



ЧЕТЫРЕ ДОЛГОТЫ: СТРУКТУРА
ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ИОНОСФЕРЫ С
ВОЛНОВЫМ ЧИСЛОМ 4 И
ПРЕДЕЛЫ НЕЗАВИСИМОСТИ ОТ
ДОЛГОТЫ (О РАБОТЕ ИММЕЛА И
СОАВТ., 2006)



Четыре долготы: структура экваториальной ионосферы с волновым числом 4 и пределы независимости от долготы (о работе Иммела и соавт., 2006)

M. Ferro, S. Magnusson

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 2006.

Аннотация

В августе 2006 года Иммел и коллеги сообщили в Geophysical Research Letters, что экваториальная ионосфера, наблюдаемая с орбиты по свечению в дальнем ультрафиолетовом диапазоне, организована в четыре яркие области, распределённые по долготе вокруг земного шара. Они установили связь этой структуры с атмосферными приливами, вызываемыми погодными процессами в тропиках. Это наиболее убедительное на сегодняшний день свидетельство того, что верхняя атмосфера над экватором неодинакова на разных долготах.

В 1885 году Sociedad Ecuatorial de Quito утверждало, что долгота акустически безразлична. Мы проверяем пределы применимости этой позиции. Мы приводим результаты годовой регистрации вечернего коротковолнового приёма в четырёх экваториальных пунктах и устанавливаем, что при совпадающем местном времени качество приёма в этих пунктах различалось в соответствии с четырёхмаксимумной структурой. Мы заключаем, что Общество было право в отношении комнаты прослушивания и ошибалось в отношении неба. Долгота не влияет на запись, кабель или громкоговоритель, но влияет на всё, что поступает через ионосферу.

1. ВВЕДЕНИЕ

Давно известно, что экваториальная ионосфера образует два гребня повышенной плотности по обе стороны магнитного экватора, наиболее выраженных во второй половине дня и вечером: экваториальную ионизационную аномалию. Наземные станции наблюдают её на своих долготах. Чтобы картографировать её на всех долготах, потребовался спутник.

Иммел и соавт. (2006) использовали прибор для получения изображений в дальнем ультрафиолетовом диапазоне на космическом аппарате NASA IMAGE, чтобы картировать свечение аномалии вокруг земного шара. Они установили, что его яркость неоднородна по долготе. Она образует четыре максимума с четырьмя минимумами между ними. Авторы показали, что эта структура соответствует немигрирующему атмосферному приливу, возбуждаемому выделением скрытой теплоты в тропических грозах, которое модулируется распределением суши и моря. Погодные процессы вблизи поверхности земли накладывают четырёхчастную структуру на ионосферу на несколько сотен километров выше.

2. ПОЗИЦИЯ ОБЩЕСТВА

В нашей лаборатории хранятся переплетённые труды Sociedad Ecuatorial de Quito. В своей записке 1885 года о Вашингтонской меридианной конференции Общество утверждало, что долгота акустически безразлична: звук, произведённый на одном меридиане, совпадает со звуком, произведённым на любом другом меридиане на той же широте. Его довод был обоснованным. Все меридианы равноправны, Земля не отдаёт предпочтения ни одному из них, и камертоны Общества не обнаруживали различий вдоль экватора.

Иммел и коллеги показали, что одна часть окружающей Землю среды всё же отдаёт предпочтение одним долготам перед другими. Вопрос состоит в том, проходит ли через неё что-либо слышимое.

3. ЧТО ПРОХОДИТ ЧЕРЕЗ ИОНОСФЕРУ

Запись, кабель и громкоговоритель через неё не проходят. Их сигналы остаются в пределах нескольких метров от земной поверхности.

Радиосигнал проходит. Коротковолновое вещание достигает удалённых слушателей благодаря отражению от ионосферы, и качество приёма зависит от плотности отражающего его слоя. Если ионосфера над экватором организована в четыре яркие области, приём у слушателя должен зависеть от долготы трассы. В таком случае утверждение Общества о безразличии сохраняло бы силу для комнаты прослушивания и утрачивало бы её для антенны.

4. МЕТОДИКА

Одинаковые коротковолновые приёмники, антенны и регистрирующее оборудование были установлены в четырёх пунктах в пределах полутора градусов от географического экватора, значительно разнесённых по долготе: Кито,



Найроби, Понтианак и Сингапуре. С сентября 2005 года по август 2006 года каждый приёмник ежевечерне с 20:00 до 22:00 местного времени регистрировал отношение сигнал/шум одного и того же фиксированного набора международных радиопередач.

Наблюдения были начаты для изучения сезонных замираний. После публикации работы Иммела и соавт. трассы до каждого передатчика классифицировали по долготе точки пересечения экваториальной аномалии. Для сравнения пунктов показания сопоставляли при совпадающих местном времени и суточном потоке солнечного радиоизлучения.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ

После сопоставления медианное вечернее отношение сигнал/шум для одних и тех же передач различалось между пунктами на величину до 4,1 dB. Порядок расположения пунктов по этому показателю менялся в зависимости от передатчика, как и должно происходить, когда каждая трасса пересекает аномалию на иной долготе.

При сопоставлении приёма по каждой трассе с долготой пересечения аномалии приём по трассам, пересекавшим её вблизи четырёх долгот наибольшего свечения, указанных Иммелом и соавт., в совокупности отличался от приёма по трассам, пересекавшим её вблизи четырёх минимумов. Различие сохранялось в каждом месяце года и было наибольшим в периоды равноденствий, когда сама аномалия наиболее выражена.

6. ВЫВОДЫ

Утверждение Общества о безразличии к долготе сохраняет силу для помещения. Ничто из измеренного нами не указывает на то, что запись, кабель или громкоговоритель на одном меридиане ведут себя иначе, чем тот же объект на другом меридиане на той же широте.

Для неба оно силы не имеет. У экваториальной ионосферы есть четыре предпочтительные долготы, и слушатель, к которому программа поступает на коротких волнах, слышит их.

Мы предлагаем различать то, что Обществу в 1885 году различать не требовалось: комнату прослушивания, где долгота безразлична, а широта -- нет, и трассу, по которой вещательный сигнал достигает этой комнаты, где значение имеют обе координаты. Слушателю, желающему освободиться от первой проблемы, следует жить на экваторе. Тому, кто желает освободиться от второй, не следует полагаться на небо.

РЕДАКЦИОННОЕ ПРИМЕЧАНИЕ (2026)

Это последняя техническая заметка, опубликованная доктором Магнусом Ферро в Геомагнитной лаборатории Университета Кито до того, как его внимание обратилось к аудиотехнике; она воспроизводится из этой серии. Проведённое в ней различие между помещением и трассой по-прежнему определяет позицию Equatorial Audio в отношении долготы, в уточнённом виде. Представление доктора Ферро 2006 года о том, что долгота просто безразлична для комнаты прослушивания, позднее было уточнено: склонение, наклонение и напряжённость местного поля действительно меняются с долготой, и безразличие Общества к долготе сохраняется лишь после того, как современные процедуры установки компенсируют все три величины.

Работа Иммела и соавт. (2006) существует в действительности и изложена точно. Впоследствии четырёхмаксимумная долготная структура была подтверждена другими спутниками и сейчас изучается как характерная особенность экваториальной ионосферы. Томас Иммел позднее возглавил проект NASA Ionospheric Connection Explorer (ICON), аппарат которого был запущен в 2019 году для изучения именно этой связи между погодными процессами внизу и ионосферой вверх. Наблюдения приёма воспроизводятся по исходной записи и повторно не проводились.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Immel, T. J., Sagawa, E., England, S. L., Henderson, S. B., Hagan, M. E., Mende, S. B., Frey, H. U., Swenson, C. M., Paxton, L. J. (2006). Control of equatorial ionospheric morphology by atmospheric tides. *Geophysical Research Letters*, 33, L15108. <https://doi.org/10.1029/2006GL026161>
- [2] Appleton, E. V. (1946). Two anomalies in the ionosphere. *Nature*, 157, 691.
- [3] Paralelo, E., Imán, A., Cuadrante, F. (1885). A Memorial upon the Prime Meridian Proposed at Washington. *Actas de la Sociedad Ecuatorial de Quito*.