

УДК 57.045

## **ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ СОЛНЕЧНОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧИСЛО КЛИНИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ЧЕЛОВЕКА**

**А. Ю. Гришенцев<sup>1</sup>, А. М. Ярош<sup>2</sup>, А. Г. Коробейников<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>– Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики (Россия).

<sup>2</sup>– Никитский ботанический сад - Национальный научный центр (Украина, Крым).

<sup>3</sup>– Санкт-Петербургский филиал учреждения Российской академии наук “Институт Земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН” (Россия).

Получена 23 ноября 2010 г.

**Аннотация.** В работе рассмотрено комплексное влияние интенсивности солнечного радиоизлучения на выделенных частотах и ряда факторов окружающей среды на число клинических случаев с определённым диагнозом в городе Ялта. Основной целью работы является выявление некоторых особенностей совокупного влияния рассматриваемых факторов на число проявлений клинических случаев с определённым диагнозом, выявление ведущих влияющих факторов на клинические случаи с различными диагнозами. Комплексный анализ позволил выявить ряд особенностей воздействия солнечного радиоизлучения в диапазоне СВЧ и КВЧ на обострения состояний человека.

**Ключевые слова:** Солнце, человек, радиоизлучение, воздействие, состояние.

## **Введение**

Спектр солнечного излучения охватывает весь диапазон электромагнитного поля (далее ЭМП) от длинноволнового излучения до рентгеновского. При этом ЭМП излучаемое Солнцем динамично изменяется (модулируется) в соответствии с происходящими на Солнце событиями и долгопериодическими циклами активности. Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики излучения исходящего от Солнца и достигающего поверхности Земли значительно отличаются друг от друга. В общем виде спектральная картина солнечного радиоизлучения зависит от типа, интенсивности и некоторых других особенностей протекания события на Солнце. Когда энергия солнечного излучения проходит сквозь магнитное поле и атмосферу Земли значительно меняется спектр и интенсивность солнечного излучения в результате поглощения, переизлучения и изменения траектории заряженных частиц. Взаимодействие меняющего интенсивность потока заряженных частиц солнечной плазмы с магнитным полем Земли порождает возникновение колебаний последнего, наиболее сильные колебания называются магнитные бури. Верхние слои атмосферы, образованные ионизированными газами (плазмой), в результате воздействия солнечного излучения и магнитного поля Земли становятся проводниками колоссальных токов измеряемых миллионами ампер, такие токи порождают сильные электромагнитные излучения в широком диапазоне частот. Наиболее существенное излучение ионосферы наблюдается в так называемых авроральных областях.

Многие исследования показывают значительное влияние солнечной и связанной с нею геомагнитной активности на некоторые особенности состояния биологических объектов [3]. Существует значительный опыт использования солнечного излучения в терапевтической практике [3, 9].

Широкое распространение в последнее время получили медицинские методы воздействия слабых (не тепловых) электромагнитных излучений различного характера на биологические ткани и организм в целом, особенно в областях СВЧ и КВЧ диапазонов [4, 6 – 8], в современной литературе действие радиоизлучений нетепловой интенсивности на биологические объекты принято называть информационным.

С точки зрения влияния солнечного радиоизлучения представляет интерес именно Южный Берег Крыма, т.к. там достаточно чистая от смогового загрязнения атмосфера, невысокая влажность воздуха, относительно слабо препятствующая прохождению солнечного СВЧ и КВЧ радиоизлучения, при значительном числе солнечных дней в году (276).

Данная работа посвящена некоторым результатам многолетних (1993 – 1997 гг.) исследований влияния фактора солнечного радиоизлучения на число клинических случаев с некоторыми определёнными диагнозами в городе Ялта. В качестве влияющих факторов были рассмотрены следующие: климатические, поток солнечного радиоизлучения и геомагнитная активность, продолжительность светлого времени суток, фазы Луны. Показана значительная степень влияния на некоторые клинические состояния человека солнечного радиоизлучения в диапазоне: от  $245 \cdot 10^6$  Гц до  $15.4 \cdot 10^9$  Гц.

### **Цели и задачи исследования**

Цели:

–выявление некоторых особенностей совокупного влияния рассматриваемых факторов на число проявлений клинических случаев с определённым диагнозом, выявление ведущих влияющих факторов на клинические случаи с различными диагнозами;

– анализ некоторых особенностей влияния радиоизлучения в диапазоне от  $245 \cdot 10^6$  Гц до  $15.4 \cdot 10^9$  Гц на биологические ткани и человека в целом;

– обзор физических принципов влияния потока солнечного радиоизлучения на состояния человека.

Задачи исследования

Численная оценка влияния на число клинических случаев с определенным диагнозом следующих факторов:

– плотности потока солнечного радиоизлучения на выделенных частотах в выбранном диапазоне от  $245 \cdot 10^6$  Гц до  $15.4 \cdot 10^9$  Гц;

– изменений в планетарном магнитном поле;

– метеорологических факторов и сезонной продолжительности светлого времени суток;

– фазы Луны.

Выделение ведущих факторов влияния на число клинических случаев.

Формирование предпосылок к выявлению физических принципов воздействия солнечного радиоизлучения в выделенном частотном диапазоне на процессы, происходящие в организме человека.

### **Источники данных принятые в публикации сокращения и обозначения, средства обработки данных**

С целью компактности представления данных исследования в статье используются не полные названия величин, а краткие аббревиатуры и обозначения. Факторами влияния называются некоторые характеристики (в виде числовых векторов), влияние которых на число клинических случаев рассмотрено в статье. *Клиническим случаем* называется событие, которое достоверно диагностировано, государственным медицинским учреждением скорой помощи города Ялта (АРК Украина). Все наблюдения производились в

соответствии с требованиями по биоэтике, и с соблюдением основных биоэтических правил.

Метеорологические данные были предоставлены метеостанцией Никитского ботанического сада.

Данные о солнечной и геомагнитной активности были предоставлены Королевской обсерваторией Бельгии (Royal Observatory of Belgium) далее ROB и Национальным центром геофизических данных, США (National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado, USA) далее (NGDC). Центр ROB предоставил данные о геомагнитной активности  $A_k$  и плотности потока солнечного радиоизлучения по данным радио-обсерваторий: Human Radio Astronomical Station (OBVV), Брюссель, Бельгия (2800 МГц). Центр NGDC предоставил данные плотности потока солнечного радиоизлучения (на частотах: 245; 410; 1415; 2695; 4995; 8800; 15400 МГц) по результатам наблюдения радио-обсерватории San Vito (SVTO), Сан Вито, Италия. Данные о частоте радиоизлучения 606 МГц были предоставлены радио-обсерваторией Learmonth, Австралия (LEAR). При выборе радио-обсерватории были учтены следующие факторы: наличие данных за рассматриваемый период, и наиболее возможное совпадение времени светлых фаз суток в районе обсерватории наблюдения и в городе Ялта.

Рассматриваемые факторы влияния:

$A_k$  – планетарный индекс, вычисляется как среднесуточная вариабельность магнитного поля по данным 13-ти геомагнитных обсерваторий, расположенных между  $44^\circ$  и  $60^\circ$  северной и южной широт соответственно, измеряется в [нТ] (нано Теслах);

MoonD – день лунного месяца, длительность лунного месяца (синодический период) 2551442,8032 с, что соответствует 29,53 суток, при значениях  $0 < \text{MoonD} < 14,76$  наблюдается фаза роста, при значениях  $29,53 >$

$\text{MoonD} > 14,76$  фаза убывания освещенной части, при значениях  $\text{MoonD} \approx 0$  или  $\text{MoonD} \approx 29,53$  новолуние и  $\text{MoonD} \approx 14,76$  полнолуние;

ТС – температура средняя за сутки [ $^{\circ}\text{C}$ ];

AD – осадки, значение за сутки [мм];

HA – относительная влажность воздуха, средняя за сутки, [%];

AP – атмосферное давление, среднее за сутки, [для мм.рт.ст.];

WA – скорость ветра, средняя за сутки [м/с];

LTD – продолжительность светлого времени суток [мин.];

SF... – плотность потока солнечного излучения (Solar Flux) [ $\text{Вт}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ ], среднее значение за светлое время суток, с припиской частоты в МГц, например, SF2800 (2800 МГц).

Всего в исследовании было рассмотрено 49882 КС, из них:

НМК – нарушение мозгового кровообращения, инсульты (1404 случая);

ССС – сердечно сосудистые клинические состояния (21247 случая);

ГК – гипертонические кризы (12767 случая);

НПЗ – нервно психические заболевания (2233 случая);

БА – бронхиальная астма (9850 случая);

ОРВИ – острые, респираторные заболевания (2381 случая).

Для обработки данных и последующего анализа были использованы стандартные пакеты Excel, Statistica, а так же специально разработанные программные продукты на языках ООП: C++, php.

### **Предварительный общий анализ влияния выбранных факторов на число клинических случаев**

Регрессионный анализ зависимости позволяет выявить существование некоторых специфических тенденций в зависимости: числа клинических случаев от выбранных факторов.

Рассчитанные значения корреляции метеорологических факторов и продолжительности светлого времени суток с числом клинических случаев сведены в таблицу 1. Очевидно, что существенных корреляций не наблюдается, при этом необходимо отметить наличие положительной корреляционной связи числа случаев НПЗ с среднесуточной температурой ТС (на уровне 0,13) и продолжительностью светлого времени суток LTD (на уровне 0,1). При этом корреляционная связь между векторами ТС и LTD достаточно высока и имеет значение 0,74. Следует обратить внимание на наличие слабой положительной LTD и ОРВИ (на уровне 0,088) и отрицательной корреляции АД и ОРВИ (на уровне -0,11). По результатам предварительного анализа нельзя говорить об отсутствии влияния метеорологических факторов и продолжительности светлого времени суток на число клинических случаев, но можно сделать вывод, что модули коэффициентов корреляции имеют либо мало значимые (0,1 ÷ 0,15) либо не значимые величины (< 0,1).

Таблица 1. Корреляции числа клинических случаев с метеорологическими факторами.

	<b>НМК</b>	<b>ССС</b>	<b>ГК</b>	<b>НПЗ</b>	<b>БА</b>	<b>ОРВИ</b>
<b>LTD, мин</b>	-0,011	0,017	0,074	0,100	-0,028	0,088
<b>SL, Час</b>	-0,042	-0,022	-0,027	0,056	-0,028	0,070
<b>ТС, °С</b>	-0,080	0,007	-0,083	0,130	-0,041	0,068
<b>АД, Мм</b>	0,048	0,017	-0,006	0,006	-0,038	-0,111
<b>НА, %</b>	0,058	-0,017	0,021	-0,043	0,012	-0,028
<b>АР, мм.рт.ст</b>	-0,009	-0,013	-0,010	-0,034	-0,011	0,067
<b>WA м/с</b>	-0,027	0,011	-0,009	-0,042	-0,033	-0,035

Для выявления специфики влияния ТС и LTD приведем диаграммы, на которых отображено среднее значение и стандартное отклонение для выборок

сформированных из векторов суточного значения числа клинических случаев с определенным диагнозом, разбитых на две группы относительно соответствующих значений ТС и LTD (рис.1), каждая выборка содержала от 730 до 1000 значений.

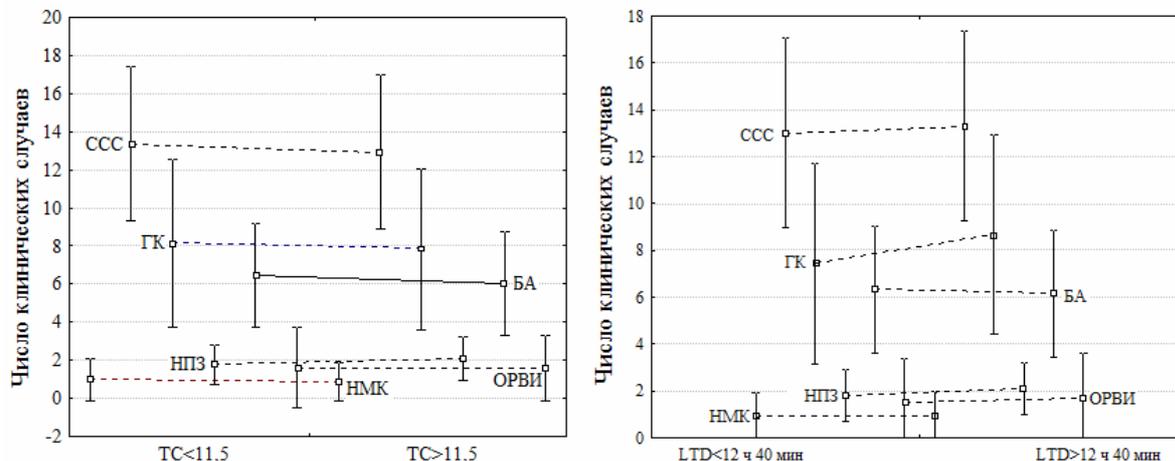


Рисунок 1. Диаграммы распределения числа клинических случаев при разбиении на две равные выборки по значениям ТС и LTD. Для каждой выборки приведено среднее значение и стандартное отклонение.

Анализ полученных значений позволяет сделать вывод о том, что с ростом продолжительности LTD увеличивается среднесуточное значение ГК. При значениях LTD < 795 мин. (13 ч. 15 мин.) дней с нулевым числом клинических случаев ГК 0,045%, с единичным случаем 0,066% из общего числа дней наблюдения 974. При значениях LTD > 795 мин. дней с нулевым числом клинических случаев ГК 0,013%, с единичным случаем 0,066% из общего числа дней наблюдения 622. С ростом LTD происходит сокращение числа дней с нулевым числом клинических случаев ГК почти в 3,5 раза. В общем случае наблюдается тенденция роста среднего значения числа клинических случаев с увеличением LTD, за счет сокращения числа дней с малым или нулевым числом зарегистрированных ГК.

Оценка влияния фазы Луны производилась путем выделения в каждом векторе содержащим среднесуточное число клинических случаев выборок принадлежащих фазам:

- роста и убыли Луны (две примерно равные выборки, образованные делением всех векторов числа клинических случаев относительно фазы Луны);
- полнолуния и новолуния (каждая выборка содержит по сто значений).

Результаты графического представления данных приведены на рисунке 2.

Численная оценка влияния лунной фазы производилась при помощи t-теста возвращающего вероятность, соответствующую критерию Стьюдента, показывающую насколько вероятно, что две выборки взяты из генеральных совокупностей, которые имеют одно и то же среднее. Вероятностные значения t-теста для выборок сделанных относительно различных фазовых состояний Луны сведены в таблицу 2, значимая вероятность  $p$  принимается на уровне ( $p < 0,05$ ). Предварительный анализ влияния фаз Луны на число клинических случаев позволяет заключить, что выявлено статистически значимое изменение числа клинических случаев с диагнозами ССС в периоды новолуния и полнолуния, причем в полнолуние наблюдается увеличение числа ССС примерно на 9 %. Статистически достоверного влияния различных фаз Луны на клинические случаи не выявлено, но имеется определенная закономерность увеличения числа клинических случаев с диагнозами ССС, ГК и БА в период полнолуния относительно периода новолуния.

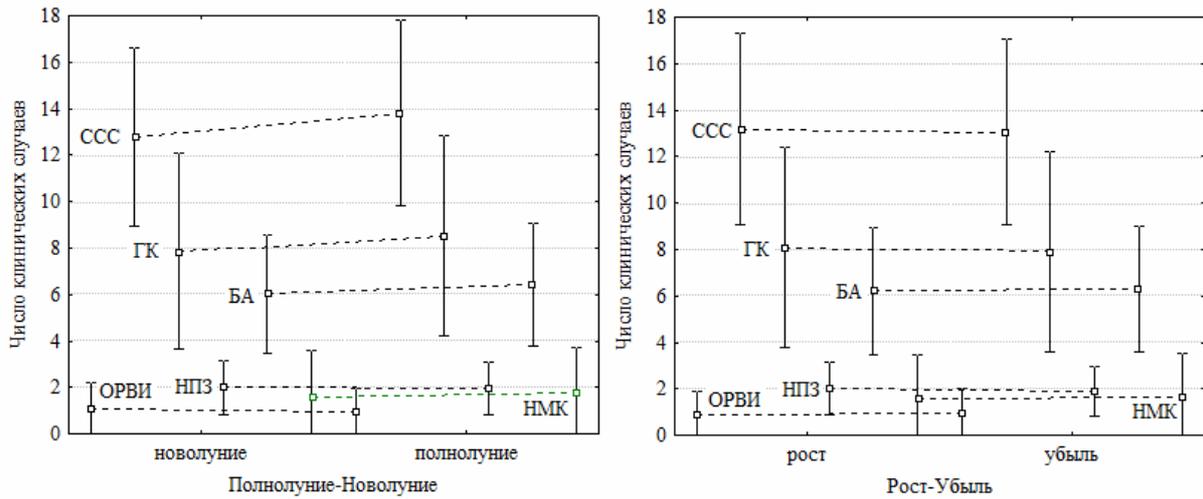


Рисунок 2. Оценка влияния фазы Луны на число клинических случаев с определенным диагнозом.

Таблица 2. Вероятностные значения  $p$  для  $t$ -теста.

Клинический случай	$p$ – вероятностное значение $t$ -теста	
	Полнолуние-Новолуние	Рост-Убыль
НМК	0,465	0,213
ССС	<b>0,012</b>	0,528
ГК	0,162	0,413
НПЗ	0,907	0,060
БА	0,154	0,473
ОРВИ	0,442	0,595

Предварительный анализ влияния плотности потока солнечного радиоизлучения  $SF$  и планетарного индекса  $A_k$  на число клинических случаев производилось на основании значений корреляций (таблица 3, рис. 3).

Таблица 3. Значения корреляции среднесуточного числа клинических случаев с SF и Ak.

	<b>НМК</b>	<b>ССС</b>	<b>ГК</b>	<b>НПЗ</b>	<b>БА</b>	<b>ОРВИ</b>
<b>SF245-SVTO</b>	0,034	-0,041	0,093	-0,012	0,052	0,094
<b>SF410-SVTO</b>	0,057	-0,037	0,200	-0,011	-0,007	0,149
<b>SF606-LEAR</b>	0,110	-0,003	0,230	-0,040	-0,111	0,252
<b>SF1415-SVTO</b>	0,135	-0,039	0,128	-0,074	-0,066	0,201
<b>SF2695-SVTO</b>	0,124	-0,056	0,161	-0,066	-0,026	0,207
<b>SF2800-OBBS</b>	0,109	-0,003	0,139	-0,061	-0,115	0,192
<b>SF4995-SVTO</b>	0,133	-0,032	0,261	-0,084	-0,030	0,256
<b>SF8800-SVTO</b>	0,058	-0,084	0,108	-0,074	-0,057	0,085
<b>SF15400-SVTO</b>	-0,005	-0,018	-0,020	0,071	-0,046	-0,024
<b>Ak</b>	0,103	0,029	0,061	-0,023	-0,031	0,048

Рассмотрение результатов корреляционного анализа клинических случаев с SF и Ak, показывает, что для Ak наблюдается малозначимая ( $>0.1$ ) положительная корреляционная связь на уровне 0,1 с вектором клинических случаев НМК, т. е. с ростом вариабельности геомагнитного поля возрастает число клинических случаев с диагнозами НМК.

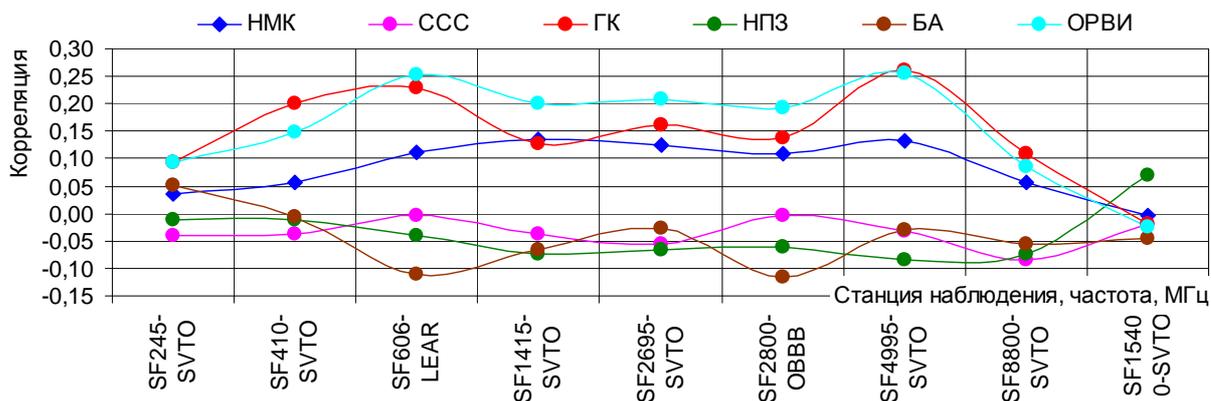


Рисунок 3. Зависимость корреляции числа клинических случаев с определённым диагнозом от частоты SF.

Наблюдается значимая, положительная корреляционная связь SF и числа клинических случаев для:

- НМК в диапазон 606 – 4995 МГц;
- ГК в диапазоне 410 – 8800 МГц;
- ОРВИ в диапазоне 410 – 4995 МГц.

Значимая отрицательная корреляционная связь наблюдается между SF (606 МГц, 2800 МГц) и числом клинических случаев с диагнозом БА.

На множестве всех клинических случаев по отношению к SF наблюдается разделение на группы:

- с положительными корреляционными связями: ГК, ОРВИ;
- с слабыми корреляционными связями: НМК – положительными, БА – отрицательными;
- не выявленной корреляцией: ССС, НПЗ.

### **Некоторые особенности влияния плотности потока солнечного излучения на ткани человека**

В результате предварительного исследования было выявлено значительное влияние SF на клинические случаи с диагнозом (ГК, ОРВИ, НМК, БА). С учетом того, что мощность потока солнечного радиоизлучения SF значительно

меньше мощностей оказывающих тепловое действие на биологические ткани, принято говорить, что излучение оказывает информационное воздействие. На рисунке 4 изображена диаграмма средней за рассматриваемый период плотности SF для различных частот с указанием радио-обсерватории наблюдения, очевидно, что при более высоких частотах наблюдается большие значения плотности потока солнечного излучения. При этом с ростом частоты SF не наблюдается увеличение степени влияния на клинические случаи, при максимальной, в рассматриваемом диапазоне, частоте (15,4 ГГц) наблюдаются минимальные значения коэффициентов корреляции (таблица 3).

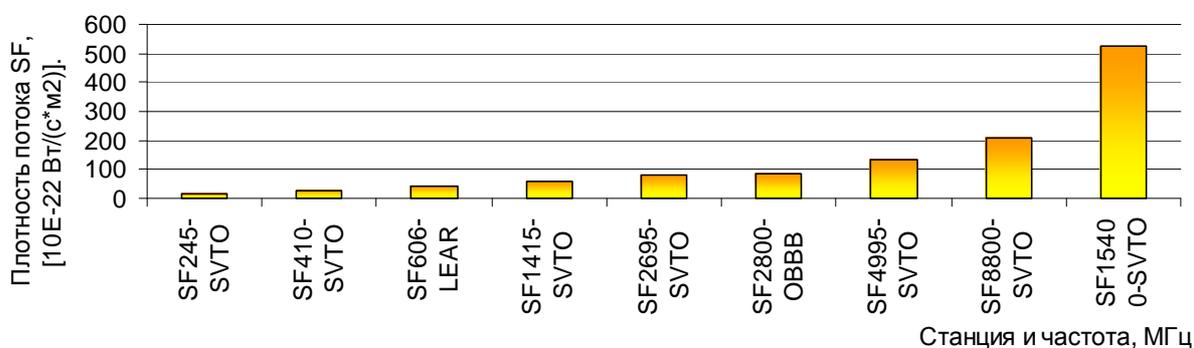


Рисунок 4. Средние значения SF за рассматриваемый период.

Рассмотрим некоторые особенности взаимодействия электромагнитного излучения Солнца в диапазоне 245 – 15400 МГц с биологическими тканями и организмом человека в целом:

- с ростом частоты электромагнитной волны происходит уменьшение глубины её проникновения, а следовательно уменьшение влияния на глубокие, подкожные ткани, вместе с тем при увеличении проявления поверхностного эффекта возрастает влияние на кожу и поверхностные, подкожные ткани;
- в биологических тканях наблюдаются дисперсия диэлектрической проницаемости и резонансные эффекты;

– действие солнечного излучения существенно отличается от действия медицинских приборов КВЧ и СВЧ терапии, эти отличия проявляются в следующем: солнечное излучение всегда имеет широкий спектр, действующий совокупно; солнечное излучение охватывает все тело человека однородным или близким к однородному полем, а в методах КВЧ и СВЧ терапии применяется локализованное действие; солнечное излучение является естественным фактором, к особенностям которого организм имел возможность приспособляться в процессе эволюции.

Отношения корреляции к соответствующему значению средней плотности потока радиоизлучения показывает, что решающим фактором в процессе воздействия на биологические ткани является частота, а не мощность потока радиоизлучения (рис. 5).

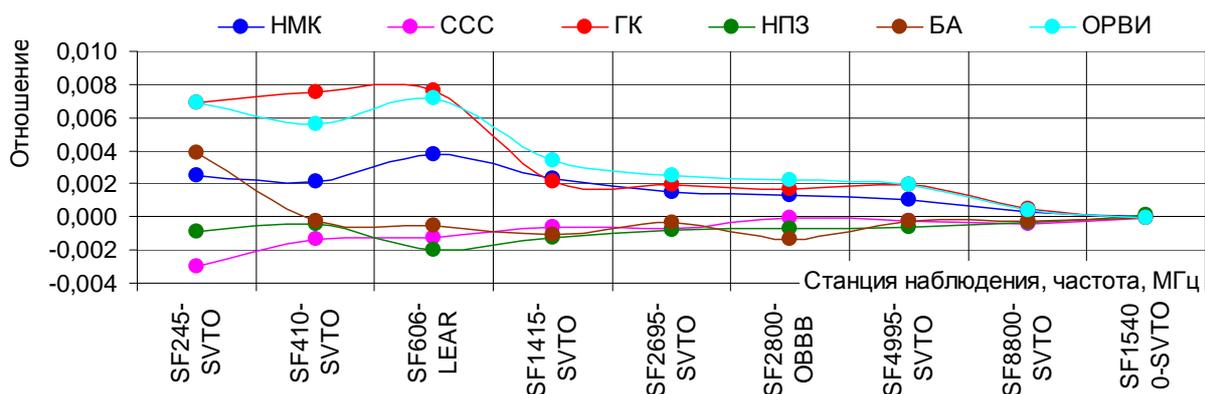


Рисунок 5. Отношения корреляций к соответствующему среднему за период значению SF.

Для численной оценки и выявления особенностей проявления поверхностного эффекта и эффекта близости при проникновении электромагнитного поля в неоднородные биологические ткани использовалась специально разработанная математическая модель, реализованная в

компьютерной программе DC [5]. Изображение моделируемого объекта приведено на рис. 6.

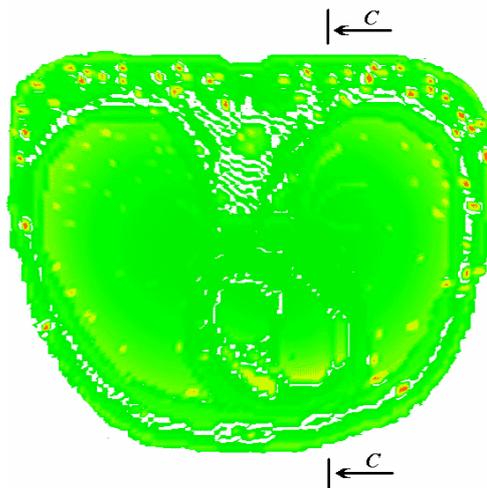


Рисунок 6. Модель тела человека (сечение на уровне VI грудного позвонка) для численного моделирования глубины проникновения электромагнитной волны.

На рисунке 7 показано распределение плотности тока по сечению С-С, для поперечного разреза туловища через позвоночный столб на уровне VI грудного позвонка (рис. 6), полученное при помощи численного моделирования в программе DC.

Очевидно, что в рассматриваемом частотном диапазоне (245 – 15400 МГц) происходит значительное изменение характера распределения плотности тока в биологических тканях, от практически пренебрежимо малого, по сравнению с размерами тела, проявления поверхностного эффекта, до резкого поверхностного эффекта.

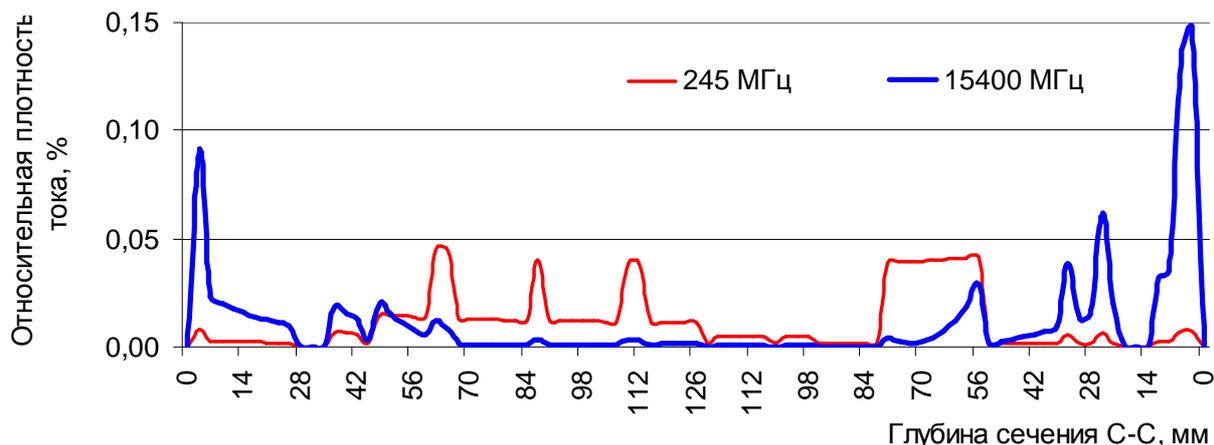


Рисунок 7. Распределение плотности ВЧ тока по сечению тела человека на частотах 245 и 15400 МГц.

На низких частотах (в рассматриваемом диапазоне) более глубокому проникновению электромагнитной волны способствует значительная переменность электропроводящих свойств биологических тканей и проявление эффекта близости. Изображенная на рисунке 8 диаграмма демонстрирует изменение эквивалентной глубины проникновения электромагнитной волны для некоторых тканей человека в рассматриваемом диапазоне частот.

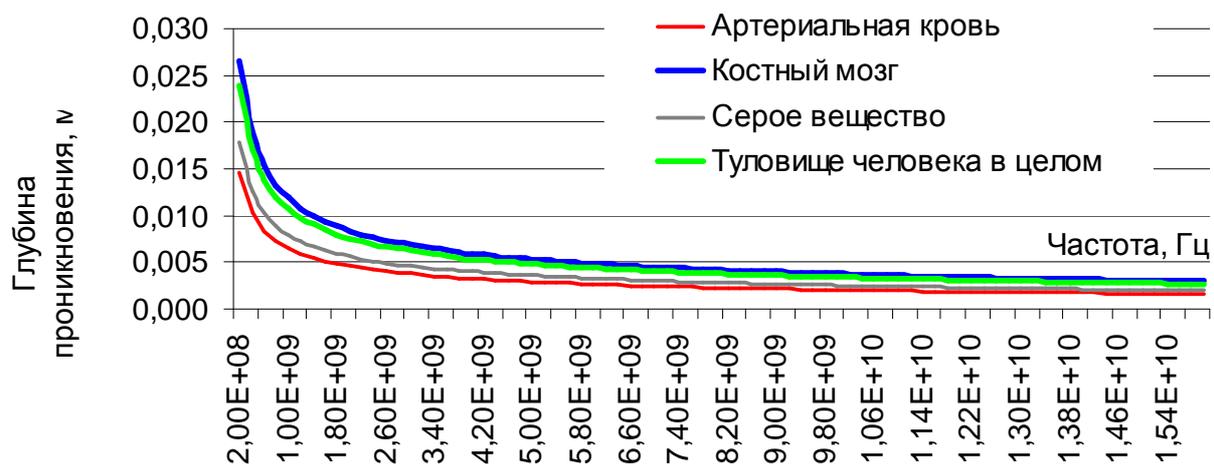


Рисунок 8. Эквивалентная глубина проникновения электромагнитного

поля для некоторых тканей человека.

Анализ принципов воздействия ЭМП на биологические ткани позволил выявить некоторые особенности:

– исследуемые частоты принадлежат области  $\gamma$ -дисперсии диэлектрической проницаемости биологических тканей ( $10^8 - 10^{12}$  Гц), в частотном диапазоне  $\gamma$ -дисперсии проявляется следующие особенные свойства: переориентация диполей молекул воды и разрушение водных кластеров, резонансные эффекты для полярных головок мембранных липидов [1, 2, 10, 11];

– разрушение водных кластеров внутри пор приводит к изменению подвижности мембранообразующих липидов и мембранной проницаемости [1, 2];

– на частоте  $\approx 10^8$  МГц, наблюдается теоретический максимум силы вызывающей эффект электровращения клеток (модель Рубина А.Б.), при минимуме диэлектрофоретической силы [10, 11], время резонансного поворота фосфолипидов ( $\approx 6 \cdot 10^8$  Гц [10]) близко к наблюдаемой частоте 606 МГц (SF606);

– стимулирование когерентного теплового движения полярных молекул внешним ЭМП приводит к совокупному изменению некоторых свойств биологических тканей [1, 2, 4, 8].

Таким образом, действие ЭМП оказывает влияние на организм на атомном, молекулярном и клеточном уровне. По мнению авторов наиболее значительным фактором, оказывающим в последствии влияние на состояние человека является изменение некоторых свойств клеточных мембран связанных с мембранным транспортом. В ходе исследований обострения состояний человека, показано, что решающее действие оказывает частота радиоизлучения,

а не его интенсивность, т.е. проявляются резонансные свойства отклика биологических тканей на внешний раздражитель – радиоизлучение.

### **Обсуждение и выводы**

Анализ зависимости числа клинических случаев от факторов внешней среды позволил выявить некоторые особенности совокупного воздействия рассматриваемых параметров на число клинических случаев с определенными диагнозами. В ходе работы практически не выявлено статистически значимого влияния рассматриваемых метеорологических данных, Лунных фаз и продолжительности светлого времени суток на клинические состояния. Корреляционные связи между: НПЗ и ТС на уровне (0,13); НПЗ и LTD на уровне (0,1); ОРВИ и АД на уровне (-0,11). При анализе влияния плотности потока солнечного радиоизлучения, выявлены значимые положительные корреляционные связи с клиническими случаями ОРВИ (значение корреляции 0,252 при частоте 606 МГц и 0,256 при частоте 4995 МГц), ГК (значение корреляции 0,23 при частоте 606 МГц и 0,261 при частоте 4995 МГц), НМК (значение корреляции 0,133 при частоте 4995 МГц), БА (значение корреляции -0,11 при частоте 606 МГц и -0,115 при частоте 2800· МГц). Моделирование эквивалентной глубины проникновения электромагнитной волны в биологические ткани показало, что рассматриваемый диапазон (от  $245 \cdot 10^6$  Гц до  $15,4 \cdot 10^9$  Гц) является областью перехода для характера проникновения ЭМП в ткани человека, от малого проявления поверхностного эффекта к резкому поверхностному эффекту. Анализ принципов влияния ЭМП из рассматриваемого диапазона на клинические состояния человека позволяет утверждать, что поток солнечного радиоизлучения оказывает значительное, воздействие на биологические ткани и организм человека в целом. Данное

действие имеет нелинейный спектр по частоте воздействующего радиоизлучения.

### **Список литературы**

1. Антонов В. Ф. Липидные поры: стабильность и проницаемость мембран // Соросовский образовательный журнал, 1998, №10, С.: 10-17.
2. Антонов В. Ф., Смирнова Е. Ю., Шевченко Е. В. Липидные мембраны при фазовых превращениях. М.: Наука, 1992. 125 с.: ил.
3. Владимирский Б. М. Активные процессы на Солнце и биосфера: Автореф. дис. д-ра физ.-мат.наук. – Пушино, 1997. – 28 с.
4. Гад С. Я., Крючков А. Н., Яшин А. А., Биофизика полей и излучений и биоинформатика. Монография. Под ред. Нефедова Е. И., Хадарцева А. А., Яшина А. А.—Тула: Тул ГУ. НИИ НМТ. Изд-во ГУИПП «Тульский полиграфист», 2000. – 286 с.: ил.
5. Гришенцев, А. Ю. Моделирование распределения плотности тока в сложном неоднородном проводнике // Ч 1. Научно-технический вестник СПбГУИТМО. Выпуск 29. Изд-во. СПбГУ ИТМО. 2006. С.: 87–94. 280 с.
6. Девятков Н. Д., Голант М. Б., Бецкий О. В. Особенности медико - биологического применения миллиметровых волн. // ИРЭ РАН. М. 1994 - 164 с.
7. Девятков Н. Д., Голант М. Б., Бецкий О. В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. // Радио и связь. М. 1991. – 168 с.: ил.
8. Нефедов Е. И., Протопопов А. А., Хадарцев А. А., Яшин А. А., Биофизика полей и излучений и биоинформатика: Монография, ч.1. Физико-биологические основы информационных процессов в живом веществе. – Тула: Изд-во ТулГУ, 1998. – 333 с.: ил.

9. Пономаренко Г. Н. Физиотерапия в косметологии. – СПб.: ВМедА, 2002. – 356 с.
10. Рубин А. Б. Биофизика. М: Наука. 2004. Т.2. 448 с.: ил.
11. Самойлов В. О. Медицинская биофизика: учебник для вузов. – 2-е изд., испр. И доп. – СПб.: СпецЛит, 2007. – 560 с.: ил.