

УДК 550.384

СИБИРСКИЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ И ПРОБЛЕМА ЖЕСТКОСТИ СЕВЕРО-ЕВРОАЗИАТСКОГО КОНТИНЕНТА В ПОСЛЕПАЛЕОЗОЙСКОЕ ВРЕМЯ

© 2012 г. В. Э. Павлов

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва

Поступила в редакцию 21.12.2011 г.

Выполнен анализ мезо-кайнозойских палеомагнитных полюсов Сибирской платформы и ее складчатого обрамления, полученных с использованием процедуры, отвечающей современным техническим и методическим требованиям. Проведенный анализ позволяет сделать следующие заключения: 1) взаимное положение пермо-триасовых полюсов Стабильной Европы и Сибирской платформы противоречит возможности относительных перемещений этих платформ в послепалеозойское время; 2) мезозойские палеомагнитные полюсы Сибирской платформы поддерживают гипотезу жесткой Северной Евразии; 3) палеошироты мезозойских объектов складчатого обрамления Сибирской платформы отлично согласуются с европейской кривой кажущейся миграции полюса; 4) имеющиеся данные указывают на широкое развитие вращений отдельных локальных блоков в пределах складчатого обрамления Сибирской платформы. Таким образом: 1. Современные палеомагнитные данные достаточно определенно указывают на то, что консолидация Северо-Евроазиатского континента завершилась к концу перми и с самого начала мезозоя Сибирская и Восточно-Европейская платформы являются частями единого жесткого мегаблока. 2. Мезозокайнозойский сегмент европейской кривой кажущейся миграции полюса может использоваться как референтный для Сибирской платформы.

ВВЕДЕНИЕ

Принято считать, что консолидация Северной Евразии завершилась, в основном, к концу палеозоя. Между тем имеются работы, в которых указывается на возможность заметных мезозойских [Храмов и др., 1982; Баженов, Москаковский, 1986] и кайнозойских относительных перемещений крупных тектонических блоков, слагающих Северную Евразию [Cogne et al., 1999]. В работе [Cogne et al., 1999], в частности, Северная Евразия разбивается на три субплиты, перемещавшиеся друг относительно друга в послезоценовое время вдоль зон диффузных дислокаций, расположенных предположительно вдоль Уральской складчатой области и линии Торнквиста–Тессейре.

В ряде работ, опубликованных в последние годы [Казанский и др., 2005; Метелкин и др., 2007а; 2008; Земцов, 2009], развивается идея о существовании в мезозое в структуре Северной Евразии так называемого “Сибирского домена”, который включает в себя собственно Сибирскую платформу и часть примыкающих к ней складчатых сооружений. Предполагается, что этот домен существовал, по крайней мере, до второй половины мелового периода как отдельная единая жесткая тектоническая единица, которая испытывала существенные (20 градусов, а, возможно, и более)

вращения относительно других континентальных блоков, слагающих Северную Евразию.

Здесь и далее, жесткой мы будем называть недеформируемую (в рамках рассматриваемых пространственных масштабов) тектоническую единицу (тектоническую плиту), части которой в рассматриваемый период времени не испытывали перемещений друг относительно друга. В данной работе термин “жесткий” используется как точный эквивалент англоязычного термина “rigid” (например, в словосочетании “rigid tectonic plate”) и определяемого следующим образом: “A body is formally regarded as rigid if the distance between any set of two points in it is always constant.” (Encyclopedia Britannica on-line- <http://www.britannica.com/>). При этом понимается, что если мы имеем дело с “жесткой тектонической единицей”, это означает, что движение каждой ее точки может быть описано, как вращение на один и тот же угол вокруг общего для всей единицы эйлеровского полюса.)

С учетом положения предполагаемого эйлеровского полюса [Метелкин и др., 2007а; 2008] и размеров Сибирской платформы, такое вращение должно транслироваться в значительные (500 км и более) линейные перемещения по периметру домена. Очевидно, что такие масштабные перемещения имели бы далеко идущие последствия для геодинамической эволюции Северной Евра-

зии. В частности, в работах [Баженов, Моссаковский, 1986; Казанский и др., 2005] высказывается мнение, что формирование грабеновых структур Западно-Сибирской рифтовой системы (игравших существенную роль в образовании Западно-Сибирского нефтяного бассейна), происходило именно в результате этих перемещений.

Таким образом, вопрос о времени консолидации Северной Евразии остается дискуссионным. Для выяснения этого вопроса необходимо выполнить анализ всех имеющихся палеомагнитных данных по мезозою (и, желательнее, по кайнозою) Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. Ниже мы представляем результаты такого анализа.

МЕТОД

Известно [Храмов и др., 1982], что если тектонические блоки в течение некоторого интервала времени двигались вместе (входили в состав единой жесткой плиты), то их кривые (траектории) кажущейся миграции полюса (КМП) для этого интервала совпадают. И наоборот: если кривые КМП блоков для некоторого интервала времени совпадают, то это является сильным указанием на то, что эти блоки в течение данного интервала времени двигались вместе (входили в состав единой жесткой плиты). Следовательно, совпадение мезо-кайнозойских сегментов сибирской и европейской кривых КМП явилось бы доказательством того, что в послепермское время Сибирская платформа и “стабильная Европа” (Восточно-Европейская платформа и доальпийская Европа) действительно входили в состав единой жесткой плиты. Расхождение же соответствующих кривых могло бы рассматриваться как доказательство относительных перемещений Сибири и Европы в послепалеозойское время.

Таким образом, прямым и естественным методом решения вопроса о времени консолидации Северной Евразии было бы сравнение послепалеозойских кривых кажущейся миграции полюса Сибирской платформы и “стабильной Европы”.

В настоящее время мезо-кайнозойская часть европейской кривой кажущейся миграции полюса разработана достаточно хорошо, особенно для интервала времени 200–0 млн. лет [Besse, Courtillot, 2002]. В то же время при рассмотрении сибирских данных обнаруживается удивительный, на первый взгляд, факт, состоящий в том, что мезозойский сегмент Сибирской кривой изучен и обоснован значительно хуже, чем раннепалеозойский. Более того, по мезозою собственно Сибирской платформы (исключая данные по раннетриасовым траппам) до последнего времени не было опубликовано ни одного определения, которое удовлетворяло бы современным критериям палеомагнитной на-

дежности [Van der Voo, 1993]. В последние годы появилось несколько мезозойских палеомагнитных определений более или менее отвечающих современным требованиям к качеству палеомагнитных данных [Павлов и др., 2004; Павлов, Максимов, 2006; Павлов, Каретников, 2008]. Тем не менее, число имеющихся для Сибирской платформы современных палеомагнитных полюсов остается крайне недостаточным для построения мезозойского сегмента сибирской кривой кажущейся миграции полюса.

Проблема усугубляется тем, что датирование многих мезозойских объектов, перспективных для палеомагнитных исследований, основывается часто только на косвенных данных или опирается на устаревшие изотопные датировки.

Таким образом, возникает следующая альтернатива: либо ждать пока появится достаточно данных для построения подробной сибирской кривой КМП (что может занять десятилетия); либо попытаться использовать текущие данные для проверки гипотезы о том, что мезо-кайнозойские сегменты сибирской и европейской кривых совпадают.

До тех пор, пока не удастся построить собственно сибирский тренд мезо-кайнозойских полюсов, предлагается использовать паллиативный подход, состоящий в поиске доводов за или против того, что соответствующие сегменты европейской и сибирской мезозойские кривых совпадают. Суть предлагаемого подхода состоит в следующем: сибирские мезо-кайнозойские полюсы, сравниваются с европейской кривой КМП и, если они не противоречат ей, то этот факт рассматривается как довод в пользу совпадения европейской и сибирской кривых, т.е. как довод в пользу жесткости (ригидности) Северной Евразии. Не соответствие же сибирских палеомагнитных данных европейской кривой КМП рассматривается как указание на возможность относительных движений Сибири и Европы.

Преимущества такого подхода состоят в следующем:

1. Не требуется ждать десятилетия, чтобы обосновать важный вывод с достаточно большой уверенностью.

2. Появляется возможность использования слабо датированных определений.

3. Появляется возможность использования палеомагнитных определений, полученных по складчатому обрамлению Сибирской платформы (мы не можем, как правило, использовать такие определения для построения кривой КМП, но можем проверять палеоширотное соответствие этих определений тестируемой (европейской) кривой).

Принципиальным недостатком такого подхода, является то, что метод не является прямым, при его применении мы получаем, строго говоря,

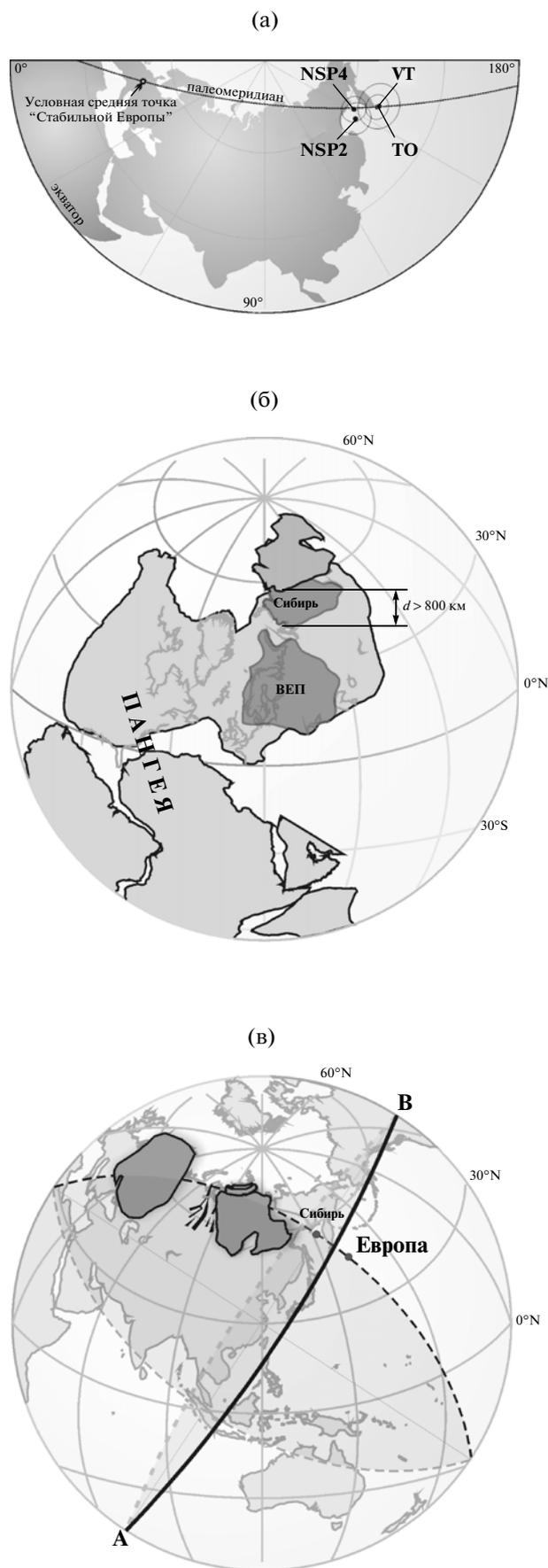


Рис. 1. (а) – Взаимное положение пермо-триасовых полюсов Сибирской платформы и “Стабильной Европы”. NSP2, NSP4 – средние палеомагнитные полюсы Сибирской платформы, полученные по различным методикам усреднения данных [Pavlov et al., 2007]; VT, TO – средние палеомагнитные полюсы “Стабильной Европы”, полученные по различным методикам усреднения данных: VT – [Van der Voo, Torsvik, 2004], TO – [Torsvik et al., 2001]; (б) – После-палеозойское смещение Сибирской платформы (в сторону Европы), необходимое для того, чтобы объяснить рассогласование средних сибирского и европейского полюсов. Темно-серые контуры Восточно-Европейской (ВЕП) и Сибирской (Сибирь) платформ показывают их взаимное положение в составе Пангеи в том случае, если эти платформы не испытывали взаимных перемещений в течение мезозоя и кайнозоя. Серый контур показывает положение Сибирской платформы относительно Восточно-Европейской платформы на границе перми и триаса, если наблюдаемое рассогласование пермо-триасовых палеомагнитных полюсов объясняется взаимным перемещением этих платформ в мезо-кайнозое; (в) – АВ – большой круг, на котором должен лежать эйлеровский полюс Сибирской платформы в случае ее вращения относительно “Стабильной Европы”. АВ проведен через середину дуги, соединяющей средние полюсы Европы и Сибири, перпендикулярно этой дуге. Жирные черные линии показывают условное положение грабенов Западной Сибири. Кружок с надписью “Европа” – средний европейский полюс для времени 250 млн. лет, рассчитанный как средний для данных из работ [Печерский, Диденко, 1995; Молостовский, Храмов, 1997]. Кружок с надписью “Сибирь” – средний трапповый полюс согласно [Веселовский и др., 2003]. Сравните (с рис. 1а) положение европейских и сибирских палеомагнитных полюсов, полученных разными авторами. Другие пояснения см. в тексте.

не доказательства, а доводы. С другой стороны, представляется очевидным, что при достаточно большом числе доводов в пользу совпадения сибирской и европейской кривых, вероятность справедливости противоположного вывода становится близкой к нулю.

ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ПОЛЮСЫ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Пермо-триасовый палеомагнитный полюс

В работах [Veselovskiy, Pavlov, 2006; Pavlov et al., 2007] детально рассмотрены имеющиеся пермо-триасовые палеомагнитные полюсы Сибирской платформы и “Стабильной Европы”. Показано, что, несмотря на близкое положение соответствующих средних полюсов, они значительно отличаются друг от друга. При этом, что исключительно важно, сибирский полюс смещен относительно европейского в сторону Европы, причем это смещение происходит практически по дуге большого круга – палеомеридиану, соединяющему условный центр Европы и соответствующий ей полюс (см. рис. 1а).

Поскольку рассмотренные полюсы получены с использованием разных процедур осреднения и по разным выборкам, наблюдаемое соотношение полюсов (“far-side” эффект) не может рассматриваться как случайное и должно иметь свое объяснение.

Наблюдаемое различие в положении европейских и сибирских полюсов может иметь в своей основе одну из следующих причин:

- наличие относительных перемещений Сибирской платформы и Европы в послепалеозойское время;
- различие возрастов европейских и сибирских полюсов;
- наличие существенного вклада в геомагнитное поле недипольных компонент на границе палеозоя–мезозоя;
- занижение магнитных наклонений в европейских данных;
- неустойчивость решения из-за малой и неадекватной выборки исходных данных.

Можно предположить, что одной из возможных причин расхождения пермо-триасовых полюсов Сибири и Европы является наличие относительных перемещений этих континентальных блоков в мезозое или кайнозое.

Вопрос о возможности относительных перемещений Сибирской и Восточно-Европейской платформ неоднократно рассматривался в отечественной литературе. В работе [Храмов и др., 1982] на основании имевшихся к тому времени палеомагнитных данных авторы предполагают отодвигание северного края Сибирской платформы от Восточно-Европейской.

Несколько позже, исходя из критериев палеомагнитной надежности, М.Л. Баженовым и А.А. Моссаковским [Баженов, 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° по часовой стрелке (при этом предполагалось, что полюс вращения находится в пределах Сибирской платформы). Анализ особенностей размещения раннемезозойских структур сжатия и растяжения по периферии Сибирской платформы [Баженов, Моссаковский, 1986] как будто подтверждал этот вывод. В частности, М.Л. Баженов и А.А. Моссаковский отмечали, что образование системы триасовых западно-сибирских грабенов может быть объяснено с позиций высказанной ими гипотезы.

История возникновения системы Западно-Сибирских грабенов является дискутируемым вопросом и однозначного ответа на него пока не дано. Краткая сводка по проведенным исследованиям в этой области изложена в работе [Кременецкий и др., 2002, с. 75]. По результатам интерпретации многочисленных геофизических исследований, выполненных в этом районе, в глубинном строении Западно-Сибирской плиты выделяется мощный (до 15 км) мезо-кайнозойский осадочный бассейн, залегающий на палеозойском и протерозойском складчатом основании неопределенного состава. С последним связывают наличие в гравимагнитных полях субмеридиональных линейных аномалий преимущественно положительного знака и большой протяженности (300–500 км), интерпретация которых различна [Кременецкий и др., 2002]. Так, С.В. Аплонов [Аплонов, 2000], затрагивающий этот вопрос в нескольких работах, предполагает наличие под упомянутым осадочным чехлом коры Обского палеоокеана субмеридионального простирания, рифтовая стадия которого началась (одновременно с другими рифтами) около 240–230 Ма назад, а стадия кратковременного спрединга, в результате которого границы рифта разошлись на 200–300 км, завершилась около 215 Ма назад. В результате, по мнению автора, спрединг гипотетического Обского палеоокеана привел к развороту Сибири относительно Восточно-Европейской платформы примерно на 12° – 14° по часовой стрелке вокруг полюса вращения, расположенного к югу от 60-ой параллели.

Заметим, однако, что в случае подобного рода вращений сибирский полюс должен сместиться к востоку по отношению к европейскому полюсу, т.е. ситуация будет обратной по отношению к наблюдаемой нами (рис. 1а).

В противовес точке зрения, высказываемой в работах [Баженов, Моссаковский, 1986; Аплонов, 2000], имеются данные, которые указывают, на то, что западно-сибирские рифтовые структуры вырождаются 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 по Худосейскому рифту.

Также стоит отметить, что гипотеза о существовании Обского палеоокеана, предложенная

С.В. Аглоновым, ставится под сомнение результатами бурения Тюменской сверхглубокой скважины СГ-6, которая была пробурена в центре Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта – предполагаемом центре ожидаемого палеоокеана. Океаническая кора не была обнаружена; напротив, на глубинах 6424–7502 м (забой) была вскрыта толща вулканических пород, преимущественно сложенная низкокальциевыми толеитовыми базальтами P_2-T_1 возраста, детальное изучение которых позволило сопоставить их с одновозрастными толеитами трапповой формации Сибирской платформы [Кременецкий, Гладких, 1997]. По мнению авторов работы [Казанский и др., 1995], структурно-текстурные особенности вскрытых базальтов указывают на то, что их излияние происходило в условиях суши. Имеются сообщения, что в этом интервале глубин встречены комплексы остатков континентальных растений [Киричкова и др., 1999]. Возраст западно-сибирских траппов, определенный Ar-Ar методом в работе Рейшоу с соавторами [Reichow et al., 2002] очень близок к возрасту траппов Сибирской платформы, что также находится в противоречии с гипотезой С.В. Аглонова.

При рассмотрении полученных нами средних палеомагнитных полюсов отчетливо видно, что для объяснения их несовпадения только за счет взаимных перемещений рассматриваемых кратонов необходимо допустить значительное (на расстоянии порядка 8° дуги большого круга) сближение этих платформ в послепалеозойское время (рис. 1б). Это сближение должно являться следствием поворота Сибири вокруг полюса Эйлера, значительно удаленного от ее геометрического центра.

Поясним: эйлеровский полюс Сибирской платформы, в случае ее вращения относительно “стабильной” Европы, должен лежать на дуге большого круга, проходящего через середину дуги, соединяющей рассматриваемые полюсы и перпендикулярного ей. Из построений видно (рис. 1в), что большой круг, на котором должен лежать полюс вращения Сибирской платформы, значительно удален от ее геометрического центра, что и определяет характер вращения этой платформы – оно не может выражаться простыми сдвиговыми смещениями на западной окраине Сибирской платформы, а требует значительного смещения платформы в западном направлении.

Такие масштабные перемещения Сибирской платформы (около 700–800 км) повлекли бы за собой образование крупных структур сжатия на современной западной окраине платформы, однако геологических данных, подтверждающих наличие таких структур, не найдено. Как уже отмечалось выше, на территории Западной Сибири широко распространены грабены раннемезозойского возраста, триасовые и раннеюрские отло-

жения, заполняющие их, часто смяты в складки [Бочкарев, 1973]. Это обстоятельство демонстрирует существование некоторого эпизода сжатия на рассматриваемой территории в мезозое, масштаб которого не сопоставим с тем, которого следует ожидать при названном выше сближении Сибирской и Восточно-Европейской платформ.

Единственной структурой крупномасштабного сжатия между Восточно-Европейской и Сибирской платформами является горно-складчатое сооружение Урала, в пределах которого наблюдаются следы как мезозойской, так и кайнозойской тектонической активности, в том числе и деформаций сжатия/растяжения. Но, во-первых, масштаб структур сжатия, имевших место после позднегерцинского орогенеза, в сумме соответствует максимальному сокращению в сотни метров, что опять-таки несоизмеримо с оценкой сокращения в сотни километров. И, во-вторых, в мезозое-кайнозое преобладающими являлись преимущественно продольные разломы [Бачманов и др., 2001].

Таким образом, относительное положение сибирского и европейского полюсов таково, что их интерпретация в терминах взаимных перемещений с необходимостью требует сближения Сибири и Европы на расстояние более 700 км в послепалеозойское время, что противоречит всем имеющимся геологическим данным.

Любое другое перемещение противоречит палеомагнитным данным. Значит, взаимное перемещение рассматриваемых блоков в послепалеозойское время невозможно и причину расхождения полюсов следует искать в другой области.

Анализ, выполненный в работе [Veselovskiy, Pavlov, 2006] показывает, что наблюдаемое расхождение полюсов могут быть связаны с влиянием либо недипольных компонент, либо занижения наклона в европейских данных. Последняя причина представляется наиболее вероятной.

Новые пермо-триасовые палеомагнитные полюсы, полученные недавно по отложениям восточно-Европейской платформы [Vazhenov et al., 2008; Khramov et al., 2006; Шацилло и др., 2006], также лежат на линии, соединяющей районы работ и сибирский пермо-триасовый палеомагнитный полюс. Это еще раз подтверждает вывод об отсутствии масштабных относительных вращений Сибирской платформы и Европы в послепалеозойское время.

Мезозойские палеомагнитные полюсы

Соотношение пермо-триасовых сибирских и европейских полюсов уже практически однозначно показывает, что Сибирская платформа в кайнозое и мезозое не вращалась (в пределах точности палеомагнитного метода, естественно) относительно “Стабильной Европы”. Можно, ко-

нечно, допустить, что в какой-то момент такое вращение имело место, однако впоследствии оно было скомпенсировано обратным вращением точно такого же масштаба. Эта гипотеза представляется крайне маловероятной, однако, для полноты доказательства нашего утверждения об отсутствии вращений, рассмотрим имеющиеся мезозойские палеомагнитные полюсы собственно Сибирской платформы.

Отметим, что малое количество мезозойских палеомагнитных полюсов платформы, полученных к настоящему времени, не является случайным. Меловые и юрские отложения широко развиты на территории платформы, при этом большая их часть участвует в строении Вилуйской синеклизы и депрессий фундамента, где они представлены, как правило, слабо консолидированными глинистыми или песчано-алевритистыми осадками, часто содержащими значительное количество органического вещества. Результаты предварительных палеомагнитных исследований такого типа осадков (Ю.С. Бретштейн, персональное сообщение) указывают на то, что они являются не самым благоприятным объектом для постановки палеомагнитных исследований.

По периферии Сибирской платформы имеется ряд опорных триасовых разрезов, которые могли бы представлять существенный интерес для разработки мезозойского сегмента кривой КМП. Однако эти разрезы часто сложены темноцветными литологическими разностями со значительным содержанием органики. Результаты реконструированных работ указывают на крайне малую перспективность этих разрезов для постановки палеомагнитных исследований (Bruno Calbrun — диссертация на соискание звания доктора Парижского Института физики Земли).

В то же время вдоль юго-юго-восточной периферии Сибирской платформы располагается мощный пояс интрузий и субвулканических образований юрского и мелового возраста, чье формирование происходило в обстановке активной континентальной окраины над зоной субдукции, действовавшей в течение юры и раннего мела вплоть до коллизии Амурского супертеррейна и Северо-Азиатского континента. Магматические образования этого пояса могут содержать палеомагнитный сигнал, отражающий характеристики геомагнитного поля их образования и поэтому представляют несомненный интерес в качестве объектов для разработки мезозойского сегмента кривой КМП Сибирской платформы. Именно по этому поясу мезозойской магматической активизации определено 3 из 5 известных на настоящий момент мезозойских палеомагнитных полюсов Сибирской платформы, полученных с применением современной процедуры.

Это: полюсы по Кондерскому и Бокурскому массивам (Мукундинский плутонический комплекс), расположенным в пределах хребта Кет-Кап в Учуро-Майском районе, и полюс по Рябиновскому массиву Центрально-Алданского района (рис. 2, табл. 1).

Как видно из рис. 3, палеомагнитные полюсы массивов Кондер и Бокур довольно хорошо согласуются с референтной кривой, предложенной Бессом и Куртийо для Европы [Besse, Courtillot, 2002], и ложатся вблизи европейских полюсов с возрастом 150–160 Ма, что великолепно согласуется с имеющимися данными [Легенда..., 2003] о позднеюрском возрасте Мукундинского комплекса.

Полюс, полученный по Рябиновскому массиву также хорошо согласуется с европейской референтной кривой и также лежит вблизи полюсов 150–160 Ма (рис. 3). Эти цифры, в целом, не противоречат существующим представлениям о возрасте изученных объектов, базирующихся как на геологических соотношениях, так и на данных изотопных определений возраста (обзор см. в [Максимов и др., 2004]).

Интересно отметить, что палеомагнитный полюс Рябиновского массива лежит в непосредственной близости от полюсов массивов Бокур и Кондер. Такое взаимное положение полюсов является дополнительным доводом в пользу одновременности или крайней близости по времени процессов, приведших к формированию магматических комплексов Центрально-Алданского и Кет-Капского регионов.

Остальные 2 полюса (табл. 1, рис. 3) получены по осадочным породам Иркутского бассейна и Чекуровско-Булкурской антиклинали, которую мы относим к Сибирской платформе, в некоторой степени условно, ввиду ее непосредственной близости к границе последней.

Поздне меловой полюс Чекуровско-Булкурской антиклинали находится в непосредственной близости от поздне меловых полюсов “Стабильной” Европы, при этом наиболее близким к нему европейским поздне меловым полюсом является полюс с возрастом 100 млн. лет ($\gamma/\gamma_c = 1.6^\circ/7.7^\circ$), что хорошо согласуется с имеющимися геологическими данными о возрасте складчатости.

Средне-позднеюрский полюс Иркутского бассейна получен по очень шумным данным, с довольно большой погрешностью. Авторы [Kravchinsky et al., 2002] указывают, что этот полюс “should be considered as a preliminary rough estimate of the Lower–Middle Jurassic magnetic field of Siberia”. Однако и этот полюс статистически значимо не отличается от 160 Ма (среднеюрского) полюса Европы.

Таким образом, все имеющиеся по мезозою Сибирской платформы полюсы поддерживают гипотезу о вхождении Европы и Сибирской плат-

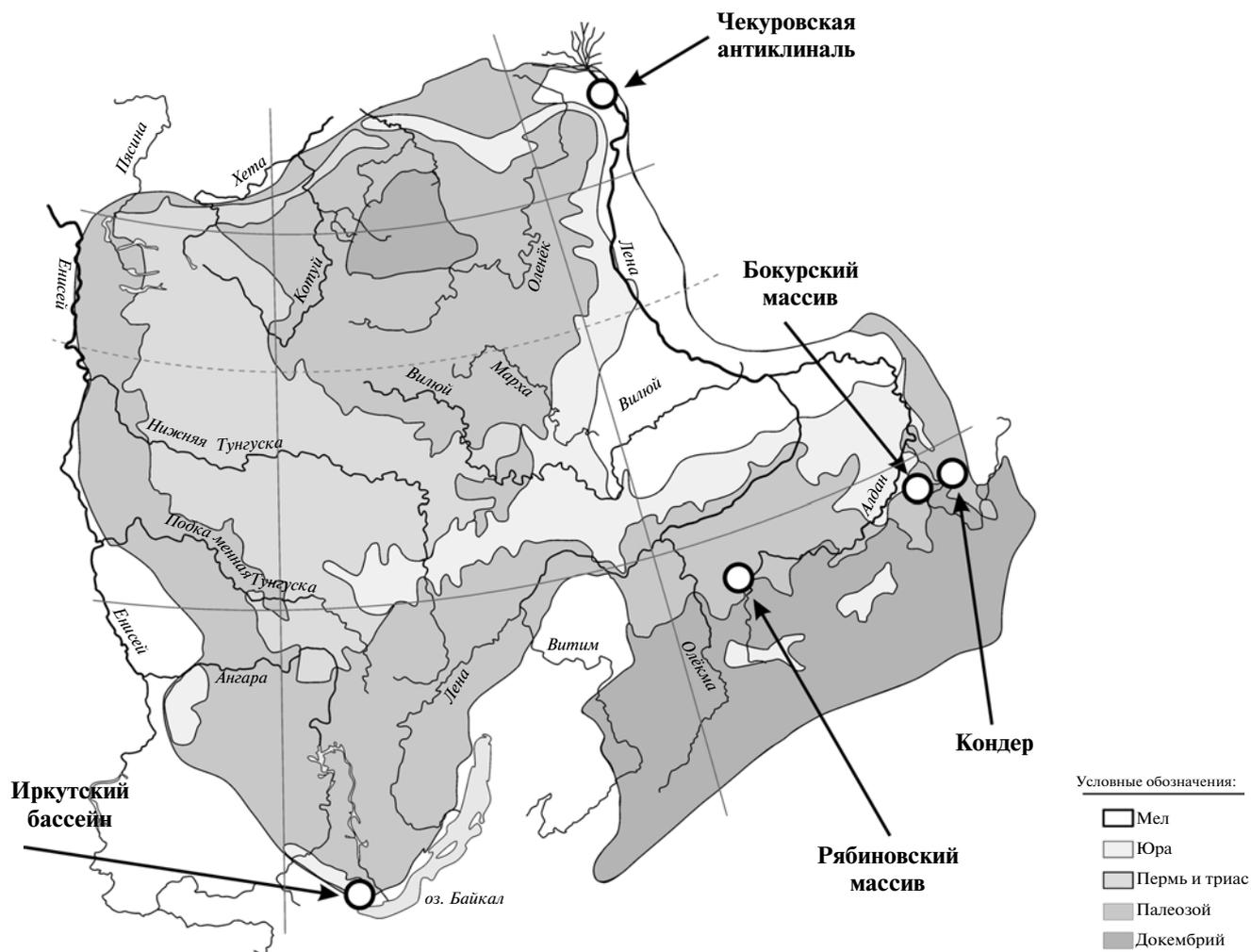


Рис. 2. Географическое положение объектов, по которым получены мезозойские палеомагнитные полюсы Сибирской платформы.

формы в состав единой жесткой плиты на протяжении мезозоя и кайнозоя.

ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ ПО СКЛАДЧАТОМУ ОБРАМЛЕНИЮ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Общие соображения

В силу ограниченности данных по Сибирской платформе возникает вопрос о возможности использования палеомагнитных полюсов, полученных по ее складчатому обрамлению. Можно ли в принципе использовать палеомагнитные полюсы складчатого обрамления для тестирования жесткости Северной Евразии в части проверки гипотезы вращающегося «Сибирского домена»?

Ясно, что ответ будет положительным только в том случае, если эти полюсы могут быть отнесены к Сибирской платформе. Последнее же возможно

только при выполнении ряда достаточно жестких условий:

- 1) тектонический блок, по которому получены данные, по крайней мере, с момента образования рассматриваемого палеомагнитного сигнала, принадлежал Сибирскому континенту;
- 2) блок не испытывал значительных (например, сдвиговых) перемещений внутри континента, либо имеется четкая независимая информация, которая позволяет их учесть;
- 3) блок не испытывал сколько-нибудь заметных локальных вращений (полюс вращения — внутри блока), либо имеется четкая независимая информация, которая позволяет их учесть;

Кроме того, необходимым требованием для такого тестирования должно быть наличие достаточной статистики — т.е. число распределенных вдоль периметра платформы объектов, по которым получены независимые определения, долж-

Таблица 1. Мезозойские палеомагнитные полюсы Сибирской платформы

№	Объект, район, координаты	Возраст	Plat (°)	Plong (°)	$\alpha 95$ (°)	Источник
1	Кондерский массив, Дуниты, метосоматиты 57.3° с.ш., 134.6° в.д.	J3–K1	76.7	158.8	11.6	[Павлов и др., 2004]
2	Чекуровская антиклиналь. Перемагнитченные во время складчатости осадочные породы нижнего кембрия 71.4° с.ш., 127.4° в.д.	K2	82.3	169.8	4.2	[Павлов и др., 2004]
3	Рябиновский массив. Центральный Алдан сложно построенный интрузивный комплекс 58.7° с.ш., 125.9° в.д.	160–130 млн. лет	68.8	156.0	11.8	[Павлов, Максимов, 2006]
4	Бокурский массив. Мукундинский плутонический комплекс, диориты, монцодиориты, гранодиориты верховья ручья Бокур (приток реки Ярмарка Хапчана, хребет Кет-Кап, северо-восточный склон Алданского щита, 57.7° с.ш., 132.1° в.д.	J3	71.1	150.0	6.5	[Павлов, Каретников, 2008]
5	Район г. Иркутска, Иркутский бассейн 52.0° с.ш., 104.0° в.д.	J1–J2	69.3	202.5	22.4	[Kravchinsky et al., 2002]

Примечание: Plat – широта полюса, Plong – долгота полюса, $\alpha 95$ – радиус круга доверия.

но быть достаточно велико. Нам представляется, что таких объектов должно быть не менее 6–8.

Поскольку по пунктам 2 и 3 (крупные сдвиги, локальные вращения) а, иногда, и по пункту 1 (принадлежность к континенту), уверенные независимые данные часто отсутствуют, использование палеомагнитных полюсов, полученных по складчатому обрамлению, для решения рассматриваемого вопроса представляется крайне рискованным, а надежность получаемых выводов – крайне низкой.

Возможно ли, тем, не менее, как-то использовать палеомагнитную информацию по складчатому обрамлению для получения каких-либо более или менее уверенных выводов по сути рассматриваемого вопроса? Да, возможно, если использовать только данные о палеоширотном положении объекта, записанные в палеомагнитном сигнале. В этом случае снимается одно из сильных требований, соблюдение которых необходимо для использования палеомагнитных данных – а именно требование отсутствия локальных вращений. Для определения палеоширотного положения объекта нет необходимости знать, вращался этот объект или нет, поскольку палеоширота объекта определяется по величине магнитного наклона, которое не зависит от вращения.

Используя только палеошироту (палеонаклонение), мы теряем часть информации, записанной в палеомагнитном сигнале. Однако это компенсируется значительным увеличением числа объектов, которые мы можем привлекать для нашего анализа

и, в конечном итоге, повышением надежности получаемых выводов.

Данные по палеоширотам складчатого обрамления могут быть проверены на предмет их соответствия ожидаемым палеоширотам, рассчитанным исходя из референтной европейской кривой КМП. В том случае, если наблюдаемые палеошироты соответствуют ожидаемым – это может рассматриваться, при наличии представительной статистики и “хорошем” географическом распределении объектов, как существенная поддержка гипотезы ригидности Северной Евразии. Несовпадение же наблюдаемых и ожидаемых палеоширот допускает различные объяснения (например: сдвиговые смещения, перемагнитчивания, низкое качество выделения сигнала и проч.).

Несоответствие палеоширот может быть рассмотрено как довод в пользу относительного движения Сибирской платформы и “Стабильной Европы” только в том случае, если оно носит **системный** характер. “Как видно из рис. 4, если блок 1 вращается (полюс Эйлера находится внутри блока 1) относительно блока 2, то, происходит СИСТЕМАТИЧЕСКОЕ изменение палеоширот разных точек блока 1 (в системе отсчета, связанной с блоком 2), независимо от того перемещается ли вся система блоков в целом или стоит на месте (пояснения см. на рис. 4). В случае, если размеры этих блоков сопоставимы с размерами Сибирской платформы, эти изменения могут быть зафиксированы палеомагнитным методом (в рамках достигаемой им точности).”

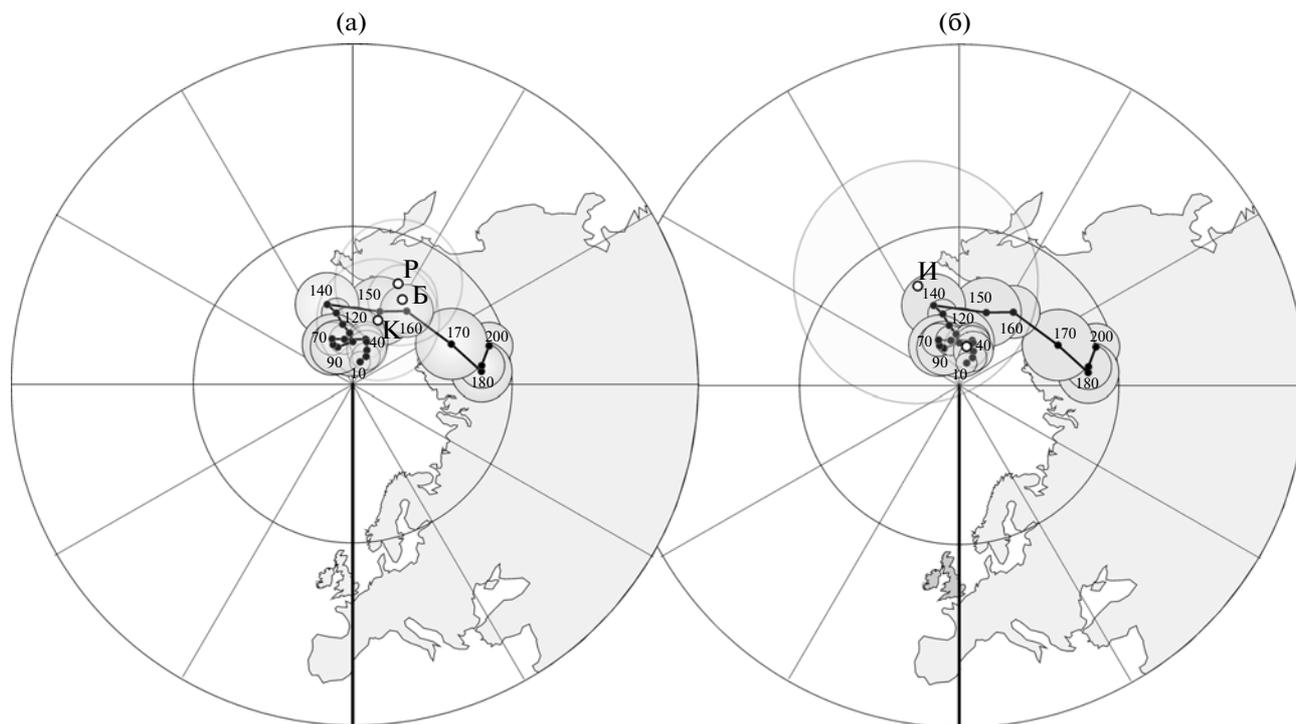


Рис. 3. (а) – Сравнение палеомагнитных полюсов Кондерского (К), Бокурского (Б) и Рябиновского (Р) массивов с мезо-кайнозойским сегментом европейской кривой кажущейся миграции полюса [Besse, Courtillot, 2002]; (б) – сравнение палеомагнитных полюсов Чекуровской антиклинали (Ч) и Иркутского амфитеатра (И) с мезо-кайнозойским сегментом европейской кривой кажущейся миграции полюса [Besse, Courtillot, 2002]; Черные кружки и цифры рядом с ними обозначают положение средних полюсов европейской кривой и их возраст, серые круги – соответствующие круги доверия. Полые кружки – сибирские полюсы.

Уточнение “полюс Эйлера находится внутри блока 1” введено для того, чтобы максимально сблизить рассматриваемый идеальный пример с предполагаемым вращением “Сибирского домена” относительно Восточно-Европейской платформы [Казанский и др., 2005; Метелкин и др., 2007а; 2008; Земцов, 2009].

Таким образом, отвечая на вопрос о возможности использования палеомагнитных данных по складчатому обрамлению, мы приходим к следующим выводам:

1) использование палеомагнитных полюсов, полученных по складчатому обрамлению крайне рискованно, поскольку обусловлено соблюдением ряда сильных условий, выполнение которых крайне редко бывает гарантировано;

2) палеоширотная информация, полученная по складчатому обрамлению СП, может быть использована для тестирования ригидности Северной Евразии;

3) для доказательства относительных вращений Сибирской платформы и “Стабильной Европы” необходимо доказательство систематического несоответствия наблюдаемых и ожидаемых палеоширот.

Сравнение мезокайнозойских полюсов складчатого обрамления с европейской референтной кривой

На настоящий момент известно 20 палеомагнитных полюсов, полученных по складчатому обрамлению Сибирской платформы с использованием современной палеомагнитной процедуры. Из них один полюс имеет миоценовый возраст, два получены для поздне мелового времени, имеется 6 раннемеловых полюсов; три полюса отвечают границе юры и мела, 1 – поздней, 4 – средней и 1 полюс – ранней юре. Наконец, 2 оставшихся полюса имеют среднетриасовый возраст. Географически, эти полюсы представляют регионы, достаточно хорошо распределенные вокруг Сибирской платформы: Минусинская котловина, Саяны, Забайкалье, Хараулахские горы, Таймыр.

В таблице 2 для каждого определения приведены результаты сравнения полученных склонений и наклонений, с наклонениями и склонениями, рассчитанными из референтной европейской кривой [Besse, Courtillot, 2002]. Повторимся: в том случае, если полученные и расчетные (ожидаемые) наклонения будут статистически совпадать – это будет являться доводом в пользу вхождения рассматриваемых объектов в жесткую структуру Северной Евразии. При этом отличие склонений (ес-

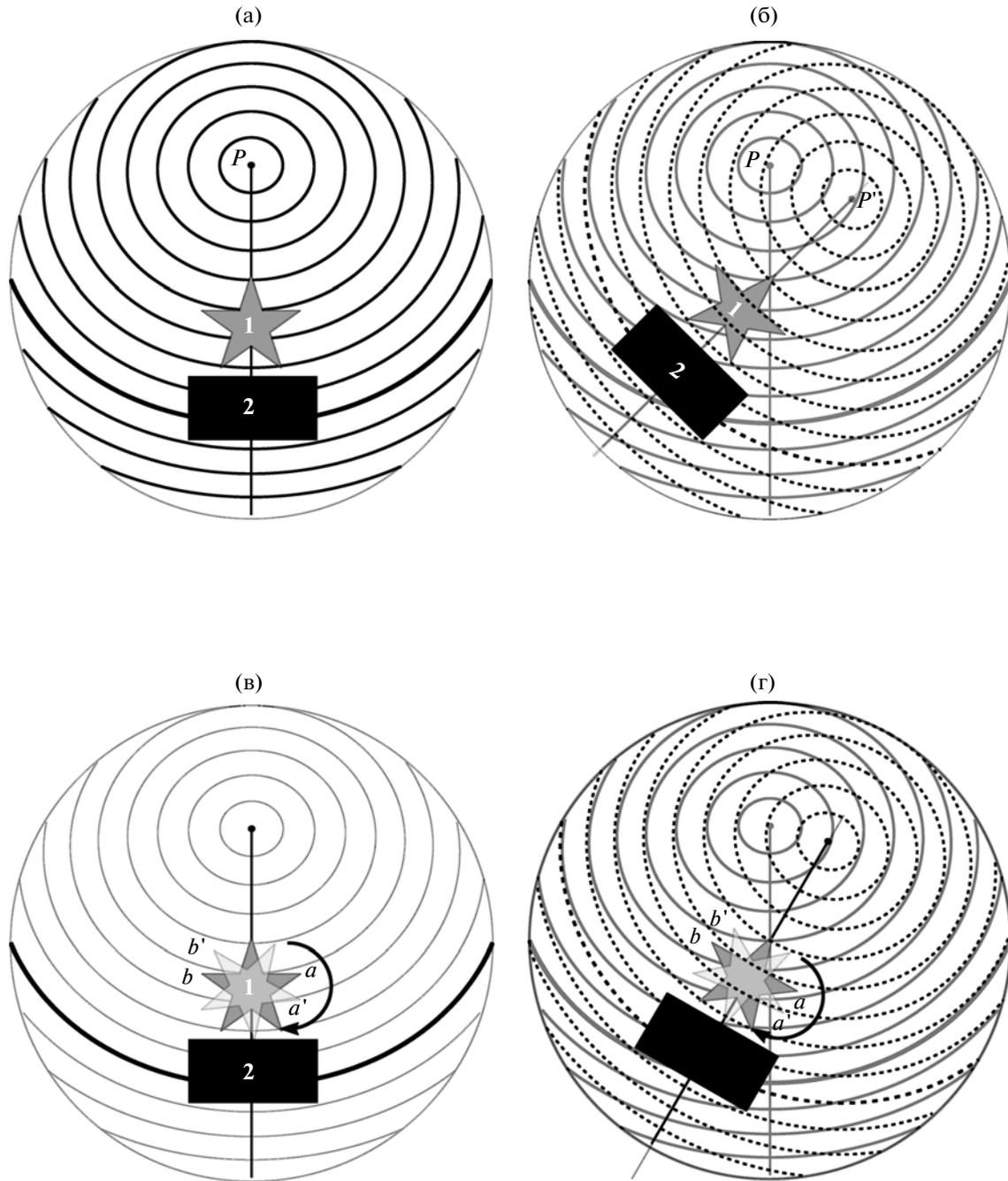


Рис. 4. Систематическое изменение палеоширот при вращении одного блока относительно другого. P – положение географического полюса; P' – положение палеомагнитного полюса блока 2 после вращения этого блока. P' также является палеомагнитным полюсом блока 1, если во время вращения этот блок был жестко связан с блоком 2. Сплошные линии на сфере – широты, прерывистые линии – палеошироты в системе координат блока 2. P' и палеошироты отмечают новое положение системы отсчета, связанной с блоком 2 после его перемещения. (а) – исходное положение блоков; (б) – разворот блоков без изменения взаимного положения. Система отсчета, связанная с блоком 2 смещается, точки блока 2 не изменяют своего положения в системе координат блока 1; (в) – блок 1 вращается, как показано на рисунке, блок 2 остается в исходном положении. Система отсчета, связанная с блоком 2 не перемещается. Широты точек блока 1 (*a* и *b*) в этой системе отсчета систематически изменяются: широты точек слева увеличиваются, точек справа – уменьшаются; (г) – блоки вместе перемещаются, при этом блок 1 испытывает вращение относительно блока 2. Широты точек блока 1 (*a* и *b*) систематически изменяются в системе отсчета, связанной с блоком 2: широты точек слева увеличиваются, точек справа – уменьшаются.

Таблица 2. Мезо-кайнозойские палеомагнитные полюсы складчатого обрамления Сибирской платформ

№	Район, объект, Координаты, число сайтов (N)	Возраст согласно авторам	Plat (°)	Plong (°)	$\alpha_{95}/dp/dm$ (°)	Источник	R ± ΔR Различие палеосклонений/Возраст полюса сравнения (млн. лет)	F ± ΔF Различие палеоширот/Возраст полюса сравнения (млн. лет)	Результат сравнения палеоширот
ПОЛЮСЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОЙ ПРОЦЕДУРЫ									
1	дер. Усть-Боксон, р. Ока, Саяны, базальты 52.1° с.ш., 100.3° в.д., N = 9	20 Ma	69.8	186.5	9.3	[Hankard et al., 2007]	23.1 ± 11.0/20 млн. л.	6.2 ± 7.1/20 млн. л.	+
2	Минусинская котловина, Щелочные и основные нежки и дайки, 55° с.ш., 90° в.д., N = 18	K2, 82–74 Ma	82.8	188.5	6.1	[Метелкин и др., 2007б]	0.2 ± 10.1/80 млн.л.	2.8 ± 6.3/80 млн. л.	+
3	Чекуровская антиклиналь Перемагнитенные во время складчатости осадочные породы нижнего кембрия 71.4° с.ш., 127.4° в.д. N = 28	K1–K2	82.3	169.8	4.2	[Павлов и др., 2004]	4.1 ± 22.9/100 млн.л. 2.8 ± 17.8/90 млн. л.	1.0 ± 5.8/100 млн. л. 4.2 ± 5.0/90 млн. л.	+
4	Чикой-Хилокская впадина, Забайкалье Базальты, N = 13 51.7° с.ш., 107.5° в.д.	K1 122–113 млн. л	70.3	188.0	8.3	[Метелкин и др., 2004]	12.5 ± 10.0/120 млн. л. 15.4 ± 10.9/110 млн. л.	1.1 ± 6.4/120 млн. л. 2.3 ± 6.9/110 млн. л.	+
5	Боргойская впадина, Забайкалье, базальты, N = 7, 51.0° с.ш., 105.5° в.д.	K1 120–100 млн. л	83.9	170.2	8.3	[Метелкин и др., 2004]	9.5 ± 10.6/120 млн. л. 6.8 ± 11.3/110 млн. л. 4.0 ± 13.0/100 млн. л.	2.6 ± 6.4/120 млн. л. 1.4 ± 6.9/110 млн. л. 0.8 ± 7.9/100 млн. л.	+
6	Удинская впадина, Забайкалье, базальты, N = 5, 52° с.ш., 110° в.д.	K1 131–126 млн. л	60.2	179.5	12.6	[Метелкин и др., 2004]	26.5 ± 15.5/130 млн. л.	1.0 ± 9.5/130 млн. л.	+
7	Р. Ингода, Забайкалье, базальты, 51.2° с.ш., 112.2° в.д., N = 12	K1 118–128 млн. л	58.5	176.8	5.2/6.0	[Cogne et al., 2005]	33.7 ± 7.5/120 млн. л.	1.4 ± 4.5/120 млн. л.	+
8	Р. Бичура, Забайкалье, базальты, трахибазальты, 50.6° с.ш., 107.6° в.д., N = 10	K1 110–144 млн. л	37.0	70.4	15.8/17.5	[Cogne et al., 2005]	118.7 ± 25.3/110 млн. л. 121.5 ± 24.9/120 млн. л. 125.0 ± 25.0/130 млн. л. 127.4 ± 25.6/140 млн. л.	9.0 ± 12.7/110 млн. л. 0.1 ± 12.4/120 млн. л. 11.3 ± 12.4/130 млн. л. 13.0 ± 13.0/140 млн. л.	+
9	Низовья Лены (Кюсюр-Чукуровка), терригенные породы (песчаники) 71.3° с.ш., 127.5° в.д.(условная обшая точка) N = 11	K1 (135 млн. лет – авт)	67.2	183.8	7.8	[Метелкин и др., 2008]	41.3 ± 20.0/110 млн. л. 35.1 ± 18.2/120 млн. л. 27.9 ± 18.0/130 млн. л. 23.8 ± 21.4/140 млн. л.	4.0 ± 6.6/110 млн. л. 2.7 ± 6.0/120 млн. л. 1.4 ± 6.1/130 млн. л. 0.5 ± 7.1/140 млн. л.	+

Таблица 2. Продолжение

№	Район, объект, Координаты, число сайтов (N)	Возраст согласно авторам	Plat (°)	Plong (°)	$\alpha_{95}/dp/dm$ (°)	Источник	R ± ΔR Различие палеосклонений/Возраст полюса сравнения (млн. лет)	F ± ΔF Различие палеоширот/Возраст полюса сравнения (млн. лет)	Результат сравнения палеоширот
10	Омолонский массив, терригенные осадочные породы, синклюдчатая намагничённость. 64.5° с.ш., 155.5° в.д., N = 14	Граница J3–K1	75.2	164.0	5.3	[Савостин и др., 1993]	28.3 ± 25.2/140 млн. л 5.2 ± 33.2/150 млн. л	6.0 ± 5.7/140 млн. л 0.6 ± 6.2/150 млн. л	+
11	Омолонский массив, терригенные осадочные породы, 64.5° с.ш., 155.5° в.д., N = 9	Граница J3–K1	75	183	8	[Бондаренко, Диденко, 1997]	9.7 ± 28.7/140 млн. л 23.6 ± 35.6/150 млн. л	3.4 ± 7.2/140 млн. л 3.3 ± 7.6/150 млн. л	+
12	Анабарский залив, 73.90° с.ш., 113.1° в.д., Глинисто-алевролитистые отложения, черные сланцы, N = 209	Граница J3–K1	76.9	179.3	4.8	[Housa et al., 2007]	0.4 ± 17.5/140 млн. л 13.9 ± 26.0/150 млн. л	5.5 ± 5.5/140 млн. л 3.9 ± 6.0/150 млн. л	+
13	Могзонский прогиб басс. рек Чилок и Уда, 51.8° с.ш., 112.0° в.д. осад. и вулканогенные породы бадинской свиты, N = 9	J3	64.4	161.0	7.0	[Kravchinsky et al., 2002]	21.6 ± 14.7/150 млн. л 22.0 ± 14.0/160 млн. л	2.1 ± 7.0/150 млн. л 2.9 ± 6.4/160 млн. л	+
14	Тугнуйская втс, (Забайкалье, базальты ичетуйской свиты), 50.9° с.ш., 106.5° в.д. (авт средняя точка), N = 8	J2 150–160 млн. л	67.6	159.6	9.0	[Метелкин и др., 2007a]	13.2 ± 15.9/150 млн. л 13.9 ± 15.3/160 млн. л	1.7 ± 8.2/150 млн. л 3.3 ± 7.6/160 млн. л	+
15	Маргунтуйская втс (Забайкалье, базальты ичетуйской свиты), 50.9° с.ш., 106.5° в.д. (авт средняя точка), N = 6	J2 150–160 млн. л	75.6	161.5	11.3	[Метелкин и др., 2007a]	0.8 ± 17.9/150 млн. л 1.6 ± 17.3/160 млн. л	0.4 ± 9.6/150 млн. л 5.5 ± 9.1/160 млн. л	+
16	Мало-Хамардабанская втс, (Забайкалье, базальты ичетуйской свиты), 50.9° с.ш., 106.5° в.д. (авт средняя точка) N = 4	J2 150–160 млн. л	36.0	179.3	5.3	[Метелкин и др., 2007a]	53.5 ± 10.3/150 млн. л 52.8 ± 9.4/160 млн. л	20.6 ± 6.2/150 млн. л 25.6 ± 5.4/160 млн. л	–

Таблица 2. Продолжение

№	Район, объект, Координаты, число сайтов (N)	Возраст согласно авторам	Plat (°)	Plong (°)	$\alpha 95/dp/dm$ (°)	Источник	R ± ΔR Различие палеосклонений/Возраст полуса сравнения (млн. лет)	F ± ΔF Различие палеоширот/Возраст полуса сравнения (млн. лет)	Результат сравнения палеоширот
17	Низовья Лены (Кюскор-Чекуровка) Терригенные породы (песчаники) 71.3 Å с.ш., 127.5° в.д. (условная общая точка) N = 4	J2 (165 млн. лет – авт)	59.3	139.2	5.7	[Метелкин и др., 2008]	107.1 ± 57.0/160 млн. л 83.3 ± 44.3/150 млн. л 113.0 ± 19.7/120 млн. л 119.6 ± 22.6/110 млн. л 126.3 ± 26.6/100 млн. л 127.3 ± 22.4/90 млн. л	8.2 ± 6.6/170 млн. л 7.8 ± 5.6/160 млн. л 3.9 ± 4.6/120 млн. л 2.6 ± 5.3/110 млн. л 2.2 ± 6.5/100 млн. л 5.4 ± 5.7/90 млн. л	– +
18	Моностой, Забайкалье, Базальты, 51.1° с.ш., 106.8° в.д. N = 5	J1 (190 млн. лет – авт)	43.3	131.4	22.7/23.6	[Cogne et al., 2005]	119.3 ± 55.0/190 млн. л	1.5 ± 17.2 190 млн. л	
19	Южный Таймыр, Силлы базитов, 74.8° с.ш., 100.6° в.д.	227–229 млн. л	47.1	121.6	4.8/5.3	[Waldherhaug et al., 2005]	10.1 ± 9.1/230 млн. л 14.1 ± 12.7/220 млн. л	1.8 ± 4.1/230 млн. л 3.4 ± 5.2/220 млн. л	+
20	Южный Таймыр, Перемагнитные осад. Породы, 75.2° с.ш., 100° в.д.	220–240 млн. л	49.6	128.8	8.5	[Torsvik and Andersen, 2002]	22.0 ± 34.5/240 млн. л 3.0 ± 16.6/230 млн. л 0.8 ± 14.0/220 млн. л	2.5 ± 11.7/240 млн. л 2.0 ± 7.2/230 млн. л 0.4 ± 6.4/220 млн. л	+
“СТАРЫЕ” ПОЛЮСЫ									
1	Попиайский кратер Андезиты, туфы, 71.5° с.ш., 111.0° в.д.	K1–K2*	66	170	11.1	Гусев, 1973 в [Палеомагнитные направления, 1973]	47.5 ± 24.5/40 млн. л 53.9 ± 25.2/30 млн. л	6.1 ± 8.5/40 млн. л 6.3 ± 8.7/30 млн. л	+
2	Чулым-Енисейская депрессия, глины, алевролиты 56.5° с.ш., 89.5° в.д.	K1, 110–146 млн. л	74	135	10.8	Поселова, 1971 в [Палеомагнитные направления..., 1971]	0.1 ± 21.1/150 млн. л 4.3 ± 20.1/140 млн. л 5.7 ± 19.2/130 млн. л 8.5 ± 19.2/120 млн. л 10.7 ± 19.7/110 млн. л 13.2 ± 20.8/100 млн. л	6.9 ± 9.3/150 млн. л 16.7 ± 9.0/140 млн. л 14.6 ± 8.2/140 млн. л 12.7 ± 8.1/130 млн. л 11.0 ± 8.5/120 млн. л 10.0 ± 9.3/110 млн. л	+
3	Хатангский прогиб, глины, алевролиты, 70.50° с.ш., 98.0° в.д.	K1, готерив 133–136 млн. л	73	178	5.5	Поселова, 1971 в [Палеомагнитные направления..., 1971]	9.6 ± 14.0/140 млн. л 12.3 ± 11.3/130 млн. л	–3.9 ± 5.8/140 млн. л –2.3 ± 4.6/130 млн. л	+

Таблица 2. Окончание

№	Район, объект, Координаты, число сайтов (N)	Возраст согласно авторам	Plat (°)	Plong (°)	$\alpha 95/dp/dm$ (°)	Источник	R ± ΔR Различие палеосклонений/Возраст полюса сравнения (млн. лет)	F ± ΔF Различие палеоширот/Возраст полюса сравнения (млн. лет)	Результат сравнения палеоширот
4	Анабарский залив, глины, алевролиты, 75° с.ш., 114° в.д.	K1, валанжин 138–140 млн. л	63	174	5.4	Поспелова и др., 1968 в [Палеомагнитные направления, 1971]	20.6 ± 26.1/150 млн. л 36.6 ± 16.0/140 млн. л 38.8 ± 12.0/130 млн. л 44.2 ± 11.8/120 млн. л	11.8 ± 6.2/150 млн. л 2.5 ± 5.8/140 млн. л 4.6 ± 4.5/130 млн. л 6.6 ± 4.4/120 млн. л	+
5	Нижнее течение р. Лена, Песчаники, 72.6° с.ш., 124.70° в.д.	J3–K1, 100–161 млн. л	71	145	8.0	Писарев-ский, 1982 в [Палеомагнитные направления, 1982]	12.6 ± 63.4/160 млн. л 34.6 ± 58.9/150 млн. л 42.4 ± 53.4/140 млн. л 46.1 ± 52.3/130 млн. л 52.9 ± 52.2/120 млн. л 58.9 ± 53.2/110 млн. л 65.7 ± 55.5/100 млн. л	0.3 ± 7.0/160 млн. л 3.9 ± 7.6/150 млн. л –13.9 ± 7.2/140 млн. л –12.0 ± 6.2/130 млн. л –10.4 ± 6.2/120 млн. л –9.0 ± 6.7/110 млн. л 8.4 ± 7.7/100 млн. л	+
6	Хаганский прогиб, песчаники, алевролиты 70.5° с.ш., 98.0° в.д.	J1, титон 146–151 млн. л	54	123	5.6	Поспелова, 1971 в [Палеомагнитные направления, 1971]	72.4 ± 19.1/160 млн. л 85.3 ± 19.8/150 млн. л 96.0 ± 15.5/140 млн. л	5.5 ± 5.6/160 млн. л 2.0 ± 6.3/150 млн. л 7.3 ± 5.9/140 млн. л	+

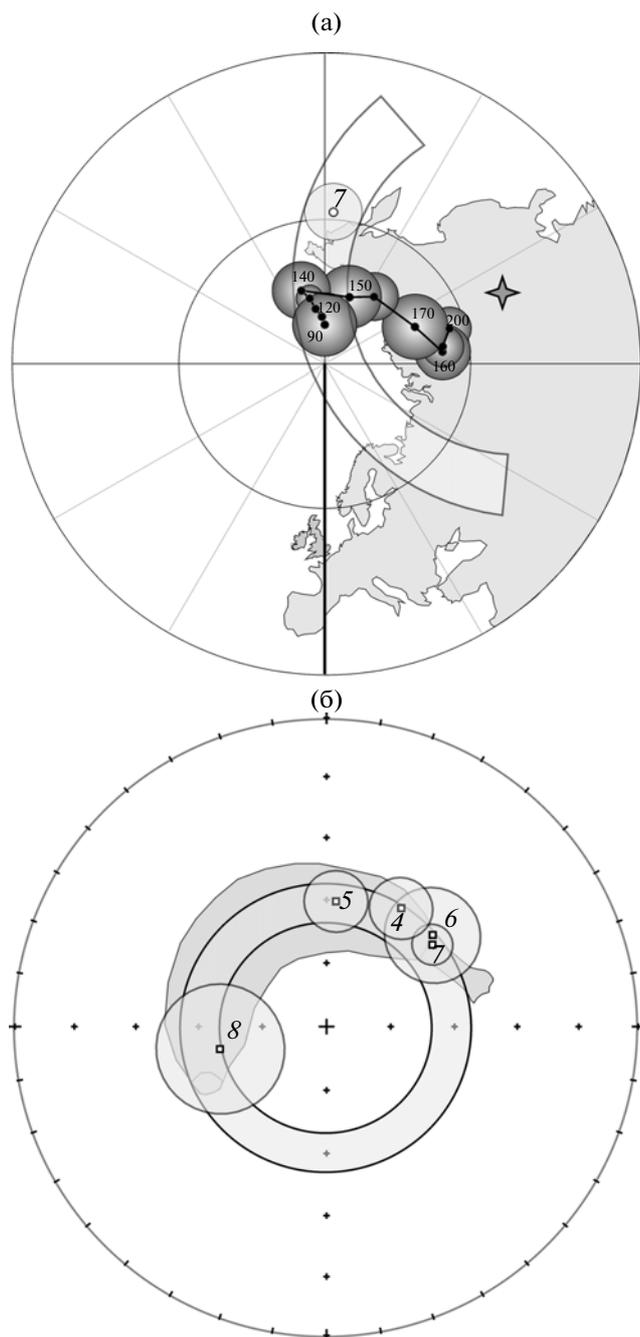
* В настоящее время возраст Попигайского кратера оценивается цифрой 35.7 ± 0.2 Ма [Armstrong et al., 2002].

Plat – широта полюса, Plong – долгота полюса, α95 – радиус круга доверия, dp/dm – радиус овала доверия;

R ± ΔR – разница наблюдаемой и ожидаемой (из европейской референтной кривой) склонения и погрешность ее определения;

F ± ΔF – разница наблюдаемой и ожидаемой (из европейской референтной кривой) палеоширот и погрешность ее определения;

J1, J2, J3 – ранняя, средняя и поздняя юра; K1, K2 – ранний и поздний мел.



ли имеется) будет указывать, скорее всего, на наличие локальных вращений блоков вокруг вертикальных осей (см. также для иллюстрации рис. 5).

Как видно из таблицы и рис. 6 только 2 (!) из 20 имеющихся определений дают статистически значимое отличие “наблюденных” палеоширот от ожидаемых. Это определения по низовьям Лены [Метелкин и др., 2008] и по Мало-Хамардабанской вулcano-тектонической структуре.

Среднеюрское определение по низовьям реки Лена вызывает определенные сомнения поскольку:

Рис. 5. (а) — Иллюстрация согласования по широте. Согласование нижнемелового полюса р. Ингода с ниже-меловым участком европейской референтной кривой КМП. Отход полюса от кривой легко объясняется локальными вращениями в районе р. Ингода. Последовательность залитых кружков, внутри окружностей, соединенных прямолинейными отрезками — сегмент европейской референтной кривой [Bess, Courtillot, 2002]. Полюсы показаны с соответствующими доверительными кругами. Цифры рядом с этими кружками — возрасты полюсов. Отдельно расположенный кружок с цифрой 7 — полюс р. Ингода (см. табл. 2). Четырехугольная звездочка отмечает расположение места, где получен полюс. Светлая дуга — сегмент малого круга, по которому, вероятно, происходило вращение полюса р. Ингода. (б) — “Бананообразное распределение” средних палеомагнитных направлений раннего мела Забайкалья указывает на существование в регионе значительных локальных вращений блоков. Квадраты с окружностями обозначают средние направления и их доверительные круги, цифры — указывают номер определения из табл. 2, которому соответствует данное палеомагнитное направление. Светлая окружность вокруг центра стереограммы показывает малый круг, по которому, вероятно, происходило вращение палеомагнитных направлений.

1) получено по региону, где очень широко распространено ранне-поздне-меловое перемагничивание [Павлов и др., 2004];

2) основано на данных только одной полярности (притом, что среднеюрское время характеризовалось повышенной частотой инверсий);

3) хорошо согласуется по палеоширотам с европейскими полюсами из временного интервала, отвечающего вероятному периоду перемагничивания.

Определение по Мало-Хамардабанской вулcano-тектонической структуре также кажется требующим проверки, поскольку не согласуется по палеошироте с данными по близким по возрасту вулcano-тектоническим структурами этого же региона. Последнее может быть вызвано, например, проблемами с определением истинного залегания изученных пород.

Таким образом, из 20 определений — 18 полностью согласуется по широте с европейской кривой КМП. Отклонение оставшихся 2-х определений легко объясняется либо через геологическую ситуацию, либо через последующее перемагничивание. Следовательно, палеомагнитные данные по складчатому обрамлению Сибирской платформы отлично согласуются с гипотезой жесткости Северной Евразии.

В завершение этого раздела обратим внимание на “бананообразное” распределение раннемеловых палеомагнитных определений, полученных по Забайкалью (см. табл. 2 рис. 5). Последнее с высокой вероятностью указывает на широкое

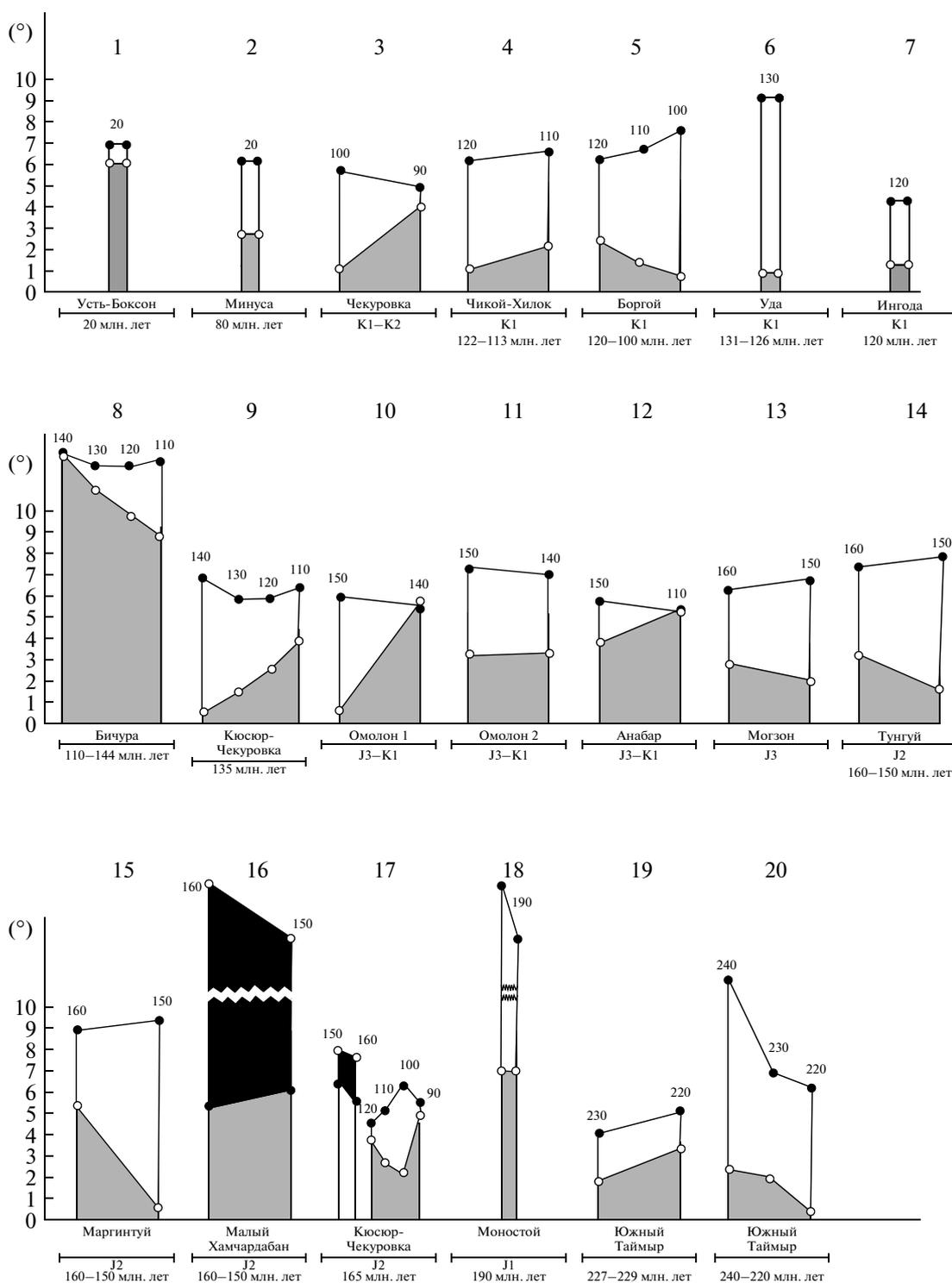


Рис. 6. Анализ расхождения измеренных палеоширот и палеоширот, рассчитанных из референтной кривой [Besse, Courtillot, 2002]. Номера столбиков отвечают номеру палеомагнитного определения из табл. 2. В каждом столбике сравнивается расхождение наблюдаемых и ожидаемых палеоширот (исходя из референтной кривой [Besse, Courtillot, 2002]) с погрешностью определения этого расхождения. Если расхождение палеоширот значимо – оно показано черным цветом, если незначимо – белым. Цифры над столбиками – временные уровни (в млн. лет), для которых производится сравнение.

развитие в регионе локальных вращений тектонических блоков.

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ позволяет сделать следующие заключения:

1). Взаимное положение пермо-триасовых полюсов Стабильной Европы и Сибирской платформы противоречит возможности их относительных перемещений в послепалеозойское время.

2). Мезозойские палеомагнитные полюсы Сибирской платформы поддерживают гипотезу жесткой Северной Евразии.

3). Палеошироты мезозойских объектов складчатого обрамления Сибирской платформы отлично согласуются с европейской кривой кажущейся миграции полюса.

Это означает, что

– Современные палеомагнитные данные достаточно определенно указывают на то, что консолидация Северо-Евразийского континента завершилась к концу перми и с самого начала мезозоя Сибирская и Восточно-Европейская платформы являются частями единого жесткого мегаблока.

– Мезозокайнозойский сегмент европейской кривой кажущейся миграции полюса может использоваться как референтный для Сибирской платформы.

Работа была выполнена при поддержке РФФИ гранты 12-05-91051-НЦНИ-а, 12-05-00403-а и NSF грант EAR-0807585. Автор благодарит рецензентов Г.З. Гурария и Ш.А. Мухамедиева за конструктивную критику исходного варианта статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аглонов С.В.* Геодинамика глубоких осадочных бассейнов, СПб. 2000. 210 с.
- Баженов М.Л., Моссаковский А.А.* Горизонтальные перемещения Сибирской платформы по палеомагнитным и геологическим данным // Геотектоника. 1986. № 1. С. 59–69.
- Бачманов Д.М., Н.Н. Говорова, С.Ф. Скобелев, В.Г. Трифонов.* Неотектоника Урала (проблемы и решения) // Геотектоника. 2001. № 5. С. 61–75.
- Бондаренко Г.Е., Диденко А.Н.* Новые геологические и палеомагнитные данные по юрско-меловой истории Омолонского массива // Геотектоника. 1997. № 2. С. 14–26.
- 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.
- Веселовский Р.В., Галле И., Павлов В.Э.* Палеомагнетизм траппов долин рек Подкаменная Тунгуска и Котуй: к вопросу о реальности послепалеозойских относительных перемещений Сибирской и Восточно-Европейской платформ. 2003 // Физика Земли. Т. 39. № 10. С. 78–94.
- Земцов В.А.* Векторы угловых скоростей главных доменов Евразии в фанерозое и увеличение периода вращения Земли // Физика Земли. 2009. № 1. С. 85–93.
- Казанский Ю.П., Мозгунова Е.В., Москвин В.И., Солотчина Э.П.* Состав и строение триасовых вулканогенных отложений сверхглубокой скважины ТСГ-6 // Геология и геофизика. 1995. Т. 36. № 6. С. 157–164.
- Казанский А.Ю., Метелкин Д.В., Брагин В.Ю., Кунгурцев Л.В.* Палеомагнетизм пермотриасового траппового комплекса Кузнецкого прогиба (Южная Сибирь) // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 11. С. 1107–1120.
- Киричкова А.И., Куликова Н.К., Овчинникова Л.Л. и др.* Биостратиграфическое расчленение мезозойских отложений, вскрытых Тюменской сверхглубокой скважиной // Стратиграфия и геологическая корреляция. 1999. Т. 7. № 1. С. 71–85.
- Кременецкий А.А., Гладких В.С.* Низкокальциевые толеитовые базальты – индикатор эволюции палеогеодинамических обстановок и прогноза глубинного углеводородного сырья (по данным Тюменской сверхглубокой скважины СГ-6) // Геохимия. 1997. № 6. С. 609–617.
- Кременецкий А.А., Алексеева А.К., Диденко М.И.* Прогноз нефтегазоносности Западной Сибири по данным глубинных геолого-геофизических исследований // Разведка и охрана недр. 2002. № 5. С. 73–80.
- Легенда к Государственной геологической карте Российской Федерации. Масштаб 1 : 200000 (серия Алданская). СПб. 2003.
- Максимов Е.П., Уютов В.И., Никитин В.М.* Перспективы мезозойского эндогенного оруденения в Центральном-Алданском рудном районе // Вестник госкомгеологии РС (Я). 2004. № 1.
- Метелкин Д.В., Гордиенко И.В., Жао Х.* Палеомагнетизм нижнемеловых вулканитов Забайкалья: свидетельство в пользу мезозойских сдвиговых перемещений в структуре Центральной Азии // Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 12. С. 1404–1417.
- Метелкин Д.В., Гордиенко И.В., Климук В.С.* Палеомагнетизм верхнеюрских базальтов Забайкалья: новые данные о времени закрытия Монголо-Охотского океана и мезозойской внутриплитной тектонике Центральной Азии // Геология и геофизика. 2007а. Т. 48. № 10. С. 1061–1073.
- Метелкин Д.В., Казанский А.Ю., Брагин В.Ю., Цельмович В.А., Лавренчук А.В., Кунгурцев Л.В.* Палеомагнетизм позднемеловых интрузий Минусинского прогиба (Южная Сибирь) // Геология и геофизика. 2007б. Т. 48. № 2. С. 238–253.
- Метелкин Д.В., Верниковский В.А., Казанский А.Ю., Каширцев В.А., Брагин В.Ю., Кунгурцев Л.В.* Мезозойский интервал траектории кажущегося движения полюса Сибирского домена Евразийской плиты // Докл. РАН. 2008. Т. 418. № 4. С. 500–505.
- Молостовский Э.А., Храмов А.Н.* Магнитостратиграфия и ее значение в геологии. 1997. Изд-во Саратовского Университета. С. 177.
- Павлов В.Э., Галле И., Шаццло А.В., Водовозов В.Ю.* Палеомагнетизм нижнего кембрия долины нижнего

течения р. Лена — новые ограничения на кривую кажущейся миграции полюса Сибирской платформы и аномальное поведение геомагнитного поля в начале фанерозоя. 2004 // Физика Земли. № 2. С. 28—49.

Павлов В.Э., Максимов Е.П. Палеомагнетизм мезозойских магматических образований Рябиновского массива (юг Сибирской платформы, Центральнo-Алданский район). Палеомагнетизм и магнетизм горных пород. 2006. С. 118—121.

Павлов В.Э., Каретников А.С. Новый мезозойский палеомагнитный полюс Сибирской платформы и проблема ригидности Северо-Евразийского кратона в послепалеозойское время. ХЛТ Тектоническое совещание “Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики”. М.: ГЕОС. 2008. С. 70—74.

Палеомагнитные направления и палеомагнитные полюса. Данные по СССР / Ред. Храмов А.Н. Вып. 1. Л. 1971. 124 с.

Палеомагнитные направления и палеомагнитные полюса. Данные по СССР / Ред. Храмов А.Н. Вып. 2. М. 1973. 89 с.

Палеомагнитные направления и палеомагнитные полюса. Материалы мирового центра данных Б. Данные по СССР / Под ред. Храмова А.Н. Вып. 5. М. 1982.

Печерский Д.М., Диденко А.Н. Палеоазиатский океан. Петромагнитная и палеомагнитная информация о его литосфере. М. 1995. 296 с.

Савостин Л.А., Павлов В.Э., Бондаренко Г.Е., Сафонов В.Г. Средне- и верхнеюрские отложения западного склона Омолонского массива (Северо-Восток России): условия формирования и палеомагнетизм // Докл. РАН. 1993. Т. 333. № 4. С. 481—486.

Шаццло А.В., Шипунов С.В., Орлов С.Ю., Жарков И.Ю., Баженов М.Л. Новые палеомагнитные данные по татарскому ярусу Русской платформы. Палеомагнетизм и магнетизм горных пород / Ред. Гапеев. 2006. М.: Геос. С. 171—177.

Armstrong R., Vishnevsky S., Koeberl. U-Pb analyses of zircons from the Popigai impact structure, Russia: first results, Meteorite Impacts in Precambrian Shields / Eds. Plado J., Pesonen L. Impact Studies. V. 2. P. 109—116. Springer, Heidelberg-Berlin. 2002.

Bazhenov M.L., Grishanov A.N., Voo R.V.d., Levashova N.M. Late Permian palaeomagnetic data east and west of the Urals // Geophys. J. Int. 2008. V. 173. P. 395—408.

Besse J., Courtillot V. Apparent and true polar wander and the geometry of the geomagnetic field in the last 200 millions years // J. Geoph. Res. 2002. V. 107. № B11.

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 Northerly Siberia, Institut of the lithosphere of marginal seas, Russian academy of science, Moscow. 1998.

Cogne J.P., Nalim N., Chen Y., Courtillot V. Resolving the problem of shallow magnetizations of Tertiary age in Asia: insights from paleomagnetic data from the Qiangtang, Kunlun, and Qaidam blocks (Tibet, China), and a new hypothesis // JGR. 1999. V. 104. № B8. P. 17715—17734.

Jean-Pascal Cogne, Vadim A. Kravchinsky, Nadir Halim, Fatim Hankard. Late Jurassic—Early Cretaceous closure of the Mongol-Okhotsk Ocean demonstrated by new Meso-

zoic palaeomagnetic results from the Trans-Baikal area (SE Siberia) // Geophys. J. Int. (2005). V. 163. P. 813—832.

Hankard F., Cogne J.-P., Kravchinsky V., Carporzen L., Bayasgalan A., Lklavadorj P. New Tertiary paleomagnetic poles from Mongolia and Siberia at 40, 30, 20 and 13 Ma : clues on the inclination shallowing problem in Central Asia // J. Geophys. Res. 2007. V. 112. B02101, doi:10.1029/2006JB004488.

Housa V., Pruner P., Zakharov V.A., Kostak M., Chadima M., Rogov M.A., Slechta S., Mazuch M. Boreal—Tethyan Correlation of the Jurassic—Cretaceous Boundary Interval by Magneto- and Biostratigraphy. Stratigraphy and Geological Correlation. 2007. V. 15. № 3. P. 297—309. © Pleiades Publishing, Ltd., 2007. Original Russian Text published in Stratigrafiya. Geologicheskaya Korrelyatsiya. 2007. V. 15. № 3. P. 63—75.

Khramov A.N., Komissarova R.A., Iosifidi A.G., Popov V.V., Bazhenov M.L. Upper Tatarian magnetostratigraphy of the Sukhona River sequence: a re-study / Troyan V.N., Semenov V.S., Kubysheva M.V. (Eds.). 6th International Conference “Problems of Geocosmos. St. Petersburg State University, St. Petersburg. 2006. P. 317—321.

Kravchinsky V.A., Cogne J.-P., Harbert W.P., Kuzmin M.I. Evolution of the Mongol—Okhotsk Ocean as constrained by new palaeomagnetic data from the Mongol—Okhotsk suture zone, Siberia // Geophys. J. Int. 2002. V. 148. P. 34—57.

Pavlov V., Courtillot V., Bazhenov M., Veselovsky R. Paleomagnetism of the Siberian traps: new data and a new overall 250 Ma pole for Siberia // Tectonophysics. 2007. V. 443. P. 72—92.

Reichow M.K., Saunders A.D., White R.V., Pringle M.S., Al'Mukhamedov A.I., Medvedev A.I., Kirida N.P. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dates from the West Siberian Basin Siberian flood basalt province doubled // Science. 2002. V. 296. P. 1846—1849.

Torsvik T.H., Van der Voo R., Meert J.G., Mosar J., Walderhaug H.J. Reconstruction of the continents around the North Atlantic at about the 60th parallel // Earth Planet. Sci. Lett. 2001. V. 187. P. 55—69.

Torsvik T.H., Andersen T.B. The Taimyr fold belt, Arctic Siberia: timing of pre-fold remagnetisation and regional tectonics // Tectonophysics. 2002. V. 352. P. 335—348.

Van der Voo R. Paleomagnetism of the Atlantic tethys and Iapetus oceans. Cambridge Univ. Press. 1993. 411 pp.

Van der Voo R., Torsvik T.H. 2004. The quality of the European Permo-Triassic paleopoles and its impact on Pangea reconstructions, in Timescales of the Paleomagnetic Field / Eds Channell J.E.T., Kent D.V., Lowrie W., Meert J.G. AGU Geophys. Monogr. V. 135. P. 29—42.

Veselovskiy R.V., Pavlov V.E. New paleomagnetic data for the Permian-Triassic Trap rocks of Siberia and the problem of a non-dipole geomagnetic field at the Paleozoic-Mesozoic boundary // Russian Journal of Earth Sciences. 2006. V. 8. № 1. 2005ES000195.

Walderhaug H.J., Eide E.A., Scott R.A., Inger S., Golionko E.G. Palaeomagnetism and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology from the South Taimyr igneous complex, Arctic Russia: a Middle-Late Triassic magmatic pulse after Siberian flood-basalt volcanism // Geophysical Journal International. V. 163. Issue 2. P. 501—517.