

Этапы, генезис и возраст формирования складчатой структуры Байкало-Патомской дуги по палеомагнитным данным.

Шацилло А.В.¹, Константинов К.М.², Кочнев Б.Б.³

¹ *Институт Физики Земли (ИФЗ) РАН, Россия, Москва, e-mail: shatsillo@zdorovja.net*

² *АК «АЛРОСА», Амакинская ГРЭ, Россия, п. Айхал, e-mail: petrophys@amgre.alrosa-mir.ru*

³ *Институт Геологии Нефти и Газа (ИГНГ) СО РАН, Россия, Новосибирск, e-mail:*

KochnevBB@uiggm.nsc.ru

Кривые кажущейся миграции полюса (КМП) являются универсальным инструментом при палеотектонических реконструкциях и характеризуют, в конечном счете, палеогеографическое положение тектонических блоков и скорость их дрейфа в геологической истории. Одними из частных задач, решаемых с помощью кривых КМП, являются оценка возраста пород по рассчитанным для них координатам палеомагнитных полюсов при отсутствии геохронологических и палеонтологических обоснований, а также оценка возраста перемагничивания «датированных» пород. В складчатых областях периферии платформ, датированный по кривым КМП возраст перемагничивания пород, в комплексе с полевыми палеомагнитными тестами (тест складки) позволяет определить возрастные пределы формирования складчатости (доскладчатое, синскладчатое или послескладчатое перемагничивание).

В настоящем сообщении приведены материалы по перемагничиванию пород верхнего докембрия и нижнего палеозоя Байкало-Патомской окраины Сибирской платформы и ряда других районов, полученные в разные годы разными авторами, позволяющие, на наш взгляд, установить основные этапы становления складчатой структуры Байкало-Патомской дуги и выявить их генетическую связь с тектоническими событиями в пределах Сибирского кратона и его складчатого обрамления.

Складчатые структуры Байкало-Патомской окраины Сибирской платформы. Согласно А.В.Малых (Малых, 1997) Байкало-Патомская окраина разделяется с юга на север на Прибайкальскую и Приленскую зоны складок. Эти зоны протягиваются узкой полосой (30-50км) вдоль обрамления платформы, в их пределах осадочный чехол смят в узкие линейные складки длиной в десятки и первые сотни, шириной в первые километры, с амплитудой, нередко превышающей 1000м. В северо-западном направлении вкрест простирания складок увеличивается их ширина, уменьшается амплитуда и углы наклона слоев. Складки южной оконечности Приленской зоны, имеющие северо-восточное простирание при сочленении с Прибайкальской образуют сигмоидальный изгиб, далее следуют субмеридионально, а от широты г.Киренска снова ориентируются на северо-восток. На севере Приленской зоны складки разворачиваются в субширотном направлении, далее смыкаясь со структурами Уринского поднятия (антиклинория), где резко меняют свое простирание на северо-северо-восточное. В направлении к центру Сибирской платформы от Прибайкальской и Приленской зон складчатость переходит от полной к промежуточной и дисгармоничной с развитием соляной тектоники.

В Прибайкальской зоне интенсивно деформированы главным образом толщи верхнего докембрия, палеозойские отложения (кембрий и ордовик) распространены здесь в западной части, где слагают достаточно пологие складки. В Приленской зоне интенсивно деформированы верхнедокембрийские и палеозойские (вплоть до раннего силура) толщи.

Объекты палеомагнитных исследований. В Приленской зоне исследовались отложения среднего ордовика в обнажениях по р.Лена выше дер. Половинка (Павлов и др., 1999). В пределах Уринского антиклинория исследовались верхнерифейские силлы базитов (неопубликованные данные Н.М.Чумакова и Д.П.Элстона, предоставленные авторами), а также красноцветы тирбэссской свиты венда (коллекция предоставлена А.А.Постниковым и обработана В.Э.Павловым в 2003г.). Помимо этого исследовались толщи верхнего рифея и венда (падроканская и холоднинская свиты) внутренних районов Байкало-Патомского нагорья (Константинов и др., в печати), а также ордовикские разрезы нижнего течения р.Ангара ниже устья р.Рожкова (неопубликованные данные В.Э. Павлова).

Результаты палеомагнитных исследований (см. таблицу).

Приленская зона и Уринский антиклинорий.

№	N	D	I	k	α_{95}	Тест складки		Φ	Λ	dp/dm
						FT	CFT			
МК-1 Нижнее течение р.Ангара ордовик $\phi=58.5; \lambda=100.0$										
1	33	G	161.5	55.5	7.6	9.7		1.5	116.2	8.3/12.3
		S	160.9	50.9	8.5	9.1				
МК-1 Приленская зона и Уринский антиклинорий										
нижний и средний ордовик $\phi=60.1; \lambda=113.7$										
2	24	S	205.1	50.9	50.8	4.2	+	100%		
		G	210.3	55.6	35.7	5.0				
венд (тирбэсская свита) $\phi=60.0; \lambda=117.5$										
3	14	S	200.6	55.6	71.9	4.7	?			
		G	277.5	47.6	61.3	5.1				
верхний рифей (силлы базитов) $\phi=60.0; \lambda=117.2$										
4	11	S	337.2	-11.8	83.5	5.0				
		G	13.0	-53.3						
5	10	S	92.5	-74.2	84.8	5.3				
		G	346.5	-53.8						
6	12	S	59.5	-40.1	28.5	8.3				
		G	12.6	-31.7						
7	10	S	85.0	-42.6	17.4	12.1				
		G	16.4	-51.1						
8	6	S	144.1	44.6	13.0	19.3				
		G	209.6	51.7						
9	11	S	0.1	-38.0	47.2	6.7				
		G	38.8	-21.2						
10 (4+7+8)		S	357.6	-45.7	2.5	103.7	-	0%		
		G	19.7	-52.3	217.4	8.4				
11 (5+6+9)			23.5	-49.7	15.3	32.6	при 40% распрямления складки			
2+3+10+11			202.3	52.1	739.8	3.4		4.5	98.3	3.2/4.7
МК-2 Байкало-Муйская зона R₃, V $\phi=56.6; \lambda=112.8$										
12	49		331.0	-74.0	26.2	3.2	послескладчатая	37.0	126.0	6.0/6.4
Палеомагнитные полюсы Сибирской платформы										
Автор	Регион, породы, возраст		ϕ/λ		Φ	Λ	dp/dm			
Камышева, 1975	Ыгыаттинский р-н, базальты, 323-377Ma		63.5/ 115.6		3.0	93.0	6/9			
	Мархинский р-н, базальты, долериты, 363-391Ma		63.7/ 116.5		13.0	122.0	6/8			
Камышева, 1973	Оленек, габбро, долериты, 363-417Ma		70.5/ 120.5		9.0	105.0	5.8/9			
Камышева, 1971	Средний Вилюй и Марха, базальты, долериты, 332-352Ma		63.5/ 116.5		16.0	115.0	19.9/26			
Константинов, 2003	Нюрбинская и Ботуобинская кимберлитовые трубки, 420±10Ma(?)		65.1/ 116.8		-13.0	127.0	2.6/4.9			
Средний полюс для D ₁ (?) по пяти определениям для Ангаро-Оленекского блока						5.2	115.8	13.9		
Kravchinsky et al., 2002	Средний полюс по 11 определениям дайки, силлы, трубки взрыва, D ₃ -C ₁		64.6/ 114.7		11.1	149.7	8.9			
Pavlov & Bazhenov	Средний «трапповый» полюс Сибири, P ₂ -T ₁				57.5	151.5	4.5			

Перемагничивание среднего ордовика в разрезе Половинка.

Материалы представляемые в настоящем сообщении являются частичной переинтерпретацией данных по перемагничиванию, полученных ранее Павловым с соавторами (Павлов и др., 1999). В данной работе было показано, что в ордовикских толщах помимо древней компоненты сформировавшейся во время накопления пород (нижний лландейло) присутствует метакронная компонента, сформировавшаяся вероятно на рубеже верхнего ордовика и нижнего силура. Повторный анализ распределения выделенных векторов прямой полярности в комплексе с материалами по региональному перемагничиванию Уринского антиклинория показывает, что это распределение может быть также объяснено наложением первичной компоненты (ландейло) и более поздней

компоненты (таблица, №2). Тест складки в модификации Энкина указывает на доскладчатый возраст этой компоненты.

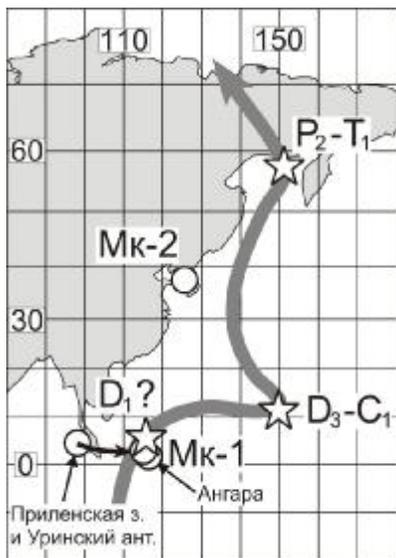
Перемагничивание вендских пород (тирбэсская свита) в разрезе левого берега р.Лена ниже устья р.М.Патом. Практически во всех изученных образцах в процессе температурной чистки отчетливо выделяется промежуточная компонента намагниченности (не идущая в начало координат диаграмм Зийдервельда) с блокирующими температурами ~580°C, при дальнейших нагревах палеомагнитный сигнал становится не интерпретируемым. Тест складки в связи с незначительными вариациями элементов залегания в изученном обнажении определенного результата не дает, однако при сравнении средних направлений полученных по данному разрезу и перемагничивающей компоненте разреза Половинка выясняется их доскладчатый возраст (максимальная кучность при 100% распрямления складки). В данных разрезах доскладчатая компонента перемагничивания имеет прямую полярность.

Перемагничивание верхнерифейских базитовых силлов (нижнее течение р.Б.Патом).

Изученные породы были подвергнуты магнитной чистке переменным магнитным полем. В 6 из 13 опробованных сайтов с существенными различиями в элементах залегания выделяется достаточно устойчивая промежуточная компонента намагниченности. В пяти сайтах выделенная компонента имеет обратную полярность, в одном – прямую. Сравнение и анализ средних направлений по сайтам показал, что в 3-х сайтах (таблица № 4, 7, 8) выделенная компонента определяется как послескладчатая, в трех других (№ 5, 6, 9) максимальная кучность распределения достигается при 40% распрямления складки, т.е. формирование намагниченности (перемагничивание) происходило в процессе складкообразования. Синскладчатая компонента характеризуется обратной намагниченностью. Послескладчатая компонента имеет как обратную, так и прямую полярность.

Сравнение средних направлений метакриной компоненты Приленской зоны и Уринского антиклинория в системе координат ее формирования для каждой группы (до- син- и послескладчатая) показывает их прекрасную сходимость, что говорит о едином тектоно-термальном событии приведшем к перемагничиванию пород.

Возраст и причины перемагничивания пород Приленской зоны и Уринского антиклинория. При анализе палеомагнитной базы данных (GPMDB 2002) и литературы было выявлено пять палеомагнитных полюсов Сибирской платформы корреспондирующих с полученным полюсом перемагничивания, попадающими в возрастной интервал 420 – 320 млн.лет (таблица). Все пять полюсов получены по магматическим породам и четыре из них по смежному району Сибири (Марха, Виллой, Ыгыатта). Необходимо отметить, что датировки данных объектов в значительной степени условны и приближительны и оцениваются лишь по взаимоотношению с вмещающими толщами. Важно подчеркнуть геодинамическую специфику данных магматитов – все они принадлежат к дайковым роям и пластовым телам среднепалеозойских траппов и обязаны своим происхождением раскрытию Виллойской палеорифтовой системы. Согласно (Масайтис и др., 1975) начало магматической активности Виллойского рифта (внедрение даек и силлов) соответствовало раннему девону, в среднем-верхнем девоне происходило накопление вулканогенно-осадочных толщ, выполняющих палеорифт и к



рубежу D_3-C_1 снова наблюдается интенсификация магматизма (силлы, дайки, трубки взрыва). Перемагничивание изученных толщ логично связать с проявлениями магматической активности. Для интервала D_3-C_1 недавно получено надежное палеомагнитное определение (Kravchinsky et al., 2002). Полюс В.А. Кравчинского с соавторами лежит на значительном удалении от рассматриваемого полюса перемагничивания (рис.1). Т.е. можно предположить, что перемагничивание пород и внедрение даек и силлов (широко распространенных в изученном регионе), с близкими палеомагнитными полюсами произошло в нижнем девоне, на начальных стадиях развития Вилуийской рифтовой системы.

Перемагничивание ордовикских толщ нижнего течения р.Ангара.

Исследования ордовикских пород показали, что в ряде образцов помимо высокотемпературной компоненты (ордовикского возраста) присутствует достаточно устойчивая, видимо доскладчатая промежуточная компонента. Сравнение полюса выделенной компоненты со средним полюсом нижнедевонских (?) интрузивов (см. таблицу и рис.1) говорит об их хорошей сходимости. В тоже время при сравнении полюса «ангарского» перемагничивания с полюсом перемагничивания Байкало-Патомской дуги, выясняется, что угловое расстояние между ними составляет около 20° . Ранее было показано (Павлов и др., 2000; и др.), что палеомагнитные полюсы для среднего-верхнего рифея, среднего кембрия и ордовика полученные по западной (Ангара-Оленекский блок) и юго-восточной (Алданский блок) частям Сибирской платформы систематически различаются на угол $\sim 20-25^\circ$. В данной работе было высказано предположение, что наблюдаемое отклонение полюсов может быть объяснено разворотом Ангаро-Оленекского и Алданского блоков относительно друг друга на угол $\sim 20^\circ$ с полюсом вращения $\varphi = 117^\circ$; $\lambda = 62^\circ$, что может быть связано с раскрытием Вилуийской палеорифтовой системы. Изученные нами регионы принадлежат к разным блокам платформы, т.е. в случае изохронного перемагничивания угловое расстояние между полученными полюсами характеризует последующее раскрытие Вилуийского рифта. При развороте полюса перемагничивания Байкало-Патомской дуги согласно (Павлов и др., 2000), мы видим (рис.1) его практически идеальное совмещение с «ангарским» полюсом перемагничивания. Это может рассматриваться как указание на одновременное перемагничивание изученных районов, а также на то, что процессы перемагничивания происходили на зачаточных стадиях развития рифтовой системы (до полного ее раскрытия) т.е. в нижнем девоне.

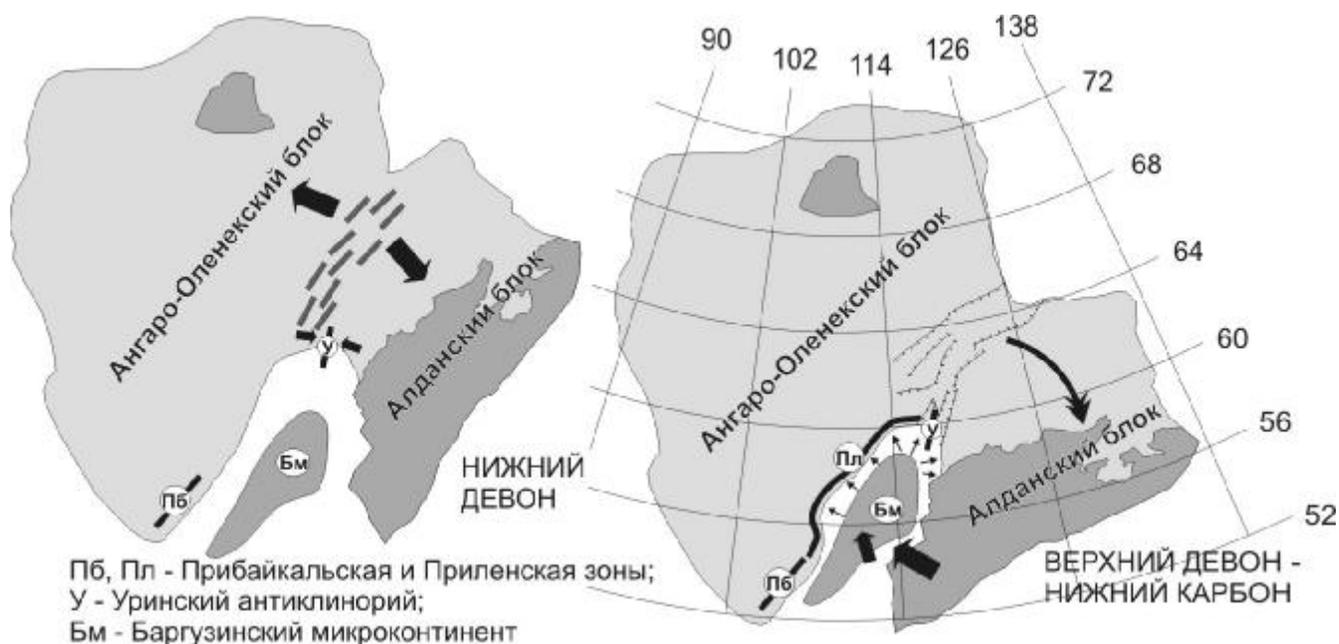
Перемагничивание пород верхнего докембрия внутренних зон Байкало-Патомской дуги (Байкало-Муйская зона).

В Байкало-Муйской зоне исследовались (Константинов и др. в печати) отложения холоднинской (р.Холодная) и падроканской свит (р.р. Янгуда, Якра, Каалу). Изученные породы частично, а в ряде случаев полностью, перемагничены. Направление перемагничивания, выделенное в падроканской свите, по тесту складки определяется как послескладчатое. В холоднинской свите тест складки определенного результата не дает, однако при сравнении выделенной метакронной компоненты с

направлениями перемагничивания падроканской свиты становится очевидным их послескладчатый возраст. Средний полюс метакронной компоненты падроканской и холоднинской свит попадает в интервал КМП Сибири между D_3-C_1 (Kravchinsky et al., 2002) и P_2-T_1 (Pavlov & Bazhenov, in press) (рис.1), что может указывать на верхнепалеозойский возраст перемагничивания пород.

Становление складчатой структуры Байкало-Патомской дуги (рис.2). Имеющиеся палеомагнитные данные могут быть проинтерпретированы следующим образом:

Нижний девон. На начальной стадии раскрытия Вилульской палеорифтовой системы происходит внедрение дайковых роев и пластовых тел диабазов в недеформированные толщи осадочного чехла. Вследствие термального прогрева и флюидного воздействия связанного с внедрением магматитов частично или полностью перемагничиваются осадочные толщи ордовика и венда Приленской зоны и Уринского антиклинория, а также ордовик нижнего течения Ангары. Видимо на этой же стадии, непосредственно за перемагничиванием осадочных толщ происходит формирование складчатой структуры Уринского антиклинория, а также син- и послескладчатое перемагничивание рифейских силлов данного региона. В том случае, если складчатость в Уринском антиклинории (и соответственно перемагничивание силлов) существенно отстояла по времени от перемагничивания осадочных пород, рассчитанные палеомагнитные полюсы не могли бы дать такую хорошую сходимость.



Девон-карбон. Последующее расширение Вилуйского рифта «геометрически» выражено разворотом Алданского блока относительно Ангаро-Оленевского блока Сибирской платформы по часовой стрелке (Павлов и др., 2000; и др.). Разворот Алданского блока привел к вдавлению западной окраины Алданского щита во внутренние зоны Байкало-Патомской дуги тектонических структур Центрально-Азиатского складчатого пояса (Баргузинский микроконтинент). Следствием этого было формирование «сигмоиды» южной части Приленской зоны и образование складок Приленской зоны и внутренних районов Байкало-Патомского нагорья. Финалом «тектонической драмы» по-видимому можно считать становление герцинских гранитоидов в структуре Ангаро-Витимского батолита, по геохимическим признакам относящихся к постколлизийным гранитам (Рыцк и др., 1998) значения

абсолютного возраста которых ограничиваются интервалом от 320 до 300 млн.лет. Среднекарбовое гранитообразование послужило причиной послескладчатого перемагничивания осадочных толщ верхнего докембрия Байкало-Муйской зоны. Таким образом, складчатая структура Байкало-Патомской дуги была окончательно сформирована не позднее среднего карбона.

Формирование складчатой структуры Прибайкальской зоны Байкало-Патомской складчатой дуги, возможно связано не только с рассмотренными процессами, и может иметь более древний возраст, а также иные тектонический причины, например нижеордовикские коллизионные события Ольхонского региона.