

КРАТКИЕ НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.383.3

Ю. С. Ржевский

**АЛЬТЕРНАТИВНАЯ МОДЕЛЬ
ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ**

Общепринятая в настоящее время модель интерпретации палеомагнитных данных основана на нескольких аксиомах. Во-первых, геомагнитное поле прошлых геологических эпох, так же как и современное геомагнитное поле, имело дипольный характер. Во-вторых, намагниченность горной породы, возникшая на ранних этапах ее формирования, фиксирует элементы геомагнитного поля в месте своего возникновения и сохраняет их до наших дней. Это позволяет восстановить положение виртуального палеомагнитного полюса. И, в-третьих, время от времени палеомагнитные полюса меняются местами, т.е. происходит инверсия палеомагнитного поля, в результате чего в разрезе имеются слои с прямой и обратной полярностью намагниченности.

Несмотря на многочисленные примеры успешного применения описанной выше модели интерпретации, она не является универсальной и не может дать положительных результатов в случаях, когда спектры блокирующих температур (или коэрцитивных сил) магнитных частиц, обуславливающих до- и послескладчатую намагниченности, совпадают. Действительно, в таких случаях фигуративные точки на диаграммах Зийдервельда с увеличением температуры (или напряженности переменного магнитного поля) стремятся к центру координатной сетки, описывая сумму двух компонент как однокомпонентную. При этом направление суммарной намагниченности зависит от соотношения в ней долей вклада до- и послескладчатой намагниченностей.

В настоящей работе описывается сущность разработанной нами альтернативной модели интерпретации палеомагнитных данных, которая может быть использована в качестве теста на наличие или отсутствия факта перекрытия спектров блокирующих температур (или коэрцитивных сил).

Предположим, что при проведении палеомагнитных исследований какой-то толщи осадочных пород, дайки и т.д. было выделено несколько компонент NRM. Те компоненты, которые представляют собой сумму до- и послескладчатых намагниченностей (в более общем плане — разновозрастных намагниченностей), должны лежать в одной плоскости. Сущность предлагаемой альтернативной модели интерпретации палеомагнитных данных и состоит в отыскании таких плоскостей. Для этого через две разные компоненты NRM проводим плоскость и определяем направление нормалей к ней. А далее изучаем характер распределения этих нормалей на стереопроекции. Если нормали на стереопроекции распределены хаотично и не сосредоточиваются в какой-либо области, то это означает, что компоненты NRM не являются суммой разновозрастных намагниченностей, и для интерпретации полученных материалов должна быть использована традиционная модель. Если нормали к таким плоскостям группируются на стереопроекции в той или иной области, то компоненты NRM данных групп лежат в одной плоскости (для каждой группы — своя плоскость) и являются суммой разновозрастных намагниченностей. Естественно, что для каждой группы нормалей должна существовать своя пара таких намагниченностей. Очевидно, что в этих случаях применение традиционной модели интерпретации не может дать достоверных результатов. Более того, ниже будет показано, что каждая группа нормалей документирует положение трещин отдельности в изучаемом геологическом объекте. И, таким образом, альтернативная модель интерпретации палеомагнитных данных по существу служит тестом на применимость традиционной модели интерпретации.

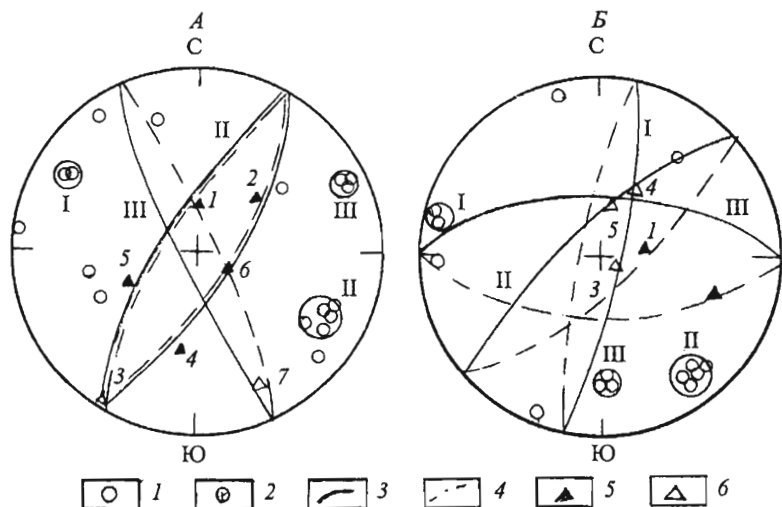
Для иллюстрации последовательности операций при использовании альтернативной модели интерпретации воспользуемся результатами палеомагнитных исследований осадочных и изверженных пород вендского возраста Подолии (Украина), полученных А. Г. Иосифиди с соавторами [1, 2]. Из этих материалов видно, что в изученных объектах термочисткой было выделено несколько компонент NRM:

в осадочных породах венда — семь, в базальтах венда — шесть. Для каждой компоненты определено положение палеомагнитного полюса, которое затем сопоставлено с кривой миграции палеомагнитных полюсов Русской платформы. По положению палеомагнитного полюса на кривой миграции был определен возраст каждой компоненты NRM. Возраста распределились в интервале от собственно венда до среднего триаса, не считая компоненты, обусловленной современным геомагнитным полем.

Таблица 1. Направления компонент NRM и нормалей к плоскостям, образованным разными парами этих компонент для осадочных пород и базальтов вендского возраста Подолии (Украина)

№ компоненты	Направление компоненты	Направление нормалей							
		Осадочные породы							
1	358/67	x							
2	42/52	345/-22	x						
3	211/-0,1	300/-13	131/-9	x					
4	190/39	277/-4	113/-15	122/-24	x				
5	246/52	302/-17	324/-9	301/-23	241/-38	x			
6	118/75	67/-8	113/-15	121/-15	113/-15	168/-9	x		
7	156/-17	64/-9	52/-37	302/-69	258/-24	258/-38	65/-9	x	
		Базальты							
1	73/56	x							
2	108/31	38/-29	x						
3	103/-83	348/-4	198/0	x					
4	25/-52	138/-16	175/-34	286/-6	x				
5	24/-54	139/-15	177/-32	283/-7	137/-13	x			
6	10/-63	137/-17	181/-26	267/-7	140/-18	146/-20	x		

Примечание. Перед чертой указано склонение (град.), после — наклонение (град.)



Распределение на стереопроекции направлений нормалей к плоскостям, образованных двумя разными компонентами NRM (1), средних направлений нормалей и кругов доверия при 95%-ной вероятности для разных групп (2), положения кругов, восстановленных по средним направлениям нормалей (3, 4) и средних направлений разных компонент NRM (5, 6).

А — для осадочных пород венда, Б — для вендских базальтов. Компоненты № 1–3 и 6 — на верхней полусфере, № 4 и 5 — на нижней. I–III — плоскости трещиноватости.

Рассмотрим, какие результаты были получены при использовании альтернативной модели интерпретации. В табл. 1 приведены средние направления компонент NRM для осадочных пород венда и базальтов вендского возраста и направления нормалей к плоскостям, образованных разными парами этих компонент.

На рисунке показано распределение направлений нормалей к таким плоскостям на стереопроекции как для осадков венда (А), так и для вендских базальтов (Б). Из него видно, что большая часть нормалей образует компактные группы. Их число у каждого объекта исследования оказалось равным трем, оцифровка этих групп была произвольной. Нужно отметить, что некоторая (меньшая) часть нормалей заняла случайное положение. Для каждой из выделенных групп подсчитано среднее направление нормалей, оказавшихся в ее составе. В табл. 2 для каждого объекта приведены: № группы, количество нормалей в группе, их среднее направление, а также их кучность (К) и радиус круга доверия при 95%-й вероятности (A_{95}). Из табл. 2 следует, что количество нормалей в группах колеблется от 2 до 6, а кучность нормалей очень высокая и соответственно радиус круга доверия очень мал и не превышает 10° . На рисунке для каждого типа пород и каждой группы показаны направления средних нормалей, круги доверия, плоскости, к которым эти нормали относятся, а также средние направления компонент NRM. Как из него видно, средние направления компонент NRM довольно близко расположены к выделенным плоскостям, иначе говоря, лежат в данных плоскостях. Естественно, что номер плоскости соответствует номеру группы нормалей. Видно, что у осадочных пород венда в плоскости I лежат компоненты № 1, 3 и 5, в II — № 2-4 и 6, в III — № 1, 6 и 7. У вендских базальтов в плоскости I лежат компоненты № 3 и 4, во II — № 1, 4 и 5, а в III — № 2, 4 и 5. Нужно отметить, что отдельные компоненты находятся одновременно в двух и даже в трех разных плоскостях. Например, у осадочных пород венда компонента NRM № 1 одновременно лежит и в I, и в III плоскостях, компонента № 3 — и в I, и во II, а компонента № 6 и во II, и в III. У базальтов венда компонента № 5 расположена одновременно в двух плоскостях, а № 4 — даже во всех трех.

Таблица 2. Средние направления нормалей в разных группах у осадочных и вулканогенных пород венда Подолии (Украина)

Тип пород	№ группы	Количество нормалей в группе	Среднее направление нормалей			
			D, град.	I, град.	K	A_{95} , град.
Осадки	1	3	301	-18	250	5,1
"	2	6	119	-16	90	6,0
"	3	3	65	-9	2000	1,8
Базальты	1	2	285	-7	1250	2,8
"	2	6	141	-17	35	9,7
"	3	3	178	-31	274	4,9

Такая ситуация возможна только в том случае, когда компонента, лежащая одновременно в двух плоскостях, оказывается коллинеарной линии, образованной пересечением этих плоскостей. То же можно сказать и о компоненте, находящейся одновременно в трех плоскостях: она должна быть коллинеарной линии пересечения всех этих плоскостей. Полученный материал трудно объяснить, основываясь на традиционной гипотезе, которая состоит в том, что каждая компонента NRM является суммой (в определенных долях) двух разнонаправленных намагниченностей. Таких намагниченностей в породах каждого объекта исследования должно быть шесть, к тому же их направления неизвестны. Далее, исходя из данной гипотезы, очень трудно объяснить, почему отдельные компоненты NRM оказались коллинеарными линии пересечения двух и более плоскостей.

Приведенные аргументы заставили нас отказаться от этой гипотезы и предложить новую, которая заключается в следующем. Если принять, что выделенные нами плоскости совпадают с плоскостями тектонических трещин, развитых в исследуемых породах, то интерпретация полученных материалов окажется простой и естественной. Действительно, аутигенным магнитным минералам наиболее естественно возникнуть в полостях тектонических трещин и еще более естественно заполнить пространство, возникшее вдоль линии пересечения плоскостей данных трещин. Если при этом магнитные частицы однодоменны, то за счет, например, анизотропии формы они вполне могут создать в породе палеомагнитные векторы, которые во всех случаях будут компланарны плоскостям тектонических трещин, а в некоторых случаях — коллинеарны линии их пересечения. И, вероятно, компоненты NRM пород обоих объектов исследований своим появлением, а главное своим направлением, обязаны наличию в породе тектонических трещин, точнее, их ориентировке в пространстве. В подтверждение реальности высказанного предположения приведем несколько примеров.

Известно, что в горных породах повсеместно развиты две системы трещин: ортогональная и диагональная [3]. Простирание трещин в первой системе: север-юг и запад-восток; во второй системе

трещин: северо-восток — юго-запад и северо-запад — юго-восток [3]. В структуре Волыно-Подольской окраины Восточно-Европейской платформы (ВЕП) установлено наличие обеих систем разломов [4]. При этом в условиях регионального растяжения преобладали меридиональные сбросы, в обстановке сжатия — широтные взбросы [4]. В отличие от ортогональных разломов диагональная система сдвигов представляла собой устойчивую во времени сетку нарушений, внутри которой смена геодинамических обстановок сказывалась в относительном усилении роли северо-западных (продольных) разломов в эпохи растяжения и северо-восточных — в эпохи сжатия. Из полученных материалов (см. рисунок) видно, что в осадочных породах венда палеомагнитные векторы присутствуют только в диагональной системе трещин, причем абсолютное большинство палеомагнитных векторов расположено в трещинах северо-восточного простирания, в базальтах венда — в обеих системах трещин, но и здесь трещины северо-западного простирания оказались без палеомагнитных векторов. Вероятно, на формирование палеомагнитных векторов большое влияние оказывает кинематика стенок самих трещин.

А. А. Смелов с коллегами [5] исследовал естественную остаточную намагниченность интрузивных и эффузивных горных пород позднего палеозоя в Центральном Казахстане на территории, прилегающей с юга и севера к Успенской зоне смятия. Эта зона протягивается через весь район работ с северо-востока на юго-запад. Очень важно, что параллельно с анализом палеомагнитных свойств горных пород на тех же участках изучалась их трещиноватость. В результате оказалось, что направления векторов NRM прямой полярности совпадают с направлением трещиноватости северо-западного простирания, а направления векторов NRM обратной полярности — юго-западного простирания. Интересно отметить, что указанные закономерности проявляются для всех пород вне зависимости от их возраста и генезиса. Авторы [5] прямо связывают процессы формирования векторов NRM изученных пород с их трещиноватостью. К сожалению, отсутствие лабораторных исследований исключает возможность использования предложенной в настоящей работе модели интерпретации палеомагнитных векторов более детально. Однако выводы, сделанные авторами [5], свидетельствуют о реальности высказанного предположения.

Ю. С. Бретштейн и А. В. Климова [6] при изучении палеомагнитных свойств терригенных комплексов Приморья, Приамурья и Забайкалья обнаружили широкое развитие процессов перемгничивания, т.е. присутствие в NRM пород синскладчатых и послескладчатых компонент, в результате чего очень часто наблюдается близость (вплоть до совпадения) направлений вектора выделяемой характеристической компоненты NRM с плоскостями падения крыльев складок и анизотропии магнитной восприимчивости. Они выявили также, что тест складки для разновозрастных и пространственно близких, но разнонаправленных структур может быть как положительным, так и отрицательным. Авторы [6] ставят перед собой задачу выяснить природу таких противоречивых результатов. По нашему мнению, для осадочных пород Дальнего Востока России традиционная модель интерпретации палеомагнитных данных непригодна, и предложенная нами альтернативная модель интерпретации палеомагнитных данных, возможно, позволит получить положительные результаты.

Основной вывод состоит в том, что в рассмотренных случаях палеомагнитные векторы своим появлением и своим направлением обязаны наличию тектонических трещин в исследуемых горных породах и их ориентировке в пространстве.

Автор благодарит Б. Н. Писакина (СПбГУ) за конструктивную критику и техническую помощь в подготовке рукописи к печати.

Summary

Rzhevsky Yu. S. An alternative model of interpretation of paleomagnetic data.

An alternative model is to determine planes for paleomagnetic vectors to be drawn on and to identify them as planes for tectonic cracks. Examples of effective employing this interpretation model are given. The main conclusion made is that paleomagnetic vectors result from the fact that the rock contains tectonic cracks with the matching orientation in space.

Литература

1. Iosifidi A. G., Bachtadse V., Khramov A. N. Vendian sedimentary rocks of Podolia (Ukraine): Paleomagnetic data // Abstracts Intern. conference on problems of geocosmos. May 22–26, 2000. St. Petersburg, Russia, 2000.
2. Iosifidi A. G., Bachtadse V., Khramov A. N. Kuznetsova A. V. Paleomagnetic data for vendian basalts from Ukraine // Ibid.
3. Воронов П. С. Очерки о закономерностях морфологии глобального рельефа Земли. Л., 1968.
4. Знаменская Т. А., Чебаненко И. И. Проявления сдвиговой тектоники в структуре Волыно-Подольской окраины Восточно-Европейской платформы (ВЕП) // Сдвиговые тектонические нарушения и их роль в образовании полезных ископаемых: Тез. докл. Первого Всесоюз.

совещания по сдвиговой тектонике. Ленинград, 15-17 ноября 1988 г. В трех вып. Вып. 2: Планетарные, региональные и локальные проявления сдвиговой тектоники в литосфере Земли и планет. Л., 1988. 5. *Смелов А. А., Жоголев Л. П., Хабибуллина Р. И.* О естественной остаточной намагниченности горных пород // Учен. зап. Ленингр. ун-та. Сер. физ. и геол. наук. 1962. Вып. 13, № 303. 6. *Бретштейн Ю. С., Климова А. В.* Взаимосвязь остаточной намагниченности, магнитной анизотропии и тектоники осадочных пород Дальнего Востока России // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: Материалы семинара. Борок, 18-23 октября 2001 г. М., 2001.

Статья поступила в редакцию 29 мая 2003 г.