

**ОСОБЕННОСТИ И РОЛЬ В ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ,
ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ.**

А.Г. Зубов

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

683006 Петропавловск-Камчатский б-р Пуйна 9

zubov@kscnet.ru

Для проверки возможности получения образцами из захороненных почв и пепловых отложений техногенного подмагничивания в результате их проклейки водорастворимым (силикатным) клеем был произведён ряд экспериментов:

№	Цель	Процедура
0	Приведение образцов к определённому начальному магнитному состоянию. (Образцы были отобраны в алюминиевые стаканы объёмом 25 мл. Положение in situ: главная ось горизонтальна (X), на дне стакана маркировка другой горизонтали (Y) и указание направления вниз (Z))	16 почвенных образцов выдерживались в однослойных магнитных экранах после проведения магнитной чистки (в т.ч. термовременной до 250°C). 3 образца пеплов после магнитной чистки сохранялись маркировкой (осью X) вниз в течение 200-280 дней, а перед экспериментом выдержаны 25 дней в магнитных экранах.
1	Наведение предполагаемой постседиментационной остаточной намагниченности в процессе смачивания образцов водой в поле лаборатории.	Образцы, ориентированные осью X вниз (открытой стороной вверх) и осью Z на север, замачивались в алюминиевой посуде с водой от 8 до 24 часов в поле лаборатории.
2	Устранение возникшей в эксперименте № 1 вязкой намагниченности.	Смоченные до насыщения образцы выдерживались 4-7 дней в трёхслойных магнитных экранах.
3	Выяснение влияния высушивания в немагнитном пространстве на магнитное состояние образцов.	Образцы выдерживались в трёхслойных магнитных экранах в течение 13 часов при 200°C.
4	Проверка того, что в эксперименте № 1 действующим фактором было магнитное поле.	Контрольное замачивание образцов в течение 8 часов при отсутствии магнитного поля, скомпенсированного кольцами Гельмгольца.
5	Завершение цикла испытаний.	Повторение процедуры эксперимента № 3.

Были получены следующие результаты:

- Эксперимент смачивания показал нарастание новой остаточной намагниченности в образцах из всех почвенных горизонтов в направлении поля лаборатории.
- Приращение остаточной намагниченности пеплов, вычисленное как разность состояний после и перед экспериментом № 1, получается обратным приложенному полю. Приращение, вычисленное как разность состояний после эксперимента № 1 и после последней чистки, направлено по приложенному полю и по величине заметно больше предыдущего.
- Приращение остаточной намагниченности образцов в эксперименте № 2 оказалось малым по величине и довольно хаотичным по направлению. То есть возникшая в образцах вязкая намагниченность слишком мала, чтобы её можно было уверенно измерить.
- При сравнении приращений намагниченности почвенных образцов в экспериментах № 1 и № 3 оказалось, что их величины для каждого образца примерно равны, а направления практически противоположны. То есть в эксперименте № 3 мы обнаружили разрушение ранее полученной в эксперименте № 1 ориентационной намагниченности. Приращения остаточных намагниченностей пеплов в эксперименте № 3 дали направления, сходные с аналогичными для почвенных образцов.
- Остальные эксперименты дали приращения на уровне ошибок измерений - достаточно малые и хаотичные.

Выводы по результатам экспериментов:

- При смачивании почвенных образцов в присутствии лабораторного магнитного поля они **приобретают** существенную постседиментационную остаточную намагниченность (PDRM).
- Эта PDRM в значительной степени **обратима** и при сушке в отсутствие магнитного поля **распадается**.
- Необычный результат на образцах вулканических пеплов можно объяснить тем, что кроме роста новой ориентационной намагниченности в эксперименте № 1 происходило разрушение значительной части накопившейся при хранении после чистки до опыта вязкой намагниченности. Расчёты показывают, величина накопившейся вязкой составляющей была 20-33 % от естественной

остаточной намагниченности. Возникшая при смачивании новая PDRM не смогла компенсировать эту потерю и в общем балансе первого приращения получилось превышение разрушения над ростом, что обусловило иной результат, чем у почвенных образцов. Во втором приращении однонаправлено складываются оставшаяся часть вязкой и новая ориентационная намагниченности.

- Очевидно, во время сушки пепловых образцов при 200°C (в данном случае это термовременная чистка) кроме разрушения новой PDRM произошло разрушение остатков вязкой намагниченности. Обе остаточных намагниченности однонаправлены и складываются в величине приращения намагниченности в эксперименте № 3.
- Эксперимент № 2 говорит об относительной **устойчивости** новой PDRM при неизменном влагонасыщенном состоянии породы во всех образцах. Наоборот, все уверенно выявленные изменения остаточной намагниченности произошли в экспериментах № 1 и № 3, сопровождавшихся изменением содержания воды в образцах. Следовательно, изменение остаточной намагниченности в экспериментах связано именно с **изменением влагосодержания** породы в образцах.
- Эти эксперименты подтверждают предположение о возможном технологическом подмагничивании образцов пепловых горизонтов при **проклевывании**.
- Неэффективность проведённой ранее магнитной чистки говорит о большой **жёсткости** этой техногенной намагниченности по отношению к применённым стандартным видам чистки. Речь идёт о термовременной чистке (до 12 часов при 250°C) и чистке переменным полем (до 200 Э).

При анализе литературы были найдены статьи с аналогичными исследованиями [1, 2].

Р.С. Henshaw и R.T. Merrill [1] занимались изучением остаточной намагниченности, образующейся при **высыхании** колонок морских осадков. Вот их основные выводы:

- При высыхании в слабом внешнем магнитном поле образцами может быть приобретена существенная и относительно стабильная остаточная намагниченность.
- Она, вероятно, не обусловлена химическими изменениями, а связана с физическими процессами.
- Это явление зависит от содержания воды и формы зёрен.
- Существует критическое содержание воды в глине 75% для однодоменных игл и 70% для однодоменных эвгдральных зёрен, ниже которого прекращается движение зёрен.

С.А. Писаревский [2] исследовал PDRM, образующуюся при **смачивании** образцов континентальных отложений. Его заключения:

- Все исследованные осадочные породы обладают способностью приобретать постседиментационную остаточную намагниченность в результате смачивания.
- Величина PDRM связана прямой зависимостью с количеством воды. Разъясняющая модель – потоки воды в капиллярах вовлекают в движение магнитные частицы. От количества воды зависит скорость капиллярных потоков и глубина проникновения.
- В создании PDRM участвуют частицы-носители наиболее стабильной части ЕОН. Нет никакого отношения к магнитовязкой природе.
- Повторные смачивания приводят к дальнейшему изменению намагниченности.

При выборе модели, объясняющей это явление, были рассмотрены следующие возможные механизмы образования PDRM при низкоэнергетических (не разрушающих основу) механических воздействиях: броуновское движение, внутрикапиллярные течения воды, движение плёнок поверхностного натяжения. Каждый из этих механизмов могут создавать свой вид намагниченности, но для объяснения магнитных явлений в аэральных осадочных отложениях более всего подходит последний. Модельные расчёты показали, что при воздействии на частицу силы, создаваемые плёнками поверхностного натяжения, на несколько порядков больше, чем силы вязкого трения. Представим осадочную породу как некую механически жёсткую основу, пронизанную капиллярами, которые содержат в порах слабозакреплённые магнитные частицы, способные при захвате движущейся плёнки поверхностного натяжения на какое-то время потерять старые связи, затем при освобождении приобрести новые. Плёнки поверхностного натяжения неизбежно двигаются при высыхании или намокании образца. В момент потери связей частица приобретает способность подориентироваться под внешнее магнитное поле. При последующем закреплении частицы частично хаотизируются, но весь ансамбль частиц приобретёт суммарную остаточную намагниченность по полю. Такая модель образования PDRM объясняет обнаруженные на практике свойства:

- Механизм работает на водоненасыщенных осадочных породах.
- Остаточная намагниченность изменяется при движении плёнок поверхностного натяжения, то есть при намокании или высыхании породы. При этом разрушается старая PDRM и при воздействии магнитного поля появляется новая.
- Намагниченность стабильна при условии постоянства влагосодержания – границы раздела вода-воздух стабильны и частицы не двигаются.

- Зависимость от количества воды заключается в том, что чем больше влаги уйдёт (при сушке) или прибавится (при смачивании), тем больше частиц будет вовлечено в процесс движущимися плёнками.
- Намагниченность обратима при постоянстве частиц-участников и одинаковом диапазоне изменения влагосодержания.
- Эта намагниченность является жёсткой по отношению к традиционным видам магнитной чистки, поскольку её носителями являются частицы наиболее мелкие, а значит близкие к однодоменным.
- Продолжение перемангничивания породы при повторных смачиваниях, говорит о неполной обратимости этого вида намагниченности.
- Ансамбль частиц этой намагниченности может частично совпадать с ансамблями частиц других видов намагниченностей. Об этом говорит результат с вероятным разрушением вязкой намагниченности в пепловых образцах в эксперименте № 1.

С другой стороны эта модель позволяет прогнозировать наличие и других особенностей:

- Не только сушка, но любое изменение влагосодержания в отсутствии магнитного поля приводит к стиранию предшествующих PDRM того же или более низкого энергетического уровня.
- Среди естественных механизмов воздействий на слабосвязанные частицы «плёночный» является, вероятно, наиболее энергичным. Следовательно, изменение влагосодержания может эффективно разрушать и другие виды PDRM. В этом главная идея специальной магнитной чистки, которая для ориентационных намагниченностей обещает быть эффективней традиционных видов чистки.
- Любое изменение влагосодержания в присутствии магнитного поля приводит к появлению PDRM.
- Очевидно, что более пористые, особенно слабо консолидированные породы в большей степени способны приобретать PDRM при изменении влагосодержания, чем другие.
- Существует уровень влагосодержания, при котором эффективность (чувствительность, сила) такого ориентационно-магнитного воздействия максимальна. Это когда максимальна площадь поверхности раздела вода-воздух, то есть в первом приближении 50% от насыщения.
- «Встряска» частиц при смачивании и сушке одинакова. Но при смачивании частицы попадают в более благоприятные для ориентации условия. То есть, при смачивании остаточная намагниченность может оказаться больше, чем при высушивании, а эффект размагничивания в обоих случаях скорей всего одинаков. Это предположение требует проверки.

Из всего вышесказанного вытекает, что одним из важных условий для предотвращения технологического искажения ЕОН при отборе, перевозке, хранении и измерении образцов многих видов осадочных пород является соблюдение постоянства влагосодержания. В большинстве случаев это сводится к герметизации самих образцов и их хранилищ. Процедуры проклеивания образцов лучше исключить, а при невозможности этого избежать весь цикл до стабилизации процесса следует проводить в немагнитном пространстве.

Уместно теперь обратить внимание на то, что по крайней мере в ранних экспериментах по переосаждению [4-6] образцы перед измерением насколько возможно обезвоживались в присутствии лабораторного поля. Теперь мы знаем, что если при этом в поры попадает воздух, то возникает остаточная намагниченность совсем другого рода, чем на дне водоёма.

В природе сильные (особенно сезонные) изменения влагосодержания испытывают осадочные породы до какой-то глубины от земной поверхности. Когда за счёт осадконакопления породы попадают на большую глубину, их влагосодержание стабилизируется. Однако, даже погребённые осадочные породы могут претерпевать существенные изменения влагосодержания и в своей геологической истории. Особенно сильны воздействия на магнитное состояние при наводнениях, длительных засухах, осушениях водоёмов. Возникающая при этом метахронная PDRM является помехой для выявления первичной намагниченности. Использование традиционных методов магнитной чистки с большой вероятностью может оказаться неэффективным из-за повышенной жёсткости этой PDRM к таким воздействиям. Применение специальной магнитной чистки поможет избавиться от обратимой части метахронной PDRM. *Суть специальной магнитной чистки в воздействии на образцы водой или лучше моющими растворами путём смачивания и высушивания в немагнитном пространстве.*

В своё время лабораторное моделирование отложения вулканических пеплов [3] показало, что значимая остаточная намагниченность образуется только после смачивания выпавшего пепла водой. Теперь можно уточнить, что и первичное уплотнение, и первичное ориентационное намагничивание отложений скорей всего обеспечивается стягивающим механизмом поверхностного натяжения воды.

Литература

1. Henshaw P.C., Merrill R.T. Characteristics of drying remanent magnetization in sediments//Earth and Planetary Science Letters, 43 (1979). P.315-320
2. Писаревский С.А. Постседиментационная намагниченность континентальных отложений//Изв. АН СССР. Физика Земли, 1983, №12. С.76-81

3. Кочегура В.В., Зубов А.Г., Брайцева О.А. Магнитостратиграфия голоценовых почвенно-пирокластических образований Камчатки. Вулканология и сейсмология № 6, 1986, 3-17.
4. Храмов А.Н. Ориентационная намагниченность тонкодисперсных осадков. Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли, 1968, №1, с.115-118.
5. Щербаков В.П., Щербакова В.В. Физика образования постседиментационной остаточной намагниченности.//Тонкая структура геомагнитного поля. М.:Наука, 1986. С.110-122.
6. Шашканов В.А., Костеров А.А., Мохамад Л.М., Смирнов А.В. Временные зависимости процесса ориентационного намагничивания осадочных горных пород/Физика Земли, 1995, № 7, с.76-81