

## **О ФОРМИРОВАНИИ ОРИЕНТАЦИОННОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ В ВЫСОКОПОРИСТЫХ НАЗЕМНЫХ ОСАДКАХ**

**А.Г. Зубов**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: [zubov@kscnet.ru](mailto:zubov@kscnet.ru)*

### **Введение**

Наверное, среди первых, кто обратил внимание на полезность изучения естественной остаточной намагниченности (ЕОН) пепловых горизонтов для решения каких-либо геологических задач, были Е.К. Мархинин с соавторами [9]. Отбор ориентированных образцов пепла в контейнеры из оргстекла позволил произвести измерение остаточной намагниченности пепловых горизонтов на астатическом магнитометре непосредственно в полевых условиях. Полученные данные свидетельствовали о присутствии в пеплах первичного залегания, а также в переотложенном пирокластическом материале остаточной намагниченности с направлением, близким современному геомагнитному полю (ГМП). Вариации направлений ЕОН, полученных на молодых (приблизительно с XV в. по 1956 г.) пепловых отложениях, оказались небольшими, сопоставимыми с ошибками измерений. Исследователи не учитывали влияния вязкой намагниченности. В те времена методы магнитной чистки ещё не имели широкого практического применения.

Дальнейшие работы по палеомагнитному изучению почвенно-пирокластического чехла (ППЧ), в котором прослой вулканического пепла - его неотъемлемая составляющая, показали его перспективность для изучения палеогеомагнитных вариаций [1, 2, 6]. Его преимущества — довольно высокая скорость осадконакопления, широкая распространённость в изучаемых вулканических районах, ЕОН, достаточная по величине для её уверенных измерений, а главное — широкие возможности для хроностратиграфических построений, необходимых для корреляции и хронологической привязки палеомагнитных данных по изучаемому району. Хроностратиграфия ППЧ базируется на хорошей стратификации разрезов, позволяющей проводить корреляцию по визуальным признакам; на наличии маркирующих пепловых горизонтов, распространённых на широких площадях в результате мощных извержений; на частом обнаружении захороненного углеродсодержащего материала, необходимого для проведения радиоуглеродного анализа. Комплексные палеомагнитные и хроностратиграфические работы позволили на базе изучения ППЧ и шлаковых конусов получить довольно детальные данные о палеовариациях магнитного поля Земли на Камчатке за последние 4 тысячи лет [6].

Чем лучше изучена магнитная природа объекта, тем надёжнее палеомагнитные данные. В настоящее время хорошо теоретически и практически изученным является магнетизм подводных осадков [7, 8]. Хотя палеомагнитологи издавна пользуются и наземными осадками, о магнитной природе последних известно мало. В составе ЕОН любых осадков присутствуют или могут присутствовать следующие магнитные компоненты: вязкая, химическая и ориентационная.

Вязкая магнитная компонента - атрибут ЕОН любых магнитных пород. Образовавшаяся при неизменных термодинамических условиях вязкая остаточная намагниченность направлена по современному полю. В осадочных породах эта компонента составляет существенную долю в ЕОН, и в подавляющем большинстве случаев она является вредной компонентой. Различными методами магнитных чисток

(временная чистка, термочистка, переменное магнитное поле, температурно-временная чистка) от неё можно избавиться.

Химическая компонента может появляться при минералогической неустойчивости породы, когда разрушаются одни минералы и появляются другие. Если в породе вырастают ферромагнитные минералы, при достижении определенного объема они фиксируют в себе запись магнитного поля времени своего образования. В почвах, которые нередко входят в состав ППЧ, минералогические преобразования - частое явление. Компоненты, вошедшие в состав ЕОН за время между образованием породы и современностью, называются метакхронными. Химическая компонента — продукт метаморфоза, поэтому, строго говоря, она всегда метакхронна, но при небольшом запаздывании от момента седиментации эта компонента может использоваться как первичная. Отделить эту компоненту от других или избавиться от неё очень сложно. Иногда обнаружение химической компоненты приводит к отбраковке палеомагнитного результата. В почвах в качестве вторичных магнитных минералов часто выступают гидроокислы, относящиеся к категории слабых ферромагнетиков, которые не только дают более слабые величины намагниченности по сравнению с первичными ферромагнетиками (магнетит, титаномагнетит, маггемит), но и имеют пониженные температуры Нееля (антиферромагнитная точка Кюри). С другой стороны, в почвах настолько активны химические процессы, что это может приводить к значительному разрушению минералов, несущих информацию о первичной намагниченности. Универсальных решений при работе с химической намагниченностью нет.

Самая важная искомая компонента осадков — ориентационная. Она бывает седиментационной, образующейся при осаждении, и постседиментационной, то есть сформировавшейся позже и, соответственно, являющейся метакхронной. В водной среде магнитные частицы ещё при опускании на дно приобретают преимущественную ориентацию по вектору магнитного поля. При отложении и накоплении осадков ориентированные частицы закрепляются и фиксируют информацию о ГМП времени осаждения, образуя седиментационную намагниченность. В подводных отложениях с медленным накоплением верхний слой часто представляет собой полужидкую гелеобразную массу, где частицы обладают значительной степенью свободы. Эта свобода позволяет им долго подчиняться изменениям внешнего ГМП, пока из-за уплотнения среды частицы не потеряют подвижность и зафиксируются, образовав более позднюю постседиментационную намагниченность. Представления об образовании ориентационной намагниченности в наземных условиях ещё слабо разработаны. В основе данной работы лежит желание сузить пробелы в этой области.

### **Экспериментальные работы предшественников**

Для выяснения причин появления ориентационной намагниченности в пепловых отложениях в работе [9] был проведён эксперимент по переосаждению пепла вулкана Шивелуч (извержения 1780 г.) на сухую поверхность и на слой воды толщиной 1.5 см. В обоих случаях в получившихся отложениях обнаружилась остаточная намагниченность, соответствующая направлению ГМП, но во втором случае величина остаточной намагниченности оказалась значительно больше. Было замечено, что ЕОН пеплов в первичном залегании и переотложенных не различаются, что говорит о существенности вторичных постседиментационных процессов при формировании ЕОН. Впервые была выявлена также особая роль воды в формировании ЕОН пеплов.

Близкой по времени работой по выяснению роли влаги при постседиментационном намагничивании осадков был эксперимент Ирвинга и Мэйора [15] с искусственной смесью кварцевого песка и магнетита. Увлажнение и последующее обезвоживание в присутствии ГМП приводило к появлению в осадках

«записи» этого поля.

Позднее под руководством В.В. Кочегуры в лаборатории был проведён эксперимент<sup>1</sup> по переосаждению пепла из ППЧ Ключевского вулкана [1]. Естественный пепел, а также пепел, разделённый на фракции, через сито высевались с высоты 1.5-2 м в алюминиевые контейнеры в форме стаканчиков (рис. 1). Заполненные контейнеры закрывались крышками и измерялись на астатическом магнитометре МА-21. Образовывающаяся за время эксперимента вязкая составляющая устранялась временной выдержкой в немагнитном пространстве пермаллоевых экранов. Получившаяся намагниченность после переосаждения пеплов оказалась значительно меньше ЕОН пеплов в ППЧ.



Рис. 1. Схема эксперимента по переосаждению пепла.

На следующих этапах эксперимента по выяснению влияния атмосферной влаги на намагниченность пород для контроля вязкой намагниченности образцы были разделены на рабочую и контрольную группы. Уже при пропускании через образцы среднемесячной нормы осадков, характерной для Камчатки - 120 мм столба воды, образовавшаяся постседиментационная намагниченность большинства образцов приходила к насыщению. Наиболее мелкая фракция пепла (<0.05 мм) приобрела остаточную намагниченность, сопоставимую по величине с ЕОН пеплов в ППЧ. Остальные фракции переосаждённого пепла давали по мере увеличения средних размеров частиц всё более слабый эффект.

Для проверки стабильности полученной ориентационной намагниченности вода в некоторых образцах пропускалась при обратной азимутальной ориентировке образцов (северный край ориентирован на юг). После магнитной чистки выяснилось, что изменения первоначальной ориентационной намагниченности оказались небольшими. Это говорило о том, что первоначальное уплотнение, визуально наблюдаемое на первых этапах смачивания, законсервировало первичную ориентационную намагниченность и сделало её устойчивой к дальнейшим воздействиям протекающей воды. В этом эксперименте подтвердилось, что именно вода оказывалась решающим фактором для появления ориентационной намагниченности. Строго говоря, остаточная намагниченность, образуемая динамическим воздействием воды всегда постседиментационная, поскольку образуется не в момент выпадения пепла, а чуть позже. Но задержка в несколько месяцев и даже лет для формирования этой намагниченности в обычно рассматриваемых масштабах времени ничтожна. И эту намагниченность практически всегда можно считать первичной.

Результаты этих экспериментов побудили С.А. Писаревского проверить, действительно ли ориентационная намагниченность естественных осадочных образцов устойчива к смачиванию. Его эксперименты на слабо консолидированных осадках не вулканического происхождения (алевритистые глины и суглинки) [10] показали обратное. Все испытываемые образцы при увлажнении в магнитном поле существенно изменили свою ЕОН. Образовавшаяся при смачивании водой новая остаточная

1 Шевкунова Л.П. Моделирование процессов формирования постседиментационной намагниченности. Дипломная работа. ДВГУ, Кафедра теоретической физики. Владивосток, 1978.

намагниченность оказалась довольно устойчивой к традиционным магнитным чисткам. Было доказано, что эта намагниченность не имеет ни вязкой, ни химической природы, то есть это была ориентационная намагниченность. Причины противоречия результатов экспериментов о стабильности постседиментационной намагниченности будут обсуждены ниже.

На донных отложениях был обнаружен ещё один эффект динамического воздействия воды. Оказалось, что при высушивании осадков в присутствии ГМП тоже образуется ориентационная намагниченность [14]. В экспериментах по переосаждению осадков в водной среде также было обнаружено намагничивание на стадии обезвоживания [11, 12].

### Эксперимент по смачиванию естественных осадков

При попытке найти причины большого разброса данных измерений ЕОН образцов погребённых почв ППЧ района вулкана Горелый (Камчатка) автор этих строк поставил свой эксперимент. Тезисное описание эксперимента опубликовано в работе [5]. Целью эксперимента было изучение динамического влияния увлажнения на ЕОН в процессе «проклеивания» открытых поверхностей хрупких неконсолидированных образцов. В эксперименте участвовали все сохранившиеся после магнитных чисток образцы погребённой почвы изучаемого разреза ППЧ и для сравнения три образца супеси, тоже прошедшие магнитные чистки, из горизонта с повышенным разбросом данных из соседнего разреза ППЧ. Почвенные образцы после магнитных чисток хранились в немагнитном пространстве пермалловых экранов и не содержали вязкой компоненты. Образцы супеси при хранении более 200 дней без экранов после магнитной чистки приобрели вязкую компоненту преимущественно по азимутальной оси, совпадающей с главной осью цилиндрических контейнеров. Выдержка в пермалловых экранах перед экспериментом в течение 25 дней лишь немного сняло вязкую компоненту.

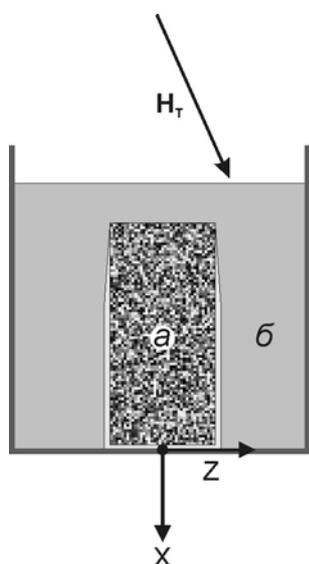


Рис. 2. Схема эксперимента по увлажнению образцов ППЧ: образец в контейнере (а), вода (б);  $H_T$  – полный вектор ГМП, X и Z — оси системы координат образца.

#### Поэтапное описание эксперимента:

1. Замачивание образцов водопроводной водой в алюминиевой посуде в присутствии поля лаборатории в течение 8-24 часов. Ориентировка образцов пояснена рис. 2. Для снятия гидрофобности почвы, появившейся в результате прогревов при магнитных чистках, поверхность образцов в мизерных количествах посыпалась стиральным порошком.
2. Насыщенные водой образцы выстаивались в немагнитном пространстве пермалловых экранов 4-7 дней для практически полного снятия приобретённой на первом этапе вязкой компоненты.
3. Высушивание образцов при температуре  $200^{\circ}\text{C}$  в сушильном шкафу в пермалловых экранах с целью возвращения их в исходное состояние.
4. Вторичное замачивание образцов в отсутствие внешнего магнитного поля внутри колец Гельмгольца с целью проверки предположения, что на первом этапе действующим фактором было именно магнитное поле.
5. Повторение этапа 3 для возвращения в исходное состояние.

#### Результаты и обсуждение эксперимента

Результаты представлены на рис. 3. Чтобы

вычесть накопившуюся на первом этапе вязкую компоненту, указанный результат первого этапа на самом деле суммирует эффекты первого и второго этапов. На стереограммах видно, что векторы приращения остаточной намагниченности, кроме относящихся к образцам 4с и 5b, кучно группируются на первом и третьем этапах. Соответственно, и величины приращений на этих этапах существенно большие. Объединённый результат первого и второго этапов подтвердил, что почвенные образцы при полном увлажнении приобрели постседиментационную намагниченность. Неожиданным оказалось появление кучного приращения на третьем этапе высушивания без поля. Это приращение по направлению обратно приращению этапа 1-2, а по величине в среднем составляет 80% от него. На остальных этапах приращения намагниченностей не кучные по направлению и небольшие по величине, они представляют собой ошибку эксперимента. Следовательно, ожидавшийся спад вязкой намагниченности на втором этапе оказался незначительным - в границах ошибки эксперимента, т.е. прирост вязкой компоненты на первом этапе тоже был незначительным. Образцы супеси на первом этапе дали на первый взгляд странный результат - обратное приложенному полю направление приращения.

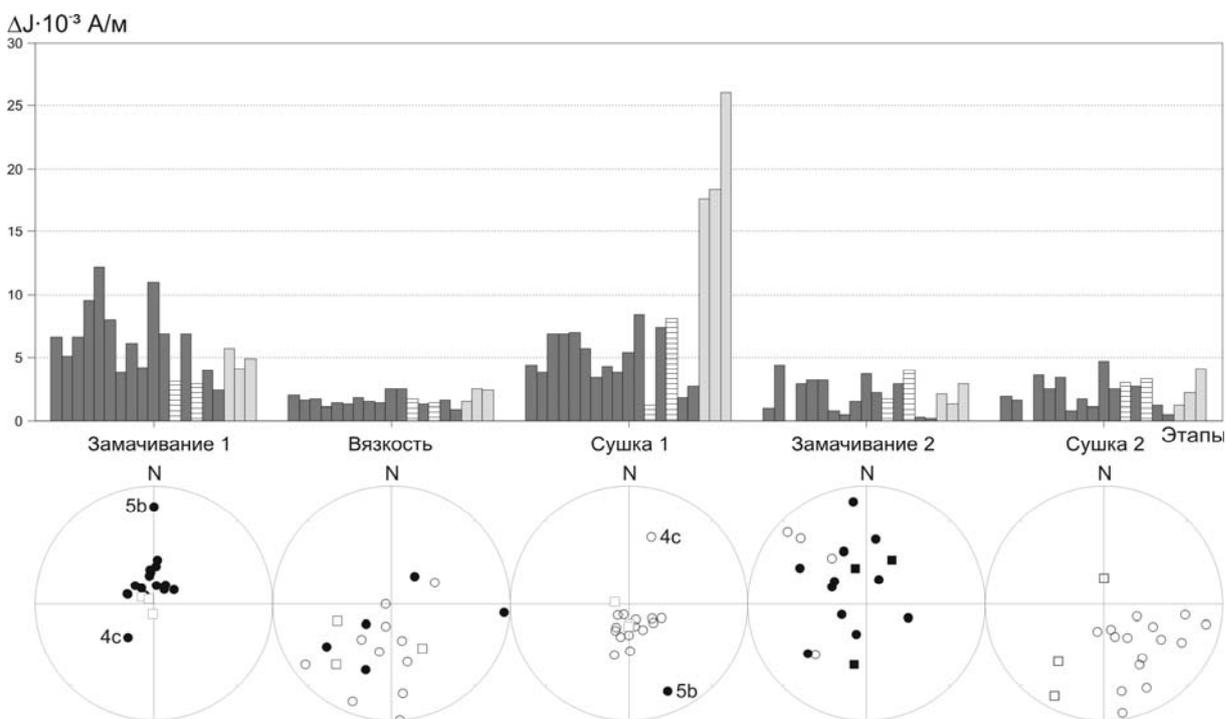


Рис. 3. Результаты эксперимента по увлажнению образцов ППЧ. На диаграмме отражены величины, на стереограммах - направления поэтапных приращений остаточной намагниченности каждого образца. Тёмные столбцы и кружки - результаты по почвенным образцам, светлые столбцы и квадратики - по супесям. На стереограммах залитые значки - направления остаточных намагниченностей на нижней полусфере, незалитые значки - на верхней полусфере. Неудачные результаты на стереограммах подписаны как 4с и 5b, их величины указаны в полосатых столбцах.

По третьему этапу эксперимента можно сделать вывод, что появившаяся при увлажнении постседиментационная намагниченность при высушивании образцов без поля в значительной степени разрушилась. Это обнаруженное свойство можно использовать для специальной магнитной очистки с целью устранения ненужных компонент постседиментационной намагниченности. Учитывая, что постседиментационная намагниченность является устойчивой по отношению к традиционным видам

магнитной чистки, специальная чистка может оказаться наиболее эффективной для её устранения.

Появление на первом этапе приращения, обратного приложенному полю, можно объяснить присутствием остатков вязкой компоненты в образцах супеси перед опытом. При образовании постседиментационной намагниченности происходит переориентация её частиц-носителей, но эти частицы были ранее носителями и других компонент намагниченности, в том числе и вязкой. Эта переориентация разрушила часть вязкой компоненты, которая была направлена примерно в ту же сторону, что и новая - ориентационная. Преобладание эффекта разрушения вязкой компоненты над ростом ориентационной и могло дать обратный результат в приращении остаточной намагниченности супеси по сравнению с результатом по почвам, где вязкая компонента отсутствовала.

На третьем этапе режим сушки соответствовал режиму температурно-временной магнитной чистки, при которой удалились остатки вязкой компоненты намагниченности в образцах супеси. Следовательно, при сушке образцов супеси произошло разрушение двух однонаправленных компонент: остатков вязкой и новой ориентационной. Поэтому на третьем этапе амплитуда приращения остаточной намагниченности для супеси значительно превышает таковую для почв.

### **Модели формирования постседиментационной намагниченности**

В работе [9] был выявлен эффект влияния воды на формирование ЕОН пеплов в процессе седиментации. В.В. Кочегура с коллегами [1] в своём эксперименте основывался на гипотезе воздействия протекающих через ППЧ атмосферных осадков, вызывающих появление постседиментационной намагниченности. С.А. Писаревский в своей работе о влиянии смачивания водой естественных осадков предположил: «Возможно, что постседиментационная намагниченность данных пород возникает в процессе капиллярного просачивания воды в породу, когда потоки воды в капиллярах вовлекают в движение магнитные частицы. В этом случае от общего количества воды будет зависеть как скорость капиллярных потоков, так и глубина проникновения воды в породу» [10, с. 81]. Фактически С.А. Писаревский построил простейшую модель процесса и получил из этого объяснение экспериментально полученной им закономерности о прямой связи постседиментационной намагниченности с количеством воды.

Попробуем сформулировать это объяснение более строго. В спокойном состоянии все частицы зафиксированы, но каждая имеет свой «порог срыва», то есть величину силы или энергии, под воздействием которой частица на какое-то время теряет фиксацию. Каждое воздействие обладает своим уровнем энергии или максимальной силой по отношению к частицам осадка. Частицы, имеющие порог срыва выше уровня воздействия, останутся неподвижными, имеющие порог ниже — будут сорваны со своего места. После срыва, пребывая некоторое время в свободном состоянии без механических контактов, частицы, обладающие собственным магнитным моментом, при воздействии окружающего магнитного поля будут подстраиваться под него. Но затем должна произойти новая фиксация, когда частица застрянет в лабиринтах пор или присоединится к какому-нибудь магнитному кластеру из других частиц, не успев значительно дезориентироваться. Вот так можно представить механизм переориентации частиц и «перезаписи» свежей информации о ГМП.

Некоторые процессы, например, крио- и биотурбации (мерзлотные проявления и воздействия роющих животных или корней растений) могут разрушить структуру осадка. В меньшей степени изменяют ее процессы уплотнения в связи с повышением давления накапливающихся верхних горизонтов отложений или с многократными сейсмическими событиями. Все перечисленные воздействия на породы необратимы,

автора же интересует более слабое влияние внутриводной воды на осадки.

Можно ожидать, что слабые воздействия на слабо закреплённые частицы будут давать почти обратимые или частично обратимые эффекты. Причина в том, что вторично зафиксировавшаяся частица с большой долей вероятности окажется снова слабо закреплённой (обратимость), но некоторая часть частиц может зафиксироваться крепче прежнего и перестанет быть доступной для аналогичного по силе повторного воздействия (необратимость).

Если предположить, что фактором срыва частиц является движение воды, то при неизменном влагосодержании изменений остаточной намагниченности ориентационной природы происходить не должно. Изменение влагосодержания пород в связи с их увлажнением или высыханием - в обоих случаях это движение влаги, это срывы частиц и их переориентация.

При увлажнении сорванные частицы попадают в водную среду и приобретают благоприятные условия для ориентации по линиям магнитного поля. При высушивании породы сорванные частицы попадают в условия дефицита влаги, и ориентация их затруднена. Можно предполагать, что эффект приобретения постседиментационной намагниченности при высушивании осадка заметно слабее эффекта при увлажнении.

Рассмотрим механизмы воздействия на частицы при движении внутриводной воды. Если размеры частицы близки к размеру поры, то при движении потока воды частица может передвигаться в ней как поршень (рис. 4а). Разницу давлений по разные стороны частицы обеспечивают гидростатика и гидродинамика потока воды. В одних случаях частица может заклиниваться между другими, в других освобождаться. Представляется, что этот механизм затрагивает только небольшую долю частиц.

Другой вид воздействия движущегося потока воды на частицы - вязкое трение при обтекании, которое испытывают все попадающиеся на пути потока частицы. Процесс обтекания шара вязкой жидкостью (рис. 4б) хорошо описывается формулой Стокса [13]:  $F_S = 6\pi\eta u r$ , где  $\eta$  - динамическая вязкость жидкости,  $u$  - скорость потока,  $r$  - радиус тела.

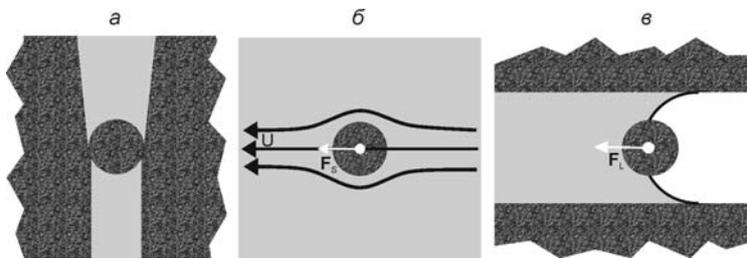


Рис. 4. Схема взаимодействия частицы и потока воды: в узких порах (а), вязкое обтекание (б), втягивание мениском (в).  $U$  – величина скорости потока,  $F_S$  – сила вязкого трения,  $F_L$  – сила втягивания в жидкость.

диментационного намагничивания в тезисной форме впервые изложена автором в работе [5]. Согласно уравнению Лапласа [13] под вогнутым мениском образуется зона пониженного давления:  $\Delta p = -2\sigma/R$ , где  $\sigma$  - коэффициент поверхностного натяжения,  $R$  - радиус кривизны сферического мениска.

За счёт этого возникают силы, сжимающие капилляры и втягивающие частицы с хорошим смачиванием. Этот механизм должен затрагивать все частицы, попадающиеся на пути потока воды. Рассчитаем силу втягивания сферической частицы, которая оказывается наполовину в мениске (рис. 4в). У поверхности гидрофильной частицы мениск должен ещё больше искривиться. Но мы ограничимся нейтральным

При увлажнении или высыхании породы с постоянным объёмом пор, в порах движется не только поступающая или уходящая вода, но и замещающий её воздух. Следовательно, двигаются и границы раздела вода-воздух, которые в порах благодаря силам поверхностного натяжения образуют мениски, вогнутые для гидрофильных пород. Идея об участии сил поверхностного натяжения в процессах постсе-

смачиванием или моментом, когда граница не успела искривиться. Тем самым для простоты мы несколько занижаем силу втягивания. Величина силы втягивания с учётом площади сечения тела получится такой:  $F_L = 2\pi\sigma r^2/R = 2\pi\sigma(r/R) \cdot r$

Для упрощения будем рассматривать ситуацию, геометрически подобную представленной на рис. 4в. Тогда отношение  $(r/R)$  — постоянная величина, и зависимость  $F_L(r)$  будет, как и для вязкого трения, линейной. В коэффициентах полученных формул известны все величины, кроме скорости потока. Можно вычислить при каких условиях выполняется условие  $F_S > F_L$ . Это произойдёт когда  $u > \sigma(r/R)/3\eta$ . Если подставить значения  $\eta = 1.002 \text{ мН}\cdot\text{с}/\text{м}^2$  [3] и  $\sigma = 72.8 \text{ мН}/\text{м}$  [4] для воды при  $20^\circ\text{C}$  и взять соотношение  $r/R = 1/2$ , то окажется, что при этом  $u > 12 \text{ м}/\text{с}$ . Для внутрипоровых вод такая скорость кажется нереально большой. Таким образом, вязкие силы воды при ее перемещении в породе по крайней мере на 3 порядка слабее капиллярных. Но совсем убирать из рассмотрения механизм вязкого трения не стоит, так как бывают ситуации, когда этот механизм остаётся единственным и далеко не слабым. Это, например, случай подземных течений в водонасыщенных породах при высоких гидростатических давлениях.

Рассмотренные механизмы энергетического воздействия на частицы позволяют представить, как происходит ориентационное перемагничивание не только слабо консолидированной наземной породы, но и первичное ориентационное намагничивание. Как выяснилось, наиболее эффективным по силе и частоте случаев механизмом является движение водяных менисков. В свежееобразованных сухих осадках в процессе увлажнения благодаря преимущественно капиллярным силам будет формироваться первичная постседиментационная (практически седиментационная) намагниченность с участием практически всех частиц. При выпадении осадков во влажных условиях всё происходит быстрее. Первичное уплотнение консервирует часть первичной ориентационной намагниченности, делая её недоступной для дальнейших воздействий воды.

На первых этапах эксперимента по увлажнению отложений пепла действительно наблюдалось сильное уплотнение породы [1]. Повышенную стабильность получившейся при этом ориентационной намагниченности (в отличие от эксперимента С.А. Писаревского [10]) можно объяснить однородностью гранулометрического состава пепла. Когда частицы близки по размерам, образуемая ими упаковка получается плотной и прочной, все частицы в ней жёстко зафиксированы. В слабо консолидированных естественных осадках с широким гранулометрическим диапазоном могут сохраняться слабо закреплённые магнитные частицы, способные приобретать постседиментационную намагниченность при изменении влагосодержания. Эта вторичная метакронная намагниченность в значительной степени обратима и может целенаправленно разрушаться специальной магнитной чисткой с применением воды.

### **Выводы**

Показано, что слабоконсолидированные наземные осадки при изменении влагосодержания (атмосферные осадки, наводнения, засухи) могут приобретать компоненты метакронной постседиментационной намагниченности. Эту намагниченность, вероятно, можно в значительной степени удалить специальной магнитной чисткой посредством многократного увлажнения и высушивания при отсутствии магнитного поля. Рассмотренные механизмы постседиментационного намагничивания позволяют объяснить полученные в экспериментах свойства обсуждаемой намагниченности: появление её при увлажнении и высушивании осадка, частичную обратимость, разрушение других компонент при намагничивании. Также можно предположить несимметричность эффекта намагничивания при увлажнении и высушивании осадка. Последнее требует экспериментальной проверки.

Можно полагать, что благодаря эффектам первичного уплотнения, первичная постседиментационная намагниченность должна быть более устойчивой к воздействию воды, чем вторичные постседиментационные намагниченности.

#### Список литературы

1. *Алексеева В.А., Зубов А.Г., Кочегура В.В.* Естественная остаточная намагниченность тефры и изучение по ней палеогеомагнитных вариаций. Проблемы изучения палеогеомагнитных вариаций магнитного поля Земли. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 36-51
2. *Брайцева О.А., Мелекесцев И.В.* Почвенно-пирокластический чехол - новый перспективный объект для палеомагнитных исследований на Камчатке. Проблемы изучения палеогеомагнитных вариаций магнитного поля Земли. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 27-35.
3. Вязкость. Большая Советская Энциклопедия. Гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. М.: Советская Энциклопедия, 1971. Т. 5. С. 604-605.
4. *Енохович А.С.* Справочник по физике и технике. М.: Просвещение, 1983. 256 с.
5. *Зубов А.Г.* Особенности и роль в палеомагнитных исследованиях постседиментационной намагниченности, образующейся при изменении влагосодержания. Палеомагнетизм и магнетизм горных пород; теория, практика, эксперимент. Материалы семинара, Борок, 19-22 октября 2006 г. М.: ГЕОС, 2006. С. 62-68.
6. *Кочегура В.В., Зубов А.Г., Брайцева О.А.* Магнитостратиграфия голоценовых почвенно-пирокластических образований Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1986. № 6. С. 3-17.
7. *Куражковский А.Ю.* Переосаждение как способ петромагнитного анализа и определения палеонапряженности. Процессы постседиментационного намагничивания и характерные изменения магнитного поля и климата Земли в прошлом. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. С. 58-61.
8. *Малахов М.И., Малахов Д.М.* Теория ориентационной остаточной намагниченности осадочных пород (трёхмерная магнито-реологическая модель Шведова-Бингама) // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2007. № 1. С. 71-88.
9. *Мархинин Е.К., Пугач В.Б., Мархинина С.Н.* Об естественной намагниченности пепловых слоёв района Ключевской группы вулканов // Бюллетень вулканической станции. 1962. № 33. С. 47-56.
10. *Писаревский С.А.* Постседиментационная намагниченность континентальных отложений // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1983. № 12. С. 76-81.
11. *Храмов А.Н.* Ориентационная намагниченность тонкодисперсных осадков // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1968. № 1. С. 115-118.
12. *Щербаков В.П., Щербакова В.В.* Физика образования постседиментационной остаточной намагниченности. Тонкая структура геомагнитного поля. М.: Наука, 1986. С. 110-122.
13. *Яворский Б.М., Детлаф А.А.* Справочник по физике. М.: Наука, 1974. 944 с.
14. *Henshaw P.C., Merrill R.T.* Characteristics of drying remanent magnetization in sediments // Earth and Planetary Science Letters. 1979. V. 43. P. 315-320.
15. *Irving E., Major A.* Post depositional detrital remanent magnetization in a synthetic sediment // Sedimentology. 1964. V. 3, Issue 2. P. 135-143.

## **ON THE ACQUISITION OF THE DETRITAL MAGNETIZATION IN HIGH POROUS SURFACE SEDIMENTS**

**A.G. Zubov**

*The Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, 68300, Petropavlovsk-Kamchatsky; e-mail: [zubov@kscnet.ru](mailto:zubov@kscnet.ru)*

This study describes an experiment showing the acquisition of post-depositional remanent magnetization under the wetting conditions in samples from buried soil. Calculations made during the experiments suggested a generalized model of the detrital magnetization in surface sediments. Various mechanisms causing the acquisition of depositional magnetization were investigated. It was shown how stable primary and partially invertible secondary post-depositional magnetization are acquired in surface sediments.