

Институт Солнечно-Земной Физики СО РАН, Иркутск, Россия



Среднеширотные магнито-
ориентированные ионосферные
плазменные образования и их влияние на
работу систем дифференциальной
навигации GPS и радиointерферометров
с большой базой

Афраймович Э.Л.,

Астафьева Э.И., Ишин А.Б., Ясюкевич Ю.В.

GPS зондирование

$f_1 = 1575.42$ МГц

$f_2 = 1227.60$ МГц

Спутник
GPS PRN01

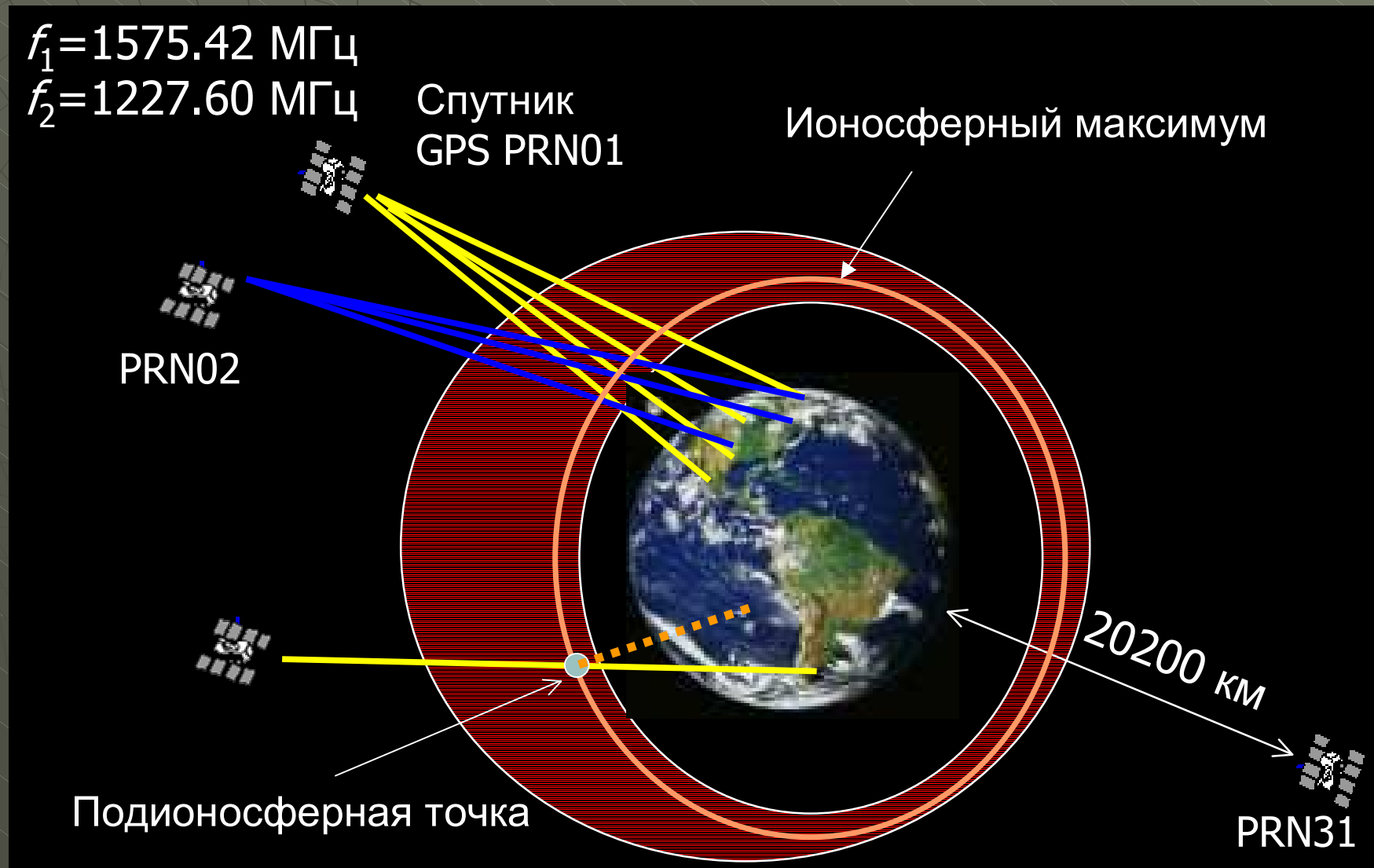
Ионосферный максимум

PRN02

Подионосферная точка

20200 км

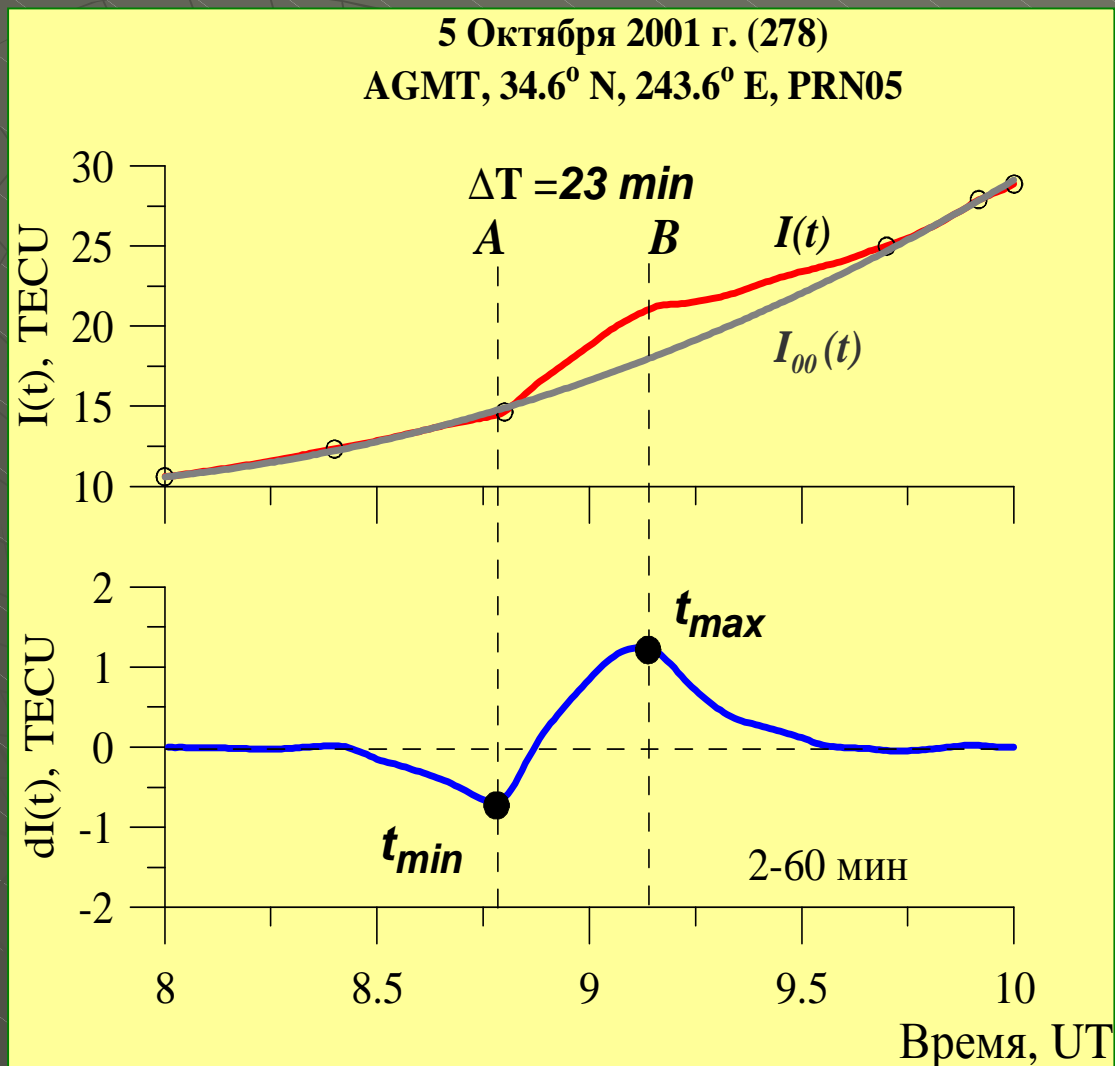
PRN31



Введение:

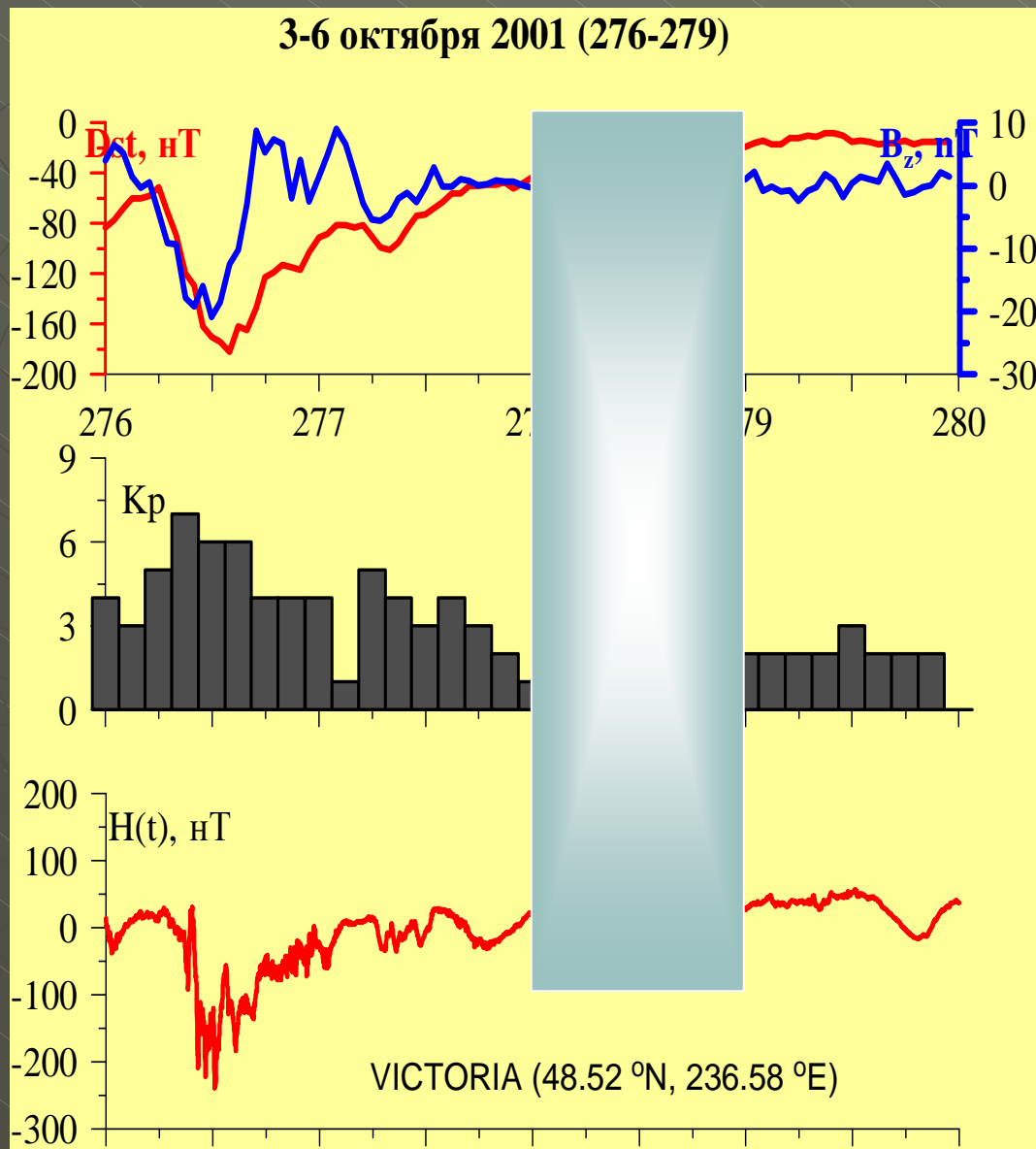
5 октября 2001 г. над Калифорнией между 08:00 и 18:00 UT ряд станций GPS, расположенных в Калифорнии, США ($220\text{--}260^\circ\text{E}$; $28\text{--}42^\circ\text{N}$), зарегистрировал большое число перемещающихся ионосферных возмущений необычного класса неволновой природы – изолированных ионосферных возмущений (ИИВ).

• Детектирование магнитоориентированных неоднородностей



Спайки проявляются в вариациях ПЭС в форме отдельного аperiodического возмущения ПЭС длительностью порядка 10-20 мин.

• Детектирование магнитоориентированных неоднородностей



Геомагнитная обстановка 5 октября 2001 может быть охарактеризована как слабовозмущенная, что может привести к некоторому увеличению уровня фоновых флуктуаций ПЭС. Однако, это не может вызвать какие либо крупномасштабные изменения электронной концентрации, типичные для геомагнитовозмущенной ионосферы.

• Детектирование магнитоориентированных неоднородностей

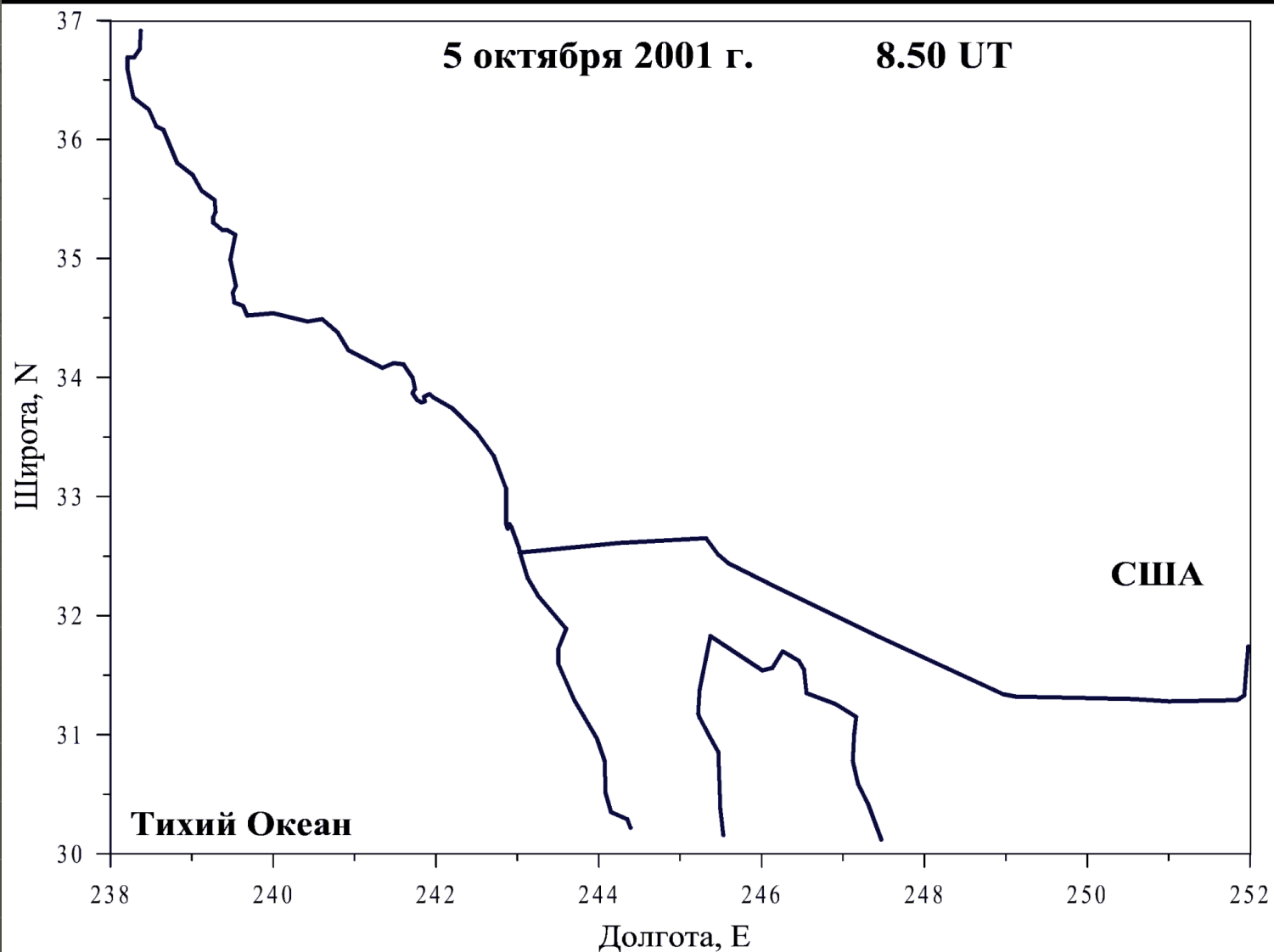
Согласно данным Интернет для данного региона США и рассматриваемого временного интервала 5 октября 2001 не было сильных геомагнитных возмущений, солнечных вспышек, наблюдаемых метеорологических явлений, землетрясений, мощных взрывов или запусков ракет, способных вызывать вариации ПЭС типа спайков.

Цель работы:

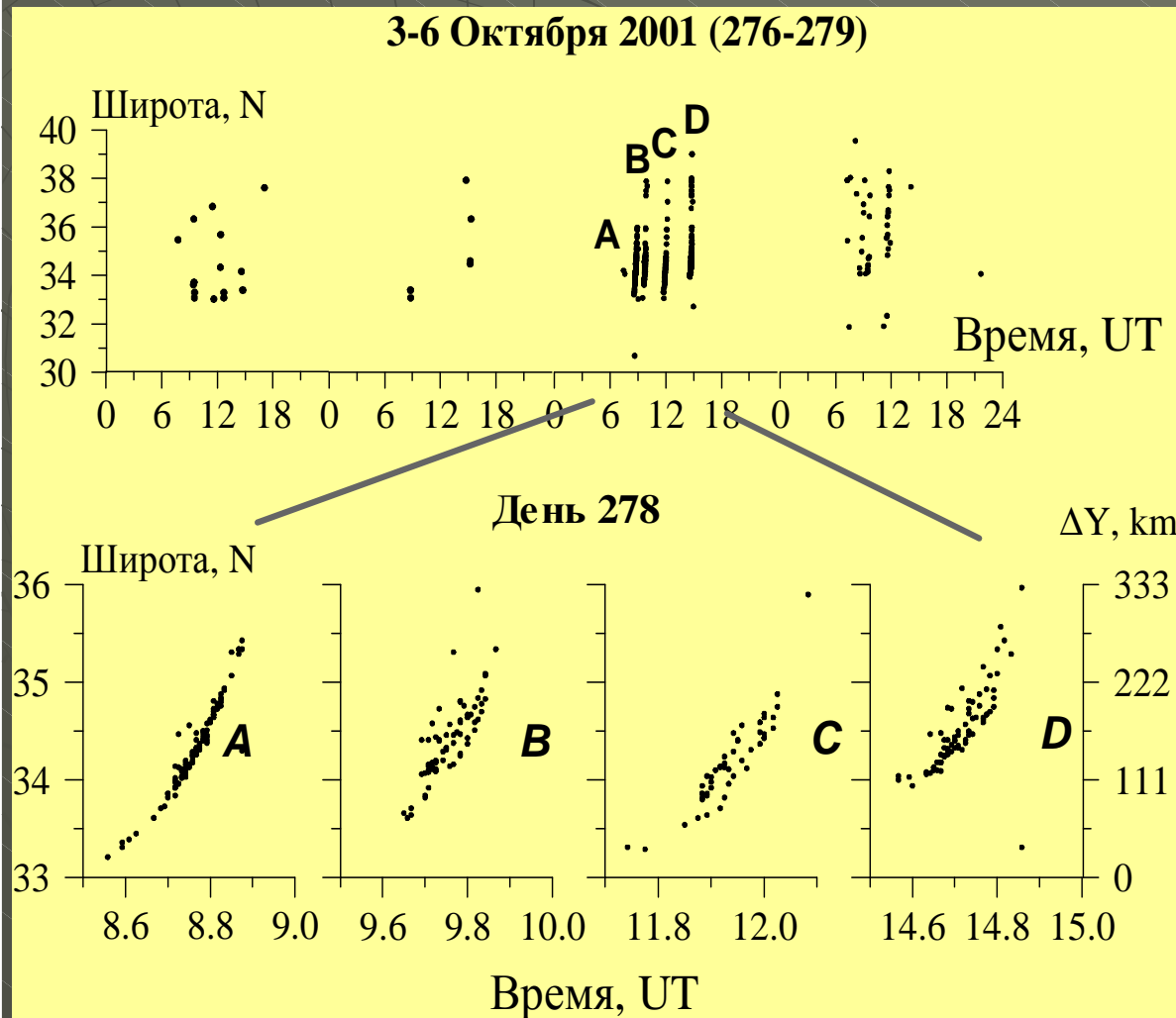
- 1) Разобраться в физической природе спайков.
- 2) Оценить влияние таких неоднородностей на работу дифференциальных систем навигации и радиоинтерферометров.

• Детектирование магнитоориентированных неоднородностей

1°N=110 км; отсчет времени= 0.00 мин
1°E=92.4 км; время местное=0.50 а.м.

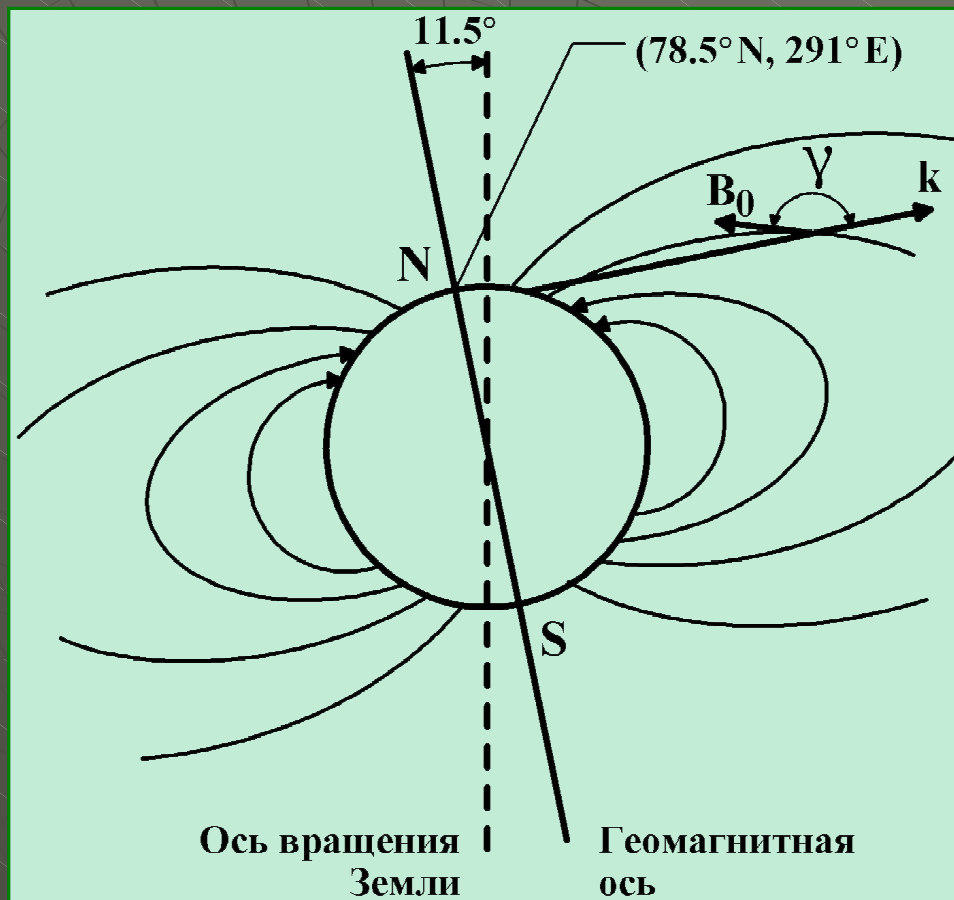


• Детектирование магнитоориентированных неоднородностей



Спайки
движутся на
север со
скоростью
порядка
 $\langle V \rangle = 160 \text{ м/с}$

Детектирование магнитоориентированных неоднородностей

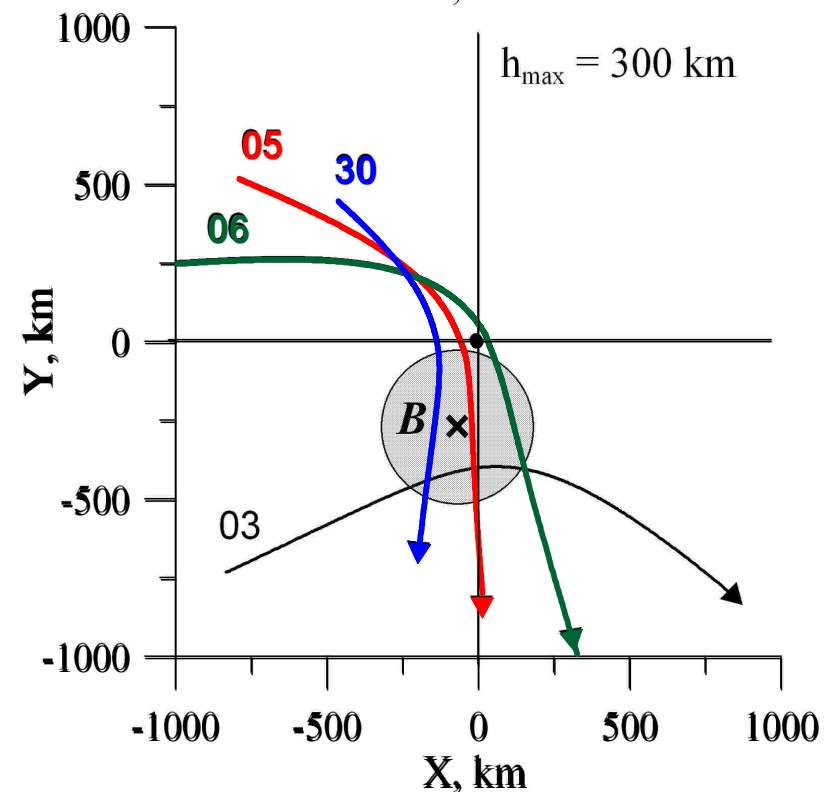
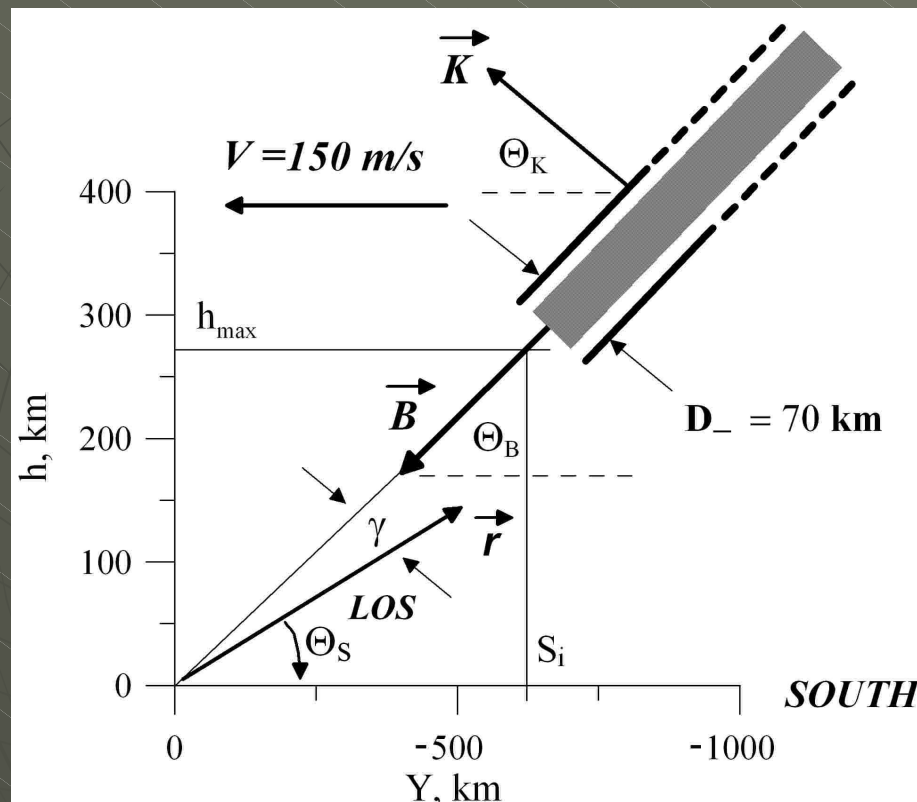


Далее для максимума каждого зарегистрированного спайка определяется угол между направлением на спутник и магнитным полем Земли на определенной высоте в ионосфере.

• Детектирование магнитоориентированных неоднородностей

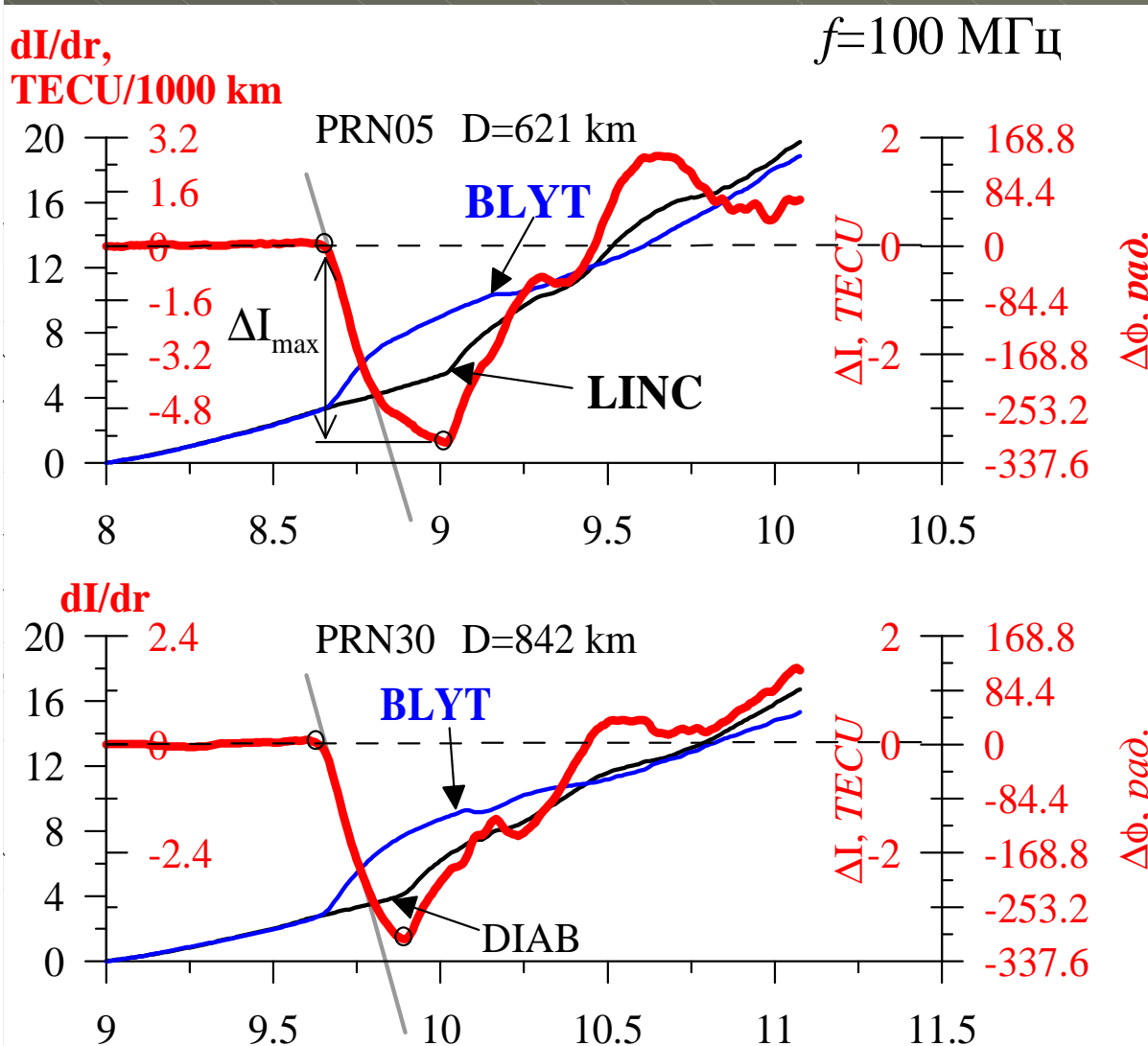
	A	B	C	D
PRN	5	30	6	3
ΔT, min	23	19	18	11
$\langle A_{\min} \rangle$, TECU	0.85	0.81	0.71	0.95
$dI(t)_{00}$, TECU	3.06	2.8	2.6	2.1
$\Delta I/I_0$, %	17	19	21	8
M	660	280	376	280
V, m/s	171	184	158	73
$\langle \alpha \rangle$, °	0	5	5	0
$\langle \theta \rangle$, °	22	27	24	20
C, rel. units	8.2	7.6	10.2	6.7
γ, °	6	13	22	36
D_+, km	70	66	71	23

• Детектирование магнитоориентированных неоднородностей



Геометрия зондирования такова, что спутник PRN 05 проходит наиболее близко к области магнитного зенита. Для него, соответственно, имеет место наименьший угол с вектором магнитного поля, при котором регистрируется спайк и максимальное отклонение ПЭС от фона.

• Детектирование магнитоориентированных неоднородностей



Вариация разности ПЭС от момента прихода спайка на южную до прихода спайка на северную станцию ΔI_{max} составляет ~ 4 TECU. Соответствующая ей разность фаз ~ 340 рад. Неучет 4 TECU в дифференциальных системах навигации приведет к ошибке определения координат ~ 1 м. Эта величина вполне сравнима с точностью современных дифференциальных систем и на порядок превосходит требования к точности разрабатываемых систем.

• Детектирование магнитоориентированных неоднородностей

GPS	LINC	BLYT	DIAB	BLYT	BEAT	AZRY	ВКАР	BBDM
Широта, °	37.6	33.6	37.9	33.6	37.0	33.5	35.3	34.6
Долгота, °	241.0	245.3	238.1	245.3	243.4	243.4	243.9	240.0
d, км	620.82		842.16		407.49		381.27	
ΔI_{\max} , TECU	3.62		3.59		3.3		2.25	
$\Delta\phi$, рад.	305.5		303		278.5		190	
G, TECU/°	0.89		0.84		0.94		3.16	
dI/dr (max), TECU/1000 km	5.83		4.26		8.1		5.9	
Ошибка угла прихода, угл. мин.	0.8		0.6		1.12		0.82	
ROT, TECU/мин.	0.33		0.37		0.37		0.4	
f_D , МГц	73		82.5		82.5		89	

Кажущееся изменение углового местоположения исследуемого источника при радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой изменится на величину $\sim 1'$. В то же время, угловое разрешение сверхточных VLBI систем может достигать нескольких угловых секунд.

Выводы:

Можно сделать вывод, что изолированные возмущения типа спайков, зарегистрированные 5 октября 2001 г. представляют собой проявления магнито-ориентированной неоднородности (ионосферного пузыря).

Магнито-ориентированные неоднородности в ионосфере приводят к значительно более существенным ошибкам по сравнению с потенциальным разрешением радиоинтерферометров со сверхдлинной базой (VLBI). При интерпретации данных VLBI подобные эффекты могут быть связаны с процессами происходящими в исследуемом объекте.

Вот почему для регистрируемого на основе VLBI излучения необходимо делать поправку на ионосферные эффекты и особенно эффектов МОН.

Благодарности

Авторы выражают благодарность А.В. Медведеву и А.П. Потехину за интерес к работе и плодотворные дискуссии. Мы также благодарны научным группам SOPAC и CORS за данные, которые были использованы в настоящей работе.

Работа выполнена при поддержке Фундаментальной исследовательской программы физического отделения РАН (Проект IV.12 «Современные проблемы радиофизики»), а также гранта РФФИ 07-05-00127.

GPS MONITORING GROUP

Отдел физики атмосферы, ионосферы и распространения
радиоволн

Институт Солнечно-Земной Физики СО РАН (г. Иркутск)

Спасибо за внимание!

Для дискуссии:

afra@iszf.irk.ru (Эдуард Афраимович)

yasukevich@iszf.irk.ru (Юрий Ясюкевич)

