

Асимметрия свойств околоземного космического пространства относительно орбиты Земли.

Недопекин В.Г.¹

Независимый.

Аннотация.

В геометрии Солнце – Земля – геостационарный спутник GOES изучалась ковариация $Cov(P_e; H_p)$ синхронных 1- суточных флуктуаций потока от Солнца быстрых электронов P_e и величины вектора H_p геомагнитного поля. Обнаружено, что во внешней-EX области пространства относительно линии орбиты Земли наблюдается существенная корреляция указанных выше величин, однако во внутренней-IN области корреляция практически отсутствует. Обсуждаются возможные причины такой неординарной асимметрии процесса взаимодействия быстрых электронов с геомагнитным полем.

Annotation. In the geometry of the Sun-Earth-geostationary satellite GOES, the covariance $Cov(P_e; H_p)$ synchronous 1-day fluctuations in the flux of fast electrons P_e from the Sun and the value of the H_p vector of the geomagnetic field was studied. It was found that in the outer-EX region of space relative to the Earth's orbital line, there is a significant correlation of the above values, but in the inner-IN region there is practically no correlation. Possible reasons for such an extraordinary asymmetry in the process of interaction of fast electrons with the geomagnetic field are discussed.

Ключевые слова: Солнце, Земля, геостационарный спутник, GOES, геомагнитное поле, электрон, распределение, орбита, асимметрия, пространство, корреляция, ковариация.

Keywords: Sun, Earth, geostationary satellite, GOES, geomagnetic field, electron, distribution, orbit, asymmetry, space, correlation, covariance.

1. Введение.

Данная работа является естественным продолжением ранее проведённых экспериментов в Институте теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ, Москва) при изучении Солнечно-Земных связей. Было впервые однозначно получено, что существуют взаимосвязанные флуктуации плотности СВ в $1.5 \cdot 10^6$ км от Земли и микротока запертого стабилитрона в земной лаборатории [1;2]. В этой связи возникла идея сделать поиск предполагаемой в указанных экспериментах новой силы в околоземном космическом пространстве [3], используя непрерывно поступающие данные с геостационарных спутников GOES - 13; 14; 15 [4;5;6]. Была рассмотрена следующая геометрия эксперимента, в которой:

- - Солнце как источник потока быстрых электронов в диапазонах энергии $E_{e1} \geq 0.8$ MeV, величина потока имеет суточный ход, в обработке рядов данных использован шаг $t_i = 5$ мин.
- - Земля как источник нестационарного магнитного поля, с которым взаимодействуют быстрые электроны, величина вектора H_p (параллельного оси Земли) геомагнитного поля имеет суточное

¹ nedopekinvg@inbox.ru

изменение порядка $H_p=75\div 115$ нТ. Именно этот вектор, как наибольший, будет использоваться в обработке рядов данных с шагом $t_i=5$ мин.

- - Геостационарный спутник GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellite* — «геостационарный эксплуатационный спутник наблюдения за окружающей средой»), США, измеряя одновременно выше указанные физические величины, вращаясь вместе с Землёй, с шагом $T_j=24$ ч, $j=0, 1, 2, 3, \dots$, попадает каждые 24 часа в ту же точку пространства для каждого значения суточного времени $t_i, i=0, 1, 2, 3, \dots, 287$ относительно траектории Земли по орбите и радиуса Солнца - Земля. При этом за 24 часа Земля смещается в пространстве по орбите на $2.6 \cdot 10^6$ км. За это время геомагнитное поле существенно не изменяется, но излучение от Солнца может измениться на порядки из-за вспышек на Солнце, т.е. целесообразно использовать данные спокойного Солнца. Данные со спутников **Национальное управление океанических и атмосферных исследований** (*National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA, USA*) использует для прогноза космической погоды. Суточный ход величины рассматриваемых физических параметров можно посмотреть на сайте [4].

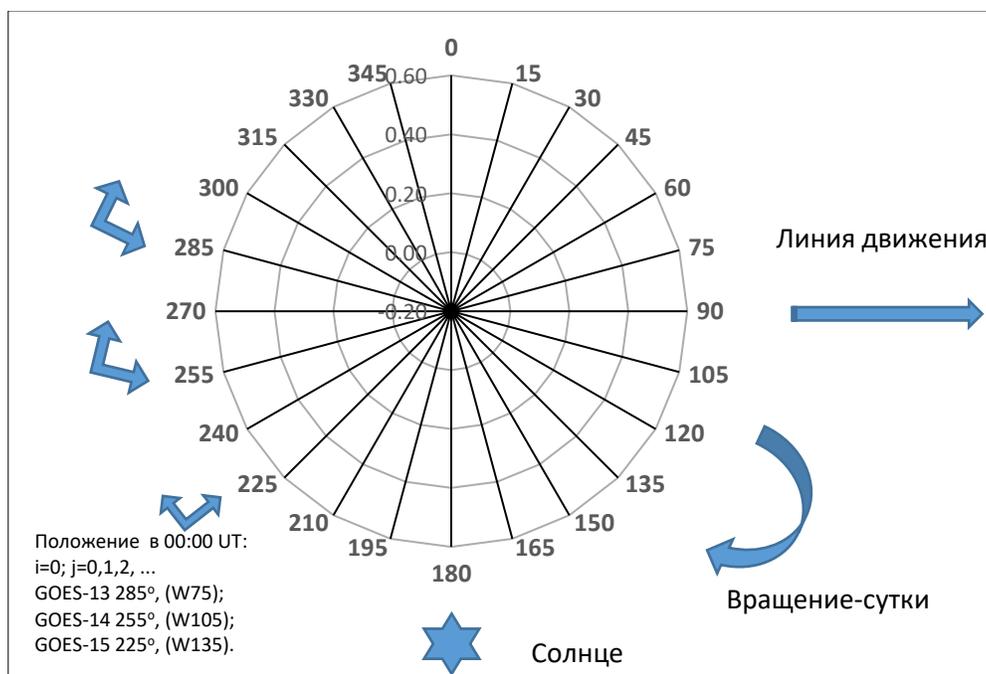


Рис. 1. Геометрия расположения геостационарных спутников GOES в экваториальной плоскости в ноль часов UT относительно меридианной сетки, оси Солнце – Земля и линии движения Земли по орбите. Начало шкалы времени UT совпадает с началом меридианной сетки, направление хода времени и вращения указано на рисунке (по часовой стрелке).

При анализе геометрии на Рис. 1 следует обратить внимание на следующие обстоятельства:

1. Каждый геостационарный спутник имеет «своё» время UT для определения положения спутника в пространстве по показаниям часов UT, поскольку в момент начала отсчёта времени, в момент 00:00 UT, спутники находятся в определённых, разных, точках пространства.

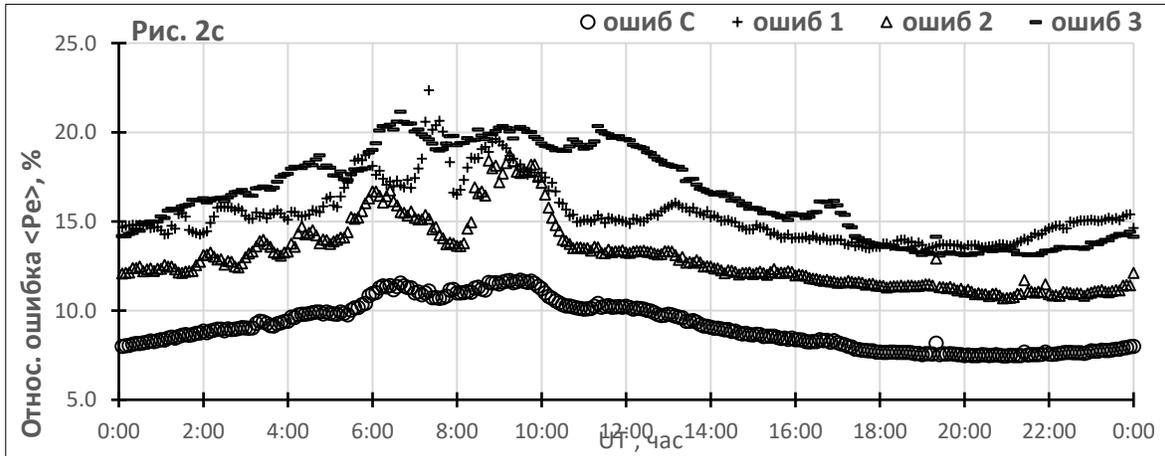
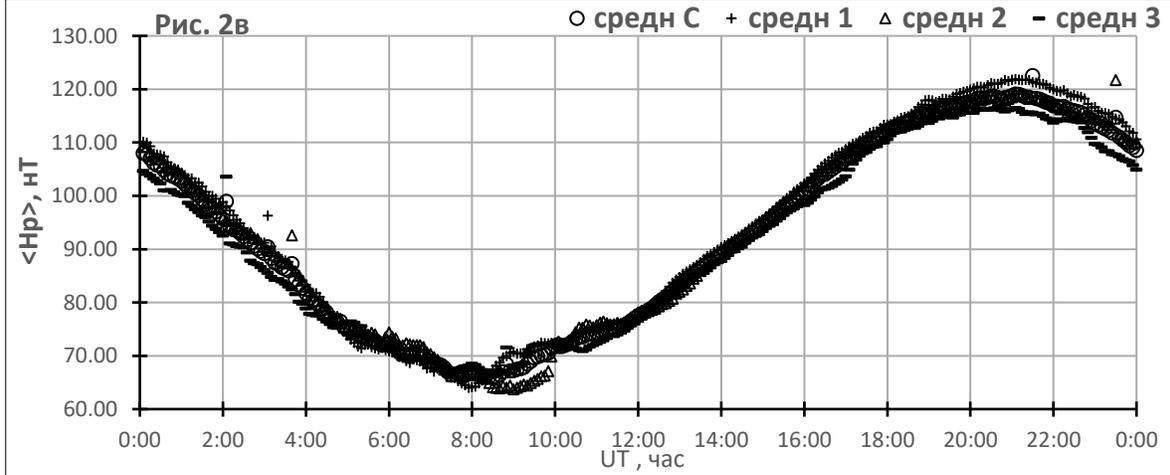
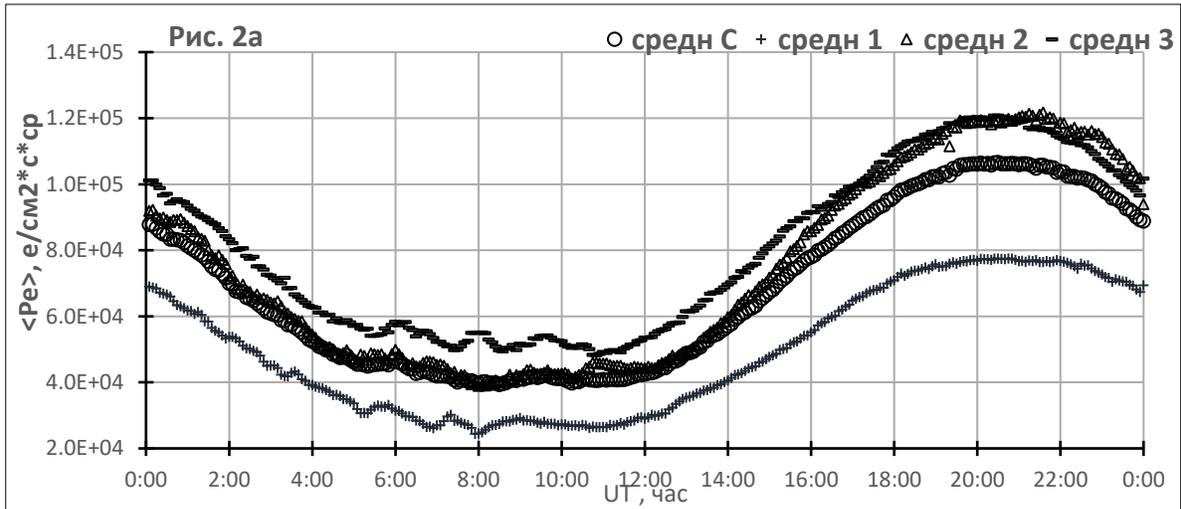
2. Пары областей пространства в пределах углов $60^{\circ} \div 90^{\circ}$ и $90^{\circ} \div 120^{\circ}$, а также $240^{\circ} \div 270^{\circ}$ и $270^{\circ} \div 300^{\circ}$ можно рассматривать как симметричные части областей EX (внешней) и IN (внутренней), соответственно, относительно траектории Земли. В этой связи можно предположить об относительной неизменности свойств регистрирующей аппаратуры спутника при проходе этих пар областей, пренебрегая изменением угла между вектором линейной скорости вращения спутника (2.2км/с) и вектором скорости движения Земли по орбите (30км/с). В таком приближении эти данные можно использовать для относительных измерений. Данные, получаемые из областей, прилегающих к 0° и 180° , и аналогично рассмотренные, могут, в принципе, отличаться, поскольку, например, спутник, проходя позицию 0° , может попасть в тень Земли на 1.6 часа. Поэтому относительные исследования в этих областях пространства следует проводить с осторожностью.

2. Измерения и метод обработки данных, результаты.

Данные о потоке быстрых электронов Pe от Солнца и величине вектора H_p геомагнитного поля представлены в виде суточных диаграмм и публикуются NOAA [3] в режиме реального времени, обновляясь каждые 0.5 часа. Кроме того, эти и другие данные за 2017 год низкой активности Солнца публиковались в виде суточных текстовых файлов с шагом 1 или 5 минут [5;6].

Общее представление относительно времени суток о характере изменения величин Pe и H_p можно получить из ниже представленных диаграмм на Рис.2. Из них видно, что величины Pe и H_p имеют характерный суточный ход, что может указывать на их взаимосвязь в таком временном представлении.

Чтобы оценить стабильность за длительное время взаимосвязи величин Pe и H_p в указанном выше представлении их значения были усреднены по месяцам 2017 года, что позволило вычислить статистические ошибки - флуктуации. Это было сделано для спутников GOES-15 и GOES-13, который был заменён с 12.12.17 на GOES-14. Результаты приведены для GOES-15 на Рис. 2, как пример, отдельно по месяцам февраль, март, апрель 2017г и весь диапазон февраль – апрель, при этом месяцы на рисунке представлены как средн-1, средн-2, средн-3 и средн-с, соответственно, или ошиб-1, ошиб-2,



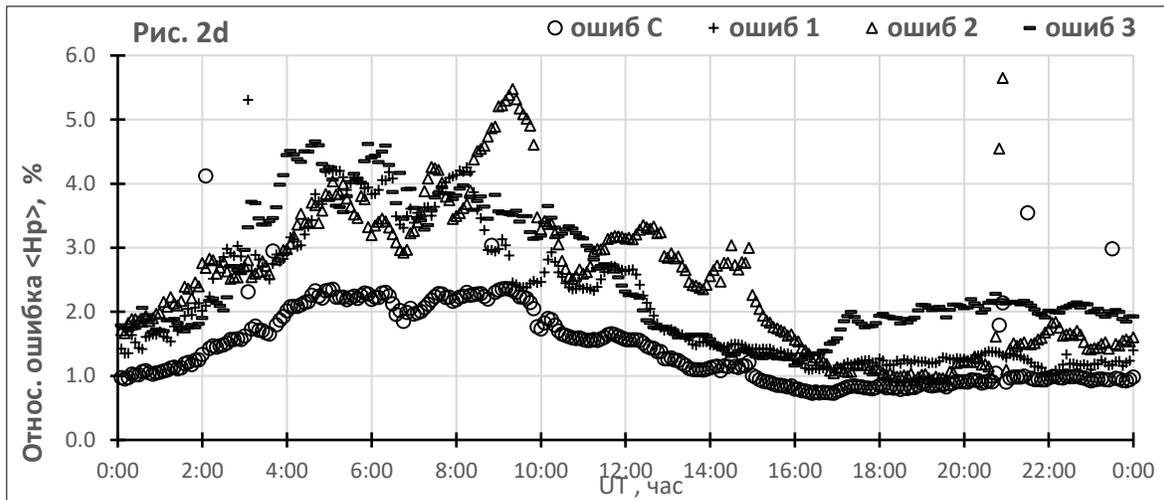


Рис. 2. На рисунках 2а и 2в представлены временные распределения с шагом 5 мин средних за месяц значений потока солнечных электронов с $E_e > 0.8\text{МэВ}$ и вектора H_r геомагнитного поля, измеренные спутником GOES-15 в течение февраля-апреля 2017г. На рисунках 2с и 2д представлены относительные статистические ошибки (флуктуации) указанных параметров. Обозначения на рисунках: о - среднее и ошибка за 02.17÷04.17; + -среднее и ошибка за 02.17; Δ –среднее и ошибка за 03.17; — - среднее и ошибка за 04.17.

Из совместного сравнительного анализа графиков «средн С» на рисунках 2а и 2в, средних за 3 месяца величин $\langle Pe \rangle$ и $\langle H_r \rangle$, используя для сравнения 2 интервала суточного времени 8÷10ч и 20÷21ч, было получено, что синхронное нарастание от первого ко второму интервалу потока электронов Pe относительно также нарастания величины вектора H_r геомагнитного поля за время между интервалами происходит в 1.5 раза интенсивней. Величина такого соотношения с точностью ~5% сохраняется и при сравнении в пределах отдельных месяцев. Например, достаточно аналогично сравнить графики средн 1 и средн 2 на рисунках 2а, 2в. Эти экспериментальные данные указывают, что изменение величин Pe и H_r происходит связано, в фазе (т.е. знаки совпадают), с определённым соотношением, несмотря на то, что относительные флуктуации этих величин также существенно изменяются (см. Рис. 2с и Рис. 2д), особенно в первом интервале 8÷10ч. Наблюдаемая связь величин Pe и H_r должна происходить в соответствии с силой Лоренса:

$$F_L = q \cdot [\mathbf{V} \cdot \mathbf{B}] \text{ или } F_L = |q|VB \cdot \sin \gamma \quad (1),$$

где q – заряд, γ – угол, образованный вектором скорости \mathbf{V} движущейся частицы и вектором индукции магнитного поля \mathbf{B} .

Далее предположим, что в некоторой точке пространства нахождения спутника фаза изменения интенсивности потока солнечных электронов Pe и величины вектора геомагнитного поля H_r в момент измерения этих величин является неопределённой, если физические величины Pe и H_r образованы независимыми источниками, т.е. Солнцем и Землёй. Поэтому, если наблюдается значимая корреляция между величинами Pe и H_r , как на Рис.2, то наиболее вероятно, что

изменения именно потока быстрых электронов от Солнца определяют величину и знак изменения внешнего геомагнитного поля, в частности, вектора H_p по формуле (1).

С другой стороны, учитывая время измерения взаимодействия Pe ; H_p и большие расстояния (~ 5 мин; $10^4 \div 10^5$ км), на котором оно происходит, представляет интерес: возможны ли моменты, когда это взаимодействие может нарушаться? Например, из формулы (1) следует, что $F_{\perp} = 0$, если $\sin \gamma = 0$. Но, из геометрии Солнце – Земля – GOES следует значение угла γ порядка 90° между H_p и вектором скорости электронов.

В этой связи, используя геометрию Солнце – Земля - GOES, можно изучить зависимость корреляции величин Pe и H_p именно от положения спутника (т.е. пространства), поскольку результаты на Рис. 2 были представлены как распределения средних за месяц величин Pe и H_p относительно текущего времени UT одних суток с шагом 5 мин. Для этого было решено корреляцию изучать, используя функцию ковариации $Cov(Pe; H_p)$ для двух соседних точек измерения, отстоящих на 24 часа (т.е. положение этих точек в пространстве идентично по суточному времени UT), в каждый момент времени с шагом $dt = 5$ мин. Таким образом, за двое суток получалось 288 значений $Cov(Pe; H_p)$. Эта функция удобна для определения корреляции исследуемых величин по знаку разностей величин в двух парах соседних точек, если разности в фазе, то $Cov(Pe; H_p)$ положительна.

Для этого длинные за 2017г ряды величин Pe и H_p и других, получаемых со спутников GOES-13, -15 в виде суточных текстовых файлов, записывались в среде EXCEL также в суточные файлы. Каждый такой суточный xls- файл содержал на листах с названиями GO-13, GO-15 три таблицы двух измеряемых физических величин соответствующего спутника, где происходила их совместная обработка. Дополнительно суточные файлы были объединены по 3 месяца в диапазоны Д2, Д3, Д4 и Д1, начиная с февраля 2017г, соответственно.

Таблицы устроены следующим образом: строки соответствуют шагу $dt_i = 5$ мин суточного времени, где $i = 0, 1, 2, \dots, 287$, что соответствует времени UT 00:00; 00:05; 00:10; ...23:55, а столбцы таблицы соответствуют шагу времени $dT_j = 1$ сутки (один оборот спутника вместе с Землей), где $j = 0, 1, 2, \dots, \sim 90$ (число дней в 3-х месяцах). В столбцы первой таблицы Pe_{ij} обоих листов передавались величины потока быстрых электронов от Солнца с энергией $E_{e1} \geq 0.8$ MeV. В столбцы второй таблицы $H_{p,ij}$ обоих листов передавались величины вектора H_p геомагнитного поля. В ячейках каждой i -строки третьей таблицы величины $COV(Pe; H_p)$ получались путём вычислений функции ковариации $Cov_{ij,j+1}^i(Pe; H_p)$, аргументами которой были соответствующие две пары величин $Pe_j, Pe_{j+1}; H_{p,j}, H_{p,j+1}$ из первой и второй таблиц, а результат заносился в i, j - ячейку третьей таблицы, причём последний столбец, очевидно, был пустой. Положительное значение функции $Cov_{i,j}$ указывает, что изменения $dPe_{i,j}$ и $dH_{p,i,j}$ аргументов произошли в фазе за два последовательных оборота спутника $dT_j; dT_{j+1}$ и для данного момента времен t_i , общего для пары оборотов спутника (и Земли). Далее, корреляция 1-суточных флуктуаций физических величин Pe и H_p для каждой i - строки вычислялась как коэффициент α_i

$$\alpha_i = (N_i^+ - N_i^-) / (N_i^+ + N_i^-),$$

где N_i^+ и N_i^- - сумма по индексу $-j$ в данной строке $-i$ величин $Cov_{i,j}$ положительных (в фазе) и отрицательных, соответственно.

При $\alpha \sim 1$ связь величин P_e и H_r близка к функциональной, а при $\alpha \sim 0$ эти величины в первом приближении независимы. Оказалось, что несмотря на выше рассмотренные (Рис. 2) доводы о значимой и непрерывной во времени взаимосвязи величин P_e и H_r , синхронность их 1-суточных флуктуаций, коэффициент α_i , сильно изменяется по суточному времени t_i . Как пример, для спутников GOES-13/15 и для временного диапазона D2 приведено на Рис.3 распределение величин α_i в зависимости от времени суток.

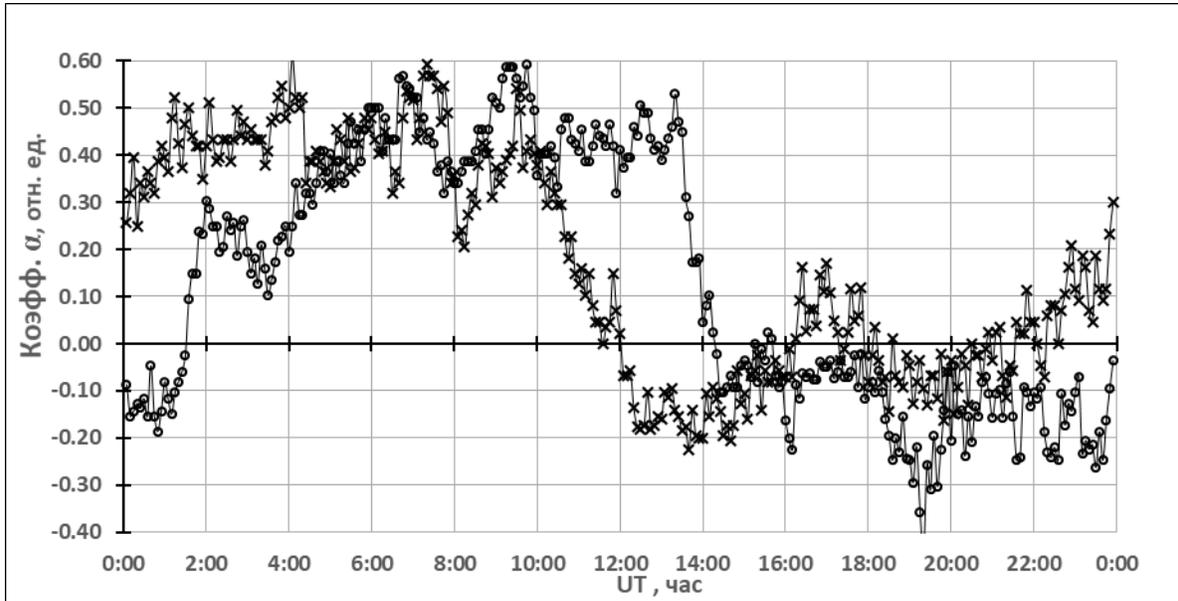


Рис. 3. Распределение коэффициентов α_{ij} по времени суток, вычисленные по данным спутников GOES-13 (x-крестики) и GOES-15 (o-кружочки). По данным диапазона D2 (февраль-апрель 2017г), шаг точек- 5мин, ошибка точки порядка 10%.

Из Рис.3 видно, что для обоих спутников корреляция ($\alpha_{ij} > 0$) 1-суточной ковариации потока электронов P_e и вектора H_r геомагнитного поля наступает только в определенное время длительностью 12 часов (половина суток), причём распределения относительно сдвинуты в соответствии с начальным положением ($t_i = 00:00$, см. Рис.1) спутников GOES- 13/15, т.е. измеряемая величина корреляции, видимо, должна зависеть от положения спутника в пространстве. Положение определим через угол θ относительно радиуса орбиты Земли (шкала θ численно совпадает с меридианной сеткой) в экваториальной плоскости при суточном вращении Земли. Возможно, величина корреляции может также зависеть от времени года при движении Земли по орбите.

Чтобы прояснить это предположение и для удобства создания секторной диаграммы (см. Рис.1) коэффициенты α_{ij} были усреднены по 1- часовым интервалам времени суток.

ТАБ 1, GOES-13, Д2-2017г			
1	2	3	4
θ , град	UT, час	$\langle \alpha \rangle$	$\delta \alpha$
0	5	0.42	0.01
15	6	0.43	0.02
30	7	0.51	0.02
45	8	0.32	0.02
60	9	0.41	0.02
75	10	0.29	0.02
90	11	0.08	0.02
105	12	-0.12	0.02
120	13	-0.16	0.01
135	14	-0.14	0.01
150	15	-0.08	0.01
165	16	0.05	0.02
180	17	0.05	0.02
195	18	-0.05	0.01
210	19	-0.08	0.01
225	20	-0.05	0.02
240	21	0.00	0.02
255	22	0.06	0.02
270	23	0.14	0.02
285	0	0.33	0.01
300	1	0.43	0.02
315	2	0.44	0.01
330	3	0.46	0.01
345	4	0.44	0.03

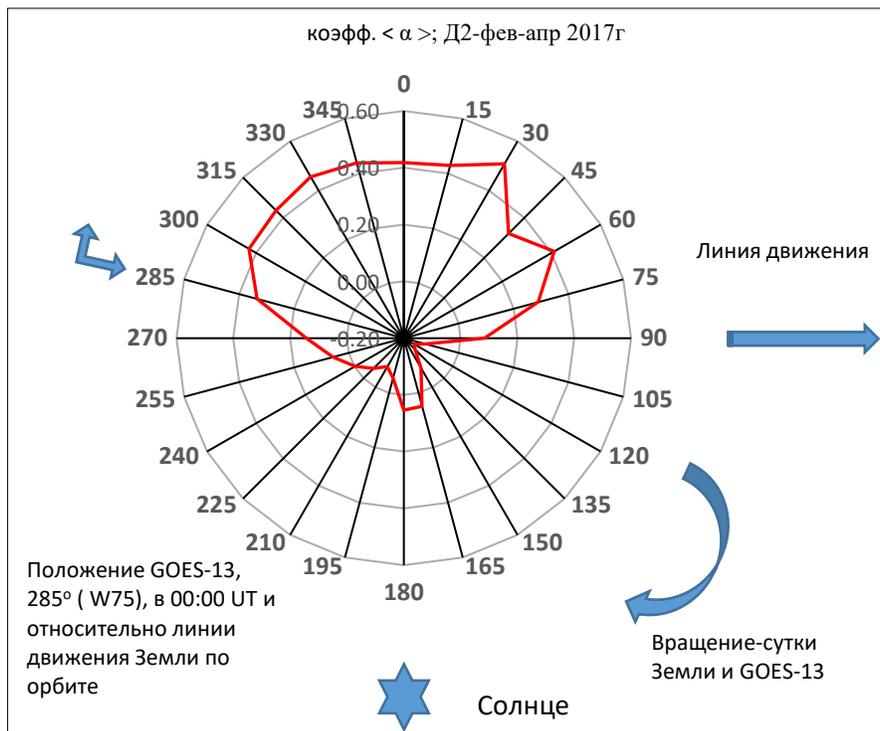


Рис. 4. Распределение измеренных величин коэффициента α по углам θ положения геостационарного спутника GOES-13 при его вращении в экваториальной плоскости. Корреляция ($\alpha > 0$) 1-суточных флуктуаций потока быстрых электронов P_e и вектора H_r геомагнитного поля наблюдается преимущественно во внешней E_x области пространства ($90^\circ > \theta > 270^\circ$). Секторная диаграмма построена по данным из ТАБ 1: в колонке 1- значения угла θ , а в колонке 2- время суток, при котором данный спутник находится под данным углом в геометрии Солнце – Земля; в колонке 3- средняя за 1 час величина коэффициента α , в колонке 4- статистическая ошибка среднего.

ТАБ 2, GOES-15, Д2-2017г			
1	2	3	4
θ , град	UT. час	$\langle \alpha \rangle$	$\delta \alpha$
0	9	0.55	0.01
15	10	0.41	0.01
30	11	0.42	0.01
45	12	0.44	0.01
60	13	0.35	0.04
75	14	-0.03	0.02
90	15	-0.04	0.01
105	16	-0.10	0.02
120	17	-0.06	0.01
135	18	-0.16	0.02
150	19	-0.25	0.03
165	20	-0.14	0.02
180	21	-0.14	0.02
195	22	-0.17	0.02
210	23	-0.17	0.02
225	0	-0.13	0.01
240	1	0.02	0.04
255	2	0.25	0.01
270	3	0.18	0.01
285	4	0.32	0.02
300	5	0.41	0.02
315	6	0.49	0.02
330	7	0.42	0.02
345	8	0.41	0.02

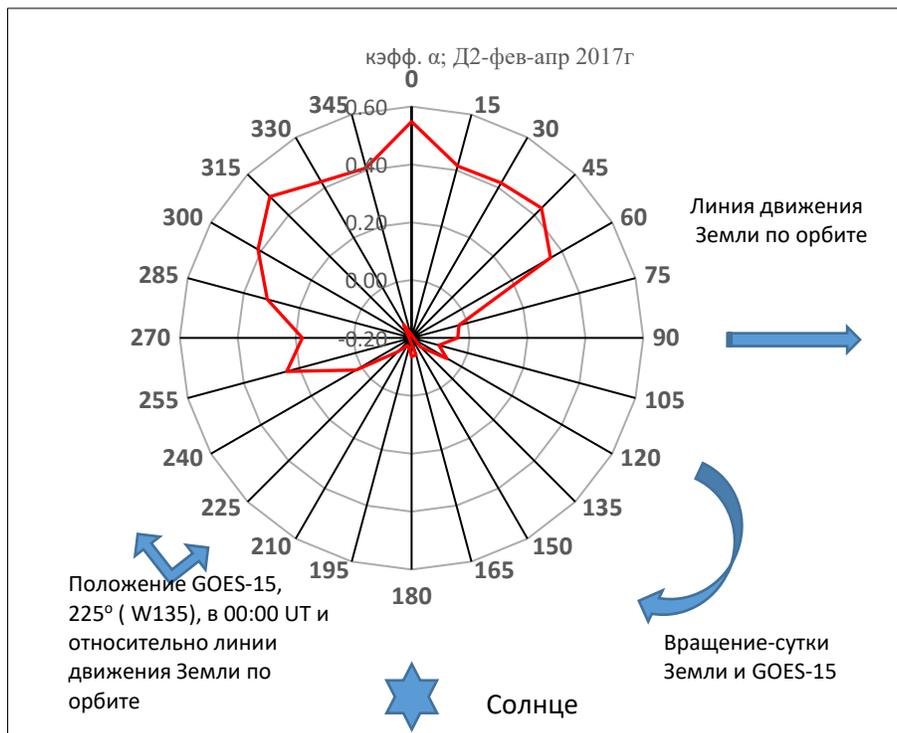


Рис. 5. Распределение измеренных величин коэффициента α по углам θ положения геостационарного спутника GOES-15 при его вращении в экваториальной плоскости. Корреляция ($\alpha > 0$) потока быстрых электронов P_e и вектора H_r геомагнитного поля наблюдается преимущественно во внешней E_x области пространства ($90^\circ > \theta > 270^\circ$). Секторная диаграмма построена по данным из ТАБ 2: в колонке 1- значения угла θ , а в колонке 2- время суток, при котором данный спутник находится под данным углом в геометрии Солнце – Земля; в колонке 3- средняя за 1 час величина коэффициента α , в колонке 4- статистическая ошибка среднего.

Ниже будут представлены аналогичные данные по другим временным диапазонам 2017г – Д3 (май-июль), Д4 (август-октябрь) и Д1 (ноябрь-январь 2018г). Поскольку с 12.12.17 вместо спутника GOES-13 стал работать GOES-14, начальное положение которого стало на 30° ближе к GOES-15, то диапазон Д1 был разбит на два поддиапазона – Д1-1 (GOES-13, ноябрь--11.12.17) и Д1-2 (GOES-14, 12.12.17--январь 2018г.)

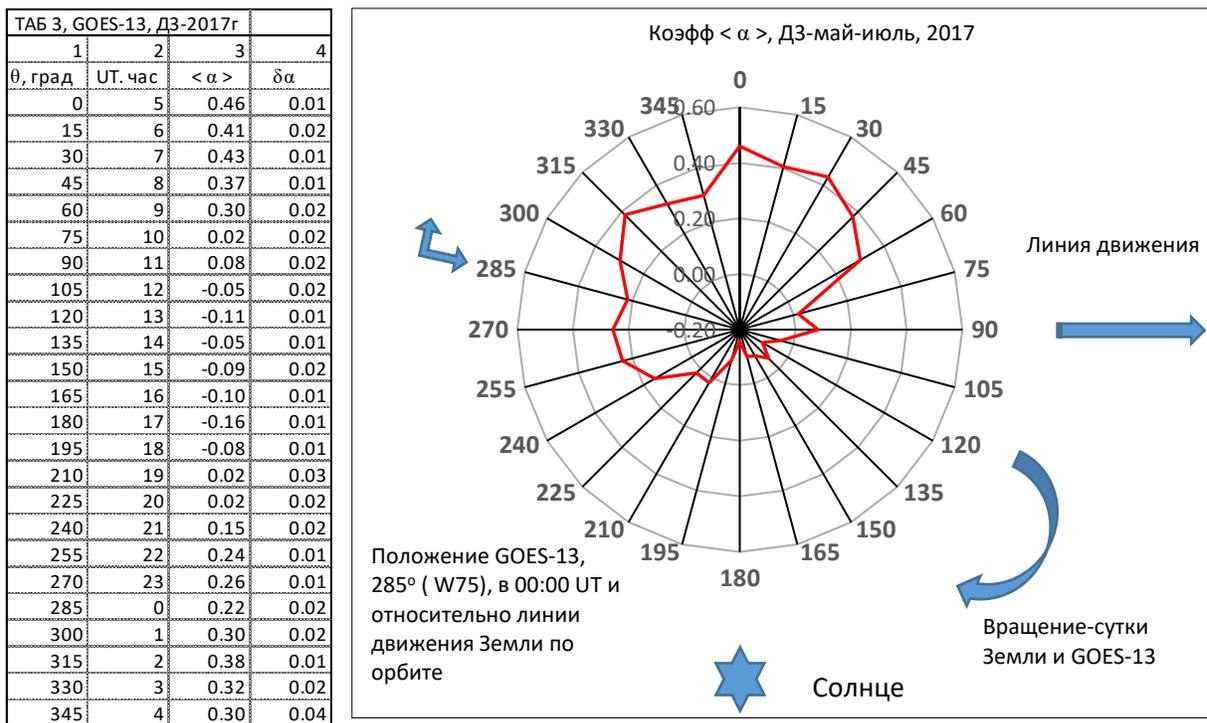


Рис. 6. Распределение измеренных величин коэффициента α по углам θ положения геостационарного спутника GOES-13 при его вращении в экваториальной плоскости. Корреляция ($\alpha > 0$) потока быстрых электронов P_e и вектора H_r геомагнитного поля наблюдается преимущественно во внешней E_h области пространства ($90^\circ > \theta > 270^\circ$). Секторная диаграмма построена по данным из ТАБ 3: в колонке 1- значения угла θ , а в колонке 2- время суток, при котором данный спутник находится под данным углом в геометрии Солнце – Земля; в колонке 3- средняя за 1 час величина коэффициента α , в колонке 4- статистическая ошибка среднего.

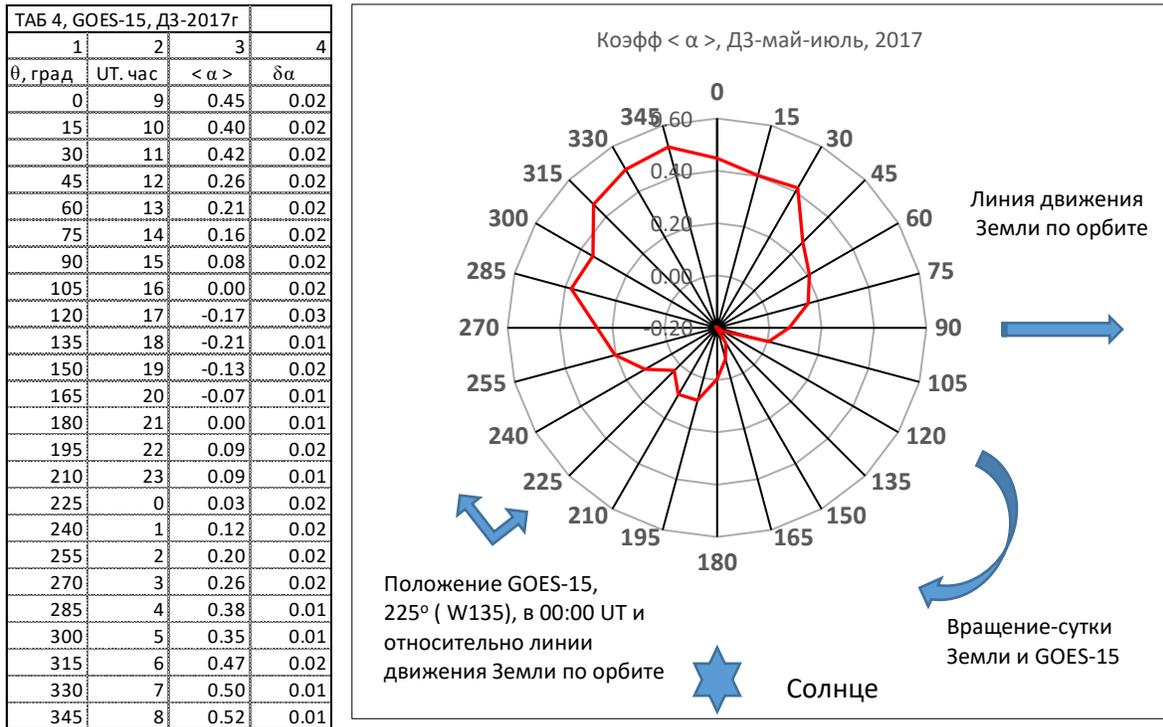


Рис. 7. Распределение измеренных величин коэффициента α по углам θ положения геостационарного спутника GOES-15 при его вращении в экваториальной плоскости. Корреляция ($\alpha > 0$) потока быстрых электронов P_e и вектора H_r геомагнитного поля наблюдается преимущественно во внешней E_x области пространства ($90^\circ < \theta < 270^\circ$). Секторная диаграмма построена по данным из ТАБ 4: в колонке 1- значения угла θ , а в колонке 2- время суток, при котором данный спутник находится под данным углом в геометрии Солнце – Земля; в колонке 3- средняя за 1 час величина коэффициента α , в колонке 4- статистическая ошибка среднего.

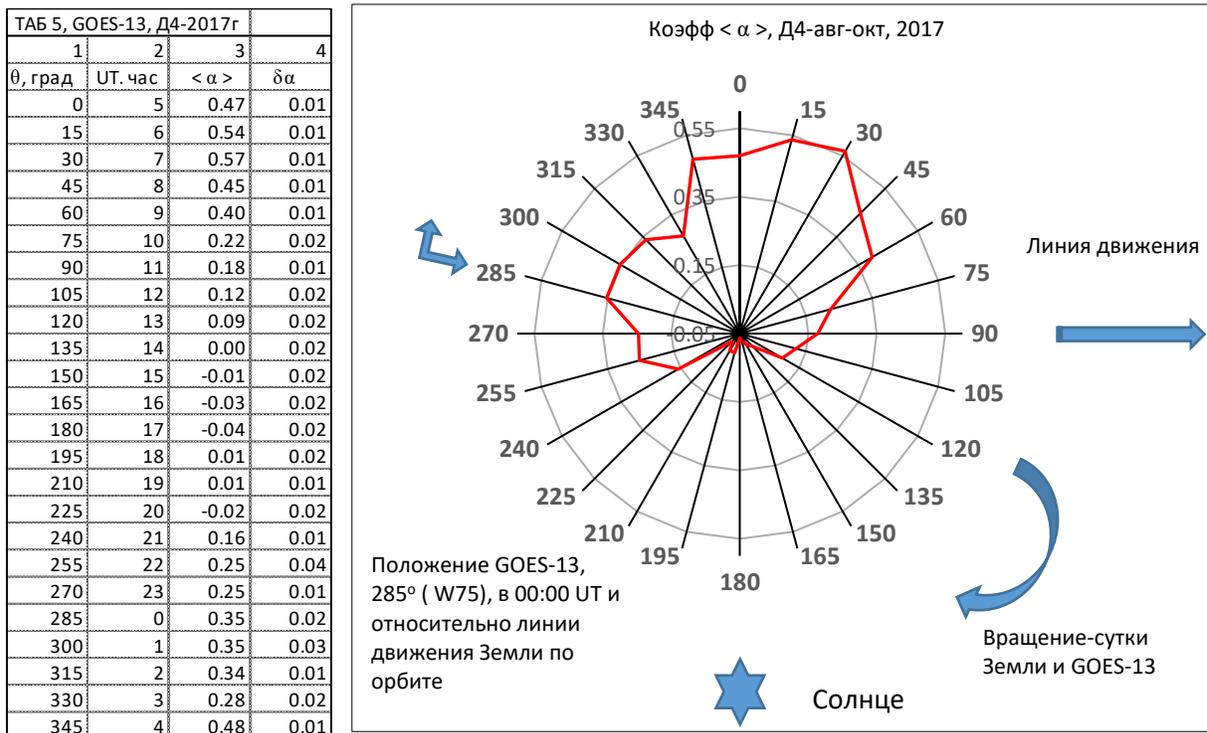


Рис. 8. Распределение измеренных величин коэффициента α по углам θ положения геостационарного спутника GOES-13 при его вращении в экваториальной плоскости. Корреляция ($\alpha > 0$) потока быстрых электронов P_e и вектора H_r геомагнитного поля наблюдается преимущественно во внешней E_x области пространства ($90^\circ > \theta > 270^\circ$). Секторная диаграмма построена по данным из ТАБ 5: в колонке 1- значения угла θ , а в колонке 2- время суток, при котором данный спутник находится под данным углом в геометрии Солнце – Земля; в колонке 3- средняя за 1 час величина коэффициента α , в колонке 4- статистическая ошибка среднего.

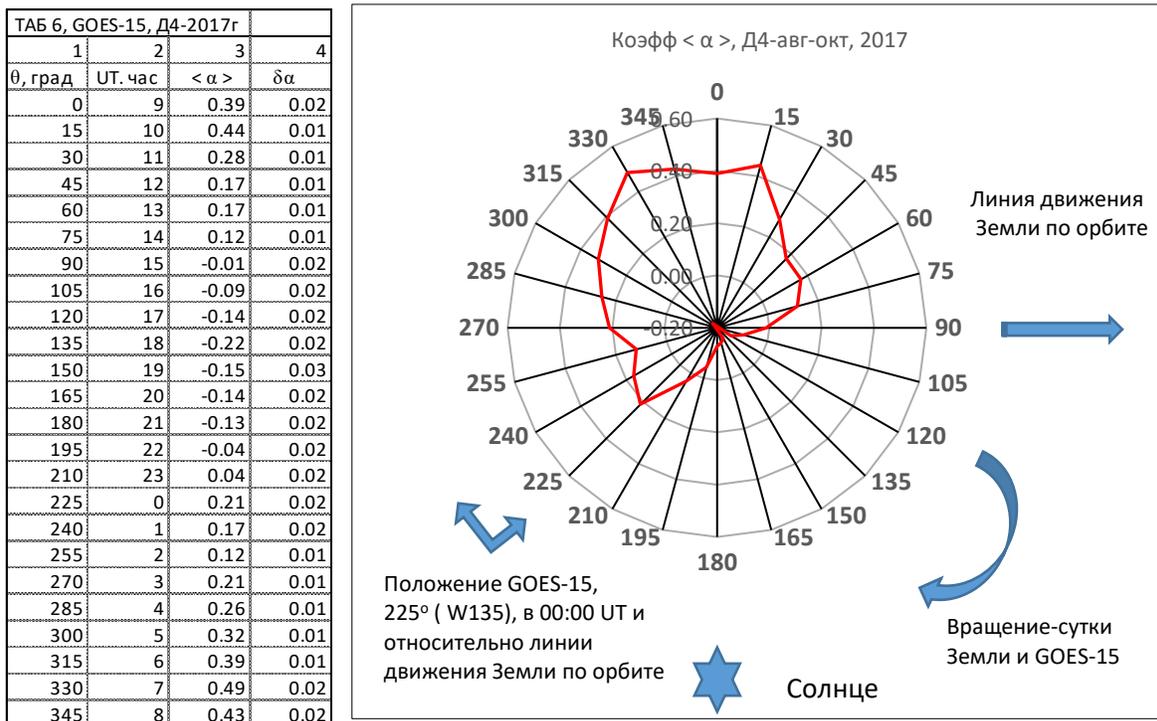


Рис. 9. Распределение измеренных величин коэффициента α по углам θ положения геостационарного спутника GOES-15 при его вращении в экваториальной плоскости. Корреляция ($\alpha > 0$) потока быстрых электронов P_e и вектора H_r геомагнитного поля наблюдается преимущественно во внешней E_x области пространства ($90^\circ < \theta < 270^\circ$). Секторная диаграмма построена по данным из ТАБ 6: в колонке 1- значения угла θ , а в колонке 2- время суток, при котором данный спутник находится под данным углом в геометрии Солнце – Земля; в колонке 3- средняя за 1 час величина коэффициента α , в колонке 4- статистическая ошибка среднего.

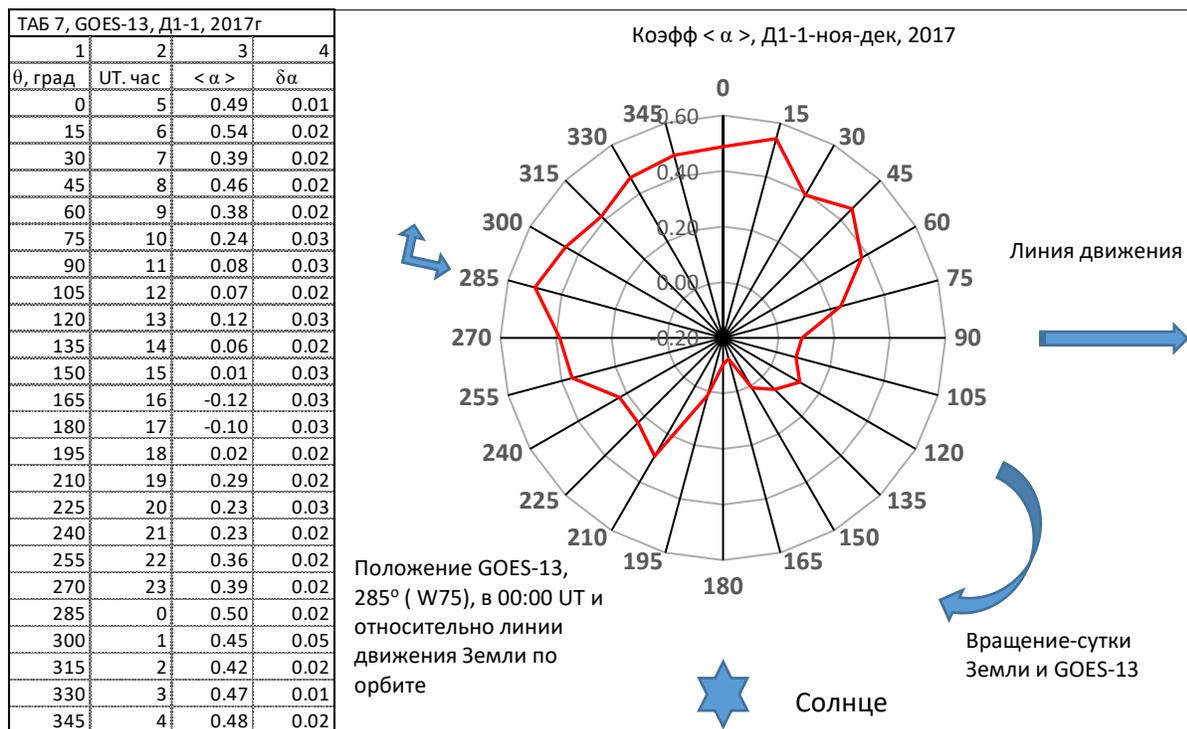


Рис.10. Распределение измеренных величин коэффициента α по углам θ положения геостационарного спутника GOES-13 при его вращении в экваториальной плоскости. Корреляция ($\alpha > 0$) потока быстрых электронов P_e и вектора H_r геомагнитного поля наблюдается преимущественно во внешней E_x области пространства ($90^\circ > \theta > 270^\circ$). Секторная диаграмма построена по данным из ТАБ 7: в колонке 1- значения угла θ , а в колонке 2- время суток, при котором данный спутник находится под данным углом в геометрии Солнце – Земля; в колонке 3- средняя за 1 час величина коэффициента α , в колонке 4- статистическая ошибка среднего.

ТАБ 8, GOES-15, Д1-1, 2017г			
1	2	3	4
θ , град	UT. час	$\langle \alpha \rangle$	$\delta\alpha$
0	9	0.80	0.02
15	10	0.64	0.03
30	11	0.50	0.02
45	12	0.35	0.03
60	13	0.28	0.03
75	14	0.06	0.02
90	15	-0.07	0.04
105	16	-0.22	0.02
120	17	-0.22	0.02
135	18	-0.04	0.03
150	19	0.05	0.02
165	20	0.12	0.02
180	21	0.04	0.02
195	22	0.11	0.02
210	23	0.02	0.02
225	0	0.25	0.03
240	1	0.25	0.03
255	2	0.48	0.04
270	3	0.53	0.01
285	4	0.44	0.02
300	5	0.58	0.02
315	6	0.49	0.02
330	7	0.47	0.01
345	8	0.64	0.03

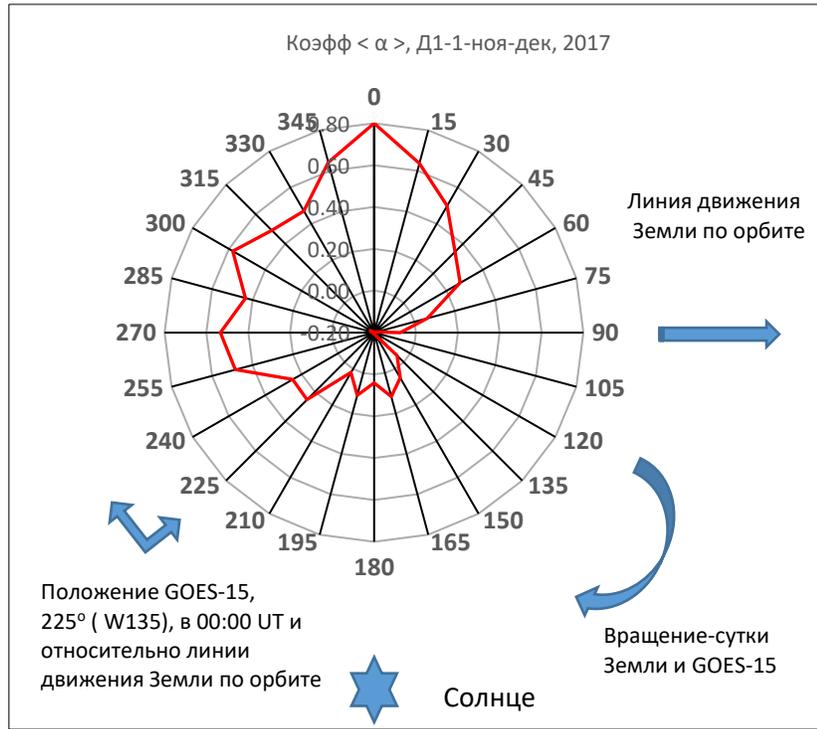


Рис.11. Распределение измеренных величин коэффициента α по углам θ положения геостационарного спутника GOES-15 при его вращении в экваториальной плоскости. Корреляция ($\alpha > 0$) потока быстрых электронов P_e и вектора H_r геомагнитного поля наблюдается преимущественно во внешней E_x области пространства ($90^\circ > \theta > 270^\circ$). Секторная диаграмма построена по данным из ТАБ 8: в колонке 1- значения угла θ , а в колонке 2- время суток, при котором данный спутник находится под данным углом в геометрии Солнце – Земля; в колонке 3- средняя за 1 час величина коэффициента α , в колонке 4- статистическая ошибка среднего

ТАБ 9, GOES-14, Д1-2, 2017г			
1	2	3	4
θ , град	UT. час	$\langle \alpha \rangle$	$\delta\alpha$
0	7	0.42	0.02
15	8	0.46	0.01
30	9	0.41	0.02
45	10	0.32	0.02
60	11	0.35	0.02
75	12	0.15	0.02
90	13	-0.02	0.02
105	14	-0.11	0.01
120	15	-0.12	0.02
135	16	0.01	0.02
150	17	0.03	0.01
165	18	0.03	0.02
180	19	0.06	0.02
195	20	0.20	0.03
210	21	0.17	0.01
225	22	0.20	0.01
240	23	0.21	0.02
255	0	0.20	0.04
270	1	0.29	0.03
285	2	0.45	0.04
300	3	0.29	0.01
315	4	0.38	0.01
330	5	0.44	0.02
345	6	0.33	0.03

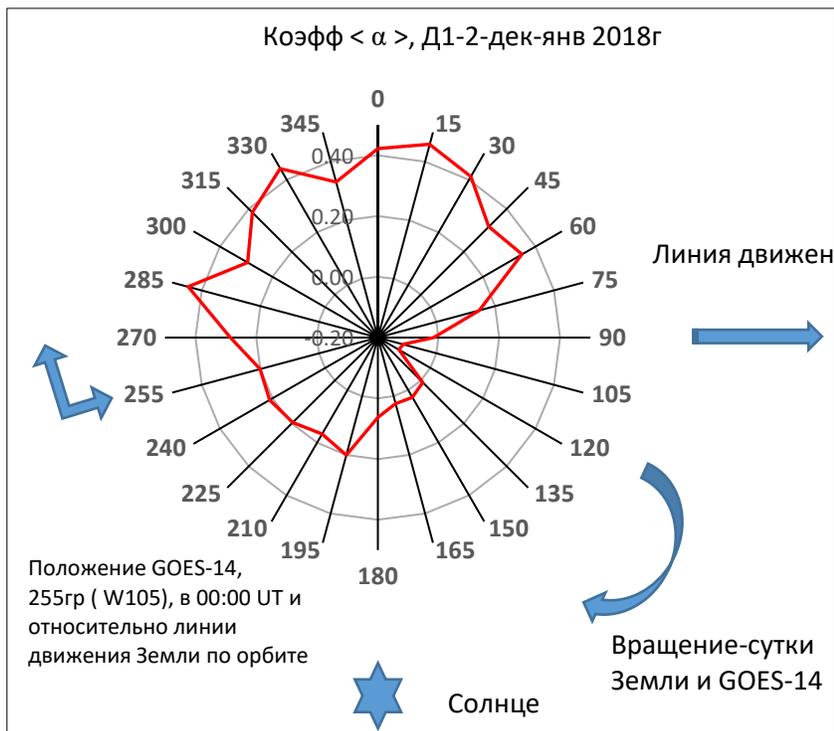


Рис.12. Распределение измеренных величин коэффициента α по углам θ положения геостационарного спутника GOES-14 при его вращении в экваториальной плоскости. Корреляция ($\alpha > 0$) потока быстрых электронов P_e и вектора H_r геомагнитного поля наблюдается преимущественно во внешней E_x области пространства ($90^\circ > \theta > 270^\circ$). Секторная диаграмма построена по данным из ТАБ 9: в колонке 1- значения угла θ , а в колонке 2- время суток, при котором данный спутник находится под данным углом в геометрии Солнце – Земля; в колонке 3- средняя за 1 час величина коэффициента α , в колонке 4- статистическая ошибка среднего.

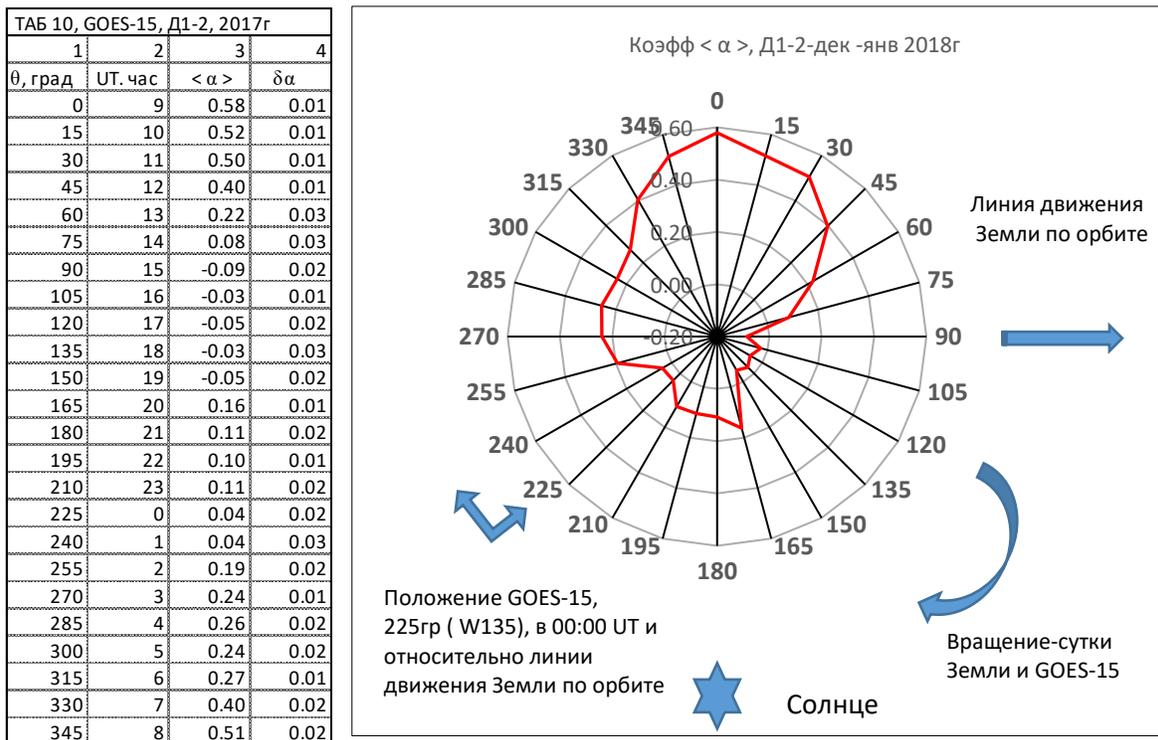


Рис.13. Распределение измеренных величин коэффициента α по углам θ положения геостационарного спутника GOES-15 при его вращении в экваториальной плоскости. Корреляция ($\alpha > 0$) потока быстрых электронов P_e и вектора H_r геомагнитного поля наблюдается преимущественно во внешней E_x области пространства ($90^\circ > \theta > 270^\circ$). Секторная диаграмма построена по данным из ТАБ 10: в колонке 1- значения угла θ , а в колонке 2- время суток, при котором данный спутник находится под данным углом в геометрии Солнце – Земля; в колонке 3- средняя за 1 час величина коэффициента α , в колонке 4- статистическая ошибка среднего.

3. Выводы из корреляционных эффектов.

Результаты для двух геостационарных спутников GOES-13 и GOES-15, представленные в таблицах ТАБ 1 ÷ ТАБ 10 и на соответствующих рисунках Рис 4 ÷ Рис 13, однозначно указывают, что:

- Обнаружен эффект практически отсутствия ($\alpha \sim 0$) корреляции в 1-суточных флуктуациях потока солнечных электронов с $E_e > 0.8 \text{ МэВ}$ и вектора H_r геомагнитного поля во внутреннем IN пространстве орбиты Земли, однако во внешней E_x области пространства орбиты корреляция принимает большие ($\alpha \gg 0$) значения.
- Эффект определяется именно местом точки измерения указанных выше параметров в геометрии Солнце - Земля - GOES, что следует из угловых распределений коэффициента $\alpha = f(\theta)$, в которых не наблюдается (в пределах точности измерения) начальный сдвиг $d\theta = 60^\circ$ спутников GOES-13/15 (сравнить Рис. 4 с Рис. 5). Однако, когда эти же первичные данные, представленные на Рис 3 как временные распределение $\alpha = f(t)$, однозначно

указывают на существование начального сдвига $\sim d\theta=60^\circ$, поскольку проход границ областей EX и IN происходит для GOES-13 и GOES-15 в разное время.

- Наблюдаемая корреляция ($\alpha \gg 0$) в области EX не зависит от времени года. Такой вывод следует из неизменности (в пределах точности) средневзвешенного угла $\langle \theta_{ex} \rangle$ в распределении $\alpha=f(\theta)$, вычисленного для всех диапазонов Д в соответствии с распределениями на Рис.4 ÷ Рис.11. В таблице 11 представлены эти данные.

Таблица 11. Величины средневзвешенного угла $\langle \theta_{ex} \rangle$ в области EX в распределении $\alpha=f(\theta)$, градус, при движении Земли по орбите.

	Диапазон Д2		Диапазон Д3		Диапазон Д4		Диапазон Д1-1		2017 год	
GOES-13	357	± 18	353	± 23	360	± 15	350	± 21	355	± 13
GOES-15	348	± 19	348	± 16	345	± 16	341	± 18	346	± 11

Из данных таблицы 11 следует, что величина $\langle \theta_{ex} \rangle$ не изменяется (в пределах одной ошибки) по диапазонам Д, а также хорошо согласуется для спутников. Это даёт возможность объединить данные за 2017 год по двум спутникам GOES-13 и GOES-15. Результат объединения данных от обоих спутников представлен в таблице 12 и на Рис. 14.

Таблица 12. Сводное за 2017г распределение по углу θ коэффициента $\langle \alpha \rangle$ для GOES-13 и -15.

GOES-13+GOES-15 2017 год				GOES-13, 2017г		GOES-15 2017г	
1	2	3	4	5	6	7	8
θ , град	UT. час	$\langle \alpha \rangle$	$\delta \alpha$	$\langle \alpha \rangle$	$\delta \alpha$	$\langle \alpha \rangle$	$\delta \alpha$
0	9	0.50	0.010	0.46	0.012	0.55	0.015
15	10	0.48	0.013	0.48	0.017	0.47	0.018
30	11	0.44	0.011	0.48	0.016	0.40	0.014
45	12	0.35	0.012	0.40	0.018	0.31	0.017
60	13	0.31	0.016	0.37	0.018	0.25	0.026
75	14	0.14	0.015	0.19	0.023	0.08	0.019
90	15	0.05	0.016	0.11	0.019	-0.01	0.024
105	16	-0.05	0.014	0.01	0.021	-0.10	0.019
120	17	-0.08	0.013	-0.01	0.017	-0.15	0.020
135	18	-0.10	0.014	-0.03	0.017	-0.16	0.022
150	19	-0.08	0.015	-0.04	0.019	-0.12	0.024
165	20	-0.05	0.013	-0.05	0.020	-0.06	0.017
180	21	-0.06	0.013	-0.06	0.019	-0.06	0.017
195	22	-0.02	0.013	-0.03	0.017	0.00	0.019
210	23	0.03	0.013	0.06	0.020	0.00	0.018
225	0	0.07	0.014	0.05	0.019	0.09	0.021
240	1	0.14	0.016	0.14	0.018	0.14	0.027
255	2	0.25	0.017	0.23	0.026	0.26	0.023
270	3	0.28	0.011	0.26	0.018	0.29	0.013
285	4	0.35	0.012	0.35	0.018	0.35	0.015
300	5	0.40	0.016	0.38	0.029	0.42	0.015
315	6	0.43	0.011	0.39	0.014	0.46	0.017
330	7	0.42	0.012	0.38	0.017	0.47	0.016
345	8	0.46	0.015	0.42	0.025	0.50	0.017



Рис.14. Объединённая для спутников GOES-13 и -15 диаграмма распределения по углу θ коэффициента $\langle \alpha \rangle$ (см. Таб.12, колонки 1, 3 и 4).

Обсуждаемый в работе эффект асимметрии свойств околоземного космического пространства можно представить в наиболее свёрнутом виде, вычислив коэффициент $\langle \alpha \rangle$, используя весь за 2017 год массив данных, для каждого спутника при нахождении их во

внешней области –EX ($285^\circ > \theta > 75^\circ$) и внутренней области-IN ($90^\circ > \theta > 270^\circ$) относительно линии орбиты Земли:

	GOES-13;14	GOES-15
α_{EX}	0.386 ± 0.003	0.381 ± 0.003
α_{IN}	0.055 ± 0.003	0.019 ± 0.003

Хорошее согласие данных от двух спутников указывает на устойчивость эффекта корреляции ($\alpha > 0$), существующий главным образом в области -EX. При этом изменение величины $\alpha = f(\theta)$ в зависимости от угла θ , наблюдаемое в данной работе, можно трактовать как асимметрию относительно линии орбиты Земли новых, неизвестных, свойств пространства, в котором происходят синхронные 1-суточные флуктуации быстрых электронов и вектора H_r геомагнитного поля. Следует отметить, что указанное взаимодействие происходит на пролётной базе, на порядки превышающей возможности эксперимента с быстрыми электронами и магнитным полем на Земле. Кроме того, особенностью данной работы является использование интервала именно $dt=24ч$ в разностях функции Cov при вычислении коэффициента α , т. е. изучение инфра-низкочастотных флуктуаций в идентичных точках пространства относительно линии орбиты Земли. Выше приведённые доводы стимулировали название данной работы.

Сделанное предположение о причине возникновения эффекта $\alpha = f(\theta)$ не даёт в дополнение к формуле (1) определённого ответа о природе взаимодействия в околоземном космическом пространстве, влияющего на синхронные 1-суточные флуктуации потока быстрых электронов P_e и вектора H_r геомагнитного поля. Например, возможно ли, некоторое дополнительное взаимодействие потока рентгеновского излучения от Солнца (и Земли?), которое могло бы повлиять на вид распределение $\alpha = f(\theta)$? Кроме того, если в эксперименте получается неординарный результат, то всегда остаётся небольшая доля сомнения в адекватности работы измерительной аппаратуры спутников GOES.

Автор благодарит д.т.н., профессора В.В. Шабанова за полезные советы при обсуждении в процессе написания данной работы.

4. Список литературы.

1. Катаржнов Ю.Д., Недопекин В.Г., Рогов В.И, Сухоруков С.Т.. Наблюдение спонтанной инфранизкочастотной генерации в шумах тока запертого стабилитрона. //Радиотехника и электроника, 2002,Т. 47, №12, С. 1509.
2. В.Г. Недопекин, В.И.Рогов. Наблюдение синхронных многосуточных флуктуаций тока запертого p-n перехода и плотности солнечного ветра в области инфранизких частот. Препринт ИТЭФ 4-06, Москва 2006
3. http://www.chronos.msu.ru/old/RREPORTS/parkhomov_skrytaya/parkhomov_skrytaya.htm
4. <https://www.ospo.noaa.gov/operations/goes/>
5. <https://www.swpc.noaa.gov/communities/satellites>
6. <https://www.swpc.noaa.gov/products-and-data>