

УДК 55(571):550.384

ПЕРВЫЕ МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О СТРАТОТИПЕ ЛОПАТИНСКОЙ СВИТЫ (СЕВЕРО-ВОСТОК ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА): ПРОБЛЕМЫ ЕЕ ВОЗРАСТА И ПАЛЕОГЕОГРАФИИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ НА РУБЕЖЕ ПРОТЕРОЗОЯ И ФАНЕРОЗОЯ

© 2015 г. А. В. Шацилло, Н. Б. Кузнецов, В. Э. Павлов, академик РАН М. А. Федонкин, Н. С. Прияткина, С. Г. Серов, С. В. Рудько

Поступило 15.05.2015 г.

Представлены новые палеомагнитные и магнитостратиграфические данные по стратотипу лопатинской свиты (р. Тея, Енисейский кряж), относимой к верхнему рифею. Рассчитанный палеомагнитный полюс значимо отличается от фанерозойских и рифейских полюсов Сибирской платформы и близок к поздневендско-раннекембрийским полюсам “мадагаскарской” группы. Изученный стратиграфический интервал характеризуется аномально высокой частотой геомагнитных инверсий (15 зон магнитной полярности), что сопоставимо с частотой инверсий в разрезах позднего венда Балтики. Эти данные в комплексе со сделанными ранее палеонтологическими находками позволяют ограничить возраст лопатинской свиты как 555–540 млн лет.

DOI: 10.7868/S0869565215340228

Терригенные породы лопатинской свиты в бассейнах рек Тея, Чапа (северо-восток Енисейского Кряжа (ЕК)) – базальные уровни разреза чингасанской серии. Формирование этой серии обычно связывают с заложением троговых прогибов, произошедшим после завершения позднекембрийских аккреционных событий в западном обрамлении Сибирской платформы (СП) [15]. До последнего времени возраст чингасанской серии считали позднерифейским. Эти представления основаны на хемотратиграфических данных по разрезам на р. Чапа [5] и корреляции тиллитов, залегающих в верхах сводного разреза чингасанской серии (чивидинская свита), с толщей конгломератов и базальтоидов (с изотопным $Ag-Ag$ -возрастом 703 ± 4 млн лет [4]), распространенной в более западных районах северной части ЕК. Однако результаты датирования детритовых цирконов из песчаников чивидинской свиты (верх разреза чингасанской серии), обнаженной по р. Чапа, выявили наличие в этих песчаниках зерен с

возрастом вплоть до 664 млн лет [6], что указывает на более молодой возраст чингасанской серии. Кроме того, в стратотипическом разрезе самой лопатинской свиты мы нашли [2] обильные отпечатки *Arumberia banksi* Glaessner et Walter, 1975 (определения – Д.В. Гражданкин, А.Ю. Иванов). Подобные отпечатки известны только в отложениях, охватывающих стратиграфический интервал от верхнего венда (эдиакария) до нижнего кембрия [8]. Все это дает основания для пересмотра возраста лопатинской свиты и всей чингасанской серии в целом в сторону их существенного омоложения. В нашей работе представлены новые палеомагнитные и магнитостратиграфические данные, указывающие на поздневендский–раннекембрийский возраст лопатинской свиты.

Стратотипический разрез лопатинской свиты расположен на левом берегу р. Тея, в 4.3 км выше одноименного поселка (координаты $60^{\circ}20.298'$ с.ш., $92^{\circ}34.851'$ в.д.). Это падающая на СВ (30°) под углом около 20° моноклираль (рис. 1), сложенная красноцветными аргиллитами, алевролитами и песчаниками с пачкой базальных конгломератов в основании, которые ложатся с размывом и угловым несогласием на метаморфизованные породы горбилковской свиты (сухопитская серия), относимой [1] к среднему рифею. От кровли базальных конгломератов до окончания хорошо отпрепарированного берегового обнажения (40–45 м) отобрано 34 ориентированных образца с интервалом отбора 0.5–2.5 м. Лабораторная обработка

Институт физики Земли
Российской Академии наук, Москва
Геологический институт
Российской Академии наук, Москва
E-mail: kouzniekbor@mail.ru

Российский государственный университет нефти и газа
им. И.М. Губкина, Москва
Университет Ньюкасла, Ньюкасл, Австралия

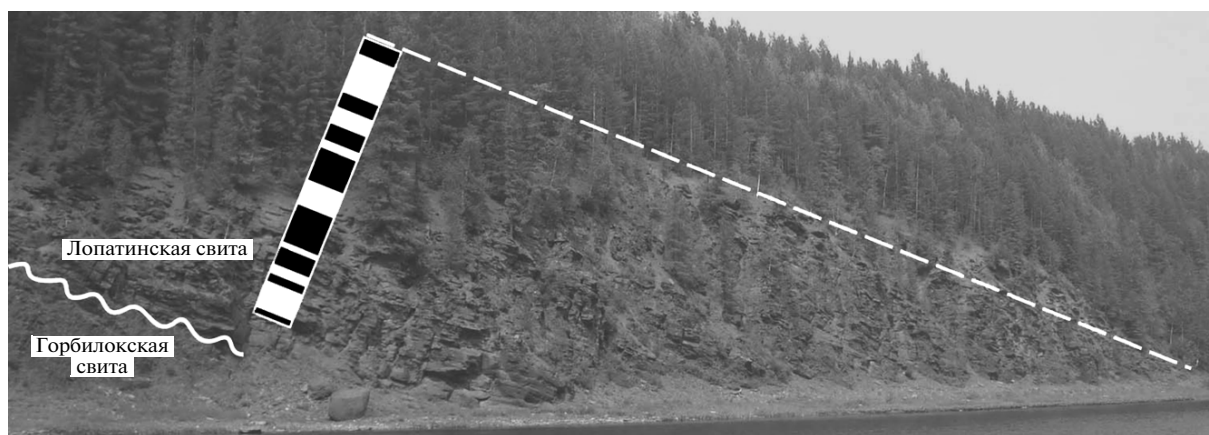


Рис. 1. Изученный фрагмент разреза лопатинской свиты по р. Тея. На магнитостратиграфической колонке черное – зоны прямой, белое – обратной полярности.

образцов выполнена в Парижском институте физики Земли (IPGP). Все образцы прошли детальную температурную чистку. Замеры остаточной намагниченности проведены на сквид-магнитометре (2G Enterprises) в помещении, экранированном от внешнего магнитного поля.

Все изученные образцы характеризуются высоким качеством палеомагнитной записи. Конечная высокотемпературная компонента “D”, идущая на диаграммах Зийдервельда в начало координат, выделяется в интервале от 440–660°C до точки Кюри гематита (рис. 2а, б, г). Выделенная компонента “D” биполярна (табл. 1, рис. 2в). Тест обращения для групп прямой и обратной полярности положительный ($\gamma/\gamma_c = 4.75/4.82$), тесты складки Энкина (DC) и Шипунова (NFT), несмотря на незначительные вариации элементов залегания, указывают на доскладчатый возраст компоненты. Все это позволяет рассматривать компоненту “D” как первичную, образовавшуюся во время или вскоре после накопления пород лопатинской свиты. Рассчитанный для компоненты “D” палеомагнитный полюс (табл. 1, рис. 3) лопатинской свиты близок к “мадагаскарской” группе ([13, 14] и др.) поздненевдско-раннекембрийских полюсов *СП* и значительно отличается от известных посткем-

брийских полюсов СП. Это еще один довод в пользу первичности намагниченности.

Полученные палеомагнитные данные позволяют оценить палеогеографическое положение СП в лопатинское время. Согласно полученному сигналу, СП находилась в приэкваториальных широтах южного полушария и была развернута примерно на 140° по часовой стрелке относительно современного меридиана. При этом самой северной частью СП была ее современная юго-западная окраина (рис. 3, врезка).

Породы изученного разреза обладают уникальным характером палеомагнитной записи – в опробованном интервале разреза зафиксировано 15 зон магнитной полярности (рис. 1, 2е). При этом реальное количество инверсий (учитывая детальность отбора) может быть еще большим. На это также указывает характер магнитной записи в отдельных образцах, где одновременно присутствуют компоненты двух (или даже более) полярностей. Это указывает на то, что продолжительность некоторых магнитных зон сопоставима со временем диagenетических преобразований породы. Наиболее яркий пример, иллюстрирующий это явление, представлен на рис. 2г, д, где в ходе температурной

Таблица 1. Средние направления характеристической компоненты “D” лопатинской свиты и рассчитанный палеомагнитный полюс

Выборка	<i>n</i>	<i>D</i> (g)	<i>I</i> (g)	<i>k</i>	<i>a</i> 95	<i>D</i> (s)	<i>I</i> (s)	<i>k</i>	<i>a</i> 95
R-полярность	16	42.5	18.7	116.5	3.4	41.8	-2.2	116.5	3.4
N-полярность	17	226.1	-20.5	75.9	4.1	224.9	-1.4	102.2	3.5
R + N	33	224.3	-19.7	89.4	2.7	223.4	0.4	101.3	2.5

Полюс (R+N) PLONG = 45.2 PLAT = -20.9 A95 = 1.8

Примечание. *n* – количество образцов; *D* – склонение; *I* – наклонение; *k* – кучность; *a*95 – радиус круга доверия, отвечающего вероятности 95%; индексы (g)/(s) – географическая/стратиграфическая системы координат; PLONG/PLAT/A95 – долгота/широта палеомагнитного полюса/радиус круга доверия.

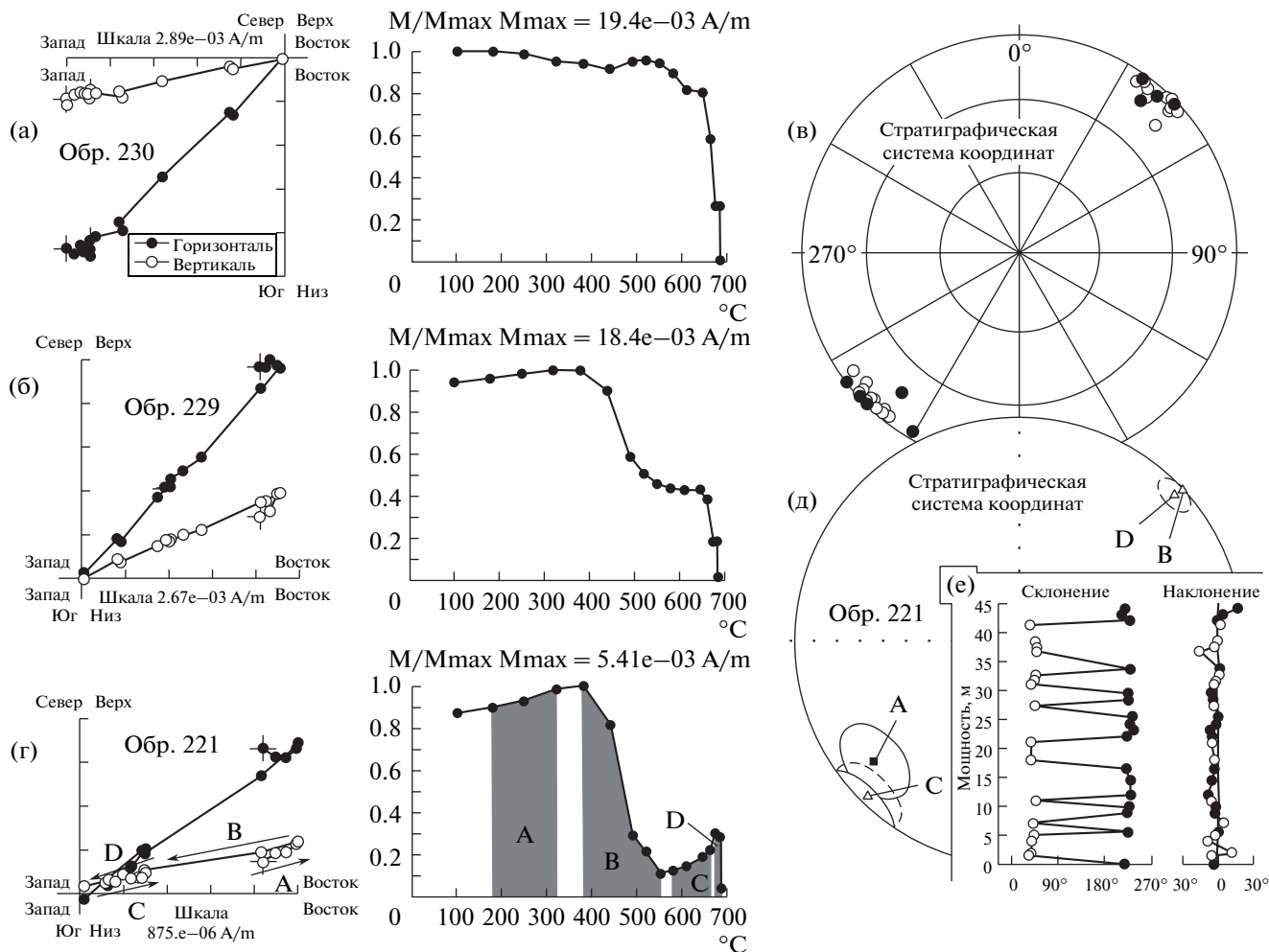


Рис. 2. Результаты палеомагнитных исследований. а, б, г – диаграммы Зийдверельда и графики зависимости остаточной намагниченности от температуры; в – распределение компоненты “D” по всем изученным образцам; д – компонентный состав намагниченности обр. 221; е – изменение склонения и наклонения компоненты “D” по разрезу (заполненные кружки – прямая полярность, открытые – обратная). На рис. г, д А, В, С и D – компоненты намагниченности и их температурные спектры. На стереограммах: заполненные значки – проекции векторов на нижнюю полусферу, открытые – на верхнюю полусферу.

чистки последовательно выделяются четыре (!) антиподальных компоненты А–В–С–D.

Седиментологическая характеристика пород лопатинской свиты требует отдельного изучения, однако очевидно, что разрез не имеет признаков конденсированной осадочной летописи: горизонтов глин, следов крупных перерывов. Следовательно, накопление изученного 45-метрового фрагмента разреза происходило достаточно быстро, а зафиксированная магнитостратиграфическая запись указывает на аномально высокую (по нашим оценкам, более 15 инверсий за 1 млн лет) частоту инверсионного процесса, характеризующую специфику поведения геомагнитного поля в лопатинское время.

Подобный характер палеомагнитной записи ранее уже был выявлен в разрезах верхневендско-

го котлинского горизонта Восточно-Европейской платформы (разрезы Зимнего Берега, р. Золотица и скв. Верхотина Архангельской обл.) [7, 11, 12], а также в зиганской свите ашинской серии западного фланга Башкирского поднятия (запад Южного Урала) [9] и до сих пор неизвестен ни в более древних породах докембрия, ни в более молодых породах фанерозоя. В частности, в разрезе скв. Верхотина на 415 м мощности приходится 80 (!) инверсий магнитного поля [12]. Следует отметить, что в перечисленных разрезах возраст отложений, содержащих аномальную палеомагнитную запись, надежно обоснован U–Pb-датировками цирконов. Возраст магматогенных цирконов из прослоев вулканических пеплов в разрезе Зимнего Берега 555 ± 3 [7], а туфогенных цирконов в пеплах разреза р. Золотица 550.2 ± 4.6 млн лет [10]. Возраст туфогенных цирконов из пепловых прослоев

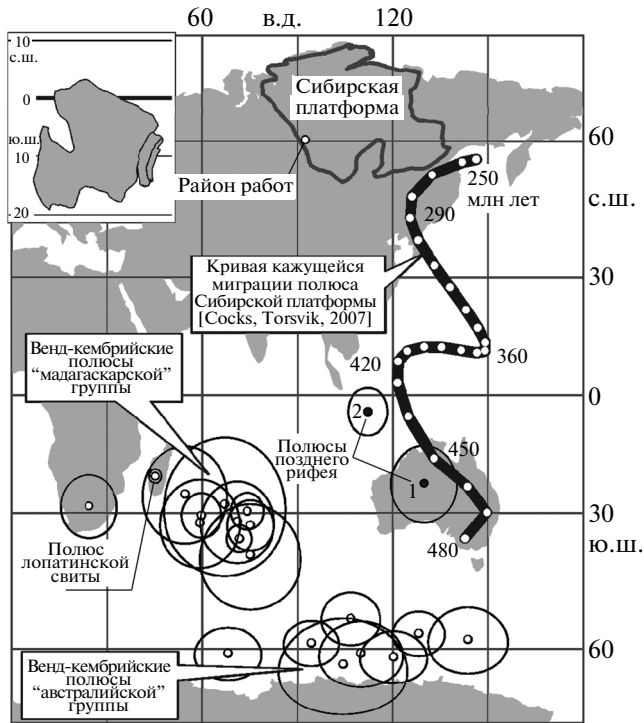


Рис. 3. Рассчитанный палеомагнитный полюс лопатинской свиты и сопоставление с неопротерозойскими и палеозойскими полюсами Сибирской платформы. Врезка: палеогеографическое положение Сибирской платформы в лопатинское время согласно полученным палеомагнитным данным. Открытые кружки и соответствующие им овалы доверия – палеомагнитные полюсы, полученные по поздневендско-раннекембрийским породам юго-запада Сибирской платформы (Прибайкалье, Присаянье, Енисейский кряж) [12, 13]. Залитые кружки – полюсы позднего рифея Присаянья: 1 – нерсинский комплекс (740 млн лет), 2 – карагасская серия (800?–740 млн лет) [3].

зиганской свиты Башкирского поднятия 547.6 ± 3.8 млн лет [9].

Таким образом, новые палеомагнитные и магнитостратиграфические данные, полученные по стратотипическому разрезу лопатинской свиты, в комплексе с обнаруженными в породах этого же разреза находками отпечатков *Agumbeia banksi* Glaessner et Walter, 1975, дают основания ограничить время накопления пород лопатинской свиты концом венда–началом кембрия (≤ 555 –540 млн лет) и рассматривать, по крайней мере, нижнюю часть ее разреза как стратиграфический аналог части разреза котлинского, а возможно, и низов лонтоваского горизонта Восточно-Европейской платформы. Отсюда вытекает необходимость пересмотра существующих стратиграфических и корреляционных схем верхнего докембрия и нижнего палеозоя ЕК и юго-запада СП.

Описанное событие в истории поведения геомагнитного поля может иметь беспрецедентное

значение не только для геологической корреляции, но и понимания геодинамических процессов на рубеже докембрия и фанерозоя. Поэтому уникальность, как и проявленность anomalously частых инверсий магнитного поля Земли в преддверии самого значительного в ее истории биосферного события, требует дальнейших надежных подтверждений и пристального изучения.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 12–05–00403, 13–05–12030, 15–35–21059) и Минобрнауки РФ (договор № 14.Z50.31.0017, ИФЗ РАН) и грант 2330 (РГУ им. И.М. Губкина). Работа подготовлена при поддержке РНФ (грант 14–27–00058, ГИН РАН).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.Д., Аляев В.А., Бармин В.А. Государственная Геологическая карта Российской Федерации. 1 : 1000000. Лист Р-46 (Северо-Енисейский, серия Ангаро-Енисейская, науч. ред. В.Н. Егоров). Объяснит. зап. СПб: Картограф. фабрика ВСЕГЕИ, 2010. 470 с.
2. Кузнецов Н.Б., Шаццло А.В. Возраст и обстановки седиментации базальных уровней "неопротерозойского" разреза Тейско-Чапского прогиба (северо-восточная часть Енисейского кряжа) // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории. Новосибирск: ИНГГиГ, 2013. С. 125–129.
3. Метелкин Д.В. Эволюция структур Центральной Азии и роль сдвиговой тектоники по палеомагнитным данным. Дис. д-ра геол.-минерал. наук. Новосибирск, 2010. 482 с.
4. Ножкин А.Д., Постников А.А., Наговицин К.Е., Травин А.В., Станевич А.М., Юдин Д.С. // Геология и геофизика. 2007. С. 1307–1320.
5. Покровский Б.Г., Буякайте М.И., Кокин О.В. // Литология и полез. ископаемые. 2012. № 2. С. 197–221.
6. Прияткина Н.С., Худoley А.К., Кузнецов Н.Б., Коллинз В.Дж., Шаццло А.В., Павлов В.Э. Первые результаты датирования обломочных цирконов из отложений чингасанской и чапской серий Тейско-Чапского прогиба (Енисейский Кряж). В сб.: Тектоника и геодинамика континентальной и океанической литосферы: общие и региональные аспекты. Материалы 47-го Тектонического совещания. М.: Геос, 2015. Т. 2. С. 57–62.
7. Iglesia-Llanos M.P., Tait J.A., Popov V., Abalmasova A. // Earth and Planet. Sci. Lett. 2005. V. 240. P. 732–747.
8. Kumar S., Pandey S.K. // J. Palaeontol. Soc. India. 2009. V. 54. № 2. P. 171–178.
9. Levashova N.M., Bazhenov M.L., Meert J.G., Danukalov K.N., Golovanova I.V., Kuznetsov N.B., Fedorova N.M. // Gondwana Res. 2014. doi: 10.1016/j.gr.2014. 04.012.

10. *Martin M.W., Grahdankin D.V., Bowring S.A., Evans D.A.D., Fedonkin M.A., Kirschvink J.L.* // *Science*. 2000. V. 288. P. 841–845.
11. *Popov V., Iosifidi A., Khramov A., Tait J., Bachtadse V.* // *J. Geophys. Res.* 2002. doi: 07.10.1029/2001JB001607.
12. *Popov V.V., Khramov A.N., Bachtadse V.* // *Rus. J. Earth Sci.* 2005. V. 7. № 2. P. 1–29.
13. *Shatsillo A.V., Didenko A.N., Pavlov V.E.* // *Rus. J. Earth Sci.* 2005. V. 7. № 4.
14. *Shatsillo A.V., Didenko A.N., Pavlov V.E.* // *Rus. J. Earth Sci.* 2006. V. 7. ES3006.
15. *Sovetov J.K., Kulikova A.E., Medvedev M.N.* The Evolution of the Rheic Ocean: from Avalonian-Cadomian Active Margin to Alleghenian-Variscan Collision. // *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.* 2007. V. 423. P. 549–578.