

КОРРЕЛЯЦИЯ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ

Агеев И.М., Шишкин Г.Г., Бубнова М.Д., Рыбин Ю.М.

ФБГОУ Московский Авиационный Институт (Национальный исследовательский университет)

125993, Россия, Москва, Волоколамское ш. 4. imageev@mail.ru

1. Введение

Биосфера-ноосфера представляет собой чрезвычайно сложную динамическую систему с огромным числом связей между ее элементами. Это обстоятельство затрудняет поиск факторов, обуславливающих наблюдаемые процессы. Поэтому часто научное исследование в этой области подменяется введением новых сущностей – неизвестного излучения, потока неизвестных частиц и т.п. Свойства новых сущностей постулируются таким образом, чтобы они описывали наблюдения в рассматриваемой, сравнительно узкой области науки, нисколько не заботясь о том, что это всегда противоречит надежно установленным физическим закономерностям в целом. Очевидно, это гораздо более простой, но тупиковый путь познания. Сказанное в первую очередь относится к воздействию нестационарных процессов солнечной активности на биосферу - ноосферу.

Влияние солнечной активности на ноосферу не ограничивается эффектами чисто биологического характера, а простирается гораздо глубже, прослеживаясь в исторических, культурных, политических процессах и проникая в техносферу [1]. Так, например, с солнечной активностью коррелирует число дорожно-транспортных происшествий. В работе [2] приводятся данные о корреляции солнечной активности и числа авиакатастроф.

Интересно, что в этом случае увеличение числа катастроф связано не с простым ростом времени реакции пилота, а имеет более сложную природу и вызывается неадекватностью реакции пилотов на изменение полетной ситуации. В биологическом мире многочисленные наблюдения выявляют отчетливые корреляции солнечной активности и численности животных, урожайности различных культур, активности микроорганизмов и т.д. с выраженными циклическими зависимостями, в которых в первую очередь проявляется наиболее известный 11-летний цикл. Непосредственное влияние солнечной активности на человека проявляется в корреляции ее интенсивности с числом заболеваний, сердечных приступов и др.

Известные наблюдения зависимости свойств некоторых простых физико-химических систем от солнечной активности позволяют предположить, что среди многих факторов, которые могут влиять на состояние биосферы-ноосферы, непосредственное изменение параметров простейших компонент биологических объектов и химических реакций в живых организмах играют существенную, а, возможно, определяющую роль. Поскольку вода является общим компонентом всех живых объектов, исследование ее свойств и реакции на воздействия может выявить механизм (или один из механизмов) влияния солнечной активности на биосферу-ноосферу Земли. В данной работе сделана попытка определения реакции воды на изменение, как активности Солнца, так и на физические воздействия, сопровождающие солнечную активность.

2. Солнечная активность и свойства излучения Солнца

Приведем краткий обзор свойств солнечного излучения. Популярное изложение этих вопросов можно найти в книге [1], там же приводятся ссылки на специальную литературу.

Излучение Солнца состоит из электромагнитной составляющей и потока частиц – солнечного ветра. Основная доля излучаемой энергии приходится на видимую часть спектра. Это весьма стабильная величина, ее вариация, вызываемая солнечной активностью, не превышает 0.2%. Солнечная активность представляет собой процессы генерации и последующего распада магнитных структур на поверхности Солнца. Эти процессы, происходящие в активных областях, приводят к генерации ускоренных частиц – солнечных космических лучей и электромагнитного излучения в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах и радиоизлучения.

Плавные изменения солнечной активности, связанные с появлением и исчезновением активных областей, приводят к вариациям электромагнитного излучения Солнца и параметров солнечного ветра. Атмосфера Земли экранирует поверхность от солнечного ветра, который, однако, вызывает разнообразные явления в ионосфере и изменяет магнитное поле Земли. Значительные вариации испытывает электромагнитное излучение в коротковолновой области спектра, но оно также полностью поглощается атмосферой Земли, образуя ионосферу.

В работе [1] отмечается, что существует множество прямых и косвенных данных, указывающих на то, что важнейшим фактором, влияющим на организмы, является электромагнитный фон среды обитания и возмущения геомагнитного поля. Гелиобиологические явления при этом связаны с чувствительностью организмов к амплитудно-спектральным вариациям электромагнитного фона в частотном диапазоне от долей герца до десятков килогерц.

Влияние солнечной активности на воду определялась по изменению ее электропроводных свойств, а именно удельной электрической проводимости и зависимости электрической проводимости от температуры (температурного коэффициента проводимости).

Блок-схема экспериментальной установки представлена на рис.1. Подробное описание приведено в работе [3].

Рис.1

Для измерения температурного коэффициента электропроводности вода в датчиках подогревалась электрическими нагревателями, размещенными сверху кювет. Мощность нагревателей обеспечивала нагрев воды примерно на один градус за минуту.

Питание датчиков и терморезисторов и регистрация сигналов осуществлялась звуковой картой компьютера через электронный согласующий блок. Для регистрации четырех сигналов одной звуковой картой использовалось частотное разделение каналов. Типичный сигнал после цифровой обработки представлен на рис.2,а и рис.2,б.

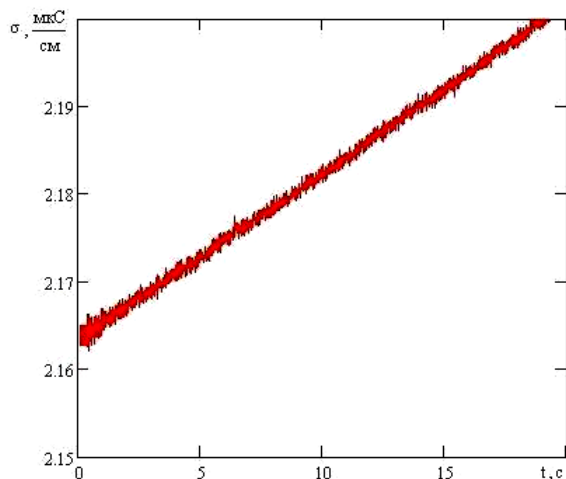


Рис.2,а

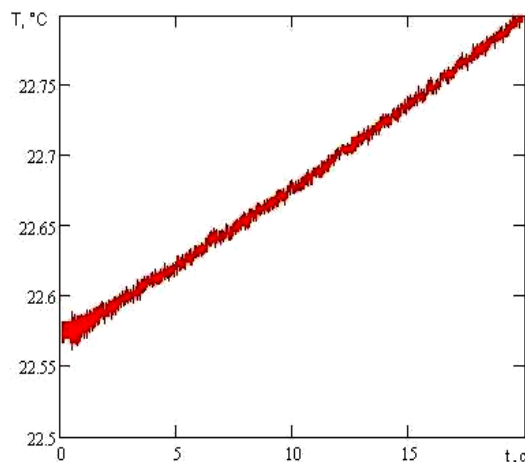


Рис.2,б

Поскольку поставленная задача не требует измерения абсолютных значений параметров, калибровка датчиков как по температуре, так и по проводимости производилась с относительно небольшой точностью, около 5%. Однако относительные измерения, как видно из рис.2, имеют гораздо большую точность.

В ряде опытов один из датчиков помещался в переменное магнитное поле, создаваемое системой катушек Гельмгольца (1). Питание катушек обеспечивалось генератором (3) и усилителем (2). Система позволяет генерировать постоянное поле с индукцией до 3мТл и переменное поле, направленное параллельно постоянному с индукцией до 3 мТл. Частота переменного поля задается цифровым генератором и может варьироваться от 0.1Гц до нескольких десятков килогерц.

4. Связь параметров солнечной активности и свойств воды

Экспериментальные данные были получены в основном в период с 2004 по 2008 годы. В это время наблюдался спад солнечной активности. В качестве параметра, отражающего состояние солнечной активности, вначале использовались числа Вольфа. В дальнейшем выяснилось, что лучшие результаты получаются, если использовать интенсивность излучения Солнца на частоте 2800 МГц (10.7см), далее этот параметр обозначается r , и его значения приводятся в условных единицах.

Удобным параметром, отражающим состояние воды, могла бы стать ее удельная электрическая проводимость. Однако в процессе работы стало очевидным, что использование для этой цели значения электропроводности крайне затруднительно. Вода чрезвычайно чувствительна к условиям измерений, в частности к концентрации углекислого газа в окружающей атмосфере. Это в совокупности с растворением в воде электродов и элементов конструкции приводит к трудно контролируемым колебаниям проводимости и к постоянному дрейфу при многочасовых измерениях.

Поскольку температурный коэффициент проводимости возрастает при увеличении проводимости воды, их отношение должно быть более стабильно. Действительно, анализ корреляционных зависимостей, а также измерения параметров воды в течение нескольких часов, при которых значение ее проводимости существенно возрастало, показали, что наибольшей стабильностью обладает параметр a , рассчитанный по формуле:

$$a = \frac{1}{\sigma_0^p} \frac{\partial \sigma}{\partial T},$$

где σ_0 – начальная проводимость, p – постоянное число, T – температура.

Оказалось, что наилучшие результаты получаются при значениях p в интервале 1.5 – 1.8.

На рис. 3 представлена обработка данных, полученных в 2004 году. По оси абсцисс отложен номер измерения, по оси ординат – интенсивность радиоизлучения с длиной волны 10.7 см и параметр a с показателем степени $p = 2$.

Можно отметить как явную корреляцию приведенных параметров, так и значительный разброс показаний датчика в первых 180 измерениях, что обсуждается ниже.

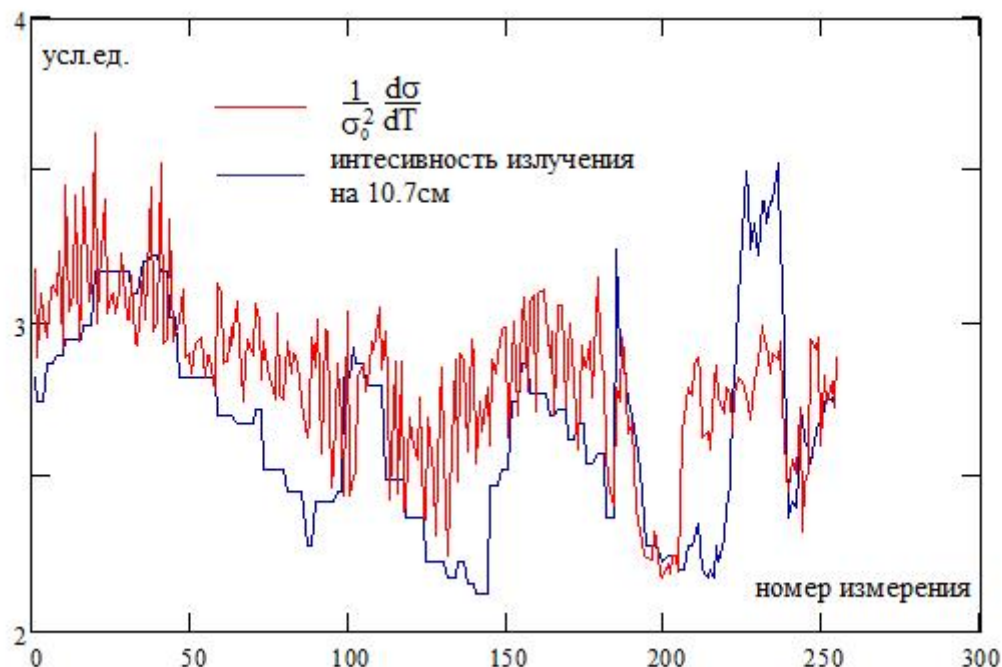


Рис.3

Для количественной оценки корреляции необходимо использовать какой-либо коэффициент корреляции. Часто применяемый коэффициент корреляции Пирсона измеряет силу линейной корреляционной связи. Отсутствие линейной корреляционной связи не означает отсутствие связи вообще. Например, для рядов с функциональной зависимостью одного ряда от другого, близкой к квадратичной, линейная корреляция может быть мала или вообще отсутствовать.

На рис.4 представлены экспериментальные данные, полученные в 2005 – 2007 годах. По оси абсцисс отложены значения параметра r (излучение 10.7см), по оси ординат – значения параметра a с показателем $p = 2$. Очевидно, при отсутствии корреляции точки должны равномерно заполнять плоскость чертежа. Здесь же видно группирование точек, свидетельствующее о корреляции этих параметров. Линия, аппроксимирующая экспериментальные точки, показывает зависимость, близкую к линейной. Таким образом, применение коэффициента корреляции Пирсона может давать неплохую количественную оценку. Отметим, что график для параметра a при $p = 1$ показывает существенно нелинейный ход аналогичной кривой. Анализ других коэффициентов корреляции, в частности коэффициента Фехнера, показал, что их применение в данном случае не отражает наблюдаемые зависимости и поэтому нецелесообразно.

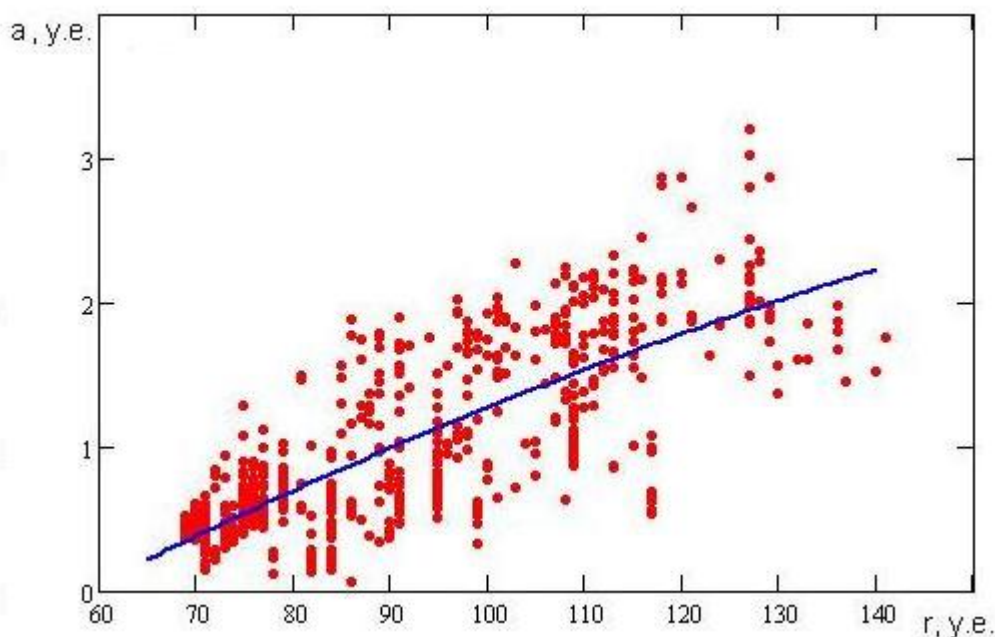


Рис.4

5. К вопросу о механизме влияния солнечной активности на биосферу

Как отмечалось в п.2 солнечная активность в частности приводит к изменению электромагнитного фона у поверхности Земли. При этом существуют крайне незначительные вариации электромагнитного излучения в высокочастотном диапазоне и более значительные изменения интенсивности низкочастотных (от долей герц до нескольких килогерц) колебаний.

Для выяснения роли высокочастотной компоненты излучения были проведены исследования воды, помещенной в емкости из различных материалов (стекло, непрозрачный пластик, металл). Существенных различий, связанных с солнечной активностью эти измерения не обнаружили. Можно отметить более значительную корреляцию параметров в случае воды, помещенной в многослойную металлическую емкость. Так обработка 180 первых результатов измерений 2004 года (см. рис.3) дала следующие коэффициенты корреляции, представленные в таблице 1.

Таблица 1.

ρ	10.7см			W		
	m	d	s	m	d	s
1.4	0.765	0.463	0.56	0.594	0.43	0.509
1.8	0.798	0.511	0.567	0.621	0.5	0.545

В таблице приведены значения коэффициента корреляции параметра a с параметром, отражающим интенсивность радиоизлучения на длине волны 10.7см, и числами Вольфа (W), в случаях воды, помещенной в металлическую емкость в столбцах, помеченных буквой m, в емкость из диэлектрического материала – d и суммарный коэффициент – s. Коэффициенты рассчитаны для двух значений показателя степени параметра a ($\rho = 1.4$ и $\rho = 1.8$).

Видно, что экранировка воды металлом заметно снижает разброс значений параметра a . Это обстоятельство, скорее всего, связано с уменьшением неконтролируемого воздействия на воду электромагнитного фона естественного и техногенного происхождения. Поэтому в дальнейших экспериментах использовалась вода, хранящаяся в металлическом экране, что существенно снижало шум измерений.

Для выяснения принципиальной возможности изменения свойств воды при действии на нее колебаний низкочастотного электромагнитного фона было проведено исследование реакции воды, помещенной в низкочастотное магнитное поле, создаваемого системой катушек Гельмгольца (см.рис.1). Измерения проводились с использованием двух одинаковых датчиков, один из которых помещался в магнитное поле, а второй (контрольный) располагался на расстоянии 1.5 – 2 метра от магнитной системы. Эффект

воздействия определялся по различию значений параметра a в облучаемом и контрольном датчиках. Ниже на графиках это различие выражается в процентах и обозначено через K .

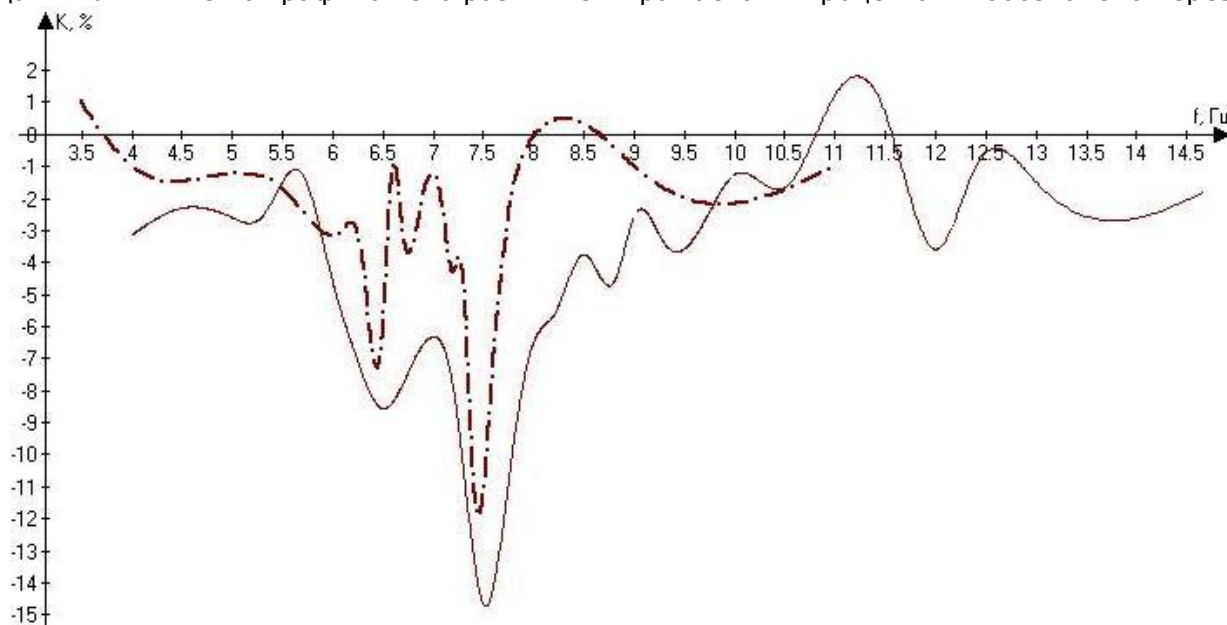


Рис.5

На рис.5 представлены два графика зависимости K от частоты магнитного поля. Кривая, изображенная сплошной линией получена по результатам измерений, проведенных в 2008 году, вторая кривая (штрихпунктирная) соответствует данным 2012 года. Последние измерения были выполнены на более совершенной аппаратуре специально для проверки предыдущих экспериментов на возможность артефакта.

Исследования, проведенные ранее [4] показали сложный характер изменения количественных характеристик эффекта при включении дополнительного постоянного магнитного поля и вариации соотношения напряженностей переменного и постоянного полей. Например, при некоторых условиях наблюдалась инверсия эффекта на частоте ~ 6.5 ГГц и пропадал пик, наблюдаемый на частоте 7.5 ГГц. Все это свидетельствует о реальности механизма действия солнечной активности на биосферу-ноосферу Земли, состоящего в изменении свойств воды при вариации низкочастотного магнитного поля.

В последнее время в проблеме солнечно-земных связей особое внимание привлекает роль ионосферной плазмы как составной части околоземных резонаторов (шумановского и альвеновского), выполняющих в ОНЧ– КНЧ–диапазонах роль ритмозадающих систем для разнообразных биологических объектов, в особенности различных форм высших позвоночных, в том числе человека. Помимо этого на живые организмы влияют электромагнитные излучения, содержащие модуляцию составляющими КНЧ–диапазона. В связи с этим, международными соглашениями и правовыми нормами различных государств использование КНЧ–диапазона и излучения сигналов, содержащих модулирующие составляющие КНЧ–диапазон, категорически запрещено.

Оценим параметры шумановского резонатора, который может возбуждаться как за счет процессов в нижней атмосфере, зависящих от солнечной активности, так и волнами, порожденными в ионосфере за счет солнечной активности.

Шумановские частоты для основных базовых мод могут быть определены из условия резонансов полости, образуемой поверхностью Земли и поверхностью нижней границы ионосферы. Для сферической полости в трехмерном приближении эти частоты определяются по формуле:

$$\omega = c\sqrt{n(n+1)} / R,$$

где $n=1,2,\dots$ - номер моды шумановского резонатора, c - скорость света, R - радиус Земли.

Приведенная формула получена для идеальных условий. Для реальных условий она дает только весьма приближенные значения частот. Проведенные в последние годы исследования с учетом различных профилей распределения проводимости, неоднородностей в атмосфере и процессов в ионосфере, позволяют проанализировать условия возбуждения и вычислить как частоты различных мод резонатора, так и добротность резонатора на частотах этих мод.

Генерация волн и колебаний в шумановском резонаторе обычно анализируется с помощью уравнений Максвелла с учетом особенностей ограничивающих полость Земля-ионосфера поверхностей. Часто задача решается в сферических координатах, при этом электрические и магнитные поля считаются независимыми, асимметрией ионосферы на дневной и вечерней стороне также пренебрегается. Как правило, расстояние от поверхности Земли до границы ионосферы принимается равным 100 км.

Результаты анализа [5] показывают, что в зависимости от высоты расположения источника (z_0) возбуждения изменяется частота шумановского резонанса. Если $z_0 < 60$ км, то расчетная частота первой базовой моды (7.5 Гц) понижается (до 6,5 Гц на высоте 35-40 км). При $z_0 > 60$ км частота возрастает (8.5 Гц на $z_0 = 70$ км). Такое изменение частоты для разных высот связано с тем, что частота резонанса зависит от проводимости атмосферы σ на высоте z_0 [6-8] в соответствии с формулой:

$$\omega = \sigma / \varepsilon_0.$$

Частоте 8 Гц соответствует высота атмосферы около 60 км, которая разделяет атмосферу на две области. При этом в нижней части атмосферы преобладает ток смещения, а в верхней ток проводимости. Кроме того, в нижней области преобладает вертикальная составляющая электрического поля, направленная к поверхности Земли с очень малым затуханием, а в верхней области преобладают токи проводимости. Вертикальная составляющая поля экспоненциально уменьшается с высотой в верхней области, а горизонтальная, параллельная поверхности Земли, на высоте

около 80 км становится доминирующей (рис.6,а [7-9]).

Расчеты проведены для атмосферы с экспоненциальным профилем проводимости по высоте. На низких высотах атмосфера обладает малой проводимостью и поэтому увеличение проводимости в этой области приводит к возрастанию диссипации энергии и, как следствие к понижению частоты основной (первой) моды резонатора. На больших высотах атмосфера является достаточно хорошим проводником, что увеличивает отражающие свойства высотных слоев и, как следствие, возрастает частота резонатора.

Расчетные модели [6-9] для различных профилей проводимости атмосферы позволяют определить влияние неоднородностей внутри резонансной полости, т.е. рассматривать неоднородные резонаторы. На рис.6,б изображено изменение частоты первой моды резонатора в функции нормированной сферической неоднородности S_p/S , где S_p - площадь сферической неоднородности, S - полная площадь поверхности Земли. Как видно из этого рисунка существенное изменение параметров резонатора наблюдается для больших размеров неоднородности или размеров источника возбуждения резонатора.

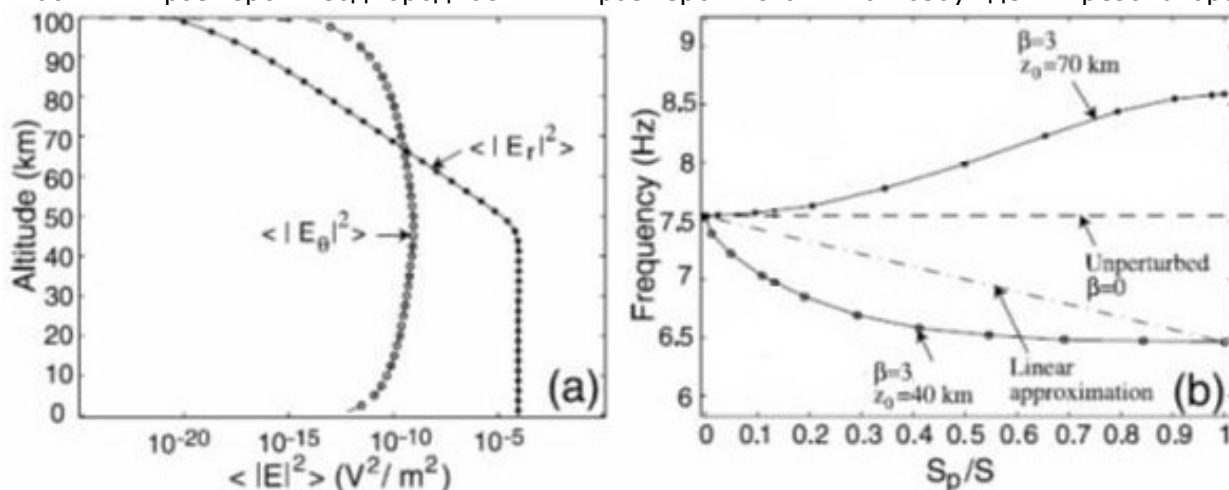


Рис.6

Как видно из приведенного анализа, поведение частотных особенностей проводимости воды хорошо коррелируют с особенностями частотного спектра шумановского резонатора.

6. Заключение

Проведенный анализ данных, полученных в период с 2004 по 2008 годы, позволил определить параметр солнечной активности – интенсивность излучения с длиной волны 10.7см, и параметр a , отражающий состояние воды, для которых наблюдается корреляция близкая к линейной, что позволяет использовать для ее характеристики коэффициент корреляции Пирсона.

Экранирование воды различными материалами показало, что высокочастотная составляющая электромагнитного фона около поверхности Земли не может быть ответственна за наблюдаемую корреляцию.

Обнаруженное влияние низкочастотного магнитного поля на электропроводные свойства воды (параметр a) позволяет сделать предположение о том, что изменение свойств воды под действием СНЧ волн (как магнитной, так и электрической составляющей) может являться одним из возможных механизмов влияния солнечной активности на биосферу Земли, поскольку в этом и более низкочастотном диапазонах на Земле наблюдаются электромагнитные волны, происхождение и вариация параметров которых связаны с солнечной активностью. Спектральная мощность СНЧ излучений, регистрируемых в околоземном пространстве, по плотности потока на несколько порядков превосходят другие типы природных излучений.

Очевидно, это предположение не раскрывает полностью поставленной проблемы, а переносит ее из области солнечно-земных связей в область физики воды, поскольку механизм действия магнитного поля на воду остается невыясненным.

Список литературы

1. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу. М.: Изд-во МНЭПУ, 2000.
2. Мартынюк В.С., Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Космическая погода и наша жизнь. Ф: Изд-во Век2, 2004
3. Агеев И.М., Рыбин Ю. М., Бубнова М. Д Устройство сбора данных на основе звуковой карты персонального компьютера.//Труды МАИ, №48, 2011
4. Агеев И.М., Шишкин Г.Г., Еськин С.М., Рыбин Ю.М. Исследование воздействия слабого инфранизкочастотного магнитного поля на дистиллированную воду.//Биомедицинские технологии и радиоэлектроника", №12, 2008
5. Yang, H., and V. P. Pasko (2005), Three-dimensional finite difference time domain modeling of the Earth-ionosphere cavity resonances, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L03114, doi:10.1029/ 2004GL021343
6. Sentman, D. D. Schumann resonance effects of electrical conductivity perturbations in an exponential atmospheric/ionospheric profile, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 1983, 45, 55.
7. Sentman, D. D. Magnetic elliptic polarization of Schumann resonances, *Radio Sci.*, 1987, 22, 595.
8. Sentman, D. D. Approximate Schumann resonance parameters for a 2-scale-height ionosphere, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 1990, 52, 35.
9. Sentman, D. D. Schumann resonance spectra in a two-scale-height Earth-ionosphere cavity, *J. Geophys. Res.*, 1996, 101, 9479