

РАННЕКЕМБРИЙСКОЕ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД  
ВЕРХНЕГО ДОКЕМБРИЯ – ОСНОВАНИЯ НИЖНЕГО КЕМБРИЯ  
БИРЮСИНСКОГО ПРИСАЯНЬЯ И ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА  
(ЮГО-ЗАПАД СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ).

Шацилло А.В. ИФЗ РАН, г.Москва (E-mail: [shatsillo@zdorovja.net](mailto:shatsillo@zdorovja.net))

Early Cambrian remagnetization of the Uppermost Precambrian – Lowermost Cambrian sedimentary rocks of the Enisey Range and Birusa Gis-Sayan regions.

Shatsillo A.V., UIPE RAS, Moscow

Abstract.

In this short paper we present the results of the paleomagnetic investigations, which have been carried out on the Uppermost Precambrian- Lowermost Cambrian sedimentary formations of the Enisey Range and Birusa Gis-Sayanian regions. Our data unambiguously indicate, that studied formations contain Early Cambrian synfolding magnetization, which, probably, has been formed during Botomian-Toyonian stages.

В настоящем сообщении представлены результаты палеомагнитного исследования верхнерифейско(?) – вендских, вендских и нижнекембрийских осадочных толщ Бирюсинского Присяянья и восточной зоны Енисейского Кряжа в структурном отношении являющихся деформированным платформенным чехлом юго-западной окраины Сибирского кратона. Фактический материал получен в ходе полевых работ 2003г. Рассматриваются данные по вторичной (наложенной) компоненте намагниченности широко проявленной в изученных регионах на всех перечисленных стратиграфических уровнях.

Объекты исследований.

**Енисейский Кряж (ЕК).** Опробовались полимиктовые красноцветные и зеленоцветные песчаники и алевролиты тасеевской серии (в объеме чистяковской и мошаковской свит)  $R_3(?)$ -V, а также красноцветные доломитовые мергели и доломитистые алевролиты островной свиты V (немакит-далдынский ярус) обнажающиеся по правому берегу р.Ангары от руч.Гремячий до ск.Гребень в структуре Шалыгинской брахиантиклинали. По правому берегу р.Тасеева в основании скалы Дыроватый Утес (Верхнетасеевская антиклиналь) опробовались красноцветные кварцевые песчаники климинской свиты относимой к атдабанскому ярусу нижнего кембрия (Кембрий Сибири, 1992).

**Бирюсинское Присяянье (БП).** Опробованы полимиктовые красноцветные и зеленоцветные песчаники, алевролиты и аргиллиты айсинской свиты  $R_3(?)$ -V, а также красноцветные кварцевые песчаники усть-тагульской свиты (V) в обнажениях правых берегов р.р.Бирюса от д.Сереброво и Тагул (ниже с.Георгиевка) до их слияния. Изученные структуры представляют собой деформированные моноклинали СЗ-ЮВ простирания (~от 120 до 160°), падающие на северо-восток под углами ~7-35°.

Все образцы прошли детальную температурную чистку до температур 560-680°C.

В подавляющем большинстве изученных образцов, в интервале температур в среднем от 220° до 450° (БП) и 300-500°C (ЕК), в среднем по 6-ти точкам диаграммы Зийдервельда уверенно выделяется промежуточная компонента намагниченности. Под промежуточной компонентой намагниченности (ПМК) подразумевается прямолинейный участок диаграммы Зийдервельда, не идущий в начало координат,

что дает основание предполагать вторичную (наложенную) природу данной компоненты. На стереограммах вектора ПМК образуют в древней и современной системах координат характерное “банановое” распределение в северной полусфере с незначительными различиями кучности -  $k_{geo}/k_{striti}=1,025$  (БП) и 1,46 (ЕК), при этом максимальная кучность распределения достигается при 50 и 40% распрямления складки соответственно. Тест складки в модификации NFT (Шипунов, 1996) делает вывод о наличии двух компонент или о синскладчатом времени формирования намагниченности.

При дальнейшей работе с полученными векторными распределениями было сделано предположение о синскладчатой природе ПМК, обработка проводилась по следующему алгоритму:

1. Разбиение на “формальные” сайты по элементам залегания всех исследованных образцов вне зависимости от их стратиграфического уровня (отдельно для БП и ЕК). Для удобства данная процедура проводилась в программе Excel – сначала производилась сортировка данных по углам падения пластов с шагом  $\sim 10^0$ , далее полученные группы разбивались на подгруппы по простиранию пластов. В результате для БП было сформировано 20, а для ЕК 13 сайтов, включающих в себя от 3 до 9 образцов.

2. Исключение “аутлаеров” для каждого сайта и расчет средних направлений.

Для расчета среднего направления в промежуточной системе координат использовалась функция SFT (непропорциональное распрямление складки) пакета программ С.В. Шипунова “SELECT” (результаты см. в таблице). В промежуточной системе координат средние по сайтам образуют четкие кластеры, что отвергает вариант теста-NFT о наличии двух компонент намагниченности, таким образом, подтверждается предположение о синскладчатости ПМК. Как видно (см. таблицу и рисунок), палеомагнитные полюсы, рассчитанные для синскладчатой намагниченности БП и ЕК имеют достаточно хорошую сходимость, что, по всей видимости, отражает единую причину и время перемагничивания изученных пород. В тоже время угловое расстояние между средними для БП и ЕК (при пересчете D и I на общую географическую точку) составляет  $7,1^0$  при критическом угле  $4^0$ . Данное обстоятельство может быть объяснено наличием некоторой ошибки, связанной с расчетом среднего направления для БП (по пересечению малых кругов), обусловленной незначительной разницей в простираниях толщ. Очевидно, что минимальная ошибка при расчете среднего направления (по пересечению малых кругов) в промежуточной системе координат будет при различии в простираниях толщ в  $90^0$ , что не соблюдается при общем моноклиальном падении на северо-восток пластов БП. Действительно, средние по сайтам БП в промежуточной системе координат образуют облако, вытянутое в соответствии с общим простиранием толщ, причем среднее направление для ЕК попадает в крайние члены этого распределения.

Вторым возможным объяснением расхождения средних направлений для БП и ЕК является последующий наклон (по отношению к времени синскладчатого перемагничивания) “Бирюсинской моноклинали” как единого, уже деформированного блока.

#### **Проверка предложенных гипотез.**

Учитывая отмеченные предпосылки, а также принадлежность обоих рассматриваемых регионов к Сибирской платформе (т.е. вхождение в состав единого жесткого блока) следующим шагом обработки векторных распределений было

объединение средних по сайтам БП и ЕК (см. таблицу). Таким образом, было получено генеральное среднее направление синскладчатого перемагничивания БП и ЕК. В том случае если отклонение среднего направления БП было обусловлено ошибкой при расчете пересечения малых кругов, связанной с незначительной разницей в простирациях толщ “генеральное” среднее БП+ЕК совпало бы со средним направлением Енисейского Кряжа. Как видно (см. таблицу и рисунок) объединение средних по сайтам (при пересчете D и I на общую географическую точку) приводит к осреднению направлений (полус 1). Таким образом, первое предположение отклоняется.

Район	Бирюсинское Присяянье $\varphi=55,5 \lambda=97,75$			Енисейский Кряж $\varphi=58 \lambda=94,75$			Проверка гипотез (для $\varphi=58 \lambda=94,75$ )	
	Geo	Sin	Strati	Geo	Sin	Strati	БП+ЕК (1)	БП, поправка $-10^0$ (2)
Система координат	Geo	Sin	Strati	Geo	Sin	Strati	Sin	Sin
D	322,2	334,1	340,4	324,2	<b>321,6</b>	323,8	326,5	<b>322,0</b>
I	44,7	43,8	41,8	50,3	<b>46,3</b>	44,0	48,4	<b>46,9</b>
k	64,9	145,3	80,6	36,5	<b>199,2</b>	15,3	163,1	
$\alpha_{95}$	4,0	2,7	3,6	6,7	<b>2,9</b>	10,4	1,9	
N/n	20/86			13/52			$\gamma/\gamma_c=3,9/3,6$	$\gamma/\gamma_c=0,7/4,0^*$
Полус для Sin с.коорд.	$\Phi=-54,7 \Lambda=140,7$ $dp/dm=2,1/3,4$			<b><math>\Phi=-49,6 \Lambda=152,8</math></b> <b><math>dp/dm=2,4/3,7</math></b>			$\Phi=-53,2$ $\Lambda=148,2$	<b><math>\Phi=-50,2</math></b> <b><math>\Lambda=152,7</math></b>

\*угловое расстояние ( $\gamma$ ) между рассчитанными D и I (при проверке гипотез) и значениями D и I Енисейского Кряжа в промежуточной (Sin) системе координат; ( $\gamma_c$ )-критический угол, при большей величине которого направления статистически значимо различаются на 95% уровне доверия (рассчитано с помощью программы Reversal Test).

Для тестирования второго предположения был рассчитан средний азимут простираения толщ БП по всем образцам, вошедшим в статистику, составивший 152,7 ( $332,7^0$ ). Далее для среднего синскладчатого направления БП вводилась тектоническая поправка на наклон пластов. В результате этой процедуры выяснилось, что при поправке  $-10^0$  (“распрямление” моноклинали) направления перемагничивания для БП и ЕК совпадают с точностью до долей градуса (полус 2). Т.е. второе предположение было подтверждено. Следует, однако, отметить, что данные расчеты справедливы только при условии одновременного перемагничивания БП и ЕК

**Оценка возраста перемагничивания.** В общем случае возраст синскладчатого перемагничивания должен соответствовать времени складчатости, однако в конкретной геологической ситуации не всегда возможно определить последнее. Так, согласно (Геология и полезные...2002) структуры Енисейского Кряжа испытали “сквозное” тектоническое развитие от докембрия до мезозоя, а современная складчатая структура этого региона окончательно оформилась лишь в ранней юре (Макаренко, 1971). По общим соображениям время складчатости Присяянья может быть оценено ранним ордовиком т.к. этому времени соответствуют главные коллизионные события в складчатом обрамлении юга Сибирской платформы (Hain et

al, 2003 и др.), в тоже время в осадочном чехле Бирюсинского Присяянья (от венда до юры) выделяется 6 структурных подъярусов разделенных стратиграфическими несогласиями (Комаревский и др., 1966). Т.е. в рассматриваемом случае для оценки возраста синскладчатого перемагничивания структурно-геологический подход, без привлечения дополнительных данных определенного результата не дает. Нижним пределом формирования ПМК является возраст наиболее молодых пород, в которых она зафиксирована – в данном случае это атдабанский ярус нижнего кембрия (климинская свита). Анализ имеющихся палеомагнитных данных по Сибирской платформе показывает, что палеомагнитный полюс ПМК для Енисейского Кряжа наиболее близок к кембрийским полюсам Оленекского поднятия томмотского (Pisarevsky et al., 1997), а также тойонского и амгинского (Gallet et al., 2003) возраста (угловое расстояние между полюсами 5,9, 11,9 и 11,9<sup>0</sup> соответственно, см. рисунок). Геологическая ситуация БП и ЕК допускает досреднекембрийский возраст складкообразования, определяющийся предверхоленским (верхоленская свита) размывом и угловым несогласием, отчетливо выраженным в структуре ЕК на р.Тасеева (геол. к. СССР, лист О-46-XXIII). В Бирюсинском Присяянье верхоленская свита с размывом налегает на нерасчлененные толщи нижнего кембрия и падает под углами 15-18<sup>0</sup> (по единичным замерам) на северо-восток (геол. к. СССР, лист N-47-II), что подтверждает предположение о формировании общей моноклиальной структуры БП после процессов (доверхоленского) синскладчатого перемагничивания. Возраст верхоленской свиты определяется положением в разрезе от конца раннего до начала позднего кембрия (Кембрий Сибири, 1992). Таким образом, комплексный структурно-геологический, стратиграфический и палеомагнитный подход позволяет достаточно уверенно определить время синскладчатого перемагничивания толщ Бирюсинского Присяянья и Енисейского Кряжа как ботомско-тойонское (525-518 Ma).



Полученные данные указывают на существование регионального складчато-деформационного события проявившегося на юго-западной окраине Сибирской платформы в конце раннего кембрия, связанного, вероятно с начальными стадиями закрытия Палеоазиатского океана и затушеванного впоследствии более поздними деформациями. Полученный палеомагнитный полюс сам по себе является уникальным результатом – к настоящему времени это четвертое определение для раннего кембрия Сибирской платформы из группы “Австралийских полюсов”, отвечающее современным методическим и аппаратным требованиям.

Работы выполнены при финансовой поддержке РФФИ, грант № 04-05-65024, и гранта INTAS № 03-51-5807.