решения этого вопроса требуются новые высокоточные палеомагнитные данные по поздней перми – раннему триасу Европы.

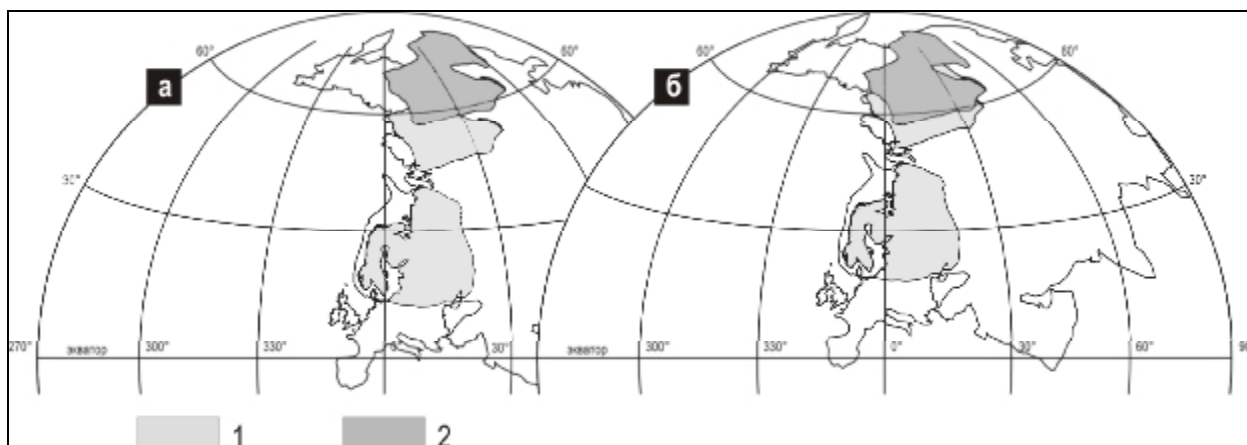


Рис.8

Реконструкция взаимного положения Сибирской и Восточно-Европейской платформ в случае принятия для последней: а) 250 миллионного полюса кривых КМП Печерского и Диденко [Печерский и Диденко, 1995] и Молостовского и Храмова [Молостовский и Храмов, 1997]; б) среднего «стратиграфического» полюса поздней перми – раннего триаса.

1 – взаимное положение Восточно-Европейской и Сибирской платформ в случае, если их «жесткая сцепка» существовала по крайней мере с позднепермского времени; 2 – положение Сибирской платформы, рассчитанное исходя из среднего траппового полюса.

Заключение.

Получены новые палеомагнитные результаты, которые существенно расширили палеомагнитную базу данных по сибирским пермо-триасовым траппам и позволили с высокой точностью определить положение пермо-триасового полюса Сибирской платформы. Сравнение полученного полюса с кривыми КМП для Восточной Европы требует значительного, неприемлемого, исходя из имеющейся геологической ситуации, сближения Сибирской и Восточно-Европейской платформ в послепалеозойское время. Более корректное сравнение со стратиграфически датированными полюсами «стабильной Европы» показывает, что имеющиеся палеомагнитные данные не дают основания делать вывод о взаимном перемещении Сибирской и Восточно-Европейской платформ в послепалеозойское время. При этом полученный результат не исключает полностью возможности относительных движений этих кратонных блоков, но существенно ограничивает их возможный масштаб.

Благодарности.

Авторы выражают свою искреннюю благодарность П.Ю.Петрову (ГИН РАН), являвшегося начальником полевого отряда, в составе которого в долине р.Котуй работал один из авторов настоящей статьи. Помимо оказания организационной поддержки, П.Ю.Петров непосредственно участвовал в отборе палеомагнитных проб из трапповых тел этого района. Исследование траппов в долине р.Подкаменная Тунгуска выполнялось как дополнение к магнитостратиграфическим исследованиям, и частично финансировалось из средств гранта РФФИ № 01-05-64819. Лабораторные исследования, интерпретация данных и подготовка статьи были проведены также при финансовой поддержке РФФИ – грант № 00-05-64008.

Литература.

1. Баженов М.Л., Моссаковский А.А. Горизонтальные перемещения Сибирской платформы в триасе по палеомагнитным и геологическим данным // Геотектоника. 1986. № 1. С. 59-69.
2. Бочкарев В.С. Тектонические условия замыкания геосинклиналей и ранние этапы развития молодых платформ (на примере Западно-Сибирской плиты и ее обрамления). М., Недра, 1973. С. 127.
3. Гусев Б.В., Металлова В.В., Файнберг Ф.С. Магнетизм пород трапповой формации западной части Сибирской платформы. Л., Недра, 1967. (Тр. НИИГА, т. 152).
4. Гусев Б.В. Переходная палеомагнитная зона в базальтах коготокской свиты на севере Сибирской платформы. В кн.: Геофизические методы разведки в Арктике. Л.: 1968, вып. 5. С. 67-71.
5. Гусев Б.В. Горизонтальные движения земной коры в истории формирования мезозойских прогибов и сопредельных структур центральной части Советской Арктики. В кн.: Геотектонические предпосылки к поискам полезных ископаемых на шельфе Северного Ледовитого океана. Л., 1974. С. 68-81.
6. Давыдов В.Ф. Трапповый магматизм Сибирской платформы с точки зрения палеомагнетизма // Геофизические исследования при решении геологических задач в Восточной Сибири. М.: Недра, 1964. Вып. 3. С. 79-97.
7. Давыдов В.Ф., Кравчинский А.Я. Палеомагнитные исследования горных пород Восточной Сибири. В кн.: Настоящее и прошлое магнитного поля Земли. М., Наука, 1965. С. 294-302.
8. Давыдов В.Ф., Кравчинский А.Я. Определения № 6-34-6-38. В кн. Палеомагнитные направления и палеомагнитные полюса. Справочные данные по СССР. Л., 1971. 123 с. (ВНИГРИ).
9. Золотухин В.В., Пономарчук В.А., Травин А.В., Васильев Ю.Р. Эволюция пермотриасового магматизма на севере Сибирской платформы согласно Ar40/Ar39 данным // «Геодинамика и эволюция Земли. Тезисы конференции РФФИ». Новосибирск, 1996.
10. Каменщиков Д.А., Павлов В.Э., Святловский В.В. Палеомагнитное датирование трапповых тел долины р.Мойеро // Вестник МГУ, сер.4, Геология, 1996, № 6, с. 77-84.
11. Линд Э.Н. Определение № 7-40. В кн. Палеомагнитные направления и палеомагнитные полюса. Справочные данные по СССР. Вып. 2. М., 1973. 89 с. Межведомственный геофизический комитет при Президиуме АН СССР.
12. Молостовский Э.А., Храмов А.Н. Магнитостратиграфия и ее значение в геологии. Изд-во Саратовского Университета. 1997. С. 177.
13. Павлов В.Э., Водовозов В.Ю., Лубнина Н.В. Новые палеомагнитные данные о траппах западной части Норильского района: была ли завершена консолидация Северо-Евразийской плиты к началу Мезозоя? // Вестник МГУ, сер. 4, Геология, 2001, № 5, с. 77-84.
14. Печерский Д.М., Диденко А.Н. Палеоазиатский океан. Петромагнитная и палеомагнитная информация о его литосфере. М., 1995. С. 296.
15. Файнберг Ф.С., Линд Э.Н. Некоторые вопросы палеомагнетизма интрузивных траппов западной части Сибирской платформы. В кн.: Настоящее и прошлое магнитного поля Земли. М., Наука, 1965. С. 264-270.
16. Файнберг Ф.С. Намагниченность и химический состав траппов южной части Сибирской платформы. Геология и геофизика. 1960, №9. С. 81-92.
17. Файнберг Ф.С., Дашкевич Н.Н. Характер намагниченности траппов в нижнем течении р.Ангара. Геология и геофизика. 1960,а, №6. С.116-122..

18. Храмов А.Н., Гончаров Г.И., Комиссарова Р.А. и др. Палеомагнитология. Л.: Недра. 1982. С. 312.
19. Храмов А.Н. Стандартные ряды палеомагнитных полюсов для плит Северной Евразии: связь с проблемами палеогеодинамики территории СССР. В кн.: Палеомагнетизм и палеогеодинамика территории СССР. Л., ВНИГРИ. 1991. С. 135-149.
20. Шипунов С.В. Критерии значимости в палеомагнетизме // Физика Земли. 1999, № 6, С. 89-92.
21. Besse J., Courtillot V. Revised and synthetic Apparent Polar Wander Paths of the African, Eurasian, North American and Indian plates, and true polar wander since 200 Ma.// Journal of Geophysical Research, 1991, v.96, No. B3, P. 4029-4050.
22. Bogdanov N.A., Khain V.Ye., Rosen O.M., Shipilov V.E., Vernikovskiy V.A., Drachev S.S., Kostyuchenko S.L., Kuz'michev A.V., Sekretov S.V. Explanatory notes for the tectonic Map of the Kara and Laptev seas and Northern Siberia. Institut of the lithosphere of marginal seas. Russian academy of science. Moscow, 1998.
23. Collinson D. Paleomagnetism. Cambridge University press. Cambridge.1980. P. 521.
24. Enkin R.J. A computer program package for analysis and presentation of paleomagnetic data. // Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada. 1994. P. 16.
25. Gurevich E.L., Westfal M., Daragan-Suchov J., Feinberg H., Pozzi J.P., Khramov A.N.// Paleomagnetism and magnetostratigraphy of the traps from Western Taimyr (northern Siberia) and the Permo-Triassic crisis.// Earth Planet. Sci.Lett., 1995, v.136, P. 95-105.
26. Gurevich E.L., C.Heunemann, V.Radko, V. Bachtadse, J.P.Pozzi, H.Feinberg, M.Westfal. Paleomagnetism and magnetostratigraphy of the Permo-Triassic Siberian traps. (in press).
27. Harland W.B., Armstrong R.L., Cox A.V., Graig L.E., Smith A.G., Smith D.G. A geological time scale 1989. Cambridge University Press, New York, 1989. P. 265.
28. Kent D.V., Smethurst M.A. Shallow bias of paleomagnetic inclinations in the Paleozoic and Precambrian. Earth and planetary Science Letters, 1998. V.160. P. 391-402.
29. Kravchinsky V.A., Konstantinov K.M., Courtillot V., Savrasov J.I., Valet J.P., Cherniy S.D., Mishenin S.G., Parasotka B.S. Paleomagnetism of East-Siberian traps and kimberlites: two new poles and paleogeographic reconstruction at about 360 and 250 Ma. Geophysical Journal International, 2002. V.148. P. 1-33.
30. Kirschvink, J.L. The least-square line and plane and the analysis of paleomagnetic data. // Geophys. J. R. Astron. Soc. 1980. V.62. P. 699-718.
31. McElhinny M.W. , Lock J. IAGA paleomagnetic database with access. Surv., Geophys. 1996. V.17. P.575-591.
32. McFadden P.L. The combined analyses of remagnetization circles and direct observations in paleomagnetism.// Earth and Planetary Science Letters. 1988. V.87. P. 53-58.
33. McFadden P.L., McElhinny M. Classification of reversal test in paleomagnetism. // Geophys.J.Int..1990. V.103. P. 725-729.
34. Menning M. A numerical time scale for the Permian and Triassic periods: an integrated time analysis. In: Scholle P.A., Peryt T.M. and Ulmer- Scholle D.S. (eds.) The Permian of Northern Pangea. 1995. V.1. P .77-97. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
35. Pavlov V. and Gallet Y. Upper Cambrian to Middle Ordovician magnetostratigraphy from the Kulumbe river section (northwestern Siberia)// PEPI. 1998. v.108. P. 49-59.
36. Renne P.R., Zhang Z.C., Richards M.A., Black M.T., Basu A.R. Synchrony and causal relation between Permian-Triassic boundary crises and Siberian flood volcanism.// Science, 1995, v. 33, P. 93-101.
37. Smethurst M.A., Khramov A.N., Pisarevsky S. Paleomagnetism of the Lower Ordovician Orthoceras Limestone, St.Peterbourg, and a revised drift history for Baltica in the early Paleozoic. Geophys.J.Int. 1998. V.133. P. 44-56.

38. Smethurst M.A., Khramov A.N., Torsvik T.H. The Neoproterozoic and Palaeozoic paleomagnetic data for the Siberian platform: from Rodinia to Pangea.// *Earth Science Reviews*. 1998. V.43. P. 1-24.
39. Torsvik T.H., Smethurst M.A., Pesonen L.J. GMAP - geographic mapping and paleoreconstruction package// *Norv. Geol. Serv. Rep.*, 1990, № 90.019, P. 64.
40. Van der Voo R. Paleomagnetism of the Atlantic Tethys and Iapetus oceans. Cambridge Univ. Press, 1993, P. 411.
41. Zijderveld J.D.A. A.C. demagnetization of rocks: analysis of results. – In: *Methods in paleomagnetism*. Eds. Collinson D.W., Creer K.M.. Amsterdam. Elsevier. 1967. P. 254-286.