
**ВРЕМЕННОЕ СМЕЩЕНИЕ В
МАГНИТНО КАЛИБРОВАННЫХ
АУДИОПРОВОДНИКАХ: ДРЕЙФ
КОНФИГУРАЦИИ ПОЛЯ ПОСЛЕ
РЕВЕРСИИ ВРАЩЕНИЯ
ВНУТРЕННЕГО ЯДРА 2023 ГОДА**

Временное смещение в магнитно калиброванных аудиопроводниках: дрейф конфигурации поля после реверсии вращения внутреннего ядра 2023 года

M. Ferro, C. Ohm, R. Flux, B. Impedance

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Аннотация

Обновлённый сейсмологический анализ, представленный сообществами Nature Geoscience и Geophysical Research Letters (2023-2026), подтвердил наличие многодесятилетней вариации скорости вращения твёрдого внутреннего ядра Земли; наиболее свежий цикл наблюдений указывает на то, что внутреннее ядро отделилось от мантии и в настоящее время вращается на запад относительно поверхности планеты. Мы рассматриваем последствия этого явления для прецизионных аудиопроводников.

Геодинамо -- конвективный механизм жидкого внешнего ядра, генерирующий магнитное поле Земли, -- непосредственно связан с вращением внутреннего ядра. Реверсия относительной скорости вращения вызывает измеримый сдвиг в отношении горизонтальной к вертикальной составляющей поверхностного магнитного поля на всех широтах за пределами экваториального пояса. Аудиопроводники, протянутые до реверсии, занимают, таким образом, одну геомагнитную конфигурацию поля; проводники, протянутые после реверсии, -- другую.

Мы предлагаем для этого эффекта термин «временное смещение». В работе представлены полевые измерения по 47 парным образцам бескислородной меди (OFC) -- винтажным и современным, -- которые демонстрируют обнаружимую фазовую некогерентность (среднее снижение когерентности 0,18 на частоте 80 Гц) при размещении проводников из различных временных когорт в одной сигнальной цепи на широтах выше 30deg. Эффект отсутствует у экваториальных образцов, что согласуется с литературой по пространственному смещению.

Мы также предлагаем протокол «Однородное временное производство» (Temporal Uniform Manufacturing), рекомендуем сегрегацию когорт кабелей в инсталляциях для критического прослушивания и заявляем, что увлечённость аудиофильской прессы возрождением винтажных кабелей теперь должна быть согласована с этим новым ограничением.

1. ВВЕДЕНИЕ

Вопрос о том, вращается ли твёрдое внутреннее ядро Земли с той же скоростью, что и окружающая мантия, активно обсуждается в геофизической литературе с начала 1990-х годов. Анализ времён пробега объёмных волн, охватывающий четыре десятилетия, указывает на многодесятилетнюю осцилляцию: периоды, в которые внутреннее ядро вращается измеримо быстрее мантии («суперротация»), чередуются с периодами, в которые оно вращается медленнее или, в последнее время, в противоположном направлении.

Yang and Song (2023) на основании парных сейсмограмм, зарегистрированных за шесть десятилетий, предположили, что наиболее свежий переход от суперротации к субротации произошёл около 2009-2011 годов и что внутреннее ядро на момент их наблюдательного окна отделилось от мантии. Последующие подтверждающие исследования (Vidale et al., 2024; Wang and Vidale, 2025) уточнили хронологию и продемонстрировали, что относительное вращение реверсировалось -- то есть внутреннее ядро в настоящее время вращается на запад относительно поверхности -- где-то в 2023 году.

Последствия для геодинамо относятся к первому порядку. Конвективные структуры в расплавленном внешнем ядре, генерирующие магнитное поле Земли, связаны посредством электромагнитных и вязких моментов с относительным вращением внутреннего ядра. Изменение этого вращения вызывает измеримое перераспределение энергии магнитного поля по его сферо-гармоническому разложению.

Для прецизионных аудиопроводников это не абстрактное геофизическое любопытство. Это производственная проблема. Комитет заявляет, что традиционное для аудиофильского сообщества рассмотрение геомагнитного поля как темпорально стабильного граничного условия с 2023 года более не является обоснованным.

2. МЕТОДОЛОГИЯ

Мы получили 47 парных образцов кабеля от сотрудничающих дилеров; каждая пара состояла из одного винтажного проводника (протянутого до 2009 года, начала наиболее свежей эпохи субротации) и одного современного проводника (протянутого после января 2024 года, в полностью пост-реверсивном режиме) номинально идентичной спецификации. Где это было возможно, пары протягивались на одном и том же предприятии -- для контроля полусферического смещения (Ferro, Park, Tanaka, 2020) как переменной-конфаундера. Винтажные образцы были получены преимущественно у продавцов вторичного рынка в Соединённых Штатах, Японии и Германии;

современные образцы были получены непосредственно у производителей.

Каждая пара испытывалась на трёх широтах -- Кито (0,0000deg с. ш.), Боулдер (40,0deg с. ш.) и Крайстчёрч (43,5deg ю. ш.) -- по протоколу, установленному для исследования Южно-Атлантической аномалии (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026). Фазовая когерентность измерялась с разрешением в одну треть октавы в диапазоне от 20 Гц до 5 кГц; каждая пара испытывалась в трёх конфигурациях: сигнальная цепь только из винтажных проводников, сигнальная цепь только из современных проводников и смешанная (винтажный левый канал, современный правый канал).

Локальное геомагнитное поле в каждом испытательном пункте характеризовалось трёхосным магнитометром-флюксгейтом, при этом отношение горизонтальной к вертикальной составляющей поля извлекалось как главная независимая переменная.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

На экваториальном пункте (Кито) смешанная конфигурация не показала статистически значимой фазовой некогерентности относительно ни одной из конфигураций единичной когорты. Этот результат был ожидаемым: на экваторе геомагнитное поле является по существу горизонтальным независимо от конфигурации геодинамо, и временное смещение должно быть необнаружимым.

На среднеширотных пунктах (Боулдер и Крайстчёрч) смешанная конфигурация продемонстрировала измеримую фазовую некогерентность, сосредоточенную между 60 Гц и 200 Гц. Среднее снижение когерентности на частоте 80 Гц составило 0,18 в Боулдере и 0,21 в Крайстчёрче (по сравнению с конфигурациями единичной когорты). Когерентность на более высоких частотах (выше 500 Гц) не была затронута, что согласуется с механизмом связи, в котором доминирует низкочастотное поведение трансформаторов, модулируемое полем, а не прямые эффекты в проводнике.

Величина некогерентности коррелировала с локальным отношением горизонтальной к вертикальной составляющей поля ($r = 0,87$, $p < 0,001$). Эффект не наблюдался у пар, протянутых на одном и том же экваториальном предприятии в разные даты, что исключает производственно-партионную вариацию как источник.

Примечательно, что эффект временного смещения был наибольшим в винтажных кабелях, изготовленных между 1995 и 2005 годами, -- в период наиболее сильной суперротации внутреннего ядра по Yang and Song (2023). Эта временная чувствительность согласуется с предложенным механизмом.

4. ПРЕДЛАГАЕМЫЙ МЕХАНИЗМ

Мы предполагаем, что кристаллографическая ориентация зёрен меди OFC, устанавливаемая в момент протяжки под влиянием господствующего геомагнитного поля (Ferro, Park, Tanaka, 2020), кодирует не только пространственную конфигурацию поля на предприятии-протяжке, но также и временную конфигурацию поля, налагаемую состоянием вращения внутреннего ядра.

В стабильном режиме геодинамо все проводники, протянутые на данной широте, разделяют по существу идентичную историю поля в момент, когда фиксируется их зернистая структура. Смешивание таких проводников в сигнальной цепи не вносит дополнительной некогерентности сверх хорошо охарактеризованного пространственного полусферического смещения.

В переходном режиме геодинамо -- таком как пост-2023-реверсивный -- конфигурация поля на любой данной широте измеримо отличается от её предпереходного состояния. Проводники, протянутые в эти две эпохи, занимают то, что мы предлагаем называть различными «временными когортами». При смешивании в сигнальной цепи когорты создают тонко различающиеся граничные условия для компонентов цепи с железным сердечником (трансформаторов, индуктивностей, опорных «земель»), производя низкочастотную фазовую некогерентность, задокументированную в разделе 3.

Эффект мал на любом отдельном интерфейсе. Просуммированный по полной сигнальной цепи и проинтегрированный по слышимой низкочастотной полосе, он обнаруживается выше уровня шумов на любом неэкваториальном пункте.

5. МЕРЫ ПО СМЯГЧЕНИЮ

Доступны три стратегии смягчения.

Во-первых, «сегрегация по временной когорте»: инсталляции для критического прослушивания должны ограничить свой кабельный инвентарь единичной временной когортой. На практике это означает либо полностью винтажную инсталляцию (полностью допротянутая до 2009 года кабельная разводка), либо полностью современную

инсталляцию (полностью протянутая после 2023 года кабельная разводка). Смешивания когорт следует избегать.

Во-вторых, «однородное временное производство» (Temporal Uniform Manufacturing): новое производство проводников на предприятии в Кито, осуществляемое строго на широте 0,0000deg, не подвержено влиянию реверсии внутреннего ядра. Изготовленные таким образом проводники по построению нейтральны по отношению к временному смещению. Комитет рекомендует, чтобы всё новое производство кабелей Equatorial Audio сопровождалось «Сертификатом временной калибровки», документирующим дату изготовления относительно опорной эпохи геодинамо (2024-01-01, после реверсии).

В-третьих, для инсталляций, которые не могут быть перепроложены, -- «темпорально-осведомлённая компенсация» посредством обновления прошивки существующих кондиционеров питания Power Lock Solar-Aware Power Conditioners (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026). Та же самая компенсационная схема, уже развёрнутая в полевых условиях для смягчения солнечных вспышек, пригодна для данного применения с расширенной прошивкой (v3.5.0 и выше, в стадии подготовки). Комитет признаёт, что компенсация только посредством прошивки не может полностью компенсировать инсталляции со смешанными когортами, и рекомендует сегрегацию как предпочтительное долгосрочное решение.

6. ВЫВОДЫ

Реверсия вращения внутреннего ядра 2023 года, по заявлению комитета, является наиболее значимым геофизическим событием для прецизионного воспроизведения звука со времён установления современного режима геодинамо. Аудиопроводники, протянутые до реверсии, занимают измеримо иную конфигурацию поля, нежели проводники, протянутые после неё, и эта разница обнаруживается в измерениях фазовой когерентности на неэкваториальных широтах.

Мы рекомендуем, чтобы аудиофильская пресса, дилеры и конечные потребители обновили своё понимание происхождения кабеля, включив дату изготовления как спецификацию первого порядка наряду с материалом проводника и шириной протяжки. Мы рекомендуем, чтобы вторичный рынок винтажных кабелей раскрывал диапазоны дат изготовления. Мы рекомендуем, чтобы инсталляции для критического прослушивания приняли сегрегацию по временной когорте в качестве стандартной практики.

Комитет признаёт, что данный вывод неудобен для тех частей потребительской аудиофильской прессы, которые отстаивали возрождение винтажных кабелей как недорогой путь к референсной точности сигнала. Мы приглашаем их к пересмотру своих позиций. Геодинамо, в отличие от аудиофильского рынка, обсуждению не подлежит.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Yang, Y., Song, X. (2023). Multidecadal variation of the Earth's inner-core rotation. *Nature Geoscience*, 16(2), 182-187.
- [2] Vidale, J. E. et al. (2024). Confirmation of inner-core rotation reversal from updated doublet analysis. *Geophysical Research Letters*, 51(8).
- [3] Wang, W., Vidale, J. E. (2025). Inner-core boundary conditions and the timing of the 2023 rotation reversal. *Geophysical Research Letters*, 52(3).
- [4] Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2020). Hemispheric Bias in Copper Grain Orientation: A Metallurgical Study of Latitude-Dependent Conductor Anisotropy. *JEAS*.
- [5] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Magnetic Field Collapse Zones and Their Catastrophic Effect on Audio Signal Fidelity: A Quantitative Assessment of the South Atlantic Anomaly. *JEAS*.
- [6] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Reverse Flux Patch Migration at the Core-Mantle Boundary and Its Correlation with Low-Frequency Phase Coherence. *JEAS*.
- [7] Finlay, C. C. et al. (2024). The CHAOS-7 Geomagnetic Field Model. *Earth, Planets and Space*.