УДК 550.384.5+551.248.1

НОВЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ ПО АНАБАРСКОМУ ПОДНЯТИЮ И УЧУРО-МАЙСКОМУ РАЙОНУ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ РИФЕЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

© 2008 г. Р. В. Веселовский*, В. Э. Павлов*, П. Ю. Петров**

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

*** Геологический институт РАН, г. Москва*

Поступила в редакцию 5.05.2008 г.

Приводятся результаты палеомагнитных исследований опорных разрезов рифея и позднепротерозойских интрузивных тел двух удаленных районов Сибирской платформы. В пределах Учуро-Майского района были изучены осадочные породы гонамской, омахтинской, эннинской и кондёрской свит; на северном и западном склонах Анабарского поднятия - рифейские осадочные породы бурдурской и котуйканской свит, а также позднепротерозойские интрузивные комплексы, расположенные в бассейнах рек Фомич, Маган, Джогджо и Котуйкан. Полученные в ходе настоящей работы палеомагнитные полюсы и современные геохронологические данные дают основания предполагать, что: 1) накопление рифея Анабарского поднятия происходило после формирования учурской серии Учуро-Майского района и завершилось к рубежу 1.5 млрд. лет; 2) кондёрские слои, сопоставляемые согласно принятой в настоящее время схеме корреляции [Семихатов и Серебряков, 1983] с низами тоттинской свиты, могут относиться к значительно более древнему стратиграфическому уровню; 3) внедрение изученных интрузивных тел северного и западного склонов Анабарского поднятия происходило неодновременно, хотя и в близкие интервалы времени около 1.5 млрд. лет тому назад. Проведена оценка кинематических параметров дрейфа Сибирской платформы в интервале 1.7-1.0 млрд. лет.

Ключевые слова: **Палеомагнетизм, Сибирская платформа, рифей, поздний протерозой, мезопротерозой, геохронология, стратиграфия, палеомагнитный полюс.**

Введение

Новые изотопно-геохронологические данные все чаще приходят в противоречие с устоявшимися представлениями о докембрийской геологической истории тех или иных ключевых регионов и опорных разрезов [Хоментовский, 2005; Худолей, 2003], и с новой силой ставят вопрос о рамках применимости в докембрии традиционных историко-геологических и биостратиграфических методов. В этой ситуации очевидна насущная необходимость применения палеомагнитного метода, дающего независимую информацию, которая может иметь большое значение для сопоставления и корреляции разрезов, для определения возраста пород, для решения различных палеогеографических и палеотектонических задач.

Важным, если не основным инструментом палеомагнитных исследований докембрия являются кривые кажущейся миграции полюса (КМП), разработка палео- и мезопротерозойских сегментов которых становится все более актуальной. Кривые КМП представляют собой временные последовательности либо индивидуальных, либо так или иначе осредненных палеомагнитных полюсов (в том числе и через их аналитическую аппроксимацию). Кривые КМП базируются на результатах индивидуальных палеомагнитных определений: чем их больше и чем выше их качество, тем надежнее соответствующая кривая КМП.

Представляемые в настоящей работе новые палеомагнитные определения, полученные нами по рифейским породам Анабарского поднятия и Учуро-Майского района, с одной стороны, предназначены внести свой вклад в разработку мезопротерозойского сегмента кривой КМП Сибирской платформы, с другой стороны, уже сейчас могут быть использованы для решения ряда задач стратиграфии и палеогеографии Сибири.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ВОЗРАСТ ИЗУЧЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Расположение районов исследований схематично показано на схеме Сибирской платформы (рис. 1). Более детальные геологические схемы с нанесенными на них исследованными обнажениями, представлены на рис. 3-5.

Северный и Западный склоны Анабарского поднятия.

Центральная часть Анабарского поднятия сложена глубокометаморфизованными архейскими и раннепротерозойскими породами, которые по его периферии перекрыты рифей-палеозойским осадочным чехлом. В составе рифея здесь выделяются терригенная мукунская и терригенно-карбонатная билляхская серии, которые залегают моноклинально

с углами падения в первые градусы и местами содержат дайки и силлы позднепротерозойского возраста [Округин, 1999; Шпунт и др., 1982] (рис. 2, б).

Датировки обломочных цирконов из низов мукунской серии указывают, что ее накопление началось не раньше, чем 1690±9 млн. лет назад [Khudoley et al., 2007], а судя по рубидий-стронциевым и калий-аргоновым датировкам глауконитов из основания билляхской серии [Горохов и др., 1991], завершилось до 1400 млн. лет назад. Rb/Sr изотопные данные по аргиллитам юсмастахской свиты указывают, что билляхская серия была сформирована до 1250 млн. лет [Горохов и др., 2001]. Выполненное Эрнстом с соавторами [Ernst et al., 2000] определение U/Pb изотопного возраста по бадделеиту дайки на восточном склоне Анабарского поднятия, прорывающей нижнюю часть юсмастахской свиты [Худолей, 2003], составляет 1384±2 млн. лет. Определение изотопного возраста интрузивного тела долины реки Фомич (Sm/Nd метод), прорывающего устьильинскую свиту, составляет 1513±51 млн. лет [Веселовский и др., 2006]. Таким образом, имеющиеся изотопные датировки позволяют говорить о том, что большая часть анабарского рифея накопилась в интервале 1690-1380 млн. лет. Такому выводу не противоречат палеонтологические [Сергеев, 2003; 2005] и хемостратиграфические данные [Knoll et al., 1995].

В пределах **западного крыла Анабарского поднятия (рис. 3)**, в долинах рек Маган, Джогджо и Котуйкан, был изучен интрузивный магматический комплекс, представленный дайками и силлами долеритов, внедренными в доломиты котуйканской и юсмастахской свит. На протяжении около 150 км было опробовано 15 интрузий. Из каждого тела было отобрано 10-20 ориентированных образцов; в ряде случаев были опробованы и контактовые зоны интрузий с вмещающими породами. K/Ar датировки, полученные ранее лишь для двух силлов и секущих их даек долины реки Джогджо (рис. 3, точки 4-7, 70), попадают в интервал от 1397±4 до 1007±12 млн. лет [Шпунт и др., 1982]. Согласно [Округин, 1999], все изученные нами интрузивные тела относятся к области развития Западно-Анабарского дайкового роя, образовавшегося в интервале 1400-900 млн. лет. Для палеомагнитных исследований были также опробованы песчаники бурдурской, лабазтахской и устьильинской свит в долине р.Маган.

На **северном склоне Анабарского поднятия (рис. 4)**, в долине р.Фомич, были опробованы силлы мощностью в первые десятки метров и редкие маломощные (до 25 м) дайки, сложенные долеритами. На протяжении более 150 км, в 15 точках, было опробовано 8 интрузивных тел, в каждом из которых было отобрано не менее 10 ориентированных образцов. Интрузивные тела этого района относятся к Северо-

Анабарскому дайковому рою, возраст которого оценивается в работе [Округин, 1999] как 1300-900 млн. лет. С целью получения более определенной датировки из исследованного нами в точках 12 и 13 интрузивного тела были отобраны геохимические пробы, Sm/Nd изотопный возраст которых составил 1513±51 млн. лет [Веселовский и др., 2006]. Для палеомагнитного анализа были опробованы красноцветные песчаники бурдурской свиты (точки 11 и 26) и пестроцветные доломиты котуйканской свиты (точки 24 и 25). Для проведения теста контакта были опробованы дайки, прорывающие породы как бурдурской (точка 11), так и котуйканской (точки 24 и 25) свит.

Учуро-Майский район (рис. 5).

Для рифейских толщ Учуро-Майского района и внедренных в них магматических тел современные изотопные определения крайне немногочисленны (рис. 2, б). В нижних горизонтах учурской серии найдены обломочные цирконы с U/Pb возрастом 1717±32 млн. лет [Худолей и др., 1999, Khudoley et al., 2001], а рвущая эти горизонты дайка имеет Sm/Nd возраст 1339±54 млн. лет [Khudoley et al., 2007]. Наиболее молодые гранитоиды Улканского грабена, перекрытые учурской серией, имеют изохронный U/Pb возраст по циркону 1703±18 млн. лет [Неймарк и др., 1992]. Песчаники нижних горизонтов тоттинской свиты содержат обломочные цирконы с U/Pb возрастом 1300±5 млн. лет [Худолей и др., 1999, Khudoley et al., 2001], а по последним данным – около 1100 млн. лет [Худолей и др., 2007]. Довольно многочисленные Rb/Sr и K/Ar определения изотопного возраста, полученные в 60-80-ые годы по рифейским свитам Учуро-Майского района, зачастую противоречивы и, очевидно, являются омоложенными [Семихатов и др., 1987, 1991; Шенфиль, 1991].

Нами исследованы осадочные породы гонамской, омахтинской и эннинской свит учурской серии нижнего рифея, а также кондёрской свиты [Неволин и др., 1978], рассматриваемой в настоящее время в качестве нижней подсвиты тоттинской свиты среднерифейской керпыльской серии [Семихатов, Серебряков, 1983]. Отметим, что кондёрские слои долгое время отождествлялись с эннинской свитой [Нужнов, 1967; Потапов и др., 1974] и результаты проведенных нами исследований (см. ниже), возможно, отчасти поддерживают эту точку зрения. Разрезы названных свит изучались в долинах рек Мулам, Идюм, Алгама, Гонам, Учур, Б.Аим и Аим (рис. 5), где падение пород в большинстве случаев не превышает 10°. Гонамская свита в 10 изученных обнажениях представлена пестроцветными песчаниками, алевритами и редкими прослоями доломитов. Опробованные в 7 точках породы омахтинской свиты сложены красноцветными

доломитами, а также слоями пестроцветных алевролитов и песчаников. Эннинская свита опробована в двух обнажениях, в которых представлена красноватыми песчаниками с редкими прослоями доломитов. Отобранная в четырех обнажениях кондёрская свита представлена переслаиванием пестроцветных аргиллитов и алевролитов с редкими маломощными пачками кирпично-красных песчаников.

ПАЛЕОМАГНИТНЫЙ АНАЛИЗ

Методика

Лабораторные палеомагнитные исследования выполнялись в Институте физики Земли РАН (г. Москва), Парижском институте физики Земли и Мюнхенском университете в соответствии со стандартной методикой [Zijderveld, 1967; Храмов, 1982; Шипунов, 1999; Collinson, 1980; Kirschvink, 1980; McFadden and McElhinny, 1988, 1990; Enkin, 1994; Torsvik et al., 1990]. Все образцы были подвергнуты детальной температурной чистке, которая выполнялась до температур 580-700°C.

Число шагов чистки обычно составляло не менее 15, в ряде случаев детальность чистки увеличивалась до 25 шагов. Для размагничивания образцов использовались немагнитные печи (в том числе TSD-2 “Schonstedt” и TD-48 ASC) с величиной нескомпенсированного поля не более 5-10 нТ. Измерения остаточной намагниченности производились на криогенном магнитометре фирмы 2-G Enterprises и спин-магнитометре JR-4. Измерения намагниченности выполнялись в пространстве, экранированном от внешнего магнитного поля. Обработка измерений выполнялась при помощи пакетов программ Р.Энкина [Enkin, 1994] и Ж.П.Конэ [Cogne, 2003], использующих при выделении компонент намагниченности метод PCA [Kirschvink, 1980].

Результаты магнитных чисток

Западный склон Анабарского поднятия

Температурная чистка выявила наличие четко интерпретируемой палеомагнитной записи в десяти сайтах, представляющих девять из пятнадцати исследованных интрузивных тел. Естественная остаточная намагниченность изученных образцов имеет в своем составе одну, две или три компоненты намагниченности. В самом простом случае выделяется единственная компонента намагниченности, разрушающаяся при нагревании до температуры около 580-595°C (рис. 6, а) и связанная, по всей видимости, с магнетитом. В случае двухкомпонентной намагниченности выделяются низко- и высокотемпературная компоненты. Низкотемпературная компонента НТ разрушается при нагреве до 190-250°C

и имеет, судя по направлению, современный возраст. Высокотемпературная компонента ВТ выделяется в интервале температур от 190° до 595°С (рис. 6, б).

В случае трехкомпонентной намагниченности, помимо названных, выделяется (в интервале 300-540°С) еще и среднетемпературная компонента намагниченности СТ (рис. 6, в). Компоненты СТ и ВТ направлены в противоположные стороны, однако не строго антиподальны: угол между ними отличается от 180º на величину порядка 20º.

Компонента СТ могла бы быть результатом перемагничивания пород вследствие их вторичного прогрева, источником которого могли являться либо более молодые протерозойские интрузии, либо трапповые образования пермо-триасового возраста. Однако следы такого перемагничивающего события следовало бы ожидать в палеомагнитной записи всех образцов в пределах одного тела, а не в единичных случаях, как это наблюдается. Направление компоненты СТ резко отличается от ожидаемого направления траппового перемагничивания, что опровергает и эту гипотезу. Возможным объяснением наблюдаемого поведения вектора намагниченности может служить явление его частичного самообращения, подобное обнаруженному нами в близких по составу основных породах пермо-триасовой трапповой интрузии р.Столбовая [Гапеев и др., 2003]. Отличие же компонент ВТ и СТ от антиподальности логично объяснить неполным удалением современной компоненты намагниченности при выделении компоненты СТ, что подтверждается тем фактом, что проекция вектора СТ на стереограмме лежит на большом круге, соединяющим проекции векторов современного поля и компоненты ВТ.

Температурные чистки образцов осадочных пород бурдурской, лабазтахской и устьильинской свит выявили в них либо современную компоненту намагниченности, либо крайне шумный палеомагнитный сигнал, интерпретация которого не представляется возможной.

Образцы осадочных пород юсмастахской свиты, отобранные из приконтактовых зон интрузивов для проведения теста контакта, несут крайне шумный палеомагнитный сигнал, не поддающийся интерпретации.

Рассчитанные направления высокотемпературной компоненты намагниченности интрузивных тел Западного Прианабарья (среднетемпературная компонента при расчетах не использовалась) приведены в таблице 1 и отражены на рис. 6 (г).

В пользу первичности намагниченности пород интрузивных тел долин рек Джогджо и Котуйкан свидетельствует: (а) указание на возможность частичного самообращения намагниченности в нескольких образцах, (б) выдержанность выделенных компонент намагниченности на большой территории, а так же (в) отличие рассчитанных

палеомагнитных полюсов от более молодых полюсов Сибирской платформы. Палеомагнитный полюс, отвечающий компоненте ВТ (табл. 3, №1), лежит в непосредственной близости от ранне-среднерифейских палеомагнитных полюсов Ангаро-Анабарского блока Сибирской платформы, полученных ранее К.М.Константиновым и Е.Л.Гуревичем (силлы Сололи) и Р.Эрнстом (куонамский и чиэресский дайковые рои) (табл. 4, рис. 10, №19, 20, 27, 28), что также служит одним из доводов для обоснования первичности намагниченности исследованных интрузивных тел.

Северный склон Анабарского поднятия

Во всех изученных обнажениях, кроме одного (рис. 4, точка 75), детальные температурные чистки (после удаления к 160-250°С современной намагниченности) позволяют уверенно выделить древнюю высокотемпературную характеристическую компоненту (рис. 7, а-в).

Характеристическая компонента имеет как прямую, так и обратную полярность, причем часто это может наблюдаться в одном и том же обнажении (рис. 4, точки 16, 17, 18, 20, 22, 23, 24). Эта компонента намагниченности разрушается в интервале температур от 250° до 580°С; носителями ее являются, очевидно, магнетит и низкотитанистый титаномагнетит.

При исследовании В.А.Цельмовичем (ГО «Борок») образцов из интрузивных тел долины реки Фомич с помощью микрозонда «Camebax», найдены структуры двухэтапного высокотемпературного гетерофазного окисления титаномагнетита с ламелями ильменита (гемоильменита), размером от 0,2 до 10 мкм. Согласно [Гапеев и др., 1986], крупные ламели размером 1-10 мкм формировались при высокой температуре (ориентировочно при 1100ºС), а мелкие, с размером от 0,3 мкм до 0,7 мкм, – при температуре 500-700ºС. Эти данные, наряду с ограниченным развитием вторичных низкотемпературных изменений зерен, свидетельствуют в пользу термоостаточной природы выделенной характеристической компоненты намагниченности.

Важно отметить, что в ряде образцов выделяются две практически противоположно направленные компоненты намагниченности (рис. 7, в), что, по аналогии с приведенным выше примером намагниченности пород долины реки Джогджо, может указывать на частичное самообращение намагниченности.

Тест обращения [McFadden, McElhinny, 1990], выполненный на уровне образцов, показывает, что полученные направления статистически (на 95%-ом уровне значимости) различаются (γ/γ_c = 12.4º/11.5º). 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, практически не будет отличаться от истинного.

Совпадение палеомагнитных направлений дайки и пород бурдурской свиты в обнажении 11, и, в то же время, отличие этих направлений (γ/γ_{cr} = 27.4/5.8) от соответствующего направления пород бурдурской свиты в обнажении 26, расположенного на заметном расстоянии (4 км) от дайки, позволяет говорить о положительном результате теста контакта (рис 8, а).

Осреднение рассчитанных палеомагнитных направлений производилось на уровне сайтов. В тех случаях, когда сайты изначально представляли одно и то же магматическое тело (рис. 4, точки 12-13; 14-15; 16-17; 21-22), при вычислении среднего направления они объединялись. Средние направления характеристической намагниченности, рассчитанные для каждого из 11 сайтов, показаны на рис. 8 (г) и приведены в таблице 1. Соответствующий палеомагнитный полюс (№2) приведен в таблице 3 и на рис. 10. Полученные палеомагнитные полюсы интрузий Северного и Западного Прианабарья лежат в относительной близости от полюсов, полученных Эрнстом по анабарским дайкам с U/Pb возрастом 1503±5 и 1384±2 млн. лет [Ernst et al., 2000].

Доводами в пользу первичности намагниченности исследованных интрузивных тел являются: (а) указания на частичное самообращение намагниченности, (б) выдержанность выделенных компонент намагниченности в обнажениях, разнесенных на значительное расстояние, (в) наличие зерен титаномагнетита со структурами высокотемпературного окисления, что указывает на вероятную термоостаточную намагниченность этих зерен; (г) положительный результат теста контакта; (д) отличие полученного полюса интрузивных тел от более молодых полюсов Сибирской платформы.

Осадочные породы бурдурской (рис. 4, точки 11 и 26) и котуйканской свит (точки 24 и 25) также несут четкий палеомагнитный сигнал (рис. 7, г, д). Намагниченность образцов двухкомпонентная: выделяются низкотемпературная современная компонента (до 200°С) и высокотемпературная характеристическая компонента, с максимальными блокирующими температурами вблизи точек Кюри магнетита и гематита. Последнее обстоятельство указывает на то, что в изученных образцах носителями намагниченности

(как правило, порознь) являются оба этих магнитных минерала. При этом направление характеристической компоненты не зависит от минерала-носителя намагниченности.

Векторы характеристической намагниченности формируют на стереограммах четкие кластеры одной полярности для котуйканской свиты и другой – для бурдурской (рис. 8, а-в). Средние направления, рассчитанные для этих кластеров почти антиполярны (γ/γ_{cr}=8.4°/7.6°) и дают палеомагнитные полюсы (табл. 3), отличные от всех более молодых полюсов Сибирской платформы, в том числе и от полюсов, рассчитанных по прорывающим рассматриваемые породы силлам и дайкам.

Полюс бурдурской свиты получен по обнажению 26. Породы обнажения 11, как уже отмечалось, полностью перемагничены прорывающими их дайками (рис. 8, а).

Интересно отметить, что полюс, рассчитанный нами для бурдурской свиты долины р.Фомич, находится недалеко от полюса №29 (табл. 4), полученного Е.Л.Гуревичем [Гуревич, 1983] по породам той же свиты, обнажающимися в нескольких сотнях километрах южнее – в долине р.Котуйкан. Направления, выделенные в котуйканской свите, также выдерживаются по территории – близкие направления получены нами для двух обнажений котуйканской свиты (24 и 25), разнесенных на расстояние около 10 км.

В пользу того, что характеристическая компонента намагниченности, выделенная в породах бурдурской и котуйканской свит, образовалась во время или вскоре после образования этих пород говорят следующие факты: (а) выдержанность направлений на больших расстояниях; (б) присутствие почти антиполярных векторов прямой и обратной полярности; (в) отличие рассчитанных полюсов от более молодых полюсов Сибирской платформы и относительная близость к полюсам близкого возраста; (г) независимость выделенного направления (в котуйканской свите) от магнитной минералогии.

Учуро-Майский район

Гонамская свита. В образцах из опробованных обнажений гонамской свиты, за исключением разреза 38 (рис. 5, б), несмотря на преобладающее низкое качество палеомагнитного сигнала, удалось выделить компоненты естественной остаточной намагниченности (ЕОН). В большинстве случаев выделяются низкотемпературная (современная) и высокотемпературная (характеристическая) компоненты намагниченности (рис. 9, а). Последняя выделяется в интервале температур от 250 до 670°С, имеет как прямую, так и обратную полярность, проходит тест обращения ($\boldsymbol{\gamma/\gamma_{cr}}$ = 8.4/15.4) и связана с гематитом. В нескольких образцах, в которых не удалось произвести полное разделение компонент намагниченности, были рассчитаны круги

перемагничивания. Направления выделенных характеристических компонент 9 сайтов гонамской свиты кучно группируются вокруг их среднего (рис. 9, з; таблица 2).

В пользу древности намагниченности пород гонамской свиты имеются следующие указания: (а) направление выделенной высокотемпературной компоненты намагниченности выдержано от разреза к разрезу, расстояние между которыми достигает 150 км; (б) наличие высокотемпературных компонент намагниченности двух полярностей, и (в) отличие полученного палеомагнитного полюса от более молодых полюсов Сибирской платформы.

Омахтинская свита. Значительная часть изученных образцов омахтинской свиты несет крайне шумный сигнал, что делает эти образцы непригодными для палеомагнитного исследования. В тех же случаях, когда качество палеомагнитной записи все-таки позволяет проводить интерпретацию, компонентный анализ усложняется из-за присутствия нескольких компонент намагниченности (табл. 2).

В образцах из обнажения 37 (рис. 5, б), помимо современной низкотемпературной компоненты намагниченности, выделяются еще две: среднетемпературная компонента «Om-A» (до ~615°C) и высокотемпературная компонента «Om-B» (до 675°C) (рис. 9, б).

Из стратотипа омахтинской свиты, около устья ручья Бердякит (рис. 5, б, обнажение 38), в общей сложности было отобрано 140 образцов и лишь в 14 из них удается провести компонентный анализ (исключая образцы, полностью перемагниченные современным полем). Здесь можно выделить две компоненты намагниченности: среднетемпературную компоненту «Om-C» (520-630°C) (рис. 9, в) и высокотемпературную компоненту «Om-B» (630-680°C), имеющую направление схожее с направлением одноименной компоненты намагниченности образцов из обнажения 37.

Образцы, отобранные из обнажения 39 (рис. 5, а), демонстрируют наличие высокотемпературной компоненты намагниченности (540-690°C), обозначенной нами как «Om-30» (рис. 9, г). В одном образце присутствует компонента «Om-B».

В единичных образцах из обнажений 34 и 40 также можно обнаружить присутствие высокотемпературной компоненты намагниченности «Om-B» (500-670°C). Среднее направление высокотемпературной компоненты «Om-B» по всем пяти обнажениям пород омахтинской свиты, где она выделяется, приведено в таблице 2.

Компоненты намагниченности «Om-A», «Om-C» и «Om-30» выделяются в отдельных обнажениях или в близко расположенных сайтах. Возможно, они обязаны своим происхождением неким локальным перемагничивающим событиям, проявившихся в конкретных обнажениях. Исходя из расположения полюсов «Om-A», «Om-C» и «Om-30»

между полюсами учурской серии (см. ниже) и полюсами бурдурской и котуйканской свит Анабарского поднятия (рис. 10, № 4 и 3), такие события могли произойти в течение времени после накопления омахтинской свиты вплоть до начала образования бурдурских отложений.

В силу геологических условий района исследований можно привести лишь несколько доводов в пользу омахтинского возраста компоненты «Om-B»: (а) она, в отличие от всех остальных компонент, выделяется в пяти изученных обнажениях, находящихся на расстоянии порядка 100 км друг от друга; (б) рассчитанный по среднему направлению компоненты «Om-B» палеомагнитный полюс (табл. 3) лежит близко к полюсу гонамской свиты, что выглядит логично, принимая во внимание отсутствие перерыва в осадконакоплении между гонамской и омахтинской свитами; (в) полюс компоненты «Om-B» отличается от более молодых полюсов Сибири.

Следует отметить, что в шести изученных обнажениях и гонамской, и омахтинской свит, уверенно выделяются еще две компоненты намагниченности – «J-60» (рис. 9, е) и «West» (рис. 9, д). В большинстве образцов эти компоненты единственные (за редким исключением низкотемпературной современной компоненты намагниченности) и имеют исключительно одну полярность. Полюс компоненты «West» лежит в области нахождения полюсов интрузивных тел Анабарского поднятия, а полюс, соответствующий компоненте «J-60», находится в непосредственной близости к полюсу тоттинской свиты [Павлов, 1992] (рис. 10, №22). Указанные компоненты являются, по всей видимости, результатом регионального перемагничивания, возраст которого может быть оценен как мезопротерозойский.

Эннинская свита. ЕОН всех образцов представлена либо современной компонентой намагниченности, либо крайне шумным сигналом и не подлежит интерпретации.

Кондёрская свита. Из четырех опробованных обнажений лишь в двух (обнажения 41 и 42, рис. 5, а), разнесенных на 40 км, оказалось возможным выделить компоненты намагниченности. ЕОН образцов из этих обнажений связана, преимущественно, с гематитом и представлена двумя компонентами (рис. 9, ж) – низкотемпературной современной (до 240°С) и высокотемпературной (300-700°С) биполярной характеристической компонентой. Выделенная высокотемпературная компонента успешно проходит тест обращения (γ/γ_{cr} = 7.4/18.3; рис. 9, и). В двух других обнажениях породы либо перемагничены современным магнитным полем, либо направления

стабильной компоненты намагниченности, выделенные в отдельных образцах, распределены хаотично.

Рассчитанный полюс кондёрской свиты (табл. 3, рис. 10, №12) лежит в приэкваториальной области в зоне локализации полюсов компонент намагниченности омахтинских пород. В пользу первичности намагниченности кондёрских отложений говорит: (а) выдержанность направления компоненты намагниченности в удаленных обнажениях; (б) наличие векторов намагниченности прямой и обратной полярности, а также (в) отличие полюса, соответствующего среднему направлению намагниченности, от более молодых полюсов Сибири.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Рассчитанные палеомагнитные полюсы существенно пополняют сибирскую палеомагнитную базу данных; все они получены с использованием современной процедуры и в той или иной степени (в зависимости от конкретной геологической ситуации) отвечают принятым в настоящее время критериям палеомагнитной надежности (табл. 3; [Van der Voo, 1993]). Это позволяет использовать их вместе с уже имеющимися данными для решения ряда палеогеографических и стратиграфических задач.

В условиях острого недостатка изотопных определений возраста магматических пород исследованных районов, палеомагнитные данные позволяют наложить существенные ограничения на возраст формирования этих пород. Сравнение палеомагнитных полюсов интрузивных тел Западного и Северного Прианабарья показывает, что они статистически значимо отличаются друг от друга (γ/γ_{cr} = 21.8/16.1). Следовательно, внедрение указанных интрузий происходило не одновременно, хотя и в относительно близкие интервалы геологического времени около 1.5 млрд. лет назад [Веселовский и др., 2006].

Непосредственная близость палеомагнитных полюсов силлов р.Сололи Оленекского поднятия [Гуревич, 1983; Константинов и др., 2004] и унгуохтахской свиты Уджинского поднятия [Родионов, ПНиПП, 1986] с одной стороны, и полюсов Северного и Западного Прианабарья – с другой (табл. 3 и 4, рис. 10), следует рассматривать как указание на близость возрастов этих объектов к возрасту интрузивного комплекса Северного Прианабарья, т.е. к 1.5 млрд. лет. Эта оценка, в целом, не противоречит имеющимся изотопным датировкам. Так, возраст силлов Сололи варьирует от 1090-1100 (K/Ar, Гуревич, 1983] до 1860 млн. лет (U/Pb, Д.П.Гладкочуб, Т.Донская – персональное сообщение). Кроме того, K/Ar определение по валовой пробе (такие определения часто

бывают заниженными) дает для унгуохтахской свиты оценку возраста в 1260 млн. лет [ПНиПП, 1986]. Близость палеомагнитных полюсов магматических тел, разнесенных на многие сотни километров указывает на то, что 1.5 млрд. лет назад на территории Сибирской платформы имело место крупное магматическое событие, значение которого выходило далеко за пределы Анабарского поднятия.

Группирование в узкой области полюсов ильинской [Гуревич, 1983], бурдурской и котуйканской свит указывает на довольно быстрое осадконакопление, по крайней мере, для большей части разреза Анабарского рифея.

Силлы долины р.Фомич, залегающие в котуйканской и устьильинской свитах, имеют, вероятно, очень близкий возраст, на что указывает близость направления выделенных древних компонент намагниченности. Таким образом, накопление большей части (если не всей) рифейской осадочной толщи Анабарского поднятия происходило в интервале между 1710-1630 млн. лет (возраст наиболее молодых образований фундамента) и 1513±51 млн. лет (возраст силла долины р.Фомич, залегающего в устьильинской свите).

Расположение полюсов ильинской и бурдурской свит Прианабарья [Гуревич, 1983] неподалеку от полюса кондёрской свиты Учуро-Майского района, полученного в настоящей работе, может рассматриваться, как указание на близость возрастов этих свит. Таким образом, вопреки классическому сопоставлению кондёрского горизонта с низами тоттинской свиты керпыльской серии Учуро-Майского района [Семихатов, Серебряков, 1983], кондёрские отложения, по всей видимости, близки по возрасту к низам мукунской серии, и, следовательно, являются значительно более древними, чем керпыльская серия (рис. 2, б). Рассчитанный в настоящей работе палеомагнитный полюс кондёрской свиты существенно отличается от полюса, полученного по стратотипическому разрезу тоттинской свиты в долине реки Северный Уй [Павлов, 1992]. При этом кондёрский палеомагнитный полюс лежит заметно ближе к полюсам учурской серии (гонамскому и омахтинскому), чем к надежно установленному полюсу малгинской свиты керпыльской серии [Павлов и др., 2002]. Этот факт следует рассматривать как указание на значительную разницу в возрасте кондёрских и тоттинских (керпыльских) пород.

И, наконец, представленные палеомагнитные определения и современные изотопно-геохронологические данные позволяют предложить некоторые новые соображения относительно корреляции рифейских разрезов Анабарского поднятия и Учуро-Майского района. Напомним, что до последнего времени для корреляции рифейских разрезов этих районов использовалась классическая схема [Семихатов,

Серебряков, 1983] (рис. 2, а), согласно которой осадочные породы рифея Анабарского поднятия соотносились со всей рифейской толщей Учуро-Майского района.

В основе предлагаемой нами корреляции (рис. 2, б) лежат следующие факты и соображения:

1) в нижней части аимчанской серии [Khudoley et al., в печати], обнаружены обломочные цирконы с возрастом 1394±42 млн. лет, т.е. аимчанская серия моложе этого возраста;

2) анабарский рифей древнее 1384 млн. лет (дайка этого возраста [Ernst et al., 2000] рвет юсмастахскую свиту) и может быть древнее (по крайней мере, его большая часть), чем 1513±51 млн. лет [Веселовский и др., 2006];

3) между аимчанской и учурской серией существует крупное несогласие, возможно отвечающее длительному перерыву в осадконакоплении [Семихатов, Серебряков, 1983; Худолей, 2003];

4) полюсы анабарского рифея отличаются от полюсов учурской серии – значит возраст этих свит различен.

Эти данные оставляют только два возможных варианта для корреляции рассматриваемых опорных разрезов. Первый вариант предполагает, что накопление анабарских рифейских отложений происходило во время перерыва, разделяющего учурскую и аимчанскую серию (рис. 2, б, слева). Второй вариант требует, чтобы рифей Анабара был сформирован раньше учурской серии (рис. 2, б, справа).

Есть два палеомагнитных аргумента, которые в настоящее время препятствуют принятию второго варианта корреляции:

1) в учурской серии есть метахронные направления («Om-A», «Om-C», «Om-30»), полюсы которых корреспондируются с полюсами анабарского рифея, что подразумевает более древний возраст учурской серии;
2) принятие второго варианта, при прочих равных, существенно усложняет и удлиняет кривую кажущейся миграции полюса Сибирской платформы, т.е. противоречит принципу минимизации перемещений.

Близость кондерского (позднеучурского в нашей интерпретации) полюса к полюсам ильинской и бурдурской свит, слагающих нижнюю часть рифея Прианабарья , также является доводом в пользу того, что анабарский рифей формировался после учурской серии.

Эти соображения позволяют нам рассматривать первый вариант корреляции как более предпочтительный.

Полученные в настоящей работе данные вместе с уже опубликованными результатами (табл. 4) могут быть использованы для определения широтного дрейфа Сибирской платформы в мезопротерозойское время. Для построения реконструкций координаты палеомагнитных полюсов Анабарского блока были скорректированы с учетом раскрытия в среднем палеозое Вилюйской рифтовой системы [Pavlov and Petrov, 1997; Pavlov et al., 2007] путем их поворота на угол 25° по часовой стрелке вокруг полюса, расположенного в районе 117° в.д. и 62° с.ш. Палеомагнитные полюсы взяты с использованием «нетрадиционной» опции полярности палеомагнитных направлений, предполагающей (для рифея) расположение северных палеомагнитных полюсов в восточном полушарии. Такой выбор подтверждается последними работами В.Э.Павлова и А.В.Шацилло [Павлов и др., 2002; Shatsillo et al., 2006]. Для реконструкции положения Сибири в палеопротерозое (рис. 11) использованы позднепалеопротерозойские полюсы фундамента [Павлов, 2006; Саврасов, 1990; Камышева, ПНиПП, 1971], чайской свиты и шумихинских гранитоидов [Диденко и Водовозов, 2004; шумихинский полюс скорректирован за раскрытие Вилюйского рифта].

Палеомагнитные данные, приведенные в табл. 3 и 4, указывают на то, что в интервале 1.9-1.5 млрд. лет назад Сибирь испытывала квазиколебательные перемещения в приэкваториальной области, значительно сместившись в сравнительно более высокие широты северного полушария лишь в кондёрское, бурдурское и котуйканское время (рис. 11). При подходе к рубежу 1.5 млрд. лет, отмеченного внедрением интрузивных тел Анабарского поднятия, Сибирь снова приблизилась к экватору и повернулась против часовой стрелки на угол порядка 45° относительно палеомеридиана по сравнению с ее положением в гонамское время.

Отсутствие ключевых палеомагнитных определений для отрезка 1.5-1.1 млрд. лет не позволяет уверенно проводить палеореконструкции Сибири в этом временном интервале, поэтому для указания примерного расположения Сибирского кратона в этом «окне» мы использовали предварительные полюсы дебенгдинской свиты [Иосифиди, ПНиПП, 1986] и чиэресской дайки [Ernst et al., 2000]. Исходя из этих данных, 1.4-1.2 млрд. лет назад Сибирская платформа располагалась на 10-15-х широтах северного полушария. Начиная с тоттинского времени, т.е. около 1.1 млрд. лет назад [Худолей и др., 2007], и до кандыкско-устькирбинского времени Сибирская платформа сместилась из средних широт северного полушария к экватору, снова испытав поворот против часовой стрелки на угол примерно 35° относительно меридиана [Павлов и др., 2002].

Выводы

Полученные в ходе настоящей работы данные дают основания предполагать, что:

1) накопление рифея Анабарского поднятия происходило после формирования учурской серии Учуро-Майского района;
2) накопление всего или почти всего рифейского разреза Прианабарья завершилось к рубежу 1.5 млрд. лет;
3) кондёрские слои, сопоставляемые согласно принятой в настоящее время схеме корреляции [Семихатов и Серебряков, 1983] с низами тоттинской свиты, могут относиться к значительно более древнему временному уровню;
4) внедрение протерозойских силлов и даек северного и западного склонов Анабарского поднятия происходило неодновременно, хотя и в близкие интервалы времени около 1.5 млрд. лет тому назад.
5) На протяжении палео-мезопротерозоя Сибирский кратон располагался, главным образом, в приэкваториальных или низких северных широтах, испытывая в течение всего этого времени значительные повороты относительно меридиана. С конца палеопротерозоя [Диденко и др., 2004] по начало неопротерозоя [Павлов и др., 2002] Сибирская платформа развернулась относительно меридиана против часовой стрелки на угол порядка 90° .

Полученные результаты значительно пополняют базу сибирских палеомагнитных данных для докембрия и, отвечая в целом, современным критериям палеомагнитной надежности [Van der Voo, 1993], могут быть использованы для решения различных стратиграфических, геохронологических и палеогеографических задач.

Мы благодарны А.В.Шацилло за неоценимую помощь в проведении полевых работ и В.А.Цельмовичу за проведение исследований образцов на микрозонде «Camebax». Авторы также выражают особую признательность В.Бахтадзе (Valerian Bachtadse) и М.Вейс (Manuela Weiss) за предоставленную возможность работать в идеальных условиях Мюнхенской палеомагнитной лаборатории. Исследования выполнены при поддержке грантов РФФИ (№07-05-00880, 06-05-64538), INTAS (грант №03-51-5807), Роснаука (МК-416.2008.5) и программы ОНЗ РАН «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)».

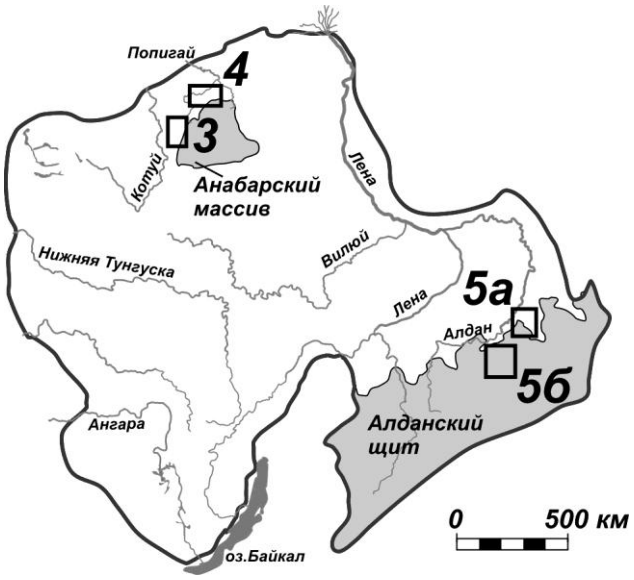

Рисунок 1. к ст. Веселовского и др.

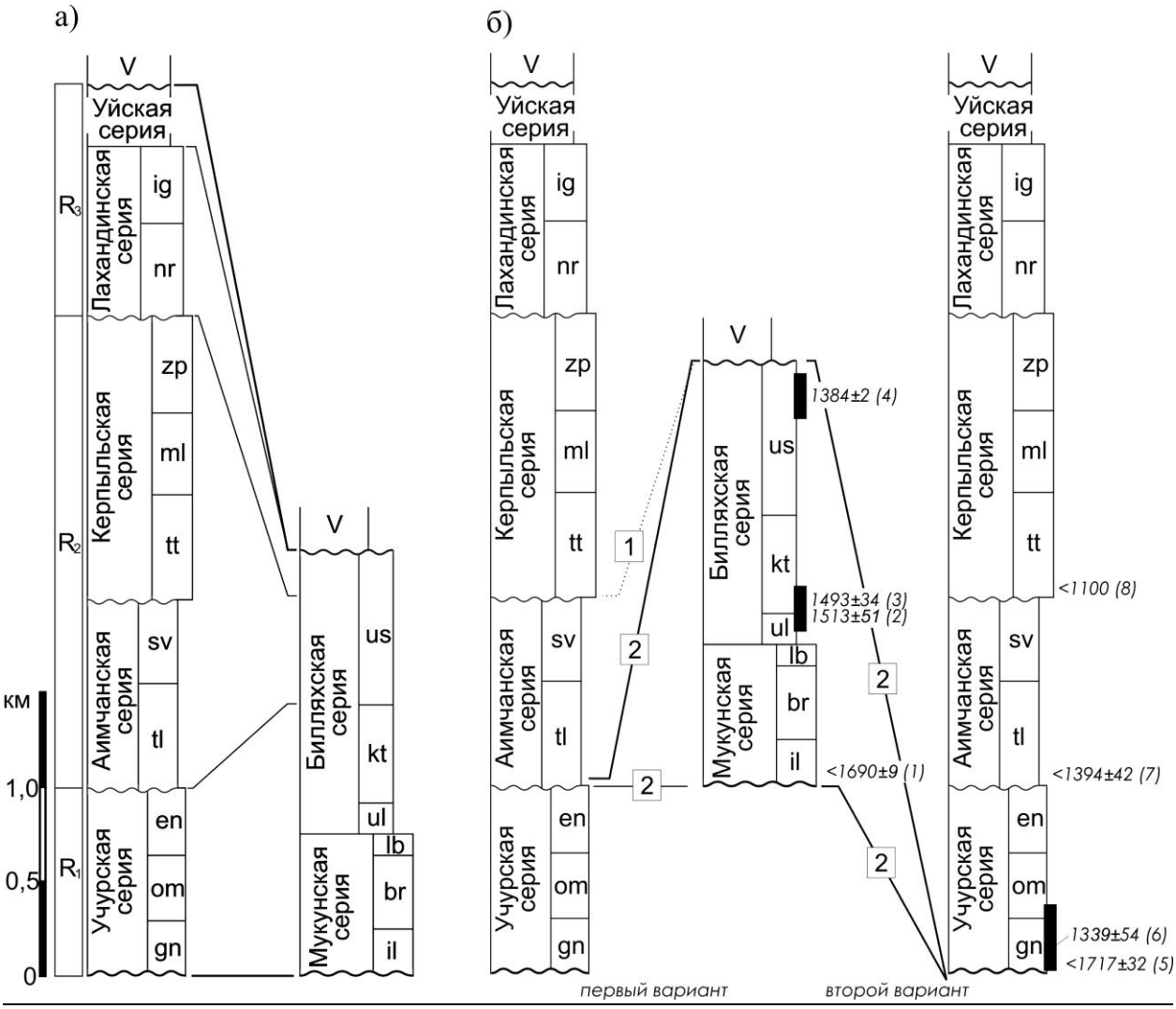

Рисунок 2. к ст. Веселовского и др.

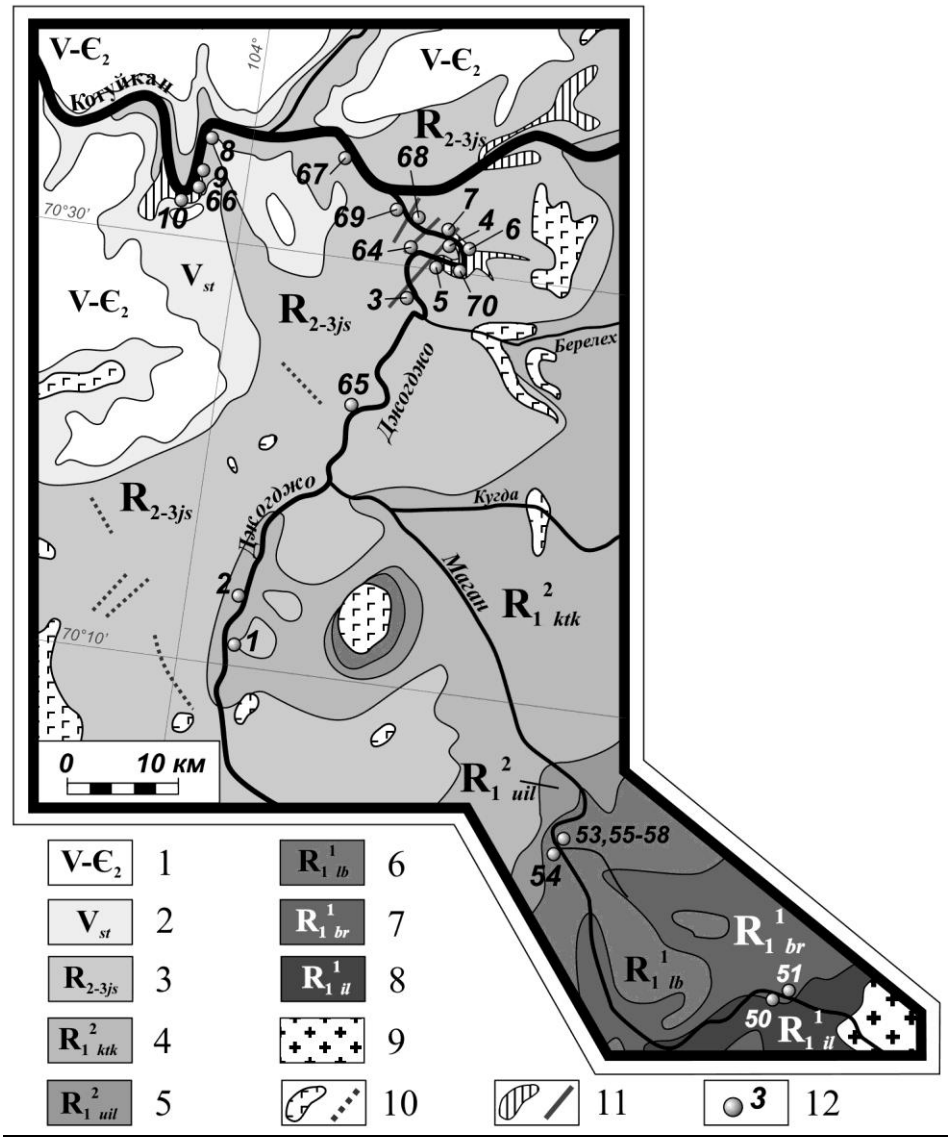

Рисунок 3. к ст. Веселовского и др.

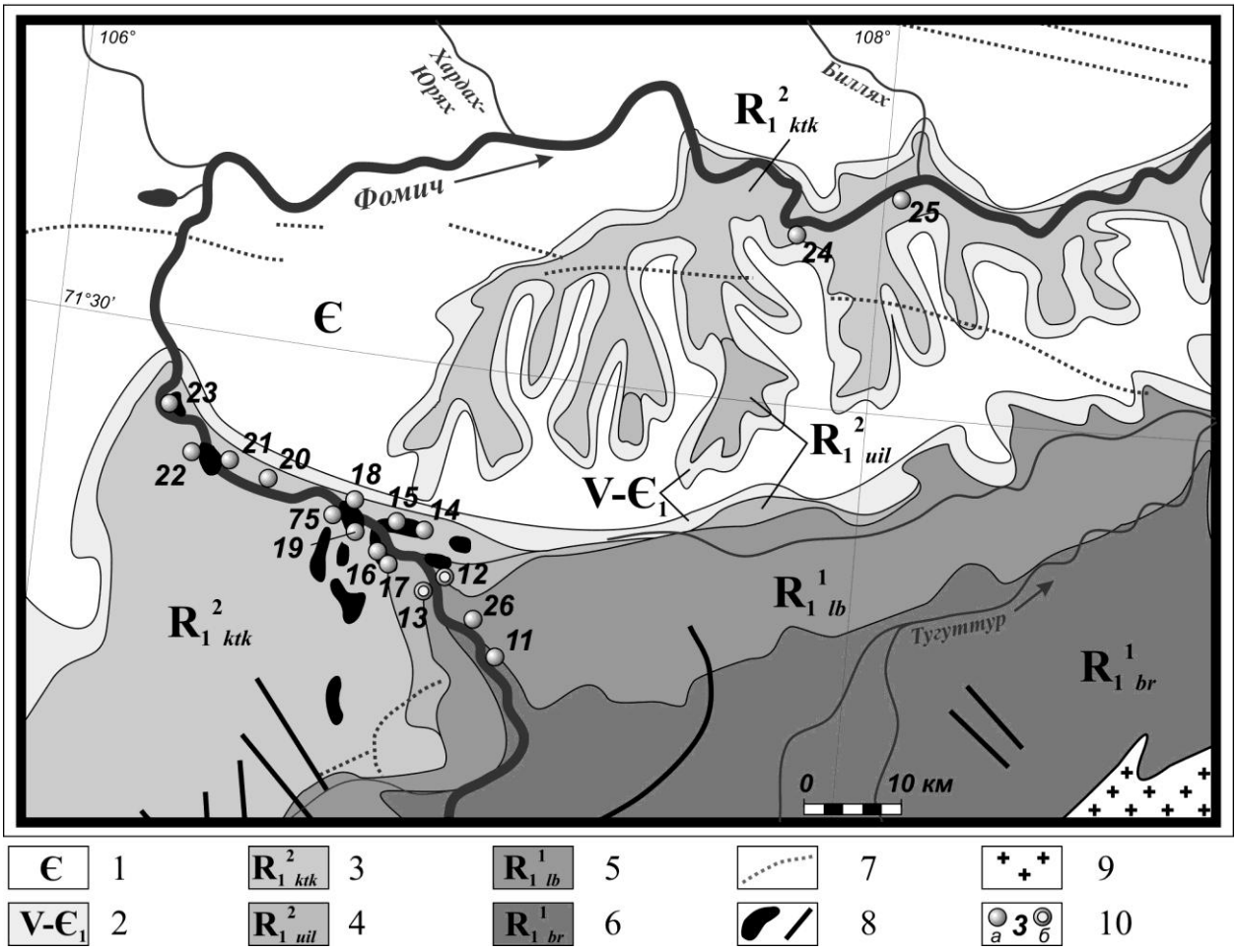

Рисунок 4. к ст. Веселовского и др.

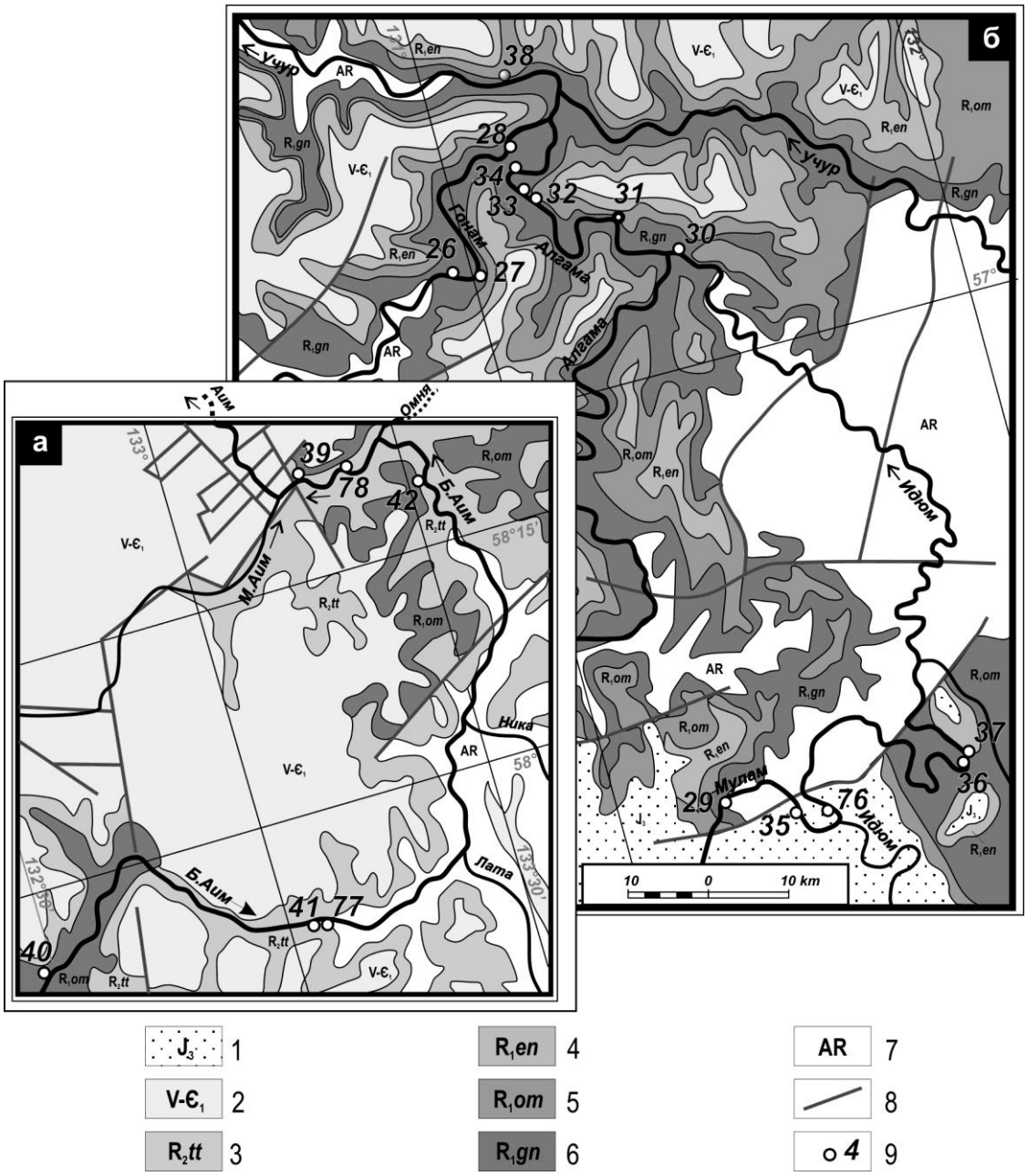

Рисунок 5. к ст. Веселовского и др.

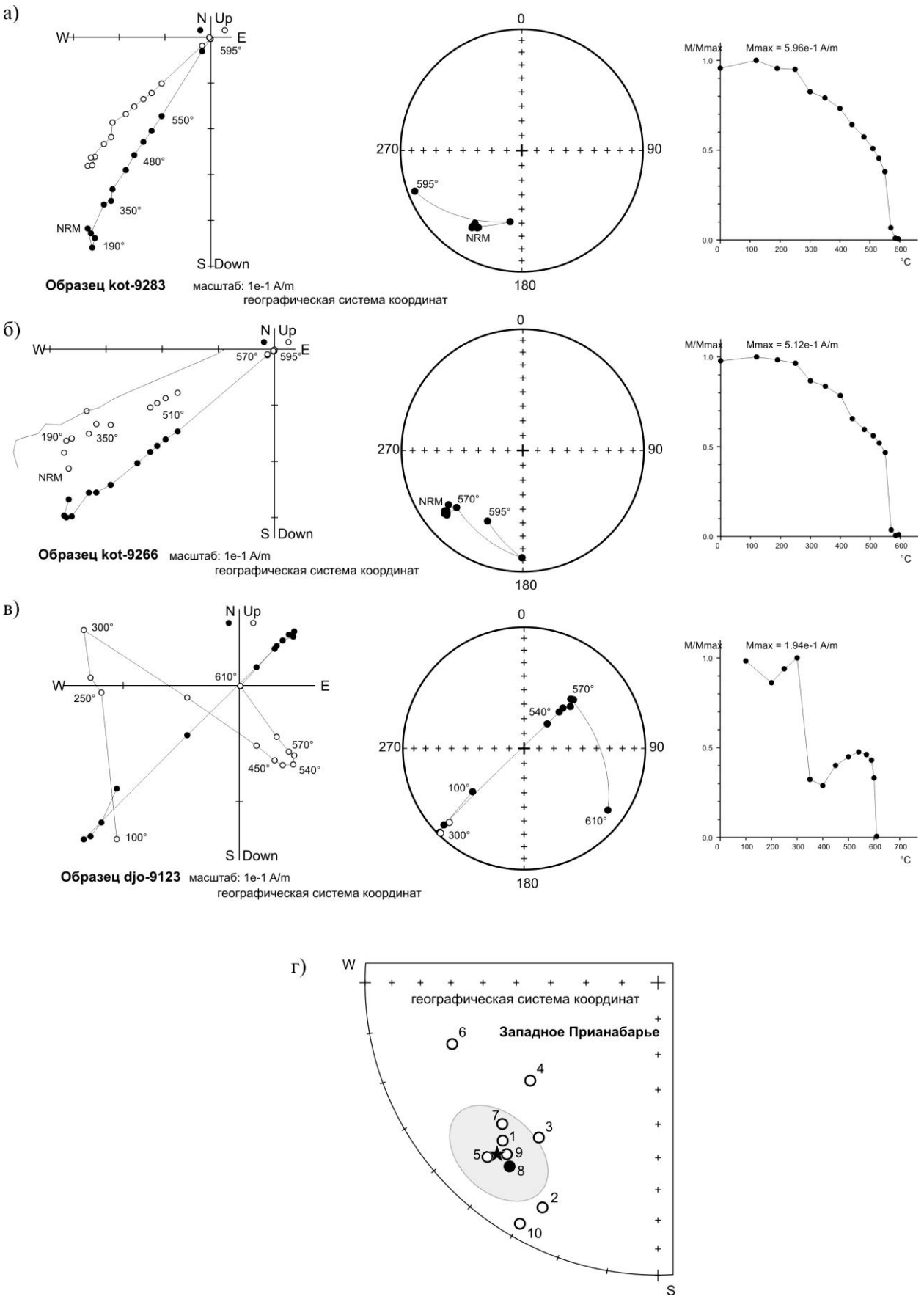

Рисунок 6. к ст. Веселовского и др.

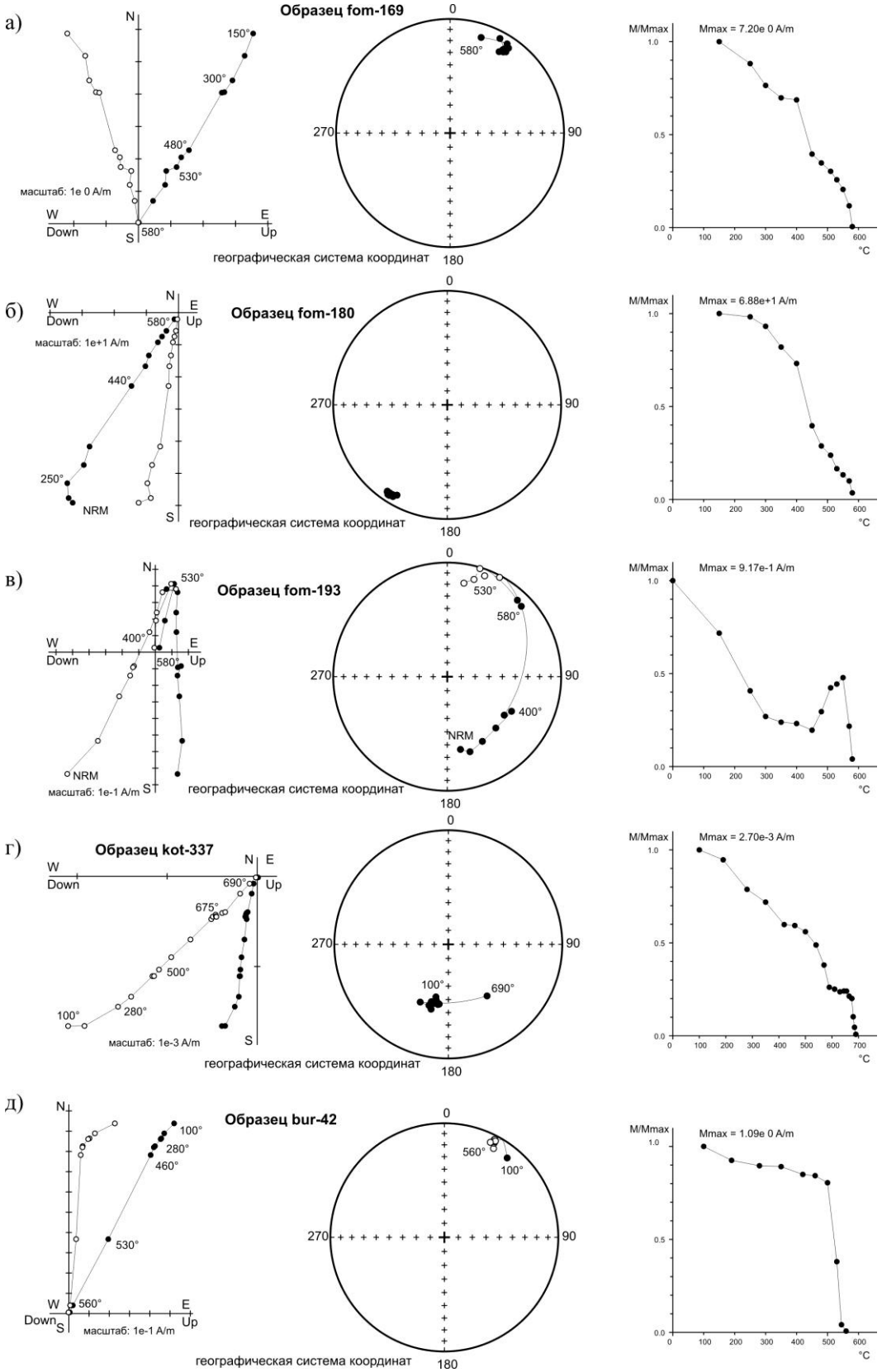

Рисунок 7. к ст. Веселовского и др.

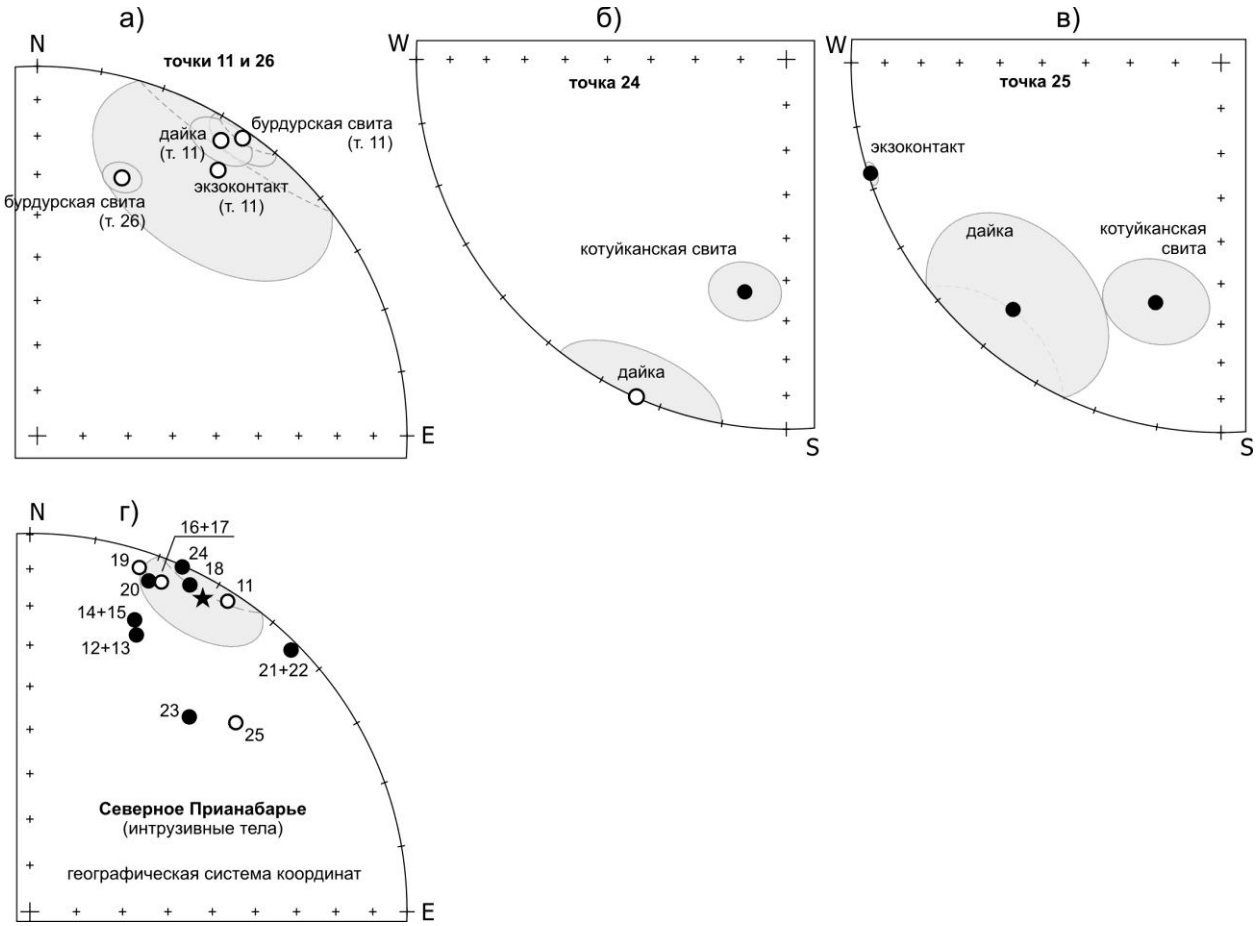

Рисунок 8. к ст. Веселовского и др.

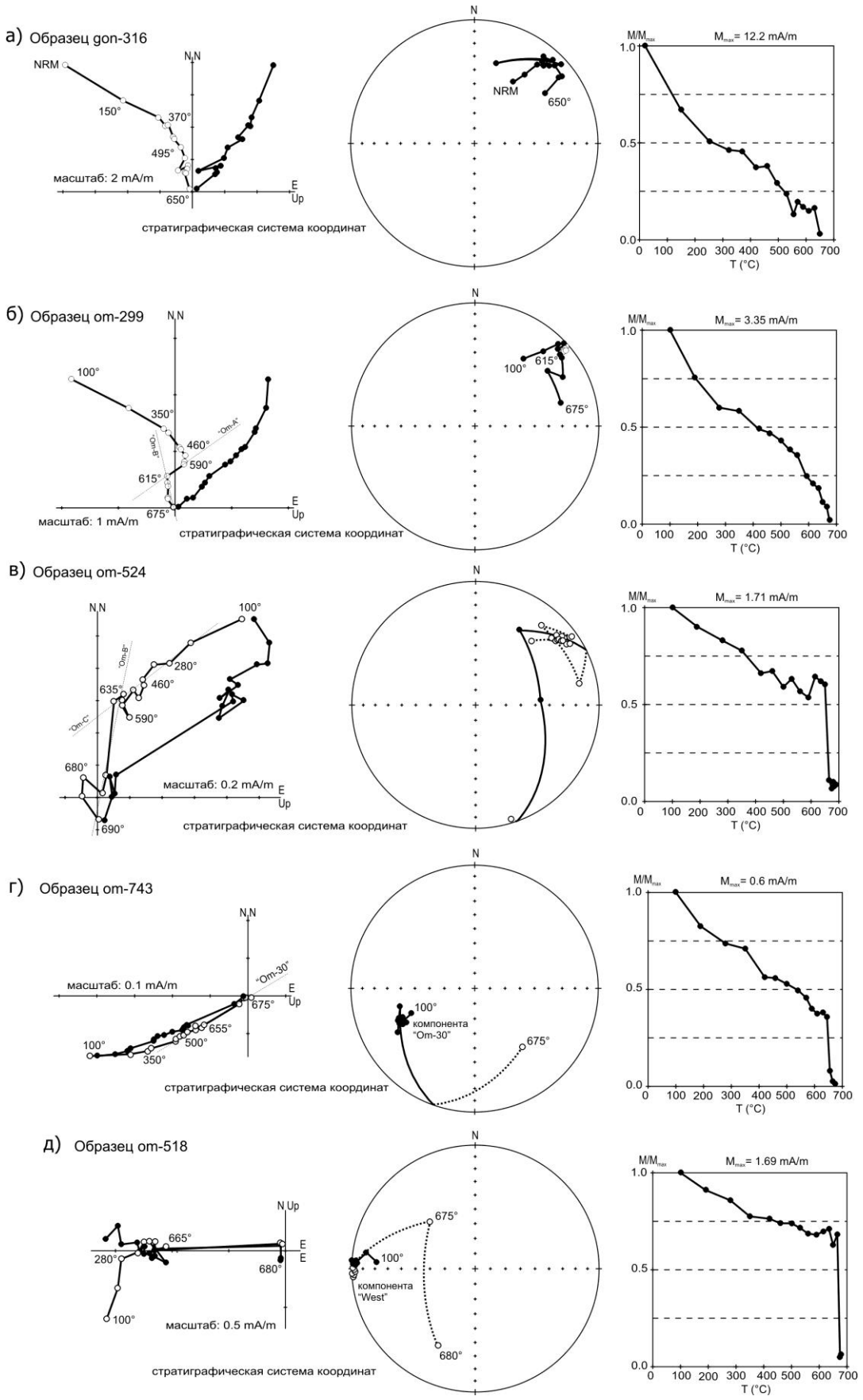

Рисунок 9. к ст. Веселовского и др.

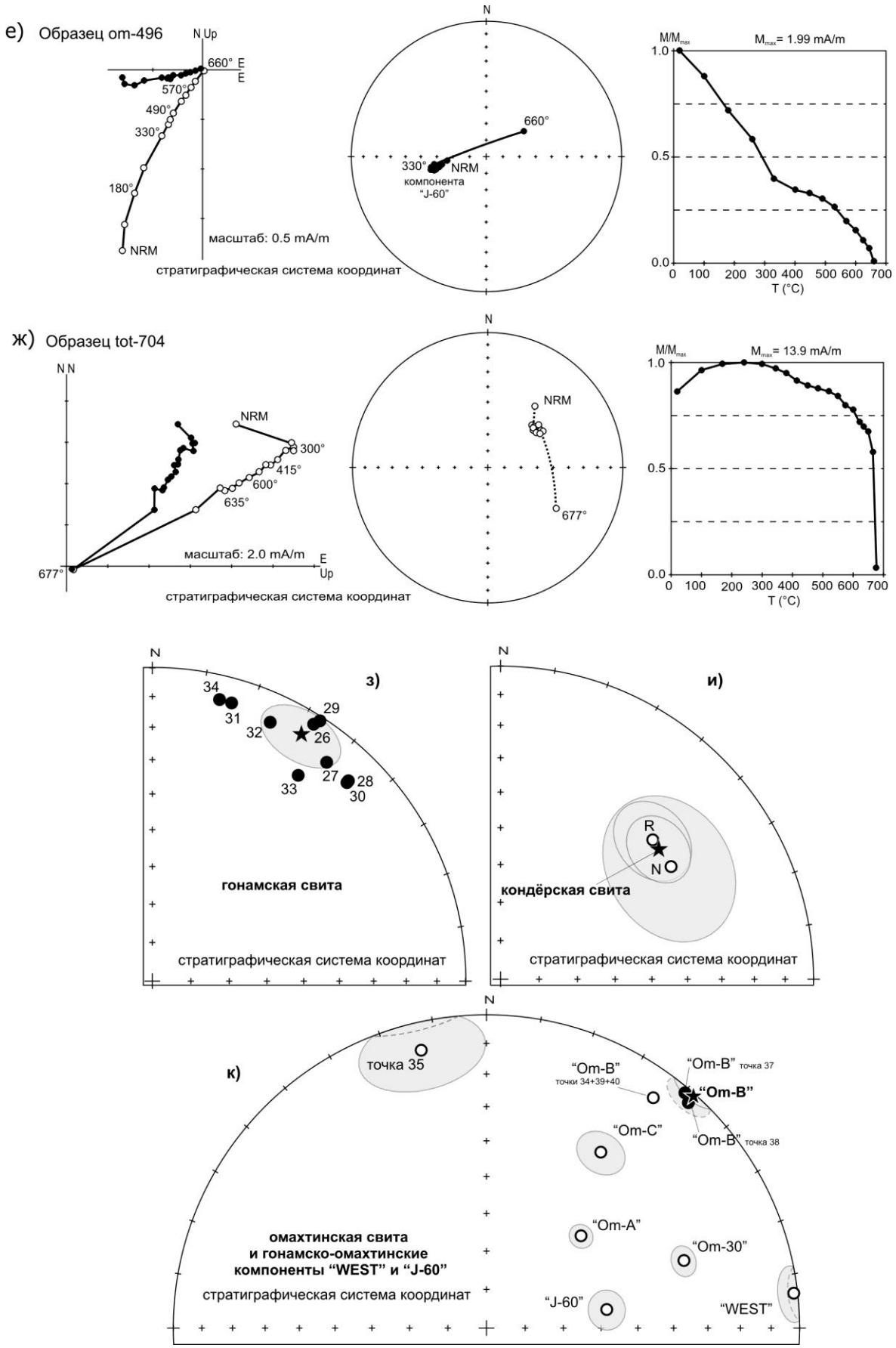

Рисунок 9 (продолжение). к ст. Веселовского и др.

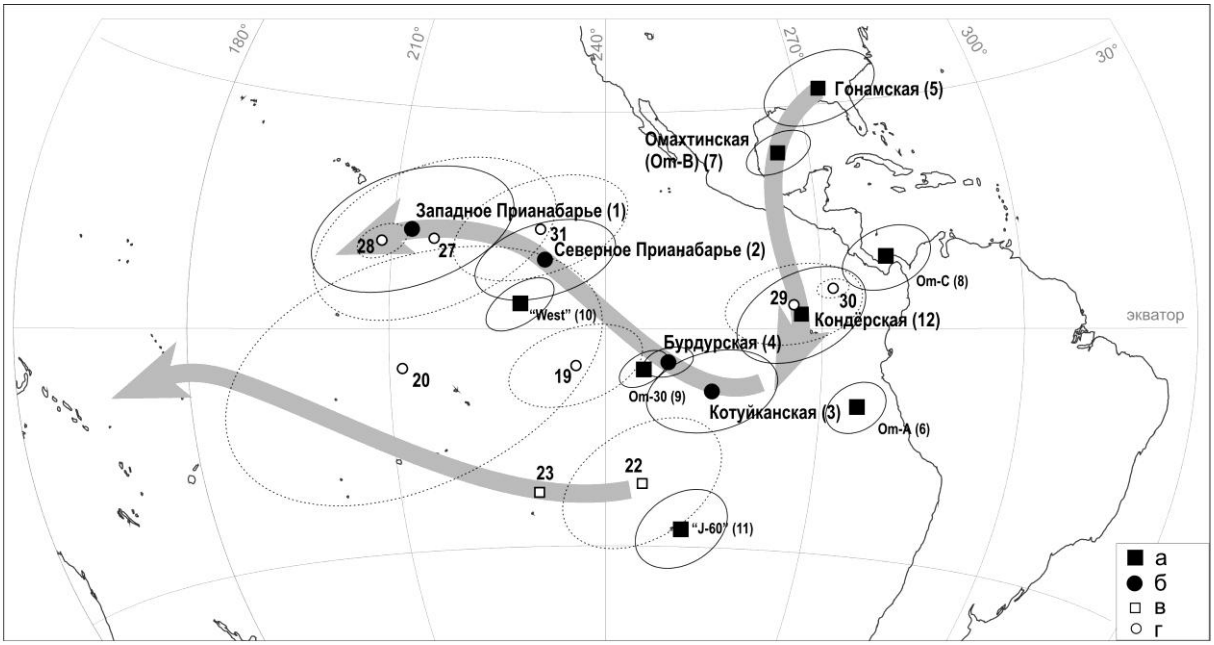

Рисунок 10. к ст. Веселовского и др.

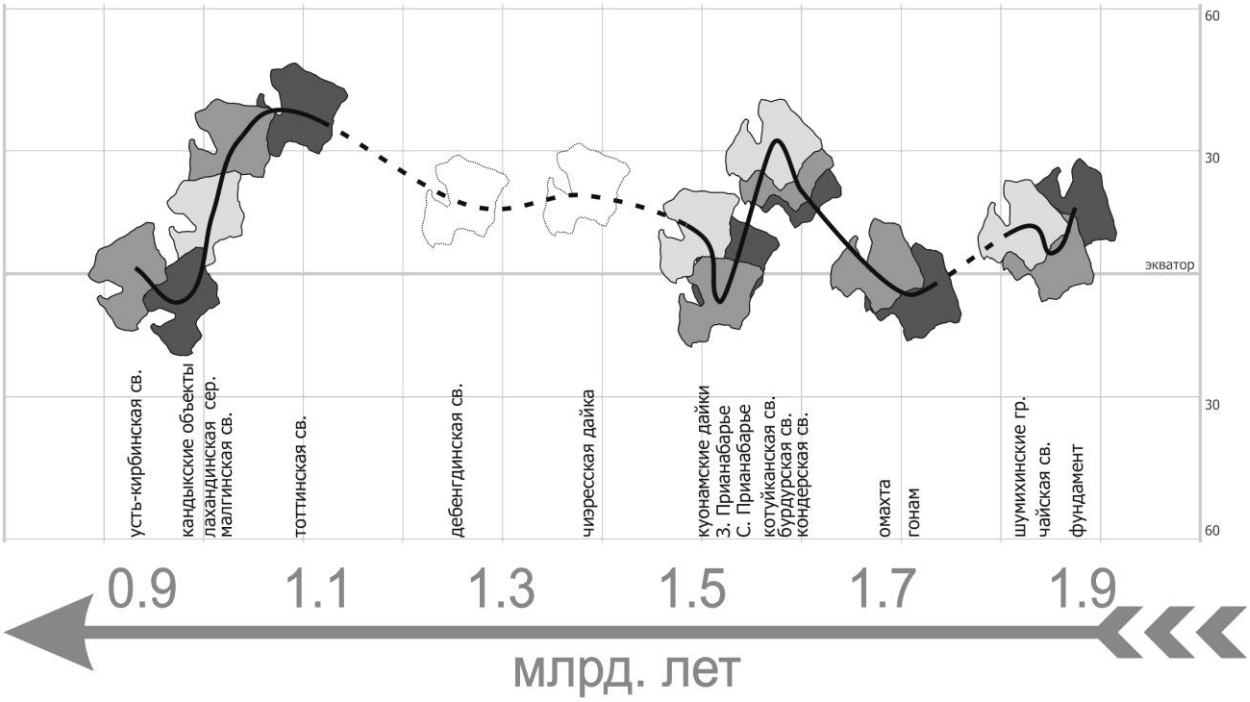

Рисунок 11. к ст. Веселовского и др.

Таблица 1. Палеомагнитные направления: западный и северный склоны Анабарского поднятия.

№ точки отбора на схеме (полевые номера)	точка отбора		N / n (S)	Географическая система				Стратиграфическая система				Примечания
	φ	λ		D	I	K	α95	D	I	K	α95	
Западный склон Анабарского поднятия (реки Джогджо и Котуйкан)												
1 (1)	70˚11’	104˚07’	13 / 15	44.7	31.2	19.6	9.6	44.7	31.2	19.6	9.6	
2 (2)	70˚13’	104˚10’	9 / 12	207.2	-14.6	29.0	9.7	207.2	-14.6	29.0	9.7	
3 (3)	70˚28’	104˚17’	13 / 15	216.1	-36.4	35.1	7.1	216.1	-36.4	35.1	7.1	
4 (6)	70˚20’	104˚20’	5 / 14	234.7	-44.1	52.9	10.6	234.7	-44.1	52.9	10.6	
5 (7)	70˚20’	104˚20’	15 / 15	226.5	-17.9	31.5	6.9	226.5	-17.9	31.5	6.9	
6 (9)	70˚20’	104˚20’	12 / 12	255.7	-27.5	41.3	6.8	255.7	-27.5	41.3	6.8	
7 (10)	70˚20’	104˚20’	14 / 14	229.9	-28.9	44.1	5.3	229.9	-28.9	44.1	5.3	
8 (14)	70˚32’	103˚52’	15 / 15	218.8	20.4	33.3	6.7	218.8	20.4	33.3	6.7	
9 (15)	70˚31’	103˚54’	9 / 15	221.4	-16.9	47.7	7.5	221.4	-16.9	47.7	7.5	
10 (17)	70˚30’	103˚54’	13 / 14	207.2	-4.5	18.7	9.9	207.2	-4.5	18.7	9.9	
среднее (по сайтам):	**70˚25’**	**104˚08’**	**122 (10)**	**223.6**	**-20.9**	**13.2**	**13.8**	**223.6**	**-20.9**	**13.2**	**13.8**	
Северный склон Анабарского поднятия (р.Фомич). Интрузивные тела.												
11 (3)	71˚17’	107˚09’	8 / 13	32.5	-3.0	36.8	9.2	32.5	-3.0	36.8	9.2	
12+13 (5+6)	71˚20’	106˚55’	11 / 13	21.1	22.5	29.1	8.6	21.1	22.5	29.1	8.6	
14+15 (7+8)	71˚23’	106˚51’	9 / 10	20.1	18.9	15.6	13.4	20.1	18.9	15.6	13.4	
16+17 (9+10)	71˚22’	106˚48’	9 / 11	21.8	-6.7	10.3	16.8	21.8	-6.7	10.3	16.8	
18 (11)	71˚22’	106˚44’	5 / 7	26.2	4.0	11.3	23.7	26.2	4.0	11.3	23.7	
19 (12)	71˚22’	106˚44’	5 / 5	17.8	-5.0	23.4	16.2	17.8	-5.0	23.4	16.2	
20 (14)	71˚24’	106˚32’	6 / 7	19.8	7.7	47.1	9.9	19.8	7.7	47.1	9.9	
21+22 (15+16)	71˚25’	106˚23’	7 / 17	45.0	2.4	5.5	28.3	45.0	2.4	5.5	28.3	
23 (17)	71˚26’	106˚15’	5 / 7	40.6	33.3	39.0	12.4	39.1	37.7	31.9	13.8	
24	71˚38’	107˚46’	8 / 12	23.9	0.1	17.1	13.8	23.9	0.1	17.1	13.8	
25	71˚40’	108˚02’	4 / 5	39.9	-15.9	28.6	17.5	39.6	-13.7	22.3	19.5	
прямая полярность (N)	71˚30’	106˚30’	55	24.3	11.5	15.1	5.0	24.3	11.5	15.1	5.0	γ/γ_{cr} = 12.4/11.5
обратная полярность (R)	71˚30’	106˚30’	22	215.5	5.8	6.4	13.3	215.1	5.0	5.9	13.9	
среднее (по сайтам):	**71˚30’**	**106˚30’**	**77 (11)**	**27.9**	**5.3**	**22.2**	**9.9**	**27.7**	**5.9**	**21.3**	**10.1**	
Осадочные породы												
24 (котуйканская свита)	71˚38’	107˚46’	5 / 20	190.1	36.3	113	7.2	190.1	36.3	113	7.2	γ/γ_{cr} = 8.7/7.6
25 (котуйканская свита)	71˚40’	108˚02’	11 / 20	194.2	36.6	16.3	11.6	194.2	36.6	16.3	11.6	
котуйканская свита:	**71˚40’**	**108˚02’**	**16 (2)**	**192.9**	**36.5**	**23.0**	**7.9**	**192.9**	**36.5**	**23.0**	**7.9**	среднее
11 (3) (бурдурская свита)	71˚17’	107˚09’	6 / 9	34.4	-0.8	108.2	6.5	34.7	-2.4	120.5	6.1	
26 (4) **(бурдурская свита)**	**71˚19’**	**107˚02’**	**20/20 (1)**	**17.0**	**-28.8**	**108.1**	**3.2**	**18.2**	**-27.5**	**76.5**	**3.8**	среднее

Примечание: φ, λ – широта и долгота (средние) объекта; N – число образцов, по которым рассчитано данное направление; n – общее количество образцов, подвергнутых магнитной чистке; S – кол-во сайтов; D, I, K, α_{95} - склонение, наклонение, кучность и радиус круга доверия; γ - угловое расстояние между сравниваемыми векторами; γ_c - критический угол.

Таблица 2. Палеомагнитные направления исследованных пород Учуро-Майского района.

№ точек отбора на схеме (полевые номера)	точка отбора		N/n [C] (S)	Географическая система				Стратиграфическая система				Примечания
	φ	λ		D	I	K	α95	D	I	K	α95	
Гонамская свита												
26 (1)	57˚11’	130˚57’	6/30 [1]	212.4	4.0	11.9	20.5	212.5	3.3	12.6	19.9	
27 (2)	57˚10’	131˚01’	12/50 [2]	38.6	11.8	10.8	13.9	38.3	12.0	10.7	13.9	
28 (3)	57˚17’	131˚06’	13/15	44.4	11.5	17.5	10.2	43.4	13.5	16.3	10.6	
29 (4)	56˚31’	131˚14’	3/15 [1]	32.8	1.6	7.5	57.1	34.2	4.3	7.5	56.8	
30 (14)	57˚08’	131˚26’	5/20 [1]	44.4	11.9	92.3	8.2	43.6	14.2	529.7	3.4	
31 (16)	57˚11’	131˚20’	4/20	16.0	8.6	12.8	26.7	16.4	6.3	11.4	28.5	
32 (17)	57˚14’	131˚10’	6/19 [2]	24.5	10.2	8.2	25.7	24.6	13.1	6.8	28.4	
33 (18)	57˚14’	131˚09’	4/19	35.4	20.7	18.8	21.7	37.4	25.3	18.0	22.3	
34 (19)	57˚16’	131˚09’	6/20 [1]	13.4	8.3	4.6	35.1	13.9	3.0	4.9	33.9	
среднее (по сайтам):	**57˚00’**	**131˚15’**	**9**	**31.3**	**9.1**	**38.4**	**8.4**	**31.5**	**10.0**	**35.6**	**8.7**	кроме 36
среднее (по образцам): N	57˚00’	131˚15’	53	38.5	9.8	17.8	5.4	38.2	11.8	17.8	5.4	γ/γ_{cr} = 8.4/15.4
среднее (по образцам): R	57˚00’	131˚15’	6	212.4	4.0	11.9	20.5	212.5	3.3	12.6	19.9	
среднее (по образцам):	**57˚00’**	**131˚15’**	**59 (9)**	**36.8**	**6.8**	**15.6**	**5.3**	**36.5**	**8.8**	**15.6**	**5.3**	кроме 36
Омахтинская свита												
35 (5)	56˚29’	131˚23’	8/22 [1]	167.6	17.5	18.9	13.2	166.8	9.9	19.9	12.8	
36 (12) (компонента «Om-A»)	56˚29'	131˚45’	16/19 [1]	122.7	-65.0	80.8	4.1	50.2	-60.3	91.0	3.9	
37 (13) (компонента «Om-A»)	56˚29’	131˚45’	17/22	41.5	-51.9	90.9	3.8	43.3	-52.2	67.3	4.4	
37 (13) (компонента «Om-B»)	56˚29’	131˚45’	5/22	42.2	0.3	51.9	10.7	42.0	4.1	68.9	9.3	
38 (20) (компонента «Om-C»)	57°23’	131°14’	7/26 [3]	33.2	-33.6	69.1	5.9	33.2	-33.6	69.1	5.9	
38 (20o) (компонента «Om-B»)	57°23’	131°14’	7/26	41.1	-2.0	34.3	10.5	40.2	2.3	51.5	8.5	
39 (30) (компонента «Om-30»)	58˚22’	133˚18’	16/29	254.0	30.0	128.3	3.3	251.3	33.9	107.0	3.6	
34+40+39 (19o+23+30) (компонента «Om-B»)	57˚37’	132˚00’	4/74 [3]	36.3	-9.4	18.6	21.9	36.1	-10.6	27.6	17.8	
«Om-A» (среднее):	56˚29’	131˚45’	31 (2)	67.9	-63.5	13.9	7.2	45.9	-55.4	69.6	3.1	по образцам
«Om-B» (среднее):	**57˚00’**	**132˚00’**	**16 (5)**	**41.7**	**-0.6**	**48.4**	**5.8**	**41.2**	**2.1**	**66.8**	**4.9**	по образцам
Гонамская и омахтинская свиты												
компонента «WEST»	57˚00’	132˚00’	17/69 (3)	263.9	0.0	40.3	5.7	263.7	1.8	46.2	5.3	**38+39+32** (20o+30+17)
компонента «J-60»	57˚00’	132˚00’	19/93 (4)	261.7	58.0	55.6	4.5	261.5	58.1	46.3	5.0	**35+34+38+40** (5+19g+20g+23)
Кондёрская свита												
41 (25)	57˚52’	133˚07’	13/20	46.4	-32.4	10.7	13.3	48.1	-28.9	11.1	13.0	
42 (28)	58˚18’	133˚33’	9/16	53.4	-48.4	36.3	8.7	54.7	-42.5	43.9	7.9	
среднее (по образцам): N	58˚05’	133˚19’	15	47.2	-39.6	14.4	10.5	47.8	-34.5	15.4	10.1	γ/γ_{cr} = 7.4/18.3
среднее (по образцам): R	58˚05’	133˚19’	7	232.8	38.4	10.6	19.5	236.8	35.0	12.4	17.9	
среднее (по образцам)	**58˚05’**	**133˚19’**	**22 (2)**	**49.0**	**-39.2**	**13.5**	**8.8**	**50.6**	**-34.8**	**14.7**	**8.4**	

Примечание: φ, λ – широта и долгота (средние) объекта; N – число образцов, по которым рассчитано данное направление; n – общее количество образцов, подвергнутых магнитной чистке; C – кол-во кругов перемагничивания, S – кол-во сайтов; D, I, K, α_{95} - склонение, наклонение, кучность и радиус круга доверия; γ - угловое расстояние между сравниваемыми векторами; γ_c - критический угол.

Таблица 3. Палеомагнитные полюсы исследованных мезопротерозойских объектов Сибирской платформы.

Объект		п/п	Точка отбора		Палеомагнитный полюс (* с поправкой)							
			φ	λ	N (S)	Φ	Λ	dp/dm	φ_m	Q_v	Φ*	Λ*
Анабарское поднятие:												
западный склон:		1	70˚25’	104˚08’	122 (10)	24.5	236.0	7.6/14.5	10.8	5	-13.4	32.7
северный склон:												
- интрузивы		2	71˚30’	106˚30’	77 (11)	18.9	256.9	5.0/9.9	2.7	5	-9.5	51.6
- котуйканская свита		3	71˚40’	108˚02’	16 (2)	-2.3	275.9	5.4/9.2	-20.3	3	8.5	74.7
- бурдурская свита		4	71˚19’	107˚02’	20 (1)	2.5	270.6	1.9/3.5	-15.4	3	4.6	68.6
Учуро-Майский район:												
гонамская свита		5	57˚00’	131˚15’	59 (9)	32.1	273.6	4.3/8.5	4.6	6	-32.1	93.6
омахтинская свита	“Om-A”	6	56˚29’	131˚45’	31 (2)	-10.3	275.5	3.2/4.4	-35.9		10.3	95.5
	“Om-B”	7	57˚00’	132˚00’	16 (5)	23.7	265.4	2.9/5.8	-0.3	3	-23.7	85.4
	“Om-C”	8	57˚23’	131˚14’	10 (1)	9.4	279.5	3.8/6.7	-18.4		-9.4	99.5
	“Om-30”	9	58˚22’	133˚18’	16 (1)	-5.6	245.2	2.0/3.7	-16.1		5.6	65.2
омахтинская и гонамская	“West”	10	57˚00’	132˚00’	17 (3)	2.7	227.8	2.7/5.3	-0.9		-2.7	47.8
	“J-60”	11	57˚00’	132˚00’	19 (4)	-27.6	251.4	4.9/6.6	-38.7		27.6	71.4
кондёрская свита		12	58˚05’	133˚19’	22 (2)	2.2	266.3	5.6/9.7	-19.2	5	-2.2	86.3

Примечание: φ, λ – широта и долгота (средние) объекта; N – число образцов, S – кол-во сайтов; Φ, Λ – широта и долгота палеомагнитного полюса; dp/dm – величины полуосей овала доверия; φ_m – палеоширота; Q_v – надежность согласно [Van der Voo, 1993].
* – полюсы с внесенной поправкой за раскрытие Вилюйского рифта и инвертированные в соответствии с выбором альтернативной полярности палеомагнитных направлений (см. текст).

Таблица 4. Используемые (в т.ч. цитируемые) в работе палеомагнитные полюсы Сибирской платформы.

Район, объект	п/п	Возраст млн. лет **	Координаты объекта		N (S)	Φ	Λ	A95 (dp/dm)	Φ*	Λ*
			φ	λ						
Алданский щит (Учур, Аим) (Павлов, 2006)	14	PR_1^2	57˚00’	131˚00’	35 (8)	11.0	277.0	7.0	-11.0	97.0
Анабарский массив (Б.Куонамка) (Саврасов, 1990)	15	PR_1^2	69˚45’	110˚20’	215 (18)	15.0	304.0	5.0	-13.9	98.9
Анабарский массив (Б.Куонамка) (Камышева, ПНиП, 1971)	16	PR_1^2	69°30’	109°30’	85 (10)	-16.0	125.0	7/13	-15.0	99.6
Чайская свита (Диденко и др., 2004)	17	1863±9, zr	57˚36’	110˚48’	108 (10)	22.5	277.4	1.5/2.8	-22.5	97.4
Шумихинские гранитоиды (Диденко и др., 2005)	18	1850±5, zr	52˚07’	103˚48’	92 (2)	23.9	290.0	3.4/6.4	-19.8	83.4
Чиэресская дайка (Ernst et al., 2000)	19	1384±2, bd	70˚36’	112˚18’	7 (1)	4.0	258.0	5.0/9.0	5.0	55.9
Куонамские дайки (Ernst et al., 2000)	20	1503±5, bd	70˚00’	110˚00’	24 (5)	6.0	234.0	14.0/18.0	5.2	31.8
Дебенгдинская свита (Иосифиди, ПНиПП, 1986)	21	1241±30, R,K	70˚30’	123˚00’	20 (7)	6.0	254.0	5.2/10.2	3.5	51.7
Тоттинская свита (Павлов, 1992)	22	< 1100, zr	60˚00’	139˚00’		-21.3	245.3	9.1	21.3	65.3
Малгинская свита (Павлов, 2002)	23	1045±20, S	59°00’	135°00’	89 (4)	-22.5	230.4	2.5	22.5	50.4
Лахандинская серия (Павлов, 2000)	24	1025±40, S	59°00’	135°00’	(4)	-13.3	203.2	10.7	13.3	23.2
Кандыкские объекты (Павлов, 2002)	25	942±19, S; 1005±4 bd	59°24’	136°24’	116 (8)	-3.1	176.5	4.3	3.1	356.5
Устькирбинская свита (Павлов, 2002)	26	950 (?)	58°42’	136°42’	21 (3)	-8.1	182.6	10.4	8.1	2.6
Силлы Сололи (Константинов и др., 2004)	27	1095±5, K;	71˚00’	124˚00’	34 (5)	23.0	239.0	9.5/17.5	-12.1	35.6
Силлы Сололи (Гуревич, 1983)	28	1860(?), zr	71˚00’	124˚00’	26 (1)	23.0	231.0	2.5/4.4	-11.6	28.1
Бурдурская свита (Гуревич, 1983)	29	R_1	70˚30’	106˚00’	28 (1)	7.0	289.0	7.0/12.0	-2.9	84.9
Ильинская свита, эффузивы р.Вюрбюр (Гуревич, 1983)	30	R_1	70˚30’	106˚00’	13 (1)	8.0	295.0	1.6/3.0	-5.2	91.5
Унгуохтахская свита (Родионов, ПНиППб 1986)	31	1260, K	71˚30’	116˚00’	18 (1)	23.0	255.0	6.5/12.5	13.5	50.6

Примечание: φ, λ – широта и долгота (средние) объекта; N – число образцов, S – кол-во сайтов; Φ, Λ – широта и долгота палеомагнитного полюса; A95, dp/dm – радиус круга или величины полуосей овала доверия. * – полюсы с внесенной поправкой за раскрытие Вилюйского рифта и инвертированные в соответствии с выбором альтернативной полярности палеомагнитных направлений (см. текст). ** – в случае имеющегося изотопного возраста даны сведения о методе его определения (zr – U/Pb по циркону, bd – U/Pb по бадделеиту, S – Sm/Nd, K – K/Ar, R – Rb/Sr).

Список литературы:

Веселовский Р.В., Петров П.Ю., Карпенко С.Ф. и др. Новые палеомагнитные и изотопные данные по позднепротерозойскому магматическому комплексу северного склона Анабарского поднятия // ДАН. Т.410, №6, 2006. С. 775-779.

Гапеев А.К., Грибов С.К., Павлов В.Э., Водовозов В.Ю. Влияние спинодального распада титаномагнетитов на магнитные свойства горных пород. В кн.: Палеомагнетизм и магнетизм горных пород. 2003. М.: ГЕОС. С.110-113.

Гапеев А.К., Цельмович В.А. Микроструктура природных гетерофазно-окисленных титаномагнетитов // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1986. № 4. С. 100-104.

Горохов И.М., Семихатов М.А., Друбецкой Е.Р. и др. Rb-Sr и K-Ar возраст осадочных геохронометров нижнего рифея Анабарского массива // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. №7. С. 17-32.

Горохов И.М., Семихатов М.А., Мельников Н.Н. и др. Rb-Sr геохронология среднерифейских аргиллитов юсмастахской свиты, Анабарский массив, северная Сибирь // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2001. Т.9. №3. С.3-24.

Гуревич Е.Л. Палеомагнитные исследования докембрийских отложений севера Сибирской платформы. В кн. Палеомагнетизм верхнего докембрия СССР. Сб. научн. трудов. Л.: ВНИГРИ. 1983. С. 39-51.

Диденко А.Н., Водовозов В.Ю., Козаков И.К., Бибикова Е.В. Палеомагнитное и геохронологическое изучение постколлизионных раннепротерозойских гранитоидов юга Сибирской платформы: методические и геодинамические аспекты // Физика Земли. 2005. № 2. С. 66-83.

Диденко А.Н., Водовозов В.Ю. Траектория кажущейся миграции полюса Сибири для второй половины раннего протерозоя / Палеомагнетизм и магнетизм горных пород. Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 2004. С.128-134.

Константинов К.М., Писаревский С.А., Вингейт М.Т.Д. и др. Палеомагнетизм протерозойских силлов Якутии (Оленекское поднятие) / Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика и эксперимент (материалы международного семинара). Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 2004. С. 135-139.

Неволин Б.С., Потапов С.В., Ставцев А.Л. Верхний протерозой (рифей) и нижний кембрий юго-восточной окраины Сибирской платформы, Юдомо-Майского прогиба и Охотского срединного массива. Стратиграфия уйской серии позднего докембрия Сетте-Дабана. Новое в стратиграфии и палеонтологии позднего докембрия восточных и северных районов Сибири / Под ред. Хоментовского В.В. Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР. 1978. С. 21-63.

Неймарк Л.А., Ларин А.М., Яковлева С.З., Гороховский Б.М. U-Pb-возраст магматических пород Улканского грабена (юго-восточная часть Алданского щита) // Докл. АН СССР. 1992. Т.323, № 6. С. 1152-1156.

Нужнов С.В. Рифейские отложения юго-востока Сибирской платформы. М.: Наука. 1967. 175 с.

Округин А.В. Дайковые пояса позднедокембрийских базитов Анабарского массива и Алданского щита. Геология и тектоника платформ и орогенных областей северо-востока Азии. Материалы совещания / Под ред. Оксмана В.С. Якутск: Институт геологических наук СО РАН. 1999. Т.2. С.89-93.

Павлов В.Э. Место рождения Сибирской платформы // Области активного тектоногенеза в современной и древней истории Земли. Материалы XXXIX Тектонического совещания. Т.1. М.: ГЕОС. 2006. С. 88-91.

Павлов В.Э. Палеомагнетизм среднего и верхнего рифея Учуро-Майского района. Автореф. дисс. … канд. геол.-мин. наук. М.: ИФЗ РАН. 1992. 24 с.

Павлов В.Э., Галле И., Петров П.Ю. и др. Уйская серия и позднерифейские силлы Учуро-Майского района: изотопные, палеомагнитные данные и проблема суперконтинента Родиния // Геотектоника. 2002. № 4. С. 26-41.

Палеомагнитные методы в стратиграфии / Ред. Храмова А.Н. Л.: Изд. ВНИГРИ. 1984. 110 с.

Палеомагнитные направления и палеомагнитные полюса. Материалы мирового центра данных Б. Данные по СССР / Ред. Храмова А.Н. Вып. 6. Москва. 1986.

Палеомагнитные направления и палеомагнитные полюса. Справочные данные по СССР / Ред. Храмова А.Н. Л.: Изд. ВНИГРИ. 1971. 124 с.

Потапов С.В., Ставцев А.Л., Лобанова А.Ф., Манукян А.М. Новые данные о стратиграфии верхнего протерозоя, венда и нижнего кембрия северных склонов Алданского щита. В кн.: Докембрий и палеозой северо-востока СССР. Тез. докл. Магадан. 1974. С.42-45.

Саврасов Д.И. Палеомагнитные исследования на кристаллических породах Анабарского щита // Геология и геофизика. №1. 1990. С. 94-104.

Семихатов М.А., Горохов И.М., Ивановская Т.А. и др. Rb-Sr и K-Ar возраст глобулярных слоистых силикатов рифея и кембрия СССР: Материалы к оценке геохронометра // Литология и полезные ископаемые. 1987. №5. С.78-96.

Семихатов М.А., Серебряков С.Н. Сибирский гипостратотип рифея // М.: Наука. 1983. 224 с.

Семихатов М.А., Шуркин К.А., Аксенов Е.М. и др. Новая стратиграфическая шкала шкала докембрия СССР // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. №4. С.3-13.

Сергеев В.Н. Окремненные микрофоссилии докембрия. Автореф. докт. дис... геол.-мин. наук. М.: ГИН РАН. 2003. 52 с.

Сергеев В.Н. Окремненные микрофоссилии докембрия: природа, классификация и биостратиграфическое значение / Под ред. Семихатова М.А. М.: ГЕОС. 2005. 280 с.

Хоментовский В.В. Актуальные вопросы стратиграфии неопротерозоя в Сибирском гипостратотипе рифея // Геология и геофизика. 2005. Т.46. № 5. С. 529-545.

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

Худолей А.К. Тектоника пассивных окраин древних континентов (на примере восточной окраины Сибирской и западной окраины Североамериканской платформ). Дисс… докт. геол.-мин. наук. СпБ.: ВСЕГЕИ. 2003. 461 с.

Худолей А.К., Рейнбирд Р., Стерн Р. и др. Новые данные о рифейском тектогенезе на Северо-Востоке России. Тектоника, геодинамика и процессы магматизма и метаморфизма. Материалы XXXII Тектонического совещания / Под. ред. Карякина Ю.В. Москва. ГЕОС. 1999. Т.2. С. 261-264.

Худолей А.К., Молчанов А.В., Округин А.В. и др. Эволюция фундамента севера Сибирской платформы по данным U-Pb датирования обломочных цирконов в песчаниках мукунской серии, Анабарский щит. Фундаментальные проблемы геотектоники. Материалы XL Тектонического совещания / Под. ред. Карякина Ю.В. М.: ГЕОС. 2007. Т.2. С. 333-335.

Шенфиль В.Ю. Поздний докембрий Сибирской платформы. Новосибирск: Наука. 1991. 185 с.

Шипунов С.В. Критерии значимости в палеомагнетизме // Физика Земли. 1999. № 6. С. 89-92.

Шпунт Б.Р., Шаповалова И.Г., Шамшина Э.А. Поздний докембрий севера Сибирской платформы. Новосибирск: Наука. 1982. 226 с.

Cogné J.P. PaleoMac: a Macintosh™ application for treating paleomagnetic data and making plate reconstructions. Geochem. Geophys. Geosyst., 4(1), 1007, doi:10.1029/2001GC000227, 2003.

Collinson D. Paleomagnetism. Cambridge University press. Cambridge. 1980. P. 521.

Enkin R.J. A computer program package for analysis and presentation of paleomagnetic data. // Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada. 1994. P. 16.

Ernst R.E., Buchan K.L., Hamilton M.A., et al. Integrated paleomagnetism and U–Pb geochronology of mafic dikes of the eastern Anabar Shield region, Siberia: Implications for Mesoproterozoic paleolatitude of Siberia and comparison with Laurentia // J. of Geol., 2000, v. 108, N 3, p. 381-401.

Khudoley, A.K., Kropachev, A.P., Tkachenko, V.I., et al. Mesoproterozoic to Neoproterozoic evolution of the Siberian Craton and adjacent microcontinents: an overview with constraints for a Laurentian connection // Proterozoic geology of western North America and Siberia / Eds P.K. Link, R.S. Lewis. SEPM (Society for Sedimentary Geology). 2007. Special publication N86. P.209-226.

Khudoley, A. K., Rainbird, R. H., Stern, et al. 2001. Sedimentary evolution of the Riphean–Vendian basin of southeastern Siberia. Precamb. Res.111, 129–163.

Kirschvink J.L. The least-square line and plane and the analysis of palemagnetic data. // Geophys. J. R. Astron. Soc. 1980. V.62. P. 699-718.

Knoll A.H., Kaufman A.J., Semikhatov M.A. The carbon-isotopic composition of Proterozoic carbonates: Riphean succession from Northwestern Siberia (Anabar massif, Turukhansk uplift) // Amer. J. Sci. 1995. V. 295. P. 823–850.

McFadden P. L. and M. W. McElhinny. Classification of the reversal test in palaeomagnetism, Geophys. J. Int., V. 103, 1990, pp. 725–729.

McFadden P. L. and M. W. McElhinny. The combined analyses of remagnetization circles and direct observations in paleomagnetism.// Earth and Planetary Science Letters. 1988. V.87. P. 53-58.

Pavlov, V.E. & Petrov, P.J. 1997. Paleomagnetism of the Riphean deposits in Irkineeva Uplift, Yenisey range: new evidence for the integrity of the Siberian Platform in the Middle Riphean, Izvest. Phys. Solid Earth. 33, 464–475.

Pavlov, V. E., Gallet, Y., Bachtadse, V., Mikhailov, V. New Paleomagnetic Data for the Middle Cambrian and Middle Ordovician of the Siberian Platform: Llandeilian Magnetostratigraphy and new Evidence for Relative Rotations Between the Aldan and Anabar-Angara Blocks. 2007. Eos Trans. AGU, 88(23), Jt. Assem. Suppl., Abstract GP21A-07.

Shatsillo A.V., Pavlov V.E., Didenko A.N. Paleomagnetism of Vendian rocks in the southwest of the Siberian Platform // Russian Journal of Earth Sciences. Vol. 8, ES2003, doi:10.2205/2005ES000182, 2006.

Torsvik T.H., Smethurst M.A., Pesonen L.J. GMAP - geographic mapping and paleoreconstruction package// Norv. Geol. Serv. Rep., 1990, № 90.019, P. 64.

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

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.

Подписи к рисункам к статье Веселовского и др.:

Рис. 1. Карта-схема Сибирской платформы с отмеченным расположением районов исследований: 3 – западный склон Анабарского поднятия (рис. 3), 4 – северный склон Анабарского поднятия (рис. 4), Учуро-Майский район: 5а – река Б.Аим, 5б – реки Идюм, Гонам, Учур, Алгама (рис. 5).

Рис. 2. Корреляционные схемы рифея Учуро-Майского района и Анабарского поднятия.

а – классическая корреляция по [Семихатов, Серебряков, 1983]; б – корреляция с учетом современных изотопно-хронологических «1» [Khudoley et al. 2007] и палеомагнитных «2» (настоящая работа) данных.

Свиты рифея. Учуро-Майский район: gn - гонамская, om - омахтинская, en - эннинская, tl - талынская, sv - светлинская, tt - тоттинская, ml - малгинская, zp - ципандинская, nr - нерюенская, ig - игниканская. Анабарское поднятие: il - ильинская, br - бурдурская, lb - лабазтахская, ul - устьильинская, kt - котуйканская, us - юсмастахская. V - венд (юдомская серия). Черными вертикальными полосами условно изображены интрузивные тела.

(1) 1690±9 – обломочные цирконы, [Khudoley et al, 2007]

(2) 1513±51 – Sm/Nd, [Веселовский и др., 2006]

(3) 1493±34 – бадделеит, Chamberlain, K.R. (уст. сообщ.)

(4) 1384±2 – U/Pb, [Ernst et al, 2000]

(5) 1717±32 – обломочные цирконы, [Khudoley et al, 2001]

(6) 1339±54 – Sm/Nd, ссылка в [Khudoley et al, 2007]

(7) 1394±42 – обломочные цирконы, [Худолей, в печати]

(8) 1100 – обломочные цирконы, [Худолей, в печати]

Рис. 3. Схема исследованных объектов западного склона Анабарского поднятия.

1 – отложения венда-среднего кембрия; 2 – староречeнская свита венда; 3 – юсмастахская свита; 4 – котуйканская свита; 5 – устьильинская свита; 6 – лабазтахская свита; 7 – бурдурская свита; 8 – ильинская свита; 9 – выходы пород докембрийского фундамента; 10 – интрузивные тела P_2-T_1; 11 – интрузивные тела докембрийского возраста; 12 – точки отбора образцов.

Рис. 4. Схема исследованных объектов северного склона Анабарского поднятия.

1 – отложения кембрия; 2 - отложения венда-нижнего кембрия; 3 – котуйканская свита; 4 – устьильинская свита; 5 – лабазтахская свита; 6 – бурдурская свита; 7 – интрузивные тела P_2-T_1; 8 – интрузивные тела докембрийского возраста; 9 – выступы докембрийского фундамента; 10 – точки отбора образцов.

Рис. 5. Расположение исследованных обнажений в бассейнах рек Б.Аим (а) и Учур (б) (Учуро-Майский район).

1 – отложения верхней юры; 2 – отложения венда-нижнего кембрия; 3 –средний рифей, тоттинская свита; нижний рифей, учурская серия: 4 –эннинская свита, 5 – омахтинская свита, 6 – гонамская свита; 7 – выходы метаморфических пород фундамента; 8 – разрывные нарушения; 9 – точки отбора образцов.

Рис. 6. (а), (б), (в) – Результаты температурной чистки образцов интрузивных тел Западного Прианабарья. (г) – средние направления характеристической компоненты намагниченности для каждого сайта и среднее направление исследованных интрузивных тел Западного Прианабарья (звездочка).

Рис. 7. Результаты температурной чистки образцов интрузивных тел Северного Прианабарья.

Рис. 8. Стереограммы, иллюстрирующие направления выделенных компонент намагниченности в четырех обнажениях долины реки Фомич: (а) полностью перемагниченные рвущей их дайкой породы бурдурской свиты обнажения 3 и среднее направление намагниченности образцов обнажения 4 бурдурской свиты; (б) направление намагниченности пород котуйканской свиты и рвущей их интрузии (обнажение 24); (в) то же для обнажения 25; (г) средние направления характеристической компоненты намагниченности для каждого сайта и среднее направление исследованных интрузивных тел Северного Прианабарья (звездочка).

Рис. 9. Результаты температурной чистки образцов осадочных пород Учуро-Майского района.

Рис. 9 (продолжение). Результаты температурной чистки образцов осадочных пород Учуро-Майского района (е, ж). Стереограммы, иллюстрирующие направления выделенных компонент намагниченности в породах Учуро-Майского района: з) гонамская свита; и) кондёрская свита; к) омахтинская свита.

Рис. 10. Палеомагнитные полюсы Сибирской платформы, полученные в этой работе (табл. 3), и полюсы, полученные ранее и используемые в тексте (табл. 4).
19 – чиэресская дайка [Ernst et al., 2000]; 20 – куонамские дайки [Ernst et al., 2000]; 22 – тоттинская свита [Павлов, 1992]; 23 – малгинская свита [Павлов и др., 2002]; 27 – силлы Сололи [Константинов, 2004]; 28 – силлы Сололи [Гуревич, 1983]; 29 – низы бурдурской свиты [Гуревич,1983]; 30 – ильинская свита [Гуревич, 1983]; 31 – унгуохтахская свита [Родионов, 1986].

а, б – палеомагнитные полюсы, полученные в этой работе для Алданского (а) и Ангаро-Анабарского (б) блоков; в, г – палеомагнитные полюсы, полученные ранее для Алданского (в) и Ангаро-Анабарского (г) блоков.

Рис. 11. Палеоширотное положение Сибирского кратона в интервале 1.9-0.9 млрд. лет.

Транслитерация:

1. Веселовский = Veselovskiy
2. Учуро-Майский район = Uchur-Maya region
3. Джогджо = Djogdjo
4. Котуйкан = Kotuikan