

УДК 551.83,551.248.1

## МЕСТО РОЖДЕНИЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

© 2015 г. В. Э. Павлов, А. В. Шацлло

Представлено академиком РАН М.А. Федонкиным 29.11.2013 г.

Поступило 05.12.2013 г.

DOI: 10.7868/S0869565215150190

Согласно современным представлениям (например, [1, 2]) Сибирский кратон как единое целое возник в конце палеопротерозоя примерно 1.9–1.8 млрд лет назад в результате аккреционно-коллизийных процессов, в ходе которых происходила амальгамация древних архейских и раннепротерозойских континентальных блоков (террейнов и/или супертеррейнов). Сразу после аккреции супертеррейнов в современных контурах Сибирского кратона возникло гигантское коллизийное горное сооружение гималайского типа. Формирование коллизийных зон сопровождалось синхронным ареальным гранулитовым метаморфизмом в прилегающих террейнах, в которых образовалось достаточно однородное поле повышенных температур и давлений, характерное для средних–нижних уровней утолщенной при коллизии континентальной коры. Региональные метаморфические процессы захватили значительную, если не всю, территорию Сибирской платформы.

После завершения коллизийных процессов и подъема горного рельефа начался размыв сформировавшегося горного сооружения. В результате эрозии средние уровни коры относительно быстро вышли на дневную поверхность, образовался пенеплен, позднее перекрытый рифей–фанерозойским чехлом Сибирской платформы. В ходе эксгумации температура метаморфических пород опускалась ниже точек Кюри магнитных минералов. При этом они приобретали остаточную намагниченность.

Если представленная выше схема верна, то логично предположить, что палеомагнитный сигнал, записанный в метаморфизованных породах кристаллического фундамента Сибирской платформы, должен отражать направление геомагнитного поля времени завершения регио-

нального метаморфизма, т.е. фактически – времени, близкого формированию Сибирской платформы. В этом случае независимо от возраста пород, образующих фундамент Сибирской платформы, и их географического положения большинство из этих пород должно нести в себе палеомагнитные направления, соответствующие довольно тесно сгруппированным палеомагнитным полюсам, расположенным в одной и той же области земного шара. Естественно, речь здесь идет только о тех породах, которые сохранили древнюю намагниченность, и при сравнении полюсов необходимо учитывать последующие тектонические движения внутри Сибирской платформы [3].

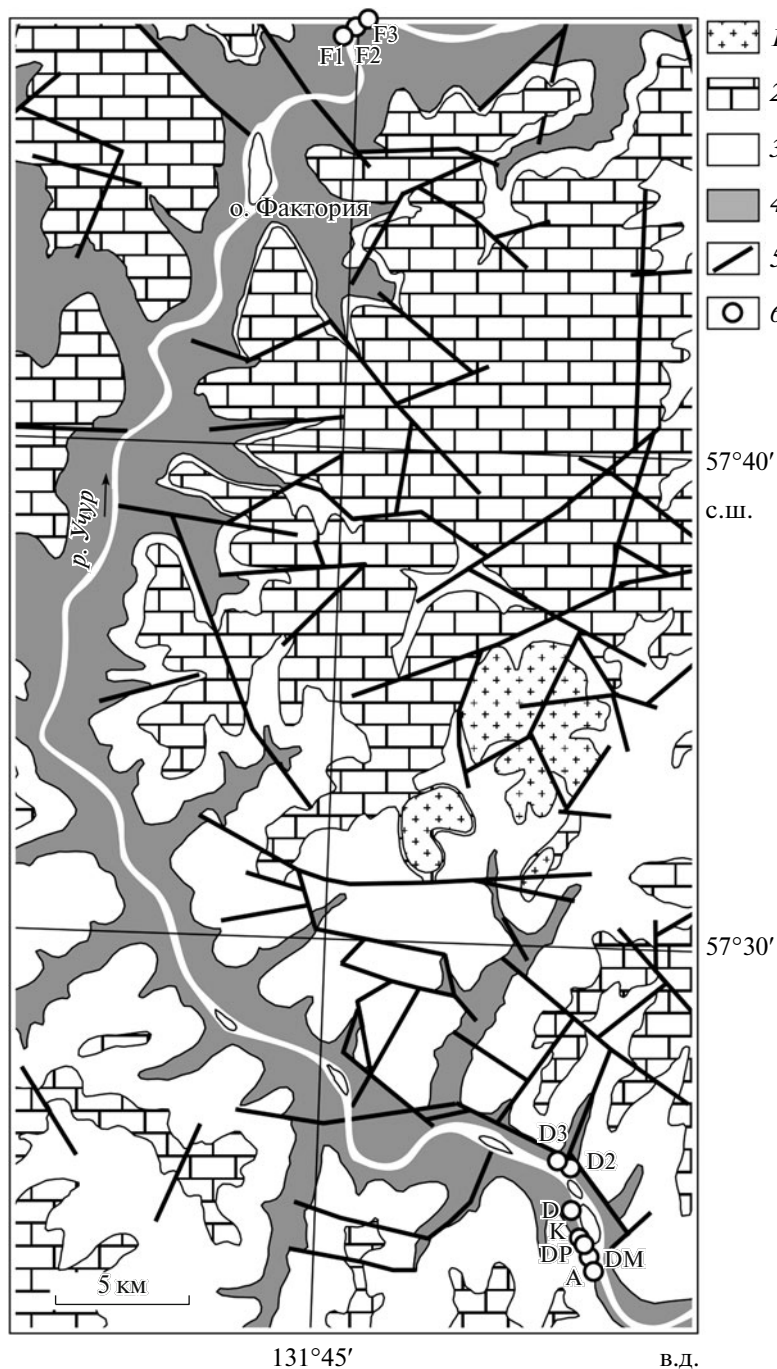
Таким образом, палеомагнитный метод – простой и наглядный способ для проверки существующих представлений, описывающих процесс формирования Сибирской платформы. Если палеомагнитные полюсы, полученные по метаморфическим породам различных частей Сибирской платформы (например, Алданского, Анабарского щитов), близки друг к другу или совпадают, то изложенная выше гипотеза получает мощную поддержку. В противном случае она должна быть скорректирована либо отброшена.

Для того чтобы предложенный метод палеомагнитного тестирования работал, необходимо соблюдение еще трех условий.

1. Эксгумация пород (точнее, длительность их остывания при 700–350°C, когда формируется основная часть палеомагнитного сигнала) должна произойти за период не более 1–2 десятков миллионов лет. Иначе в результате движения Сибирской платформы может произойти смещение палеомагнитного полюса и в породах будет записано некое усредненное его положение (что, впрочем, не будет иметь принципиального значения для решения поставленной задачи).

2. Эксгумация пород должна произойти за период, когда поле не очень часто меняло свою полярность. Иначе сигнал, записанный в метамор-

*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта  
Российской Академии наук, Москва  
E-mail: pavlov-home@rambler.ru*

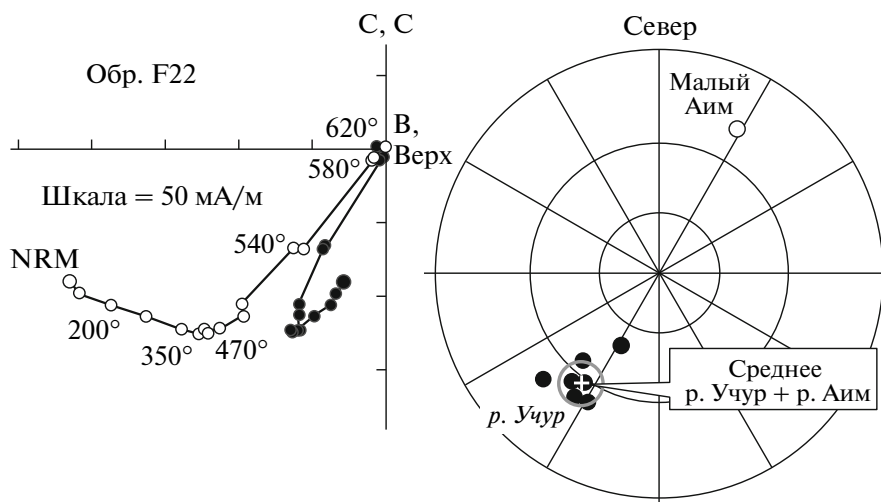


**Рис. 1.** Геологическая схема района работ в долине р. Учур с положением изученных обнажений.

1 – мезозойские граниты, 2 – отложения венда–нижнего кембрия; 3 – отложения нижнего рифея; 4 – раннекембрийские комплексы фундамента; 5 – разломы; 6 – точки отбора проб.

фических породах, в результате наложения многочисленных антиподальных компонент может оказаться неинтерпретируемым. Анализ данных по палеопротерозою [4] указывает на то, что это условие не является невероятным.

3. После формирования намагниченности изученные локальные участки не должны испытывать существенных наклонов и разворотов. Это условие может контролироваться региональной сходимостью палеомагнитных данных.



**Рис. 2.** Типичная диаграмма Зийдверельда (слева) для образцов метаморфических пород, отобранных в долине р. Учур, стереограмма (справа) – распределение средних направлений (по сайтам) выделенной характеристической компоненты намагниченности.

Современная система координат.

Мы выполнили палеомагнитные исследования для проверки этой гипотезы. В рамках исследований изучили метаморфические комплексы различного состава, слагающие разновозрастные серии, выходящие на поверхность в долинах рек Учур, Малый Аим (Алданский щит). Большинство из изученных нами обнажений расположено в среднем течении р. Учур на участках в районе устья р. Суклан и в нескольких километрах ниже о. Фактория (рис. 1). Опробованные здесь сложнодислоцированные породы фундамента принадлежат к верхнемуннагинской, кюриканской свитам и представлены преимущественно биотит-гиперстеновыми и биотит-амфиболовыми гнейсами с прослоями гранат-биотитовых и гранат-силлиманитовых гнейсов, иногда мраморов и амфибол-плаггиоклазовых, флогопит-диопсид-плаггиоклазовых сланцев. На р. Малый Аим (западный склон Омнинского поднятия), примерно в 20 км выше устья р. Лата в небольшом коренном выходе были опробованы биотит-роговообманковые гнейсы батомгской серии.

Изученные метаморфические комплексы перекрыты рифейскими отложениями, залегающими субгоризонтально (Учуро-Майская плита). Это указывает на то, что, по крайней мере начиная с рифейского времени, данные участки были стабильны в тектоническом отношении, т.е. не испытывали локальных наклонов и вращений.

Пример поведения изученных образцов во время температурной магнитной чистки показан на рис. 2. В состав естественной намагниченности входят две компоненты: относительно менее стабильная с направлением, близким к направле-

нию современного поля, и более стабильная, характеристическая, древняя компонента, идущая в начало координат диаграммы и имеющая максимальные разблокирующие температуры 580–620°C (диаграмма). Менее стабильная компонента имеет, очевидно, недавний возраст и связана, по-видимому, с магнетовязкими процессами и/или химическими изменениями пород при их выходе в зону гипергенеза.

В значительной части изученных образцов нам удалось выделить древнюю намагниченность с направлением, близким для всех обнажений, независимо от состава слагающих их пород и их расположения. Распределение соответствующих средних направлений на стереограмме (рис. 2) и в табл. 1. Выделенные направления широко распространены на территории региона и не зависят (в современной системе координат) от элементов залегания пород и степени их дислоцированности. Это указывает на то, что рассматриваемая древняя компонента не первичная и сформировалась после завершения деформаций пород в результате некоторого регионального процесса. Вполне вероятно, что таким процессом могло быть остывание метаморфических пород в ходе их выведения с глубинных горизонтов земной коры к поверхности.

Рассчитанный палеомагнитный полюс был сопоставлен с аналогичными палеомагнитными полюсами, полученными ранее [5, 6] по разновозрастным метаморфическим комплексам Анабарского щита.

После выполнения коррекции, учитывающей среднепалеозойское раскрытие Виллюйского риф-

**Таблица 1.** Палеомагнитные направления и палеомагнитные полюсы метаморфических пород Алданского и Анабарского щитов и постколлизийных образований Саяно-Байкальского выступа фундамента

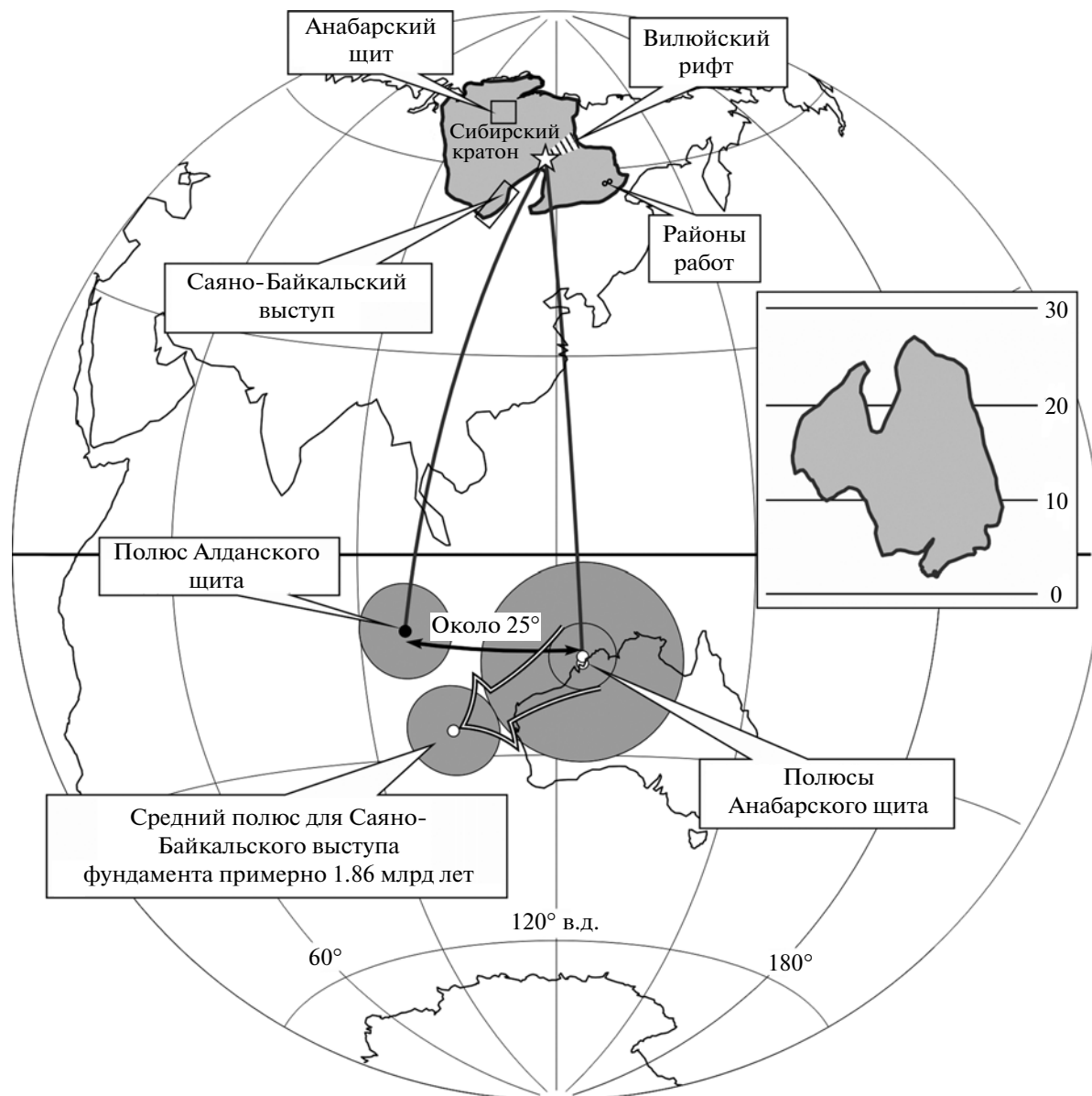
Обнажения	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>I</i>	<i>k</i>	alfa95	Plong	Plat	A95
Алданский щит								
р. Учур ( $\varphi = 57.6^\circ$ с.ш.; $\lambda = 131.8^\circ$ в.д.)								
Обн. А	3	209.0	23.4	63.2	15.6			
Обн. D2	5	221.0	35.3	34.6	13.2			
Обн. D3	3	227.5	19.9	82.1	13.7			
Обн. DP	4	207.7	49.7	66.8	11.3			
Обн. F1	3	214.4	28.8	72.9	14.5			
Обн. F2	7	218.7	26.3	39.8	9.7			
Обн. F3	5	214.1	22.3	98.7	7.7			
Среднее по Учуре	7	216.4	29.5	46.8	8.9	96.0	-11.0	7.0
р. Малый Аим ( $\varphi = 57.9^\circ$ с.ш.; $\lambda = 133.1^\circ$ в.д.)								
Обн. 27	5	28.6	-17.8	15.6	20.0	111.0	-21.0	15.0
р. Учур + р. Малый Аим						97.0	-11.0	7.0
Анабарский щит								
[5] То же, с поправкой на раскрытие Вилюйского рифта*						124.0	-16.0	15.0
						98.0	-15.0	
[6] То же, с поправкой на раскрытие Вилюйского рифта*						124.0	-15.0	5.0
						98.0	-15.0	
Постколлизийные образования в пределах Саяно-Байкальского выступа фундамента								
Средний полюс, рассчитанный по:						103.3	-26.0	6.8
1) гранитам саянского комплекса Шарыжалгайского блока ( $1850 \pm 10$ );								
2) малокосинской свите Байкальского хребта ( $1878 \pm 4$ );								
3) чайской свите Ачитканского хребта ( $1854 \pm 5$ );								
4) чайской свите р. Миня (около 1860);								
5) окуньской свите Ачитканского хребта (около 1850) [7, 8]								

Примечание. *N* – количество образцов/обнажений; *D* – склонение; *I* – наклонение; *k* – кучность; alfa95 – радиус круга доверия, отвечающего вероятности 95%; Plong, Plat – долгота и широта палеомагнитного полюса; A95 – радиус круга доверия;  $\varphi$ ,  $\lambda$  – широта, долгота изученных объектов; числа в скобках – возраст пород, млн лет. \* – разворот вокруг полюса вращения  $\varphi = 62.0$ ,  $\lambda = 117.0$  на  $25^\circ$  по часовой стрелке [3].

та [3], эти полюсы практически совпали (табл. 1; рис. 3).

Полюсы рассматриваемых метаморфических комплексов находятся в непосредственной близости от полюсов Саяно-Байкальского выступа фундамента Сибирского кратона (Ангари-Анабарский блок) [7–9], полученных по образованиям, формирование которых происходило около 1.86 млрд лет назад уже на постколлизийном этапе развития региона (табл. 1; рис. 3).

Полученный результат подтверждает существующие представления о практически одновременном (в докембрийских масштабах времени) региональном метаморфизме, охватившем значительную территорию Сибирской платформы, связанном, вероятно, с коллизийными событиями, приведшими к образованию Сибирского кратона в конфигурации, близкой к современной. Совпадение палеомагнитных полюсов, полученных для удаленных регионов Сибирской платформы, согласуется с представлениями о преоб-



**Рис. 3.** Сравнение палеопротерозойских палеомагнитных полюсов Сибирского кратона и его палеогеографическое положение согласно полученным данным.

Звездочка — полюс относительного вращения Алданского, Ангаро-Анабарского блоков Сибирской платформы при раскрытии Вилуйского рифта [3]; двусторонняя стрелка — малый круг с центром в полюсе вращения Алданского, Ангаро-Анабарского блоков, цифра — угол поворота при наилучшем совмещении Анабарского и Алданского полюсов; большая стрелка — направление кажущегося перемещения полюса в конце палеопротерозоя (в координатах Ангаро-Анабарского блока). Врезка — палеогеографическое положение Сибирской платформы во время ее формирования. Прочие пояснения в тексте.

ладании дипольного геомагнитного поля в конце палеопротерозоя и подтверждает гипотезу об относительном вращении Алданского и Ангаро-Анабарского блоков в палеозое. Полученный полюс позволяет рассчитать широты, на которых находилась Сибирская платформа во время своего образования, и ее ориентировку относительно меридиана (рис. 3). В частности, территория Учуро-Майского района находилась в это время в приэкваториальной области (широты  $10^{\circ}$ – $15^{\circ}$ )

и была развернута на  $30^{\circ}$  (или  $210^{\circ}$  в зависимости от выбора полярности намагниченности) относительно своего современного положения. Полученный полюс можно рассматривать как начало сибирской кривой кажущейся миграции полюса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 12–05–00403 и 11–05–00705 и Министерства образования (договор N.14.Z50.31.0017).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Розен О.М., Федоровский В.С.* Коллизионные гранитоиды и расслоение земной коры. М.: Науч. мир, 2001. 188 с.
2. *Rozen O.M.* // *Rus. J. Earth Sci.* 2002. V. 4. № 2.
3. *Pavlov V., Bachtadse V., Mikhailov V.* // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 2008. V. 276. Iss. 3/4. P. 229–242.
4. *Gallet Y., Pavlov V., Halverson G.P., et al.* // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 2012. V. 339/340. P. 117–126.
5. Палеомагнитные направления и палеомагнитные полюсы. Данные по СССР. Л., 1971. В. 1. 124 с.
6. *Саврасов Д.И.* // *Геология и геофизика.* 1990. № 1. С. 94–104.
7. *Водовозов В.Ю.* Палеомагнетизм раннепротерозойских образований юга Сибирского кратона и геотектонические следствия. Автореф. дис. канд. геол.-минерал. наук. М.: Изд-во МГУ, 2010. 21 с.
8. *Водовозов В.Ю., Зверев А.Р., Петров В.М. и др.* Материалы международной школы-семинара “Проблемы палеомагнетизма и магнетизма горных пород”. Казань, 7–12 октября 2013 г. Казань, 2013. С. 26–32.
9. *Didenko A.N., Vodovozov V.Y., Pisarevsky S.A., et al.* // *Geol. Soc., London. Spec. Publ.* 2009. V. 323. P. 145–163.