

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ ГРАНИТОВ АНГАРО-КАНСКОГО ВЫСТУПА ФУНДАМЕНТА СИБИРСКОГО КРАТОНА

А.Н. Диденко^{1,2}, И.К. Козаков³, А.В. Дворова²

¹ Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, 680063, Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65, Россия

² Геологический институт РАН, 198017, Москва, Пыжевский пер., 7, Россия

³ Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 21, Россия

Получено новое палеомагнитное определение для нижнепротерозойских пород Сибирского кратона с положительным тестом обжига и обоснованным возрастом высокотемпературной компоненты естественной остаточной намагниченности. Средний палеомагнитный полюс Сибири на ~1730 млн лет имеет координаты 42.9° ю.ш., 109.6° в.д. при $\alpha_{95} = 5.3^\circ$, что хорошо согласуется с другими недавно полученными полюсами для второй половины раннего протерозоя.

Палеопротерозой, палеомагнитный полюс, Сибирский кратон.

PALEOMAGNETISM OF GRANITES FROM THE ANGARA-KAN BASEMENT INLIER, SIBERIAN CRATON

A.N. Didenko, I.K. Kozakov, and A.V. Dvorova

We report a new paleomagnetic determination of Paleoproterozoic rocks from the Siberian craton which showed a positive baked contact test and a stable age of the high-temperature NRM component. The mean paleomagnetic pole of Siberia for symbol ~1730 Ma located at 42.9°S, 109.6°E ($\alpha_{95} = 5.3^\circ$) is compatible with the pole positions obtained recently for the middle and late Early Proterozoic.

Paleoproterozoic, paleomagnetic pole, Siberian craton

ВВЕДЕНИЕ

За последние 50 лет палеомагнитные исследования сыграли существенную роль в развитии новых геотектонических гипотез. Не является исключением и гипотеза о существовании в истории Земли суперконтинентов, циклы сбора и распада которых отождествляются с циклами Уилсона [Хаин, 2000].

В реконструкциях позднепалеозойского-мезозойского суперконтинента Пангеи, выполненных разными авторами, принципиальных различий нет, чего не наблюдается для более ранних протерозойских суперконтинентов. Отчетливо это видно на примере Сибирского кратона. Обсуждаются несколько вариантов его положения в протерозойских суперконтинентах, основанных на анализе структурных и геохронологических качественных палеомагнитных данных по протерозойским породам Сибирского кратона. Неслучайно в последней сводке по палеомагнитной изученности древних кратонов и возможного построения реконструкций в протерозое [Pesonen et al., 2003] для Сибири использовано лишь три полюса: по дайкам Куонамского пояса — 1503 млн лет [Ernst et al., 2000], малгинской свите — 1043 млн лет [Gallet et al., 2000] и силлам кандыской свиты — 1005 млн лет [Павлов и др., 2002].

В последнее время для позднего протерозоя Сибири получен ряд кондиционных палеомагнитных определений [Павлов и др., 2002; Метелкин и др., 2007], что позволило отдать предпочтение одной из существующих моделей положения Сибири в теле суперконтинента Родиния. В интервале, по крайней мере, 1070—950 млн лет с арктической окраиной Лаврентии смыкалась байкальская окраина Сибирского кратона, как это предполагалось в построениях [Rainbird et al., 1998; Ярмолюк, Коваленко, 2001]. Для раннего протерозоя Сибири качественные палеомагнитные данные стали появляться недавно [Диденко и др., 2003, 2005, 2006, 2007; Водовозов и др., 2007а,б], но их количества еще явно недостаточно для построения траектории кажущейся миграции полюса (ТКМП) Сибирского кратона в раннем протерозое.

Полагаем, что одной из основных задач палеомагнитных исследований Сибири является получение как кондиционных по магнитной стабильности, так и хорошо датированных палеомагнитных направлений для средне- и нижнепротерозойских пород. Это позволит разработать ТКМП Сибири в протерозое, в количественных оценках характеризовать эволюцию плиты, в том числе, и возможность вхождения в состав суперконтинента. Проблему получения надежно датированных палеомагнитных направлений для протерозойских пород можно в какой-то мере решить, изучая граниты и родственные им породы. Во-первых, гранитоиды хорошо датируются современными изотопно-геохимическими методами, и, во-

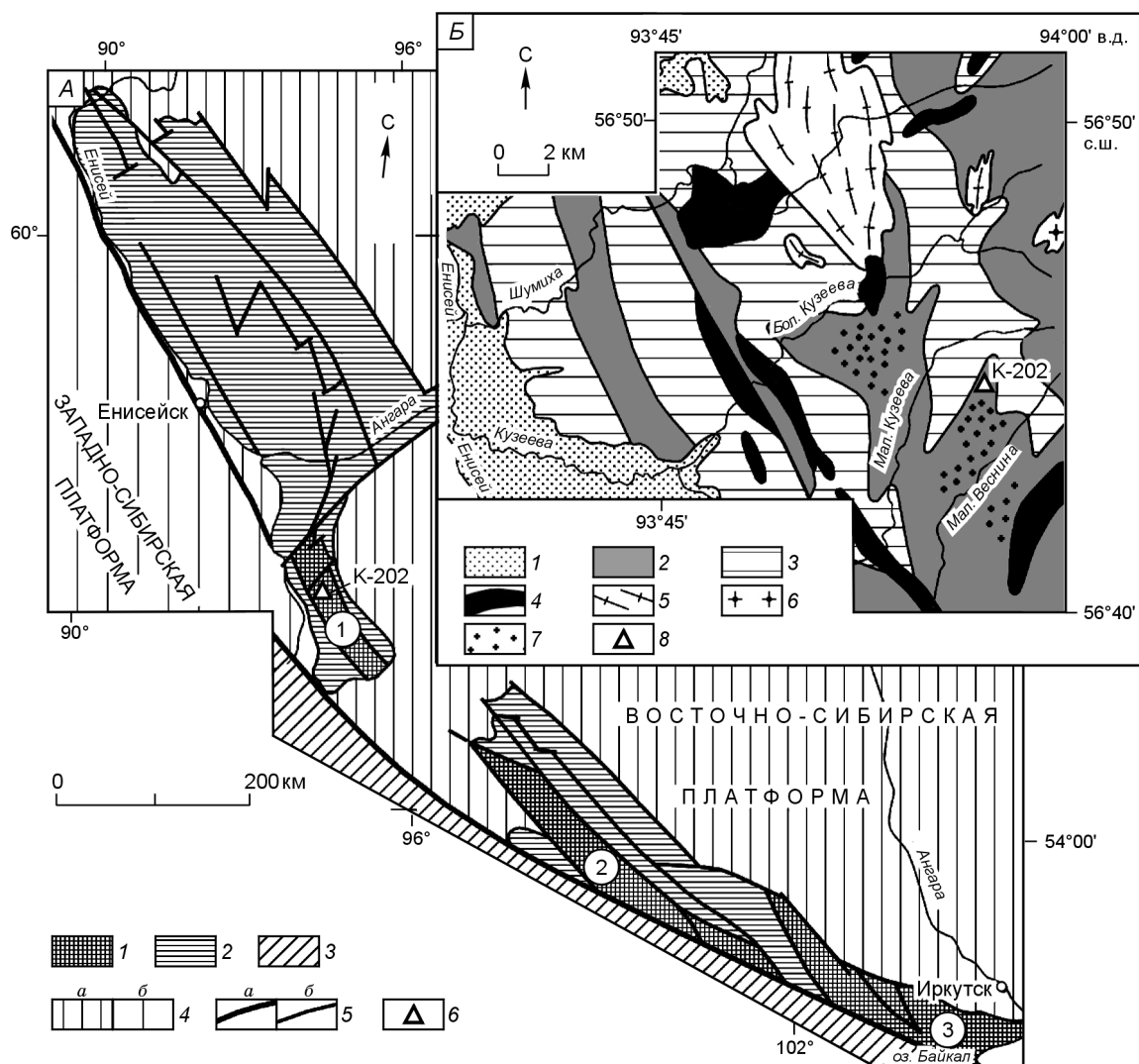


Рис. 1. Схема положения канского метаморфического комплекса (А) и кузеевитов (Б), по [Бибикова и др., 2001; Ножкин и др. 2003].

А: 1 — кристаллические образования фундамента Восточно-Сибирской платформы; 2 — области распространения позднепротерозойских образований; 3 — образования Саяно-Байкальской складчатой области; 4 — фанерозойские чехлы Восточно-Сибирской (а) и Западно-Сибирской (б) платформ; 5 — главные тектонические границы: краевой шов Восточно-Сибирской платформы (а), крупные разломы (б); 6 — положение точки опробования. Цифры в кружках: краевые выступы (1 — Ангаро-Канский, 2 — Бирусинский, 3 — Шарьжалгайский); Б: 1 — четвертичные отложения; 2, 3 — канский метаморфический комплекс, 2 — кузеевская толща (гранат-биотитовые, гранат-гиперстен-биотитовые гнейсы и мигматиты), 3 — атамановская толща (гиперстен-кордиерит-силлиманитовые гнейсы, амфибол-пироксеновые и двупироксеновые кристаллические сланцы, мраморы, мигматиты); 4 — кимбирский комплекс: метагаббро, габбро-нориты, анортозиты; 5 — посылнинский комплекс (гнейсограниты); 6 — граниты таракского комплекса; 7 — поля развития кузеевитов; 8 — положение точки опробования.

вторых, на основе существующих генетических классификаций их образование связывается с определенными этапами геодинамических процессов развития кратонов.

В 2007 г. мы предприняли попытку получить новые палеомагнитные направления по гранитоидам таракского комплекса (координаты отбора — 56.19° с.ш., 94.93° в.д.), включенного нами в состав Южно-Сибирского пояса раннепротерозойских постколлизонных гранитоидов (рис. 1, А) [Диденко и др., 2003], и анорогенным гиперстеновым гранитам (координаты отбора — 56.77° с.ш., 94.02° в.д.) Ангаро-Канского выступа фундамента Сибирского кратона (см. рис. 1, Б), для чего из этих комплексов были отобраны коллекции для последующего палеомагнитного изучения.

Лабораторные исследования показали крайне низкую палеомагнитную стабильность гранитоидов таракского комплекса и, наоборот, высокую палеомагнитную стабильность анорогенных гиперстеновых гранитов (кузеевиты) Ангаро-Канского блока. Результаты палеомагнитных исследований последних и представлены в настоящей работе.

КРАТКОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Кристаллические образования Ангаро-Канского выступа — канский метаморфический комплекс (канская серия) — традиционно отождествлялись с древнейшими архейскими образованиями Восточной Сибири [Кузнецов, 1988]. Это предположение базировалось, главным образом, на представлении об архейском возрасте гранулитового метаморфизма и чарнокитоидов. Однако датирование U-Pb методом цирконов гранулитов канской серии и эндрбитов жильного материала мигматитов позволило дать оценку возраста гранулитового метаморфизма 1900 ± 20 млн лет [Бибикова и др., 1993].

Гранитоиды тараского комплекса слагают одноименный массив в восточной части Ангаро-Канского блока. С востока он перекрыт верхнедокембрийскими, а с юга — девонскими осадочными отложениями. Западный контакт с вмещающими парагнейсами и мигматитами интрузивный, местами тектонический. Центральная и восточная части Тараского плутона сложены массивными порфириовидными и равномерно-зернистыми биотитовыми гранитами и лейкогранитами главной фазы с возрастом 1837 ± 3 млн лет [Ножкин и др., 2003]. Западная краевая зона массива, ширина которой составляет 3—4 км, состоит из биотитовых гранодиоритов и плагиогранитов. По своему структурному положению и геохимическим особенностям Тараский плутон и его фации порфириовидных гранитов имеют явно постколлизийную природу [Ножкин и др., 2003], т. е. сформирован он после завершения гранулитового метаморфизма (~1.9 млрд лет) [Бибикова и др., 1993; Ножкин, 1999].

Кузеевиты представляют собой массивные порфириовидные гиперстеновые граниты, гранодиориты и граносиениты [Кузнецов, 1988] с характерной буроватой или серой окраской, слагающие небольшие массивы и маломощные дайки, в которых не проявлены наложенный метаморфизм, складкообразующие деформации или рассланцевание в *PT*-условиях гранулитовой фации. Форму массивов из-за плохой обнаженности определить трудно. На исследованной территории кузеевиты, как правило, локализованы среди гнейсов кузеевской толщи. Их геологическое положение определяется наличием апофиз, пересекающих мигматитовую и метаморфическую полосчатость, и ксенолитов вмещающих гранат-биотитовых и гиперстеновых гнейсов. Дайкообразные тела порфириовидных кузеевитов пересекают синметаморфические чарнокит-мигматиты (богуниты) [Кузнецов, 1988]. В эндоконтактах кузеевитов были установлены зоны закалки, а в экзоконтактах и ксенолитах — признаки термального воздействия.

Для кузеевитов был установлен возраст 1734 ± 4 млн лет [Бибикова и др., 2001], что свидетельствует о внедрении кузеевитов после завершения метаморфизма гранулитовой фации (1900 ± 20 млн лет). Иными словами, после их внедрения кристаллические породы Ангаро-Канского выступа (по крайней мере его внутренние части) не вовлекались в процессы метаморфизма и складчатости.

Приведенные геологические данные позволяют нам высказать предположение, что после завершения основного этапа метаморфизма Ангаро-Канский блок был жестко связан с основным телом Сибирского кратона (вошел в его состав) и не испытывал относительно последнего вращений ни в горизонтальной, ни в вертикальной плоскостях. С большой степенью уверенности полученное древнее палеомагнитное направление по кузеевитам в географической системе координат можно использовать для расчета полюса Сибирского кратона на конец раннего протерозоя.

Обследовав площадь в 20—30 км² с многочисленными выходами гнейсов кузеевской толщи, мы обнаружили только одну жилу кузеевитов мощностью 2.5—3.0 м, из которой был отобран 21 ориентированный образец. Для теста обожженных контактов были взяты образцы из вмещающих гнейсов кузеевской толщи как на контакте с гранитами, так и на удалении от них, где прогрев маломощной интрузии уже не сказывался.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕТРОМАГНИТНЫХ И ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отбор образцов для палеомагнитных исследований проводился обычным «ручным» способом (с помощью молотка и зубила). Ориентировка проводилась горным компасом; магнитное склонение в месте отбора составляло $+4.5^\circ$, оно учитывалось в средних суммарных направлениях. В лаборатории ориентированные штUFFы на алмазной электропиле были распилены на двухсантиметровые кубики по 2—3 дубля из каждого штUFFа.

Для определения состава магнитной фракции на ряде образцов был проведен термомагнитный анализ намагниченности насыщения на весах Кюри (магнитных весах). Носителями магнетизма изученных пород являются или практически чистый магнетит, или катиондефицитный магнетит: точки Кюри от 575 до 610 °C. Температурные зависимости намагниченности насыщения кузеевитов имеют ярко выраженный Q-тип, т. е. со значительным вкладом ферримагнитной фракции в намагниченность насыщения.

Все образцы прошли ступенчатую температурную магнитную чистку в экранированной электропечи TD-48 (США) и измерения NRM после каждого нагрева на спин-магнитометре JR-4 (Чехия). По результатам термочистки каждого образца были построены ортогональные диаграммы [Zijderveld, 1967] с после-

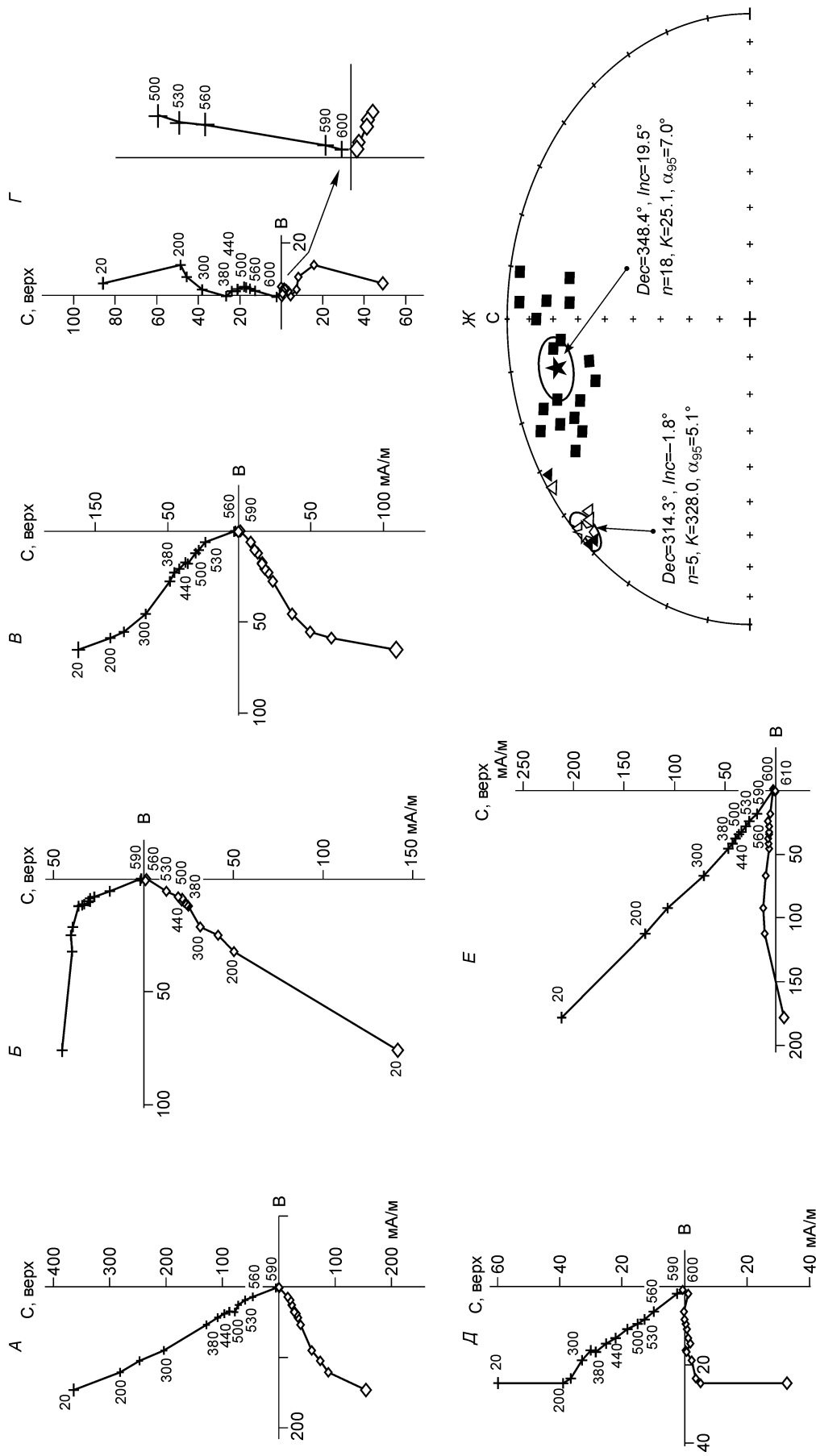


Рис. 2. Палеомагнитная характеристика изученных пород.

A—E: примеры детальной температурной магнитной очистки на диаграммах Зейдверельда [Zijderveld, 1967]. *A, B, B, Г* — образцы кузевитов D07-4/1, D07-4/4, D07-4/6 и D07-4/11 соответственно; *Д, E:* образцы гнейсов кузевской толщи из экзоконтактовой зоны — D07-5/1, на удалении от интрузии гипертеновых гранитов — D07-5/5. Крест — проекция вектора NRM на горизонтальную плоскость, полый ромб — на вертикальную. Числа у точек обозначают температуру в °С. *Ж:* распределение векторов высокотемпературных компонентов NRM кузевитов (квадрат) и гнейсов кузевской толщи (треугольник) на стереограмме (равноплощадная проекция) в географической системе координат. Звездочка — среднее направление выборки с 95%-м овалом доверия. Залитые значки — проекция векторов на нижнюю полушару, полые — на верхнюю. *Dec* — палеомагнитное склонение; *Inc* — палеомагнитное наклонение; *K* — параметр кучности; α_{95} — радиус 95 %-го овала доверия.

Новые палеопротерозойские палеомагнитные направления и полюсы Сибирского кратона

№ полюса, формация	Возраст, млн лет	<i>Dec</i> , °	<i>Inc</i> , °	<i>K</i>	α_{95} , °	Тест	<i>Plat</i> , °	<i>Plong</i> , °	<i>dp/dm</i> , °	Источник
Ангаро-Канский выступ										
1. Гиперстенновые граниты	1734 ± 5	348.4	19.5	25.1	7.0	<i>C</i>	-42.9	109.6	3.8/7.3	[Наст. работа], возраст, по [Бибикова и др., 2001]
Шарыжалгайский выступ										
2. Граниты «шумихинские»	1854 ± 4	174.0	-26.0	9.4	5.9	<i>R</i>	-23.9	110.0	3.4/6.4	[Диденко и др., 2003, 2005, 2006]
Северо-Байкальский хребет										
3. Малокосинская свита	1877 ± 4	187.2	6.8	79.4	6.3	<i>G, F</i>	-31.7	100.2	3.2/6.3	[Диденко и др., 2007]
4. Дайки диабазов	1674 ± 12	189.4	-16.2	23.5	4.0	<i>F</i>	-43.6	100.5	3.2/6.3	[Водовозов и др., 2007а] с дополнением; возраст по [Гладкочуб и др., 2007]
Акитканский хребет										
5. Хибеленская свита	1855 ± 4	207.4	16.1	23.5	7.3	<i>G, F</i>	-20.5	81.0	3.9/7.5	[Водовозов и др., 2007б]
6. Чайская свита	1863 ± 9	192.5	18.6	50.5	6.9	<i>C, G</i>	-22.1	97.5	3.7/7.2	[Диденко и др., 2006]
7. Окуньская свита	PR ₁	358.6	-8.1	14.7	9.6	<i>F</i>	-28.5	111.6	4.9/9.7	[Водовозов и др., 2007б]
8. Габбро-диабазы	1674 (?)	193.3	-16.4	33.1	5.1	—	-39.6	92.8	2.7/5.3	[Водовозов и др., 2007а,б] с дополнением

Примечание. *Plat*, *Plong* — широта и долгота палеомагнитного полюса соответственно; *dp*, *dm* — полуоси овала доверия с 95 %-й вероятностью вокруг среднего; тесты палеомагнитной надежности: *R* — обращения, *G* — конгломератов, *F* — складки, *C* — обожженных контактов. Номер полюса в таблице соответствует номеру полюса на рис. 3. Ост. усл. обозн. см. на рис. 2.

дующим выделением статистически значимых компонентов NRM (рис. 2, *A—E*) и расчетом средних суммарных направлений этих компонентов (см. рис. 2, *Ж*) по программам Р. Енкина [Enkin, 1994].

Практически во всех изученных образцах кузеевитов (в 18 из 21) диаграммы имеют хорошо интерпретируемый вид, высокотемпературный компонент NRM выделяется по 4—5 и более точкам термочистки (см. рис. 2, *A—Г*). На стереограмме единичные векторы хорошо группируются вокруг среднего — $Dec = 348.4^\circ$, $Inc = 19.5^\circ$, $K = 25.1$, $\alpha_{95} = 7.0^\circ$ (см. рис. 2, *Ж*). Это направление дано в географической системе координат, допуская, что вращений вокруг горизонтальной оси Ангаро-Канский блок после внедрения кузеевитов не испытал.

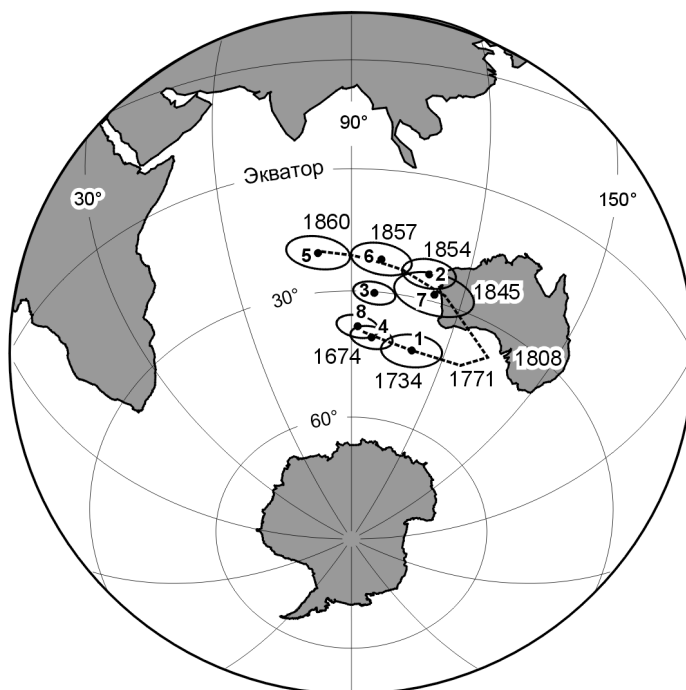
Диаграммы вмещающих кузеевиты гнейсов также имеют интерпретируемый вид (см. рис. 2, *Д, Е*). Важным является несовпадение направления высокотемпературного компонента NRM вмещающих гнейсов с таковым кузеевитов (см. рис. 2, *Ж*). Вероятно, частичному перемагничиванию времени внедрения кузеевитов могли подвергнуться только гнейсы из экзоконтактовой зоны (см. рис. 2, *Д*), тогда как на удалении от тела кузеевитов влияние обжига не сказывается (см. рис. 2, *Е*). Их среднее направление составляет — $Dec = 314.3^\circ$, $Inc = -1.8^\circ$, $K = 328$, $\alpha_{95} = 5.2^\circ$ (см. рис. 2, *Ж*). Наблюденная угловая разница между средними направлениями векторов высокотемпературных компонентов кузеевитов и гнейсов (без двух приконтактных образцов) составляет 39.7° , тогда как критическое значение *F*-критерия ($\rho = 0.05$) равенства (возможная принадлежность к одной совокупности) двух выборок с наблюдаемыми параметрами (см. рис. 2, *Ж*) составляет 30.5° [Шипунов, 2000]. Следовательно, данные выборки принадлежат разным совокупностям.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ И КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

Определить время приобретения гнейсами высокотемпературного компонента NRM по имеющимся данным нельзя. Возможно, этот компонент связан с процессами гранулитового метаморфизма и мигматизации кузеевской толщи, возраст которых оценивается в интервале 1840—1900 млн лет [Бибикова и др., 1993; Ножкин, 1999], т. е. примерно на 100 млн лет древнее возраста кристаллизации самих кузеевитов. Исходя из данных статистического анализа палеомагнитных компонент и геохронологического возраста вмещающих и внедрившихся пород, можно утверждать: 1) после внедрения кузеевитов не было общего

Рис. 3. Предлагаемый сегмент ТКМП Сибири для конца раннего протерозоя.

Точки — положение новых полюсов с овалами доверия (номер полюса на рис. соответствует номеру полюса в таблице). Пунктир — аппроксимация ТКМП Сибирской плиты методом кубического сплайна с использованием программы [Torsvik, Smethurst, 1999]. Числа рядом с ТКМП — время в млн лет.



перематгничивания; 2) направление высокотемпературного компонента NRM кузеевитов соответствует времени их внедрения в гнейсы кузеевской толщи.

Второе утверждение основано также на результатах полевых наблюдений. Во-первых, контакт между вмещающими гнейсами и внедрившимися кузеевитами «горячий» с выраженной экзоконтактной зоной, т. е. во время внедрения кузеевитов гнейсы были уже «холодными». Во-вторых, объем внедрившихся кузеевитов не предполагает их медленное остывание и, соответственно, большой временной разрыв между кристаллизацией цирконов (закрытие U-Pb изотопной системы в цирконах составляет $\sim 750\text{--}850\text{ }^\circ\text{C}$) и записью высокотемпературного компонента естественной остаточной намагниченности кузеевитов (блокирующие температуры $450\text{--}580\text{ }^\circ\text{C}$).

Приведем еще один довод в пользу соответствия полученного палеомагнитного направления по кузеевитами концу раннего протерозоя. В таблице показаны полученные нами в последние годы палеомагнитные данные для нижнепротерозойских пород Сибирского кратона. Среди них есть несколько результатов с высоким индексом палеомагнитной стабильности — ключевые полюсы. Это, в первую очередь, относится к полюсам, полученным по вулканогенно-осадочным породам аkitканской серии Байкальского и Аkitканского хребтов (см. таблицу), но следует отметить, что высоко- и менее надежные образуют закономерный ряд — их положение на сфере согласуется с возрастной последовательностью, сюда же органично можно включить полюс, полученный по кузеевитами (рис. 3).

Проблема полярности в настоящей работе не обсуждается. Отметим только, что если полюсы (см. таблицу, рис. 3) принять за северные (прямая полярность), то это позволит совместить байкальскую окраину Сибирского кратона с арктической окраиной Лаврентии в теле гипотетического суперконтинента Колумбия, примерно так же, как установлено для конца среднего—начала позднего протерозоя, согласно палеомагнитным данным [Павлов и др., 2002; Метелкин и др., 2007].

Авторы благодарны за помощь в организации и проведении экспедиционных работ Е.В. Склярову, Д.П. Гладкочубу и С.А. Диденко, проведении лабораторных исследований В.Ю. Водовозову, Н.Я. Дворовой.

Работа выполнена при поддержке интеграционной программы Отделения наук о Земле РАН и СО РАН № 10, РФФИ (гранты 06-05-64352, 08-05-00369).

ЛИТЕРАТУРА

Бибикова Е.В., Грачева Т.В., Макаров В.А., Ножкин А.Д. Возрастные рубежи в геологической эволюции раннего докембрия Енисейского кряжа // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 1993, т. 1, № 1, с. 35—40.

Бибикова Е.В., Грачева Т.В., Козаков И.К., Плоткина Ю.В. U-Pb возраст гиперстеновых гранитов (кузеевитов) Ангаро-Канского выступа Сибирской платформы // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (5), с. 864—867.

Водовозов В.Ю., Диденко А.Н., Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., Донская Т.В. Результаты палеомагнитных исследований раннепротерозойских образований Байкальского выступа Сибирского кратона // Физика Земли, 2007а, № 10, с. 60—72.

Водовозов В.Ю., Диденко А.Н., Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., Донская Т.В. Палеомагнетизм раннепротерозойских образований Байкальского выступа Сибирского кратона // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент. Материалы семинара. Борок, 18—21 октября, 2007 г. М., Геос, 2007б, с. 24—30.

Диденко А.Н., Козаков И.К., Бибилова Е.В., Водовозов В.Ю., Хильтова В.Я., Резницкий Л.З., Иванов А.В., Левицкий В.И., Травин А.В., Шевченко Д.О., Рассказов С.А. Палеомагнетизм нижнепротерозойских гранитоидов Шарыжалгайского выступа фундамента Сибирского кратона и геодинамические следствия // Докл. РАН, 2003, т. 390, № 3, с. 368—373.

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

Диденко А.Н., Водовозов В.Ю., Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Мазукабов А.М., Козаков И.К., Бибилова Е.В., Кирилова Т.И., Станевич А.М. Палеомагнетизм раннего протерозоя юга Сибирского кратона // Эволюция южной части Сибирского кратона в докембрии / Ред. Е.В. Скляр. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2006, 367 с.

Диденко А.Н., Водовозов В.Ю., Писаревский С.А., Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Мазукабов А.М., Станевич А.М., Бибилова Е.В. Позиция Сибирского кратона в конце палеопротерозоя: новые палеомагнитные и геохронологические данные // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Материалы совещания. Вып. 5. Иркутск, ИЗК СО РАН, 2007, т. 1, с. 73—75.

Кузнецов Ю.А. Петрология докембрия Южно-Енисейского кряжа. Новосибирск, Наука, 1988, 220 с.

Метелкин Д.В., Верниковский В.А., Казанский А.Ю. Неопротерозойский этап эволюции Родинии в свете новых палеомагнитных данных по западной окраине Сибирского кратона // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (1), с. 42—59.

Ножкин А.Д. Раннепротерозойские окраинно-континентальные комплексы Ангарского складчатого пояса и особенности их металлогении // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (11), с. 1524—1544.

Ножкин А.Д., Бибилова Е.В., Туркина О.М., Пономарчук В.А. Изотопно-геохронологическое исследование (U-Pb, Ar-Ar, Sm-Nd) субщелочных порфировидных гранитов Таракского массива Енисейского кряжа // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (9), с. 879—889.

Павлов В.Э., Петров П.Ю., Журавлев А.З., Галле И., Шаццло А.В. Уйская серия и позднерифейские силлы Учуро-Майского района: изотопные и палеомагнитные данные и гипотеза позднепротерозойского суперконтинента // Геотектоника, 2002, т. 36, № 4, с. 278—292.

Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). М., Научный мир, 2001, 606 с.

Шипунов С.В. Статистика палеомагнитных данных. М., Геос, 2000, 80 с.

Ярмолюк В.В., Коваленко В.И. Позднерифейский раскол Сибири и Лаврентии в проявлениях внутриплитного магматизма // Докл. РАН, 2001, т. 379, № 1, с. 94—98.

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

Ernst R.E., Buchan K.L., Hamilton M.A., Okrugin A.V., Tomshin M.D. 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. Geol., 2000, v. 108, p. 383—401.

Gallet Y., Pavlov V.E., Semikhatov M.A., Petrov P.Y. Late Mesoproterozoic magnetostratigraphic results from Siberia: paleogeographic implications and magnetic field behavior // J. Geophys. Res., 2000, v. 105, p. 16481—16500.

Pesonen L.J., Elming S.-A., Mertanen S., Pisarevsky S., D'Agrella-Filho M.S., Meert J.G., Schmidt P.W., Abrahamsen N., Bulund G. Palaeomagnetic configuration of continents during the Proterozoic // Tectonophysics, 2003, v. 375, p. 289—324.

Pisarevsky S.A., Natapov L.M. Siberia in Rodinia // Tectonophysics, 2003, v. 375, p. 221—245.

Rainbird R.H., Stern R.A., Khudoley A.K., Kropachev A.P., Heaman L.M., Sukhorukov V.I. U-Pb geochronology of Riphean sandstone and gabbro from southeast Siberia and its bearing on the Laurentia-Siberia connection // Earth Planet. Sci. Lett., 1998, v. 164, p. 409—420.

Torsvik T.H., Smethurst M.A. Plate tectonic modeling: virtual reality with GMAP // Computs and Geosci., 1999, v. 25, p. 395—402.

Zijderveld J.D.A. Demagnetization of rocks: analysis of the results // Methods in palaeomagnetism / Ed. D.W. Collinson. Amsterdam, Elsevier, 1967, p. 254—286.