

ПРАКТИЧЕСКОЕ  
ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ  
**ВОЛНОВЫХ**  
**НИЗКОЧАСТОТНЫХ**  
**ЭКСПЕРИМЕНТОВ**  
на ИК-19

В.И. Ларкина, Ю.Я. Ружин

# Введение

- Магнитосфера – гигантская природная лаборатория, в которой происходят разнообразные геофизические процессы.
- В магнитосферной плазме присутствуют электрическое и магнитное (геомагнитное) поля.
- Магнитосферная плазма представляет собою смесь частиц различных энергий от над тепловых до высоко- и сверх-высокоэнергичных частиц.

# Введение

- Здесь могут возбуждаться электромагнитные и электростатические волны, которые взаимодействуют с частицами плазмы и приводят к эволюции различных геофизических явлений.
- Плазма магнитосферы радикально отличается от лабораторной, где экспериментатор может поочередно вводить частицы, изменять поля, «разогреть» плазму и т.п. Кроме того, в лабораторной плазме имеются границы существенно влияющие на процессы в ней.

# Волны несут информацию о параметрах плазмы

- Интенсивность и спектр низкочастотных излучений, регистрируемых на высотах внешней ионосфере Земли, зависят от свойств среды (плотности и температуры окружающей спутник ионосферной плазмы), в которой они возбуждаются и распространяются.
- Волны зависят от потоков энергичных частиц, проникающих в разные области пространства и приводящих к генерации этих излучений и от
- Геомагнитного поля, определяющего условия распространения волн и от
- Состояния квазизахваченных резонансных электронов, возбуждающих низкочастотные излучения

# На спутнике «Интеркосмос 19» регистрировались:

- Низкочастотные излучения и сигналы в диапазоне 100 Гц – 20 кГц,
- Регистрировались магнитная и электрическая компоненты поля волн.
- Скорость счета энергичных электронов с энергиями более 40 кэВ и выше.
- Плотность и температура ионосферной плазмы

# АППАРАТУРА

- Эксперименты по исследованию низкочастотных излучений в плазмосфере и магнитосфере Земли с помощью искусственных спутников Земли проводятся с 1962 года
- Обычно метод регистрации состоит в комбинации широкополосного приема с выполнением на борту ИСЗ спектрального анализа в окрестности нескольких частотных линий.
- Широкополосная регистрация пригодна для исследования дискретных сигналов и детального изучения спектра шумовых и квазишумовых излучений

# АППАРАТУРА

- Использование бортовых спектроанализаторов дает полезную информацию об абсолютной интенсивности и о пространственном распределении излучений,
- но при использовании одного спектроанализатора без широкополосной регистрации трудно определить типы излучений.
- В докладе основное внимание будет уделено анализу шумовых излучений

# АППАРАТУРА

- Аппаратура волновых комплексов была однотипной и во всех экспериментах сохранялись ее основные параметры: чувствительность, динамический диапазон, частоты настройки каналов, относительные полосы пропускания каналов, постоянные времени детекторов заряда и разряда
- Это позволило накопить однородный материал пригодный для статистической обработки и сопоставления вариаций амплитуды электромагнитных шумовых излучений при различных условиях геомагнитной и солнечной активности.



# **Почему исследования низкочастотных излучений во время геомагнитной бури привлекают интерес**

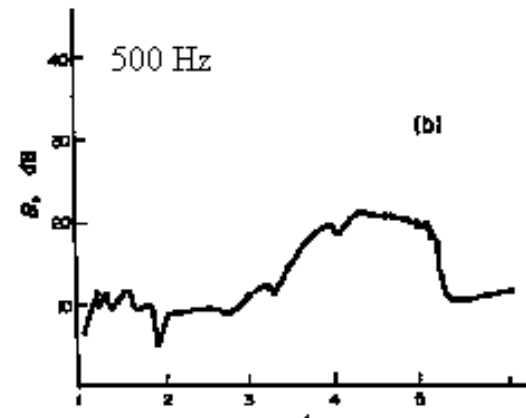
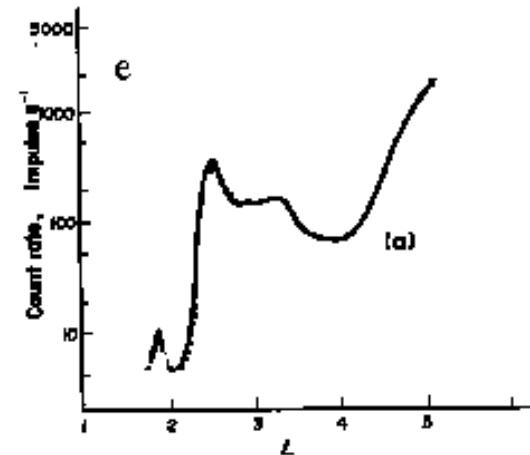
- Уровень естественных низкочастотных излучений в магнитосфере и внешней ионосфере значительно изменяется в зависимости от состояния магнитосферной плазмы, изменения наиболее существенны во время геомагнитных возмущений
- Изменяется положение плазмопаузы и в связи с этим перераспределяется плотность электронов и ионов
- Существенно меняется и распределение электронов средних энергий

# Низкочастотные излучения и магнитная буря

- Во время геомагнитной бури в магнитосфере появляются новые порции энергичных электронов и протонов
- Впервые появляясь на ночной стороне магнитосферы, энергичные частицы дрейфуют на дневную сторону
- Пополняют радиационные пояса.
- С этим связано изменение условий возбуждения электромагнитных низкочастотных излучений
- Рассмотрим типичные вариации интенсивности низкочастотных шумовых излучений и потоков электронов на примере конкретной магнитной бури

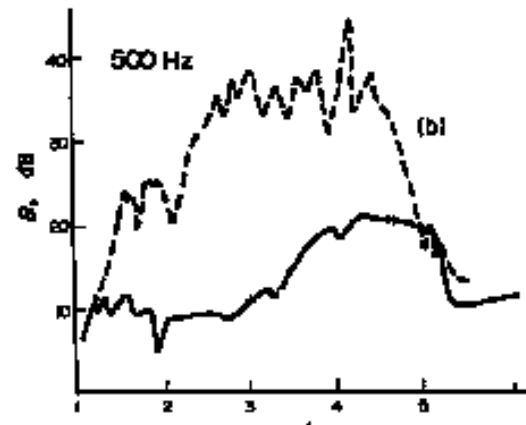
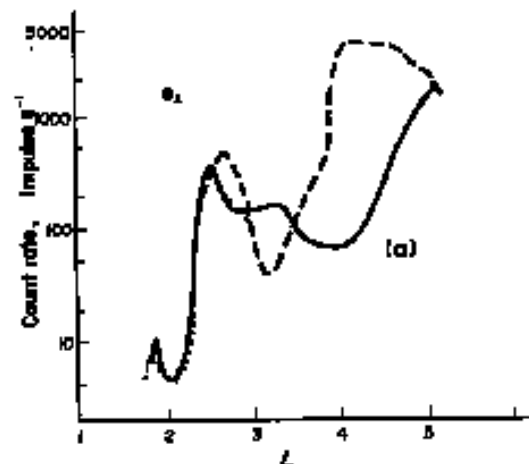
# Вариации шумов и квазизахваченных электронов в спокойное время

- Типичная структура радиационных поясов:
- видны внутренний и внешний радиационные пояса и зазор между ними
- низкочастотные шумы максимальны в области зазора между поясами внутренней границей внешнего пояса



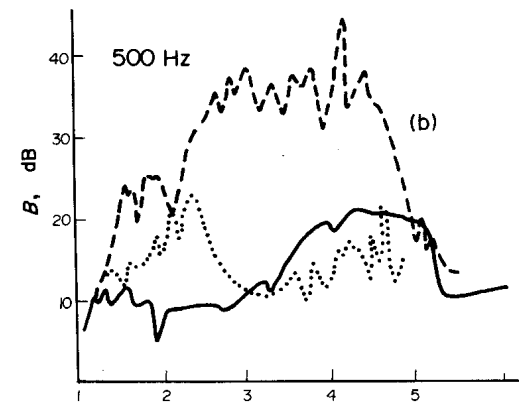
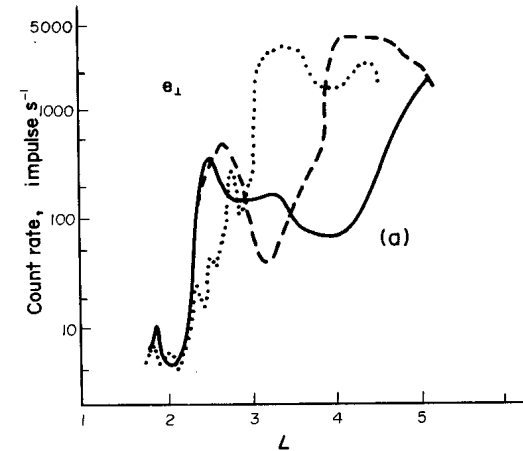
# Вариации шумов и квазизахваченных электронов во время развития бури

- Потоки электронов увеличились, граница внешнего радиационного пояса сдвинулась ближе к Земле, зазор между поясами сузился.
- Интенсивность шумов значительно возросла
- Максимум шумов передвинулся ближе к Земле
- Также, как и перед бурей, наиболее интенсивные шумы наблюдались в области зазора между поясами и в области внутренней границы внешнего радиационного пояса
- В этой области также были зарегистрированы интенсивные потоки высыпавшихся электронов



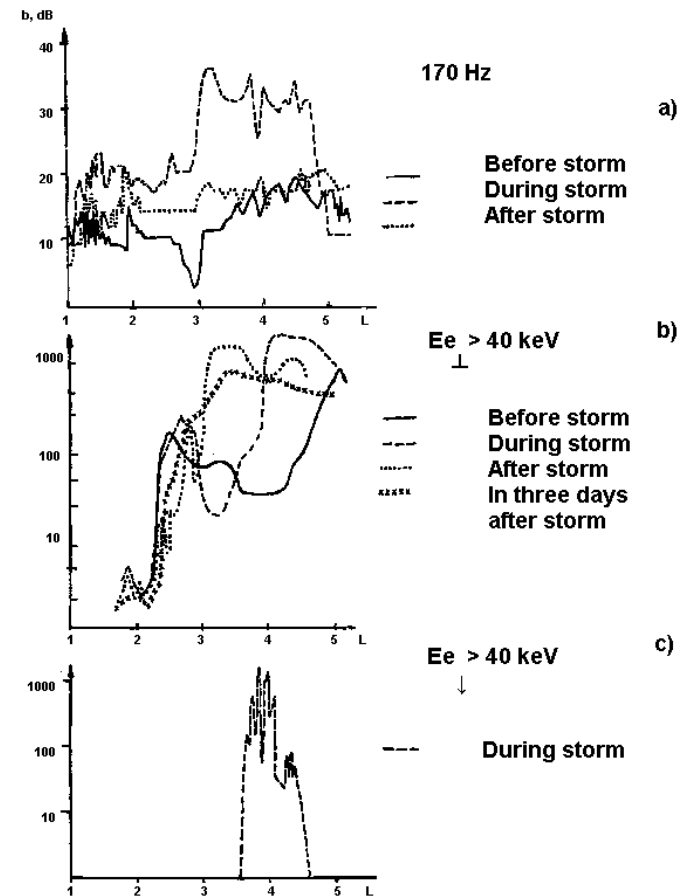
# Вариации шумов и квазизахваченных электронов во время фазы восстановления

- Потоки электронов остаются все еще достаточно высокими
- Начинается формирование «нового» зазора между поясами
- Интенсивность шумов уменьшается, максимум шумов наблюдается на  $L=4.5-5$ .
- Также как и ранее, шумы максимальны в области зазора и внутренней границы внешнего радиационного пояса



# Комплексная картина развития геомагнитной бури в ОНЧ/КНЧ шумах

- Область возбуждения низкочастотных шумов в экваториальной магнитосфере испытывает пространственные перемещения одновременно с радиационными поясами, следуя за так называемой диффузионной волной.
- На основании сопоставления перемещения максимумов интенсивности шумов и плотности потоков энергичных электронов различных энергий определена скорость диффузионной волны разных энергетических компонент в разные фазы бури ( $\sim 6500$  км/ч).



# Комплексная картина развития геомагнитной бури в ОНЧ/КНЧ шумах

- Во время геомагнитной бури происходит
- Пополнение радиационных поясов порциями новых «свежих частиц»,
- -пространственное движение радиационных поясов, высыпание электронов и, как следствие,
- возбуждение низкочастотных излучений и
- движение в пространстве области генерации низкочастотных шумов.
- То есть вариации интенсивности низкочастотных излучений совместно с вариациями плотности потока энергичных электронов отражают процессы происходящие в экваториальной области магнитосферы: пополнение радиационных поясов, возбуждение низкочастотных шумов и потери частиц из радиационных поясов.

# Комплексная картина развития геомагнитной бури в ОНЧ/КНЧ шумах

- По результатам исследований оценены пространственно-временные изменения области генерации шумов:
- во время возмущений происходит перемещение максимума излучений ближе к Земле,
- во время восстановительной фазы бури происходит обратное перемещение, максимум отдаляется от Земли.
- Минимум, до которого смещается максимум излучений и скорость этих перемещений, зависят от мощности бури.
- Получены пространственно временные вариации и средние характеристики изменения амплитуды шумовых излучений в ходе развития магнитных бурь



# Усредненные характеристики вариаций интенсивности шумов во время магнитных бурь

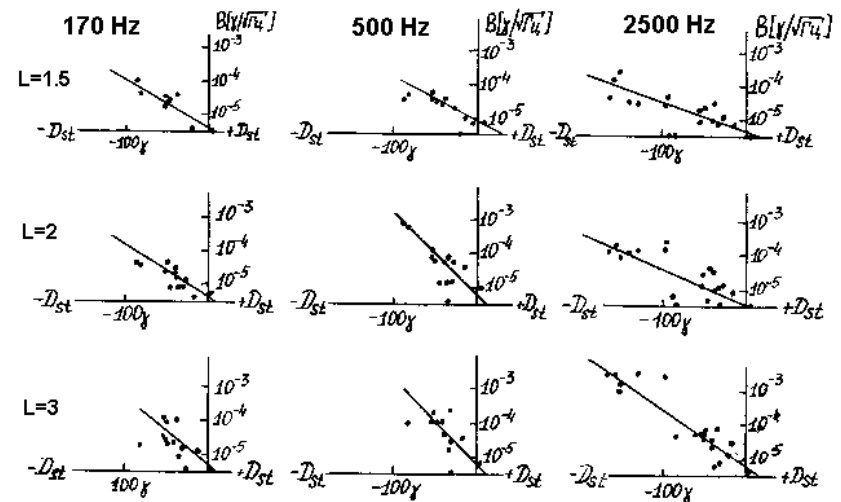
Характеристика магнитной бури	Максимальная интенсивность $\gamma/\sqrt{\Gamma\text{ц}}$	Минимальная L оболочка, до которой спускается максимум шумов	T, дни, время, в течение которого максимум шумов возвращается L=4-5
Малая	$<10^4$	3.5	-
Средняя	$\sim 10^4$	2.5	1.5-2
Большая	$\geq 5 \cdot 10^3$	2-2.5	$\sim 4$

# Результаты статистических исследований

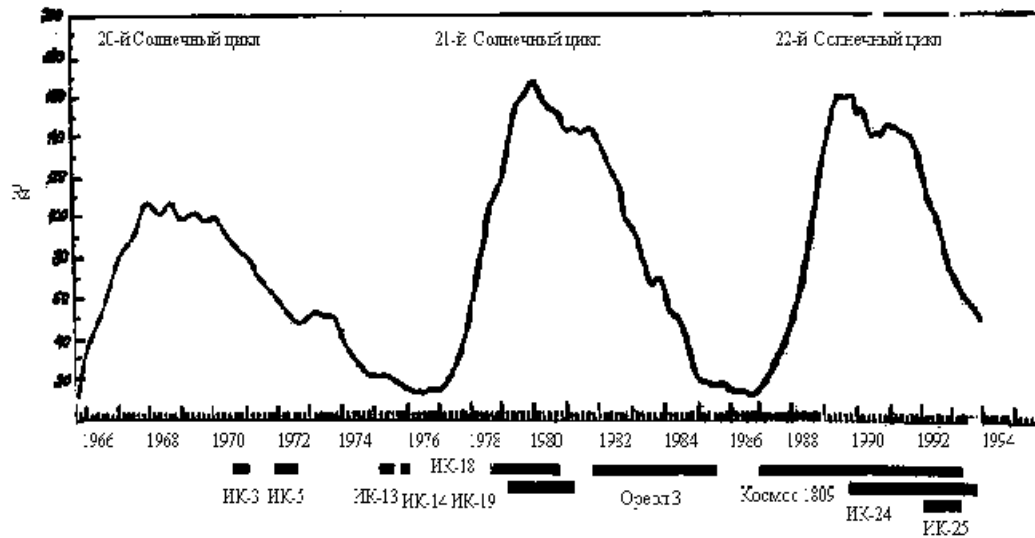
- В качестве показателя уровня возмущенности использованы Dst вариации – усредненная по долготе величина возмущения магнитного поля в средних широтах.
- Наиболее полные данные по волновым экспериментам относятся к плазмосфере, спутники «Интеркосмос» летали на высотах внешней ионосферы, поэтому использование данных Dst вариаций вполне оправдано

# Результаты статистических исследований: Интенсивность шумов и Dst-вариации

- Не смотря на особенности пространственно-временных изменений интенсивности шумов присущих каждой конкретной буре, существует общая для всех бурь тенденция увеличения уровня шумов
- Средняя амплитуда КНЧ излучений растет линейно с увеличением Dst

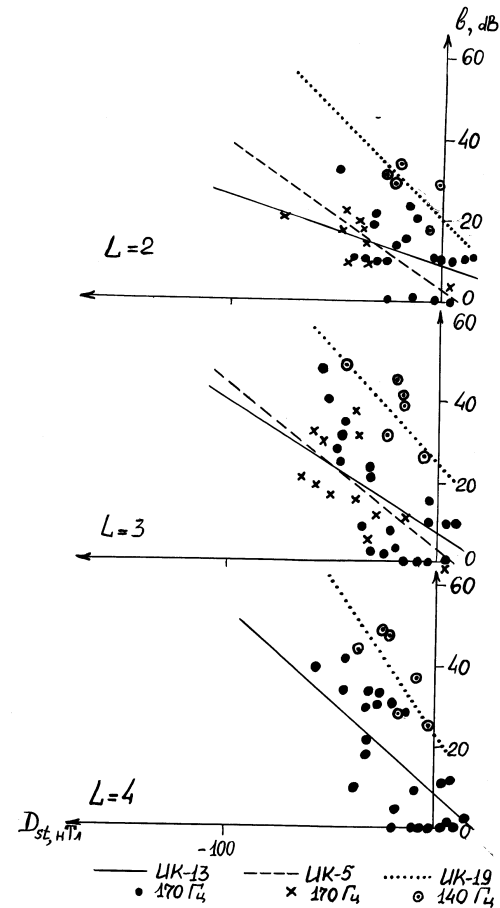


# Результаты статистических исследований: Шумы и солнечная активность



# Результаты статистических исследований: Шумы и солнечная активность

- Интенсивность низкочастотных шумовых излучений на высотах внешней ионосферы зависит от уровня солнечной активности
- Интенсивность излучений в максимуме солнечной активности выше, чем в минимуме.
- Скорость роста амплитуды излучений с развитием геомагнитной возмущенности зависит от уровня солнечной активности, и увеличивается с повышением солнечной активности



# Результаты статистических исследований: Шумы и солнечная активность

Известно, что квадрат интенсивности плазмосферных шумовых низкочастотных излучений пропорционален:

$$b^2 \sim N_0(dN^2/dt),$$

где  $N_0$  – концентрация холодной плазмы,  
 $dN^2/dt$  - скорость притока энергичных частиц в область возбуждения.

- Рост концентрации плазмы и увеличение притока энергичных частиц должны приводить к увеличению  $b^2$ .

# Результаты статистических исследований: Шумы и солнечная активность

- Известно, что возбуждение волн возможно при условии:
- $\gamma = \Omega \eta A > 0$ ,
- где  $\gamma$  - инкремент неустойчивости,  $\Omega$  - гирочастота электронов,
- $\eta$  - число частиц вступающих в резонансное взаимодействие,
- $A$  - анизотропия функции распределения электронов,  $\Omega$  и  $\eta$  всегда положительны, следовательно,  $\gamma > 0$ , если  $A > 0$ .
- Из литературы известно, что днем анизотропия выше, чем ночью. Можно предположить, что при усилении солнечной активности анизотропия функции распределения электронов возрастает, увеличивается также и число частиц, вступающих в резонансное взаимодействие. Все это приводит к тому, что легче выполняется условие возбуждения волн, и интенсивность возбуждаемых волн должна быть больше.

# ОНЧ/КНЧ шумы и геомагнитная активность

- Низкочастотные излучения отражают процессы перестройки магнитосферной плазмы во время геомагнитных возмущений и бурь:
- Пополнение и потери энергичных частиц в радиационных поясах,
- Перемещение радиационных поясов (диффузионная волна) и
- Перемещение плазмопаузы.
- Электромагнитные низкочастотные шумы могут быть своеобразным индикатором солнечной активности и состояния магнитосферы.



# Литература:

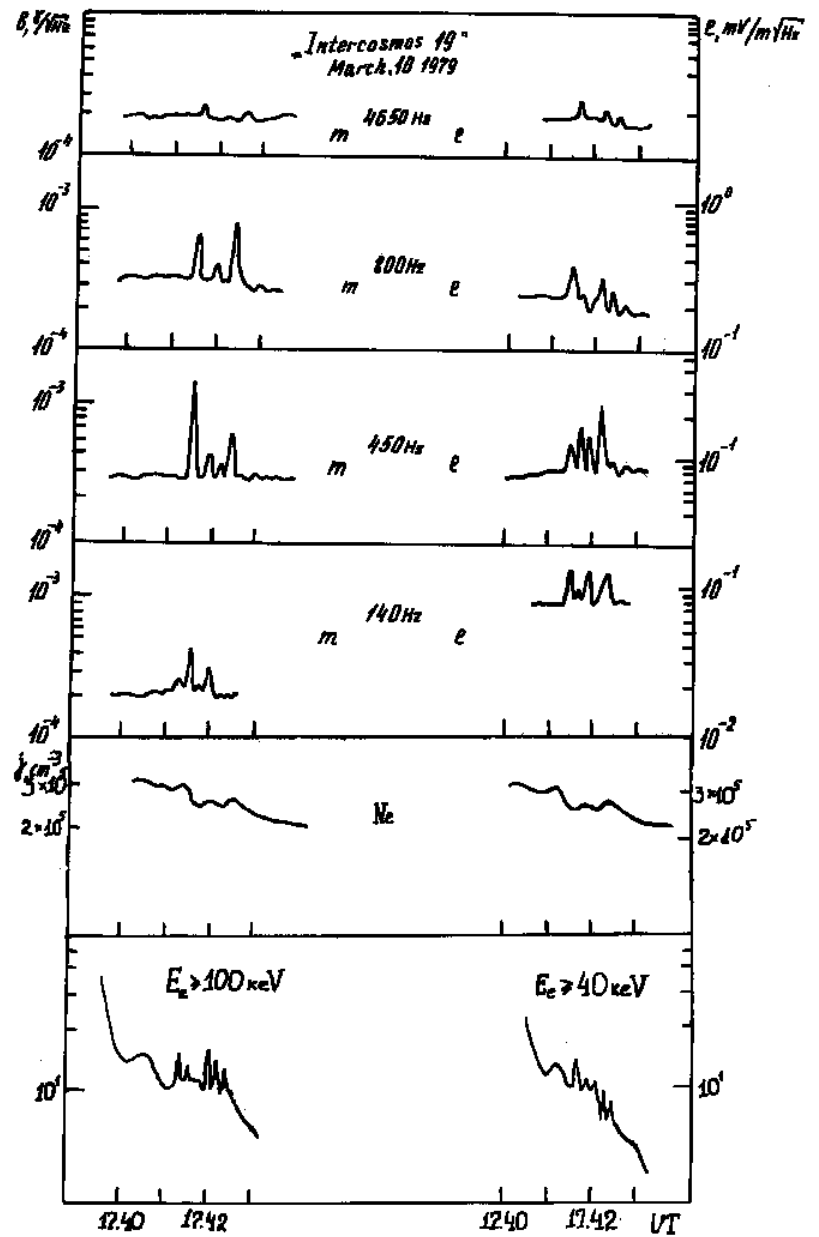
- В.И.Ларкина., Я.И. Лихтер. Плазмосферные шумовые излучения во время геомагнитных бурь //Геомагнетизм и аэрономия. 1981. т.21, №4. с. 661-667.
- Larkina V.I., Likhter Ja.I. Storm-time variations of plasmaspheric ELF hiss //J. Atm. Terr. Physics. 1982. Vol.44, №5. P.415-423
- Larkina V.I. Monitoring of Environment by Means of the Low-Frequency Radio Noise //Fundamental Space Research. Sunny Beach, Bulgaria, September 21-28, 2008. P.207-210
- Ларкина В.И. Низкочастотные шумы на высотах внешней ионосферы и солнечная активность //Сборник «Солнечно-земная физика» 2008. г. Новосибирск С.264-267.
- Ларкина В.И. Развитие геомагнитной бури в ОНЧ –шумах //Геомагнетизм и аэрономия. 2010. Т. 50, № 2

# Низкочастотные шумы и процессы в литосфере

- В последние годы появилось много публикаций, которые с той или иной степенью достоверности, описывают аномалии параметров ионосферной плазмы, связанные с процессами в литосфере.

# Низкочастотные шумы и сейсмическая активность

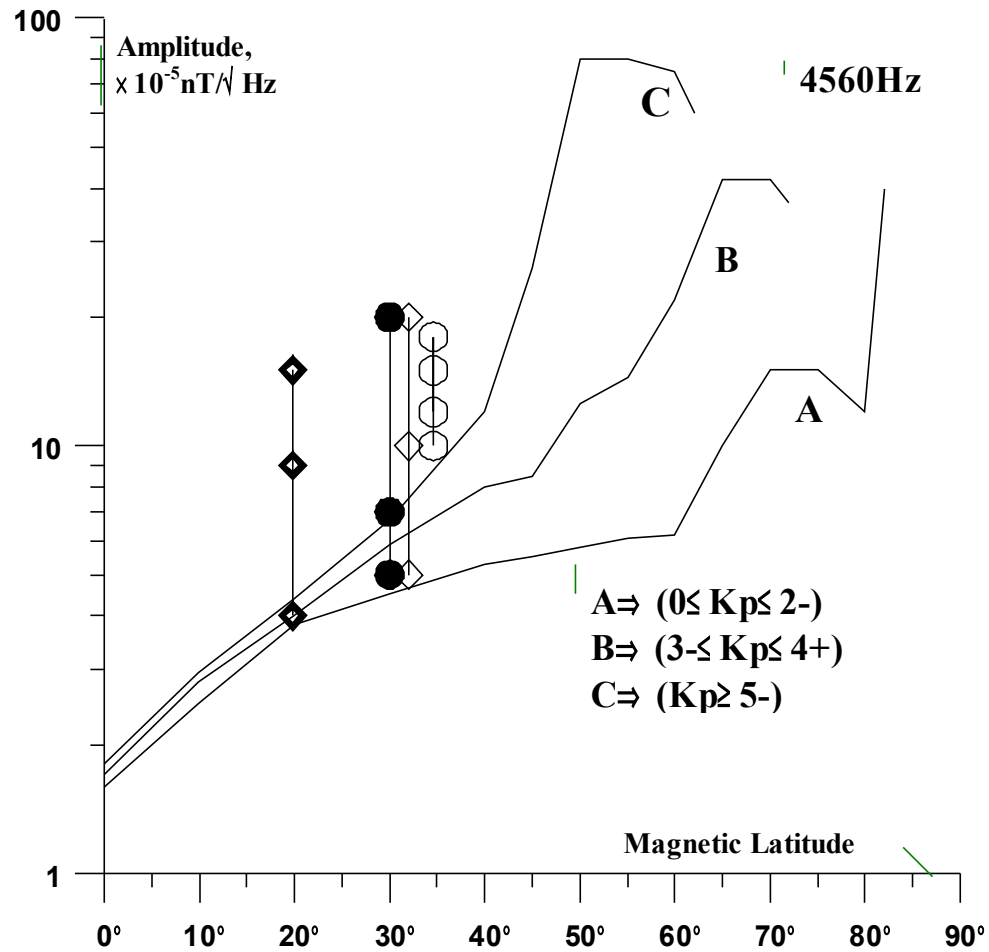
- На высотах внешней ионосферы над эпицентрами сильных землетрясений было обнаружено
- резкое увеличение амплитуды магнитной и электрической составляющих поля низкочастотных электромагнитных шумов во внешней ионосфере за несколько часов до момента главного сейсмического удара,
- Излучение носит импульсный характер и наиболее интенсивно на частотах ниже 1 кГц.
- Показана комплексная картина изменения параметров ионосферной плазмы над эпицентром землетрясения



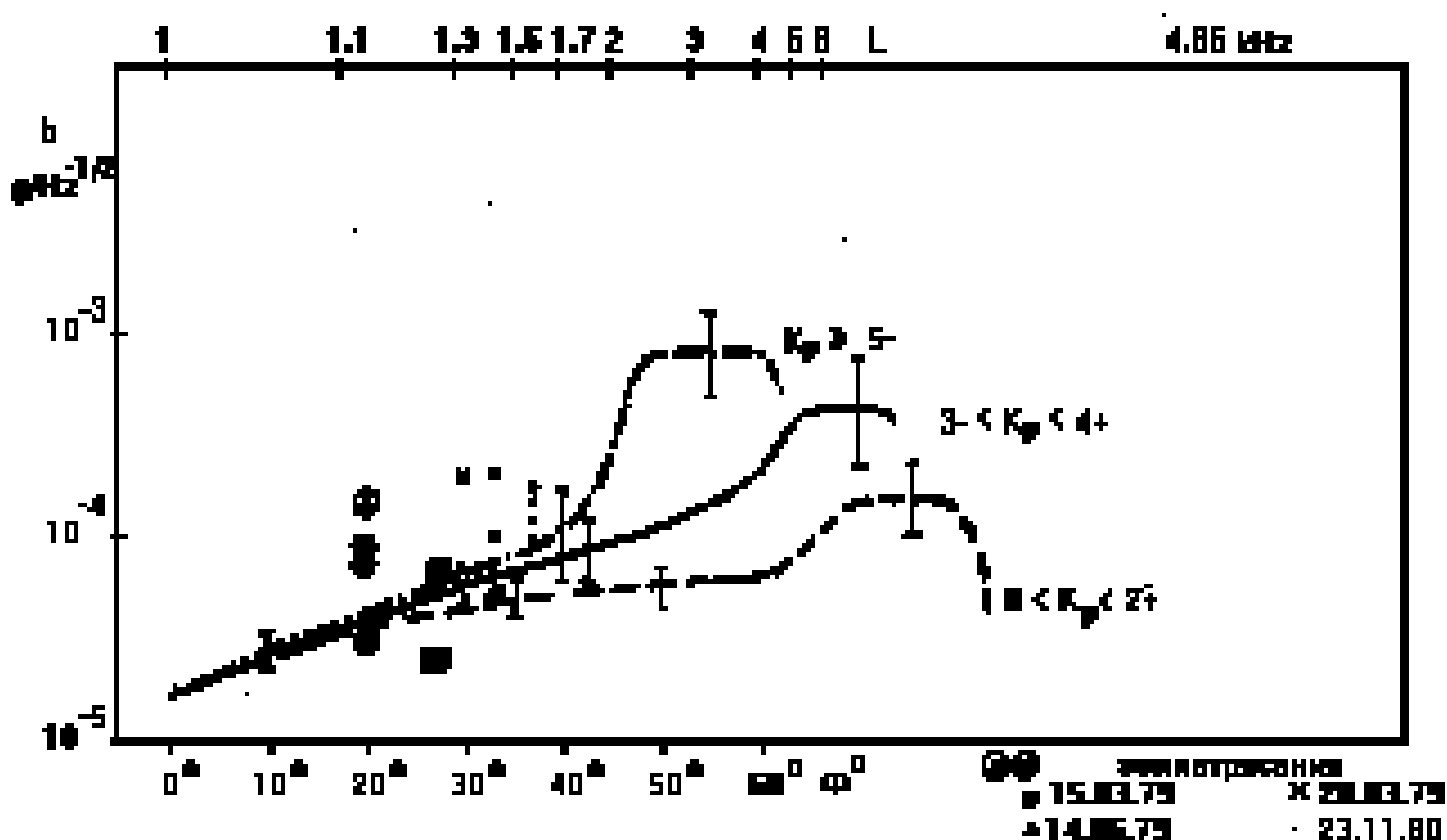
# Низкочастотные шумы и сейсмическая активность

- До момента землетрясения излучение имеет электромагнитный характер,
- наблюдаются и магнитная и электрическая составляющие,
- после землетрясения излучение носит электростатический характер, регистрируется только электрическая компонента поля излучений.
- Достоверность наблюдаемого эффекта достаточно высока

# Достоверность наблюдаемого эффекта



# Достоверность наблюдаемого эффекта



# Пространственно-временные размеры зон наблюдения сейсмо-ионосферных аномалий на высотах верхней ионосферы

- Определены пространственно-временные размеры зоны резкого изменения параметров ионосферной плазмы над областями подготовки главного сейсмического удара (момента землетрясения).

Параметр	Диапазон	Размер зон	Время (до)
Волны	КНЧ/ОНЧ	$\Delta\varphi = \pm 3^\circ$ $\Delta\lambda = \pm 60^\circ$	Несколько часов
Электроны	$E_e \geq 40$ кэВ	0.1 L	2.5-3 часа
Плотность плазмы		$\pm 3^\circ$	Сутки

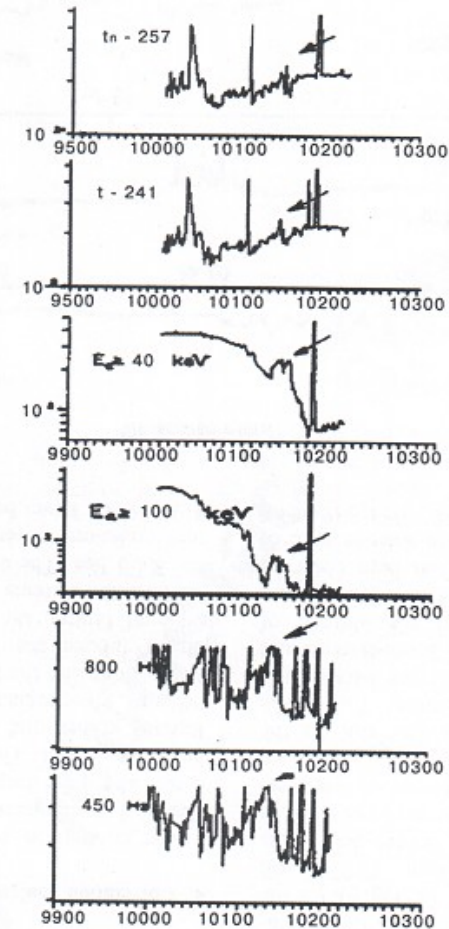


# Отклик ионосферной плазмы зарегистрирован над зоной эпицентра и в магнито-сопряженной полшарии.

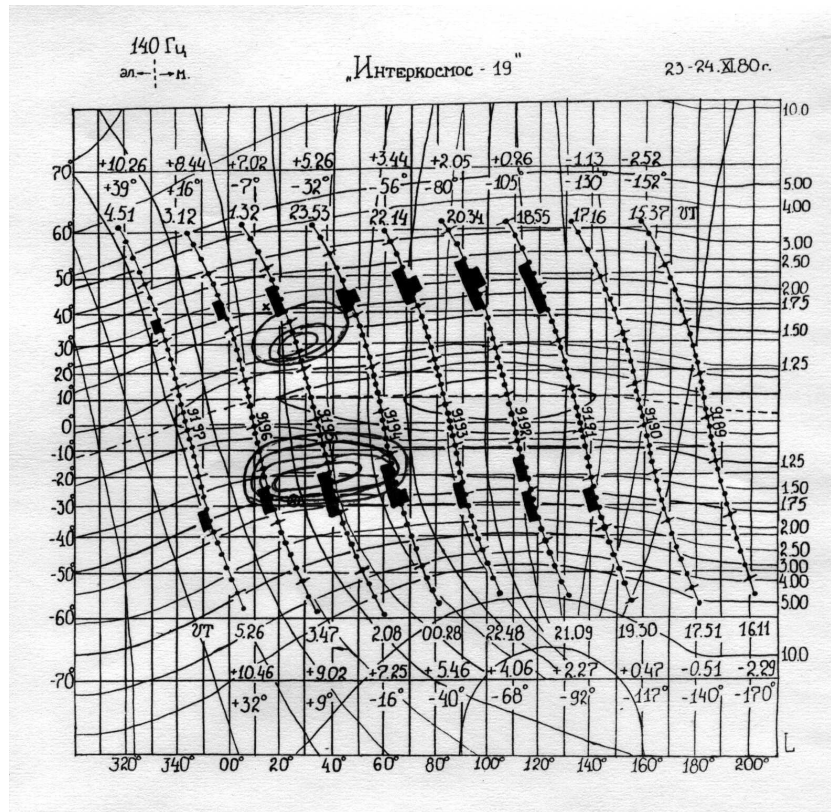
- Correlation coefficient of the VLF emission ( $f=400\text{Hz}$  and  $f=800\text{Hz}$ ) and energetic particles ( $E>40\text{ keV}$  and  $E>100\text{ keV}$ ) burst

Parameters	Correlation	coefficient
	27 points	70 points
40 keV/100 keV	0.9382	0.9367
450 Hz/800 Hz	0.9400	0.8860
40 keV/450 Hz	0.5630	0.6400
100 keV/450 Hz	0.5359	0.5925
40 keV/800 Hz	0.6190	0.7190
100 keV/800 Hz	0.5900	0.6461

- Сигналы захватываются магнитным полем и гидируются вдоль силовых линий магнитного поля в магнитосопряженную область



# Отклик ионосферной плазмы зарегистрирован над зоной эпицентра и в магнито-сопряженном полушарии.



- November 23, 1980 (t=18:34 UT;  $\phi = 41,1^\circ$  N  $\lambda = 15^\circ$ ,  $3E \neq M = 6,7$ ; H=33 km; LT=19,34)
- Обнаружена хорошая сопряженность всплесков сигналов в северном и южном полушариях
- Таким образом. при подготовке землетрясения возбуждается вся плазмосфера над эпицентром землетрясения, и в магнитосопряженной области также наблюдаются шумы и потоки частиц.

## **Построена картина временного развития электромагнитных и электрических явлений, сопровождающих проявление сейсмической активности**

- - за много дней, а возможно и месяцев, появляются возмущения электротеллурического поля, с развитием событий в очаге увеличивается амплитуда и изменяется характер колебаний,
- - затем начинают регистрироваться возмущения геомагнитного поля, далее появляются возмущения атмосферного электрического потенциала,
- - за несколько часов или дней появляются вариации - увеличение амплитуды естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) по наземным данным,
- - за десятки минут – часы появляются геомагнитные пульсации P S (0,02-1 Гц),
- - за десятки минут – часы увеличивается интенсивность электромагнитных излучений (ЭМИ) на спутниковых высотах,
- - появляются световые эффекты.

# Комплексный характер отклика ионосферы на землетрясение

- Результаты регистрации параметров ионосферной плазмы: вариаций интенсивности низкочастотных излучений, плотности потока энергичных электронов и плотности и температуры ионосферной плазмы свидетельствуют о комплексном отклике ионосферной плазмы на процессы подготовки землетрясений.
- Установлено, что процессы подготовки землетрясений сопровождаются изменениями параметров ионосферной плазмы:
  - -интенсивности низкочастотных излучений,
  - -плотности потока квазизахваченных и высыпающихся электронов и
  - -изменениями плотности и температуры ионосферной плазмы.

# **А.С. 1171737**

- Локальные возмущения параметров ионосферной плазмы эффектами сейсмической активности могут быть использованы для краткосрочного предсказания землетрясений совместно с комплексом параметров регистрируемых на поверхности Земли.
- В соответствии с выше изложенным представляется оптимальной реализация спутникового мониторинга сейсмоионосферных предвестников землетрясений.
- **Авторское свидетельство А.С. 1171737 «Способ прогнозирования землетрясений»** Авторы: Мигулин В.В., Ларкина В.И., Молчанов О.А., Наливайко А.В.

# **A.C. 1171737**

- Спутниковый комплекс оснащается аппаратурой измеряющей одновременно и магнитную и электрическую компоненты поля низкочастотных излучений
- Полученные результаты фиксируются штатной ТМ спутника и передаются на Землю
- Принятая информация обрабатывается на компьютере по специальной программе.

# А.С. 1171737

- В ходе обработки по специальной программе выделяют естественные излучения,
- Из рассмотрения исключают пространственные зоны вблизи области проекции внутренней границы внешнего радиационного пояса и примыкающей к нему части зазора между радиационными поясами,

# А.С. 1171737

- Выделяют области устойчивого наблюдения (не менее 1-2 минут) всплесков индуцированных сигналов,
- По наличию зон судят о присутствии сейсмоопасного источника.
- Программа для отбора, получения и использования данных для прогнозирования землетрясений по приведенной выше методике разработана и внедрена в ИЗМИРАН.



# Литература:

- Ларкина В.И., Наливайко А.В., Гершензон Н.И., Гохберг М.Б., Липеровский В.А., Шалимов С.Л. Наблюдения на спутнике «Интеркосмос 19» ОНЧ излучений, связанных с сейсмической активностью //Геомагнетизм и аэрономия. 1983. Том 23, № 5. С. 842-846
- Ларкина В.И., Мигулин В. В., Молчанов О.А. и др. Некоторые статистические особенности возбуждения низкочастотных излучений в верхней ионосфере над районами землетрясений //Геомагнетизм и аэрономия. 1988. Том 28, № 5. С. 812-817.
- V.I.Larkina, V.V.Migulin, O.A.Molchanov, I.P.Kharkov, A.S.Inchin, V.B.Schvetcova Some statistical results on very low frequency radiowave emissions in the upper ionosphere over earthquake zones. Phys. Earth Planet. Inter., 1989. v.57. P. 100-109.

# Литература:

- Ю.И.Гальперин, В.А.Гладышев, Н.В. Джорджио, [В.И.Ларкина](#), М.М. Могилевский, Высыпание энергичных захваченных частиц в магнитосфере над эпицентром готовящегося землетрясения //Космические исследования. 1992. Том 30, Вып 1. С.89-106.
- Yu.Ya. Ruzhin, [V.I. Larkina](#) Magnetic conjugation and time coherency seismoionosphere VLF bursts and energetic particles //Proceeding of thirteenth International Wroclaw Symposium on Electromagnetic Compatibility June 25-28, 1996. Poland. Wroclaw. P.645-648.
- [Larkina V.I.](#), Ruzhin Yu.Ya., Mineev Yu.V., Afonin V.V. INVESTIGATION OF THE PLASMA DISTURBANCES AT THE SATELLITE ORBIT OVER EARTHQUAKE EPICENTRE // Geomagnetic Field and Ionosphere Variations. Proceeding of Second INDO-RUSSIAN Symposium of Nature and Variations of the Geomagnetic Field. Moscow. 1998. P.260-269.

# Литература:

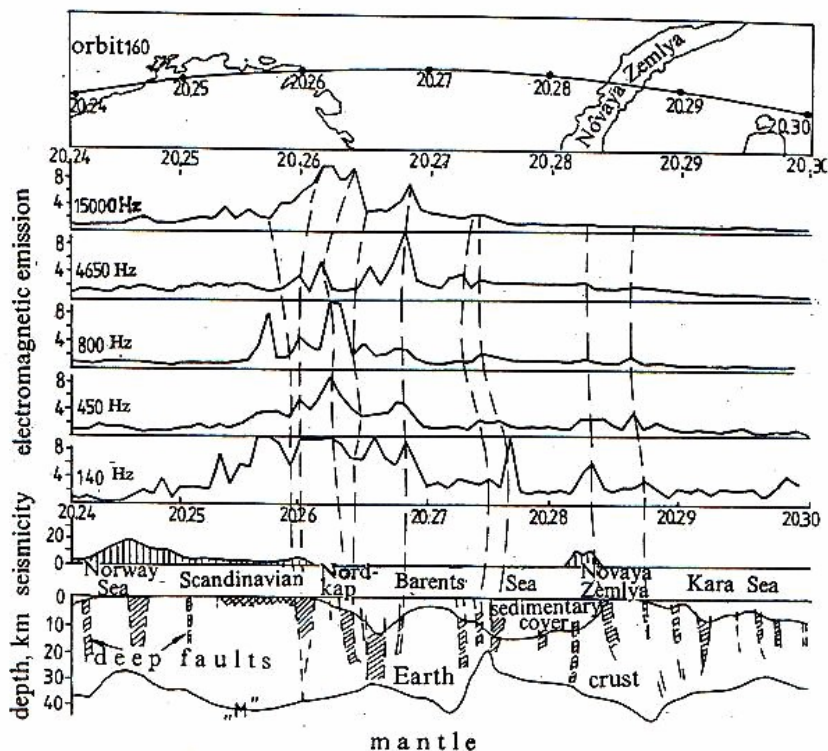
- [V.I.Larkina](#), Ruzhin Yu.Ya. Monitoring of seismic and radiation danger by satellite methods // Fundamental Space Research. Sunny Beach, Bulgaria. September 21-28. 2008. P. 439-442
- [Larkina V.I.](#), Ruzhin Yu.Ya. The ionosphere plasma response to variations of the ecological conditions of natural and technogenic character //Proceeding of the 8th International symposium on electromagnetic compatibility and electromagnetic ecology. June 16-19 2009, Saint-Petersburg. P. 239-242
- Ларкина В.И., Ружин Ю.Я. "Отклик ионосферной плазмы на вариации экологической обстановки природного и техногенного характера" Электронный журнал "Исследовано в России", 061, стр. 727-738, 2009 г. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2009/061.pdf>

# Эффекты над глубинными разломами литосферы

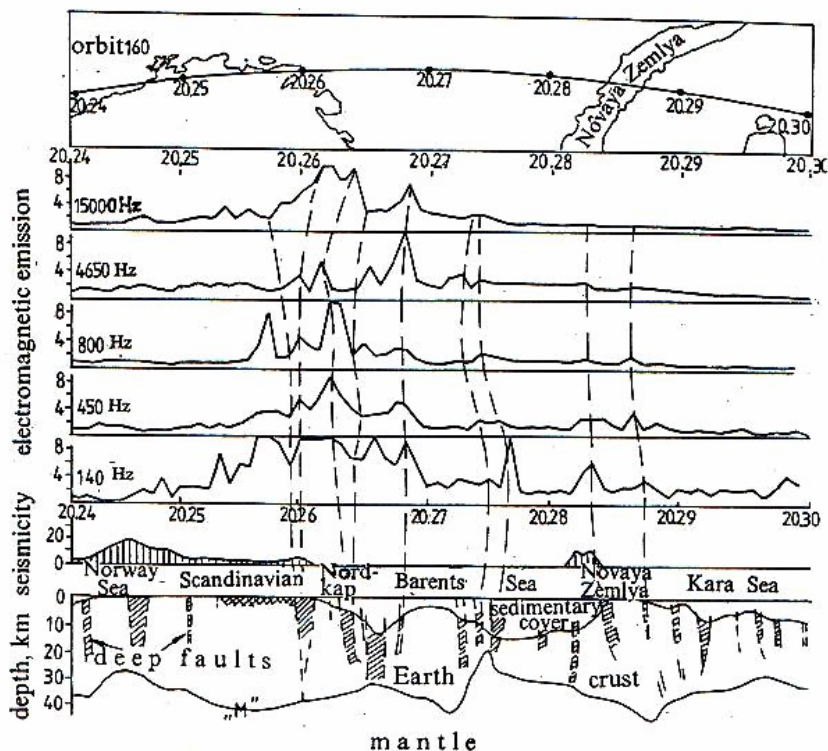
- Над зонами глубинных разломов литосферы установлено значительное изменение параметров ионосферной плазмы по спутниковым данным.
- Зарегистрированные всплески шумов имеют электромагнитную природу, регистрируются и магнитная и электрическая компоненты поля шумовых излучений.
- Над зонами глубинных разломов зарегистрированы увеличение температуры плазмы на около-спутниковых высотах на  $\sim 25\%$  и всплески низкоэнергичных электронов ( $E_e \sim 50$  эВ и  $E_e \sim 150$  эВ).

# Эффекты над глубинными разломами литосферы

- Обнаружены изменения в электрической и магнитной составляющих поля низкочастотных излучений, регистрируемых на борту спутника, при пересечении проекцией его трассы контрастных форм рельефа твердой земли – срединно-океанических хребтов, зоны континентального склона высоких островных поднятий щельфа и горных массивов, высокостоящего докембрийского Балтийского щита.

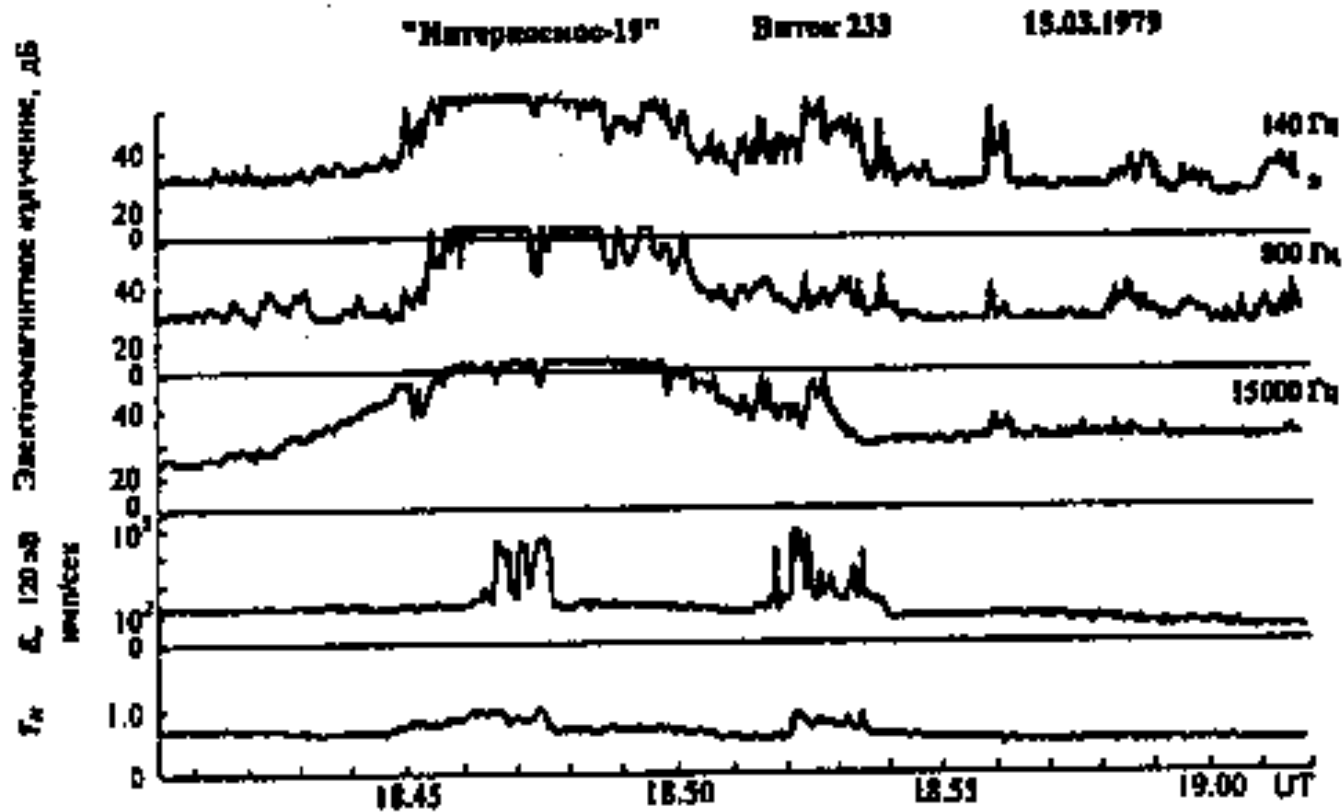


# Эффекты над глубинными разломами литосферы



- Результаты корреляционного анализа:
- -излучения над разломами являются электромагнитными
- -коэффициент корреляции огибающих  $R=0.63-0.9$
- -электрическая компонента наиболее информативна
- -наиболее отчетливое соответствие шумов и структуры земной коры зарегистрировано на 140-800 Гц
- -устойчивость изменения параметров во времени над одним и тем же регионом

# Эффекты над глубинными разломами литосферы



## Результаты корреляционного анализа

Частота (Гц)	Магнитная компонента +Ее	Электрическая компонента +Ее
140	0.5	0.81
450	0.35	0.79
800	0.36	0.73
4650	0.79	0.71
15000	0.88	0.91



## Электромагнитные шумы на высотах внешней ионосферы и геодинамические процессы

- Таким образом, показано, что вариации интенсивности низкочастотных излучений отражают быстрые сейсмогенные (землетрясения) и медленные геодинамические процессы происходящие в литосфере.
- Не вдаваясь в подробности дискуссии о теории проникновения колебаний из литосферы на высоты ионосферы, скажем только, что судя по обширному экспериментальному материалу
- Совокупность результатов наших исследований позволяет считать, что ионосфера и протекающие в ней процессы являются индикатором геодинамических процессов и эти связи достаточно устойчивы.

# Литература:

- Мигулин В.В., Ларкина В.И., Сергеева Н.Г. и др. Отражение региональных структур литосферы в спутниковых наблюдениях электромагнитных излучений //ДАН 1997. Том 357, №2. С. 252-254
- Ларкина В.И., Мигулин В.В. и др. Электромагнитное излучение над глубинными разломами литосферы по измерениям на спутнике //ДАН 1998. Том 360, №6. С. 814-818
- Ларкина В.И., Мигулин В.В. и др. Сравнительный анализ электромагнитных эффектов над зонами тектонических разломов //ДАН 2001. Том 376, №4. С. 532-538
- Larkina V.I., Migulin V.V., Sergeeva N.G. et al. Low frequency emissions and related phenomena in the ionosphere above the lithosphere deep faults inferred from satellite data //J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2006. V. 68. P. 1664-1671

# Литература:

- **Патент №2158942** Способ определения литосферных зон переменной геодинамической активности. Приоритет 29.10.1999. Зарегистрировано в государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 ноября 2000. Авторы: Ларкина В.И., Ружин Ю.Я., Сергеева Н.Г., Сенин Б.В.
- **Патент №2226283.** Способ обнаружения региональных зон повышенной трещиноватости и глубинных разломов литосферы. Приоритет 17.07.2002. Зарегистрировано в государственном реестре изобретений Российской Федерации 27 марта 2004 г. Авторы: Ларкина В.И., Сергеева Н.Г., Сенин Б.В.

# Патент №2158942 Способ определения литосферных зон переменной геодинамической активности

- В составе любого спутникового комплекса предусматривают проведение одновременных измерений магнитной и электрической компонент поля низкочастотных излучений, плотности потока электронов и температуры плазмы, для чего оснащают соответствующей стандартной аппаратурой
- Результаты измерений в полете фиксируют запоминающим устройством штатной телеметрии ИСЗ с последующей передачей информации на Землю.
- Оперативно обрабатывают полученную информацию (ЭВМ)
- В ходе обработки по программе выделяют естественные излучения,
- Затем исключают пространственные зоны вблизи области проекции внутренней границы внешнего радиационного пояса и привыкающей к нему части зазора между радиационными поясами.
- Выделяют области устойчивого наблюдения (не менее 1-2 мин) всплесков сигналов, превышающих на 15-20 дБ уровень фоновых сигналов, традиционно наблюдаемых в данной области пространства

# Патент №2158942 Способ определения литосферных зон переменной геодинамической активности

- Для выделенных огибающих сигналов выполняют корреляционный анализ.
- При коэффициенте корреляции 0.6-0.7 и выше отмечают зону наблюдения коррелируемых сигналов,
- Запоминают (на ЭВМ по программе) их географические и геомагнитные координаты.
- Регистрация подобных коррелированных сигналов на борту спутника при его последующих пролетах над данным регионом позволяет судить о наличии зон тектонических нарушений в литосфере.
- При сопоставлении с результатами геолого-географического картирования подтверждается наличие старых известных зон и появление новых зон разломов – литосферных зон переменной геодинамической активности

## Патент №2226283. Способ обнаружения региональных зон повышенной трещиноватости и глубинных разломов литосферы.

- Сравниваются результаты измерений элементов земного магнетизма (например, горизонтальной составляющей геомагнитного поля, измеренными при помощи двух наземных магнитометров, находящихся на одной геомагнитной широте и в одном регионе).
- Одна станция расположена вне глубинных разломов, другая станция выбирается для района, где нужно определить наличие глубинного разлома литосферы.
- На обеих станциях измеряются величины горизонтальных составляющих магнитного поля Земли и сравниваются между собой по величине

## Патент №2226283. Способ обнаружения региональных зон повышенной трещиноватости и глубинных разломов литосферы.

- Если измеренные величины горизонтальных составляющих на этих станциях примерно одинаковы, то в данном регионе глубинного разлома нет, то есть обе станции расположены над тектонически спокойной областью, где нет глубинных разломов.
- Если же на станции в рассматриваемом регионе величина горизонтальной составляющей геомагнитного поля значительно больше, чем на другой станции, расположенной вне разлома, то делается вывод, что в рассматриваемом регионе существует глубинный разлом или зона повышенной трещиноватости и тогда определяют координаты расположения этой зоны.

# Патент №2226283. Способ обнаружения региональных зон повышенной трещиноватости и глубинных разломов литосферы.

- Кроме того, по величине этого превышения можно дать качественную оценку активности глубинного разлома: активный разлом или неактивный, то есть отмирающий разлом.
- Поскольку глубинные разломы литосферы обладают разной геодинамической активностью, то величина расхождения в измерениях Н-компоненты на двух станциях, расположенных на одной геомагнитной широте, по величине будет тем больше, чем больше активность глубинного разлома литосферы
- Далее расположение найденного глубинного разлома заверяется при помощи комплекса других данных геолого-геофизического картирования, которыми подтверждается достоверность выделенной зоны разломов, и делается заключение о выявлении новых зон региональной трещиноватости или глубинных разломов.



# Низкочастотные излучения и радиоактивные загрязнения

- По результатам комплексного анализа спутниковых измерений параметров ионосферной плазмы было обнаружено изменение параметров, особенно, интенсивности низкочастотных шумов, над регионами радиоактивных загрязнений.
- Об этом свидетельствует сравнение спутниковых данных об изменениях параметров ионосферной плазмы с наземными данными регистрации с содержанием цезия, технеция, йода и др. радионуклидов в донных осадках Карского и Баренцева морей.
- Было обнаружено появление флуктуаций параметров ионосферной плазмы над зонами радиоактивных загрязнений.

# Низкочастотные излучения и радиоактивные загрязнения

- По данным северной экспедиции были обнаружены зоны повышенного содержания цезия  $^{137}\text{Cs}$  и других радионуклидов в донных осадках Карского моря.
- На карту Карского моря с данными о содержании цезия ( $^{137}\text{Cs}$ ) в донных осадках мы нанесли проекции орбит спутника «Интеркосмос 19», на них мы отметили участки проекций орбит, когда регистрировались интенсивные всплески низкочастотных шумов, плотности потока низкоэнергичных электронов ( $E_e \sim 50$  эВ и  $E_e \sim 120$  эВ) и температуры плазмы, сопровождаемые интенсивными флуктуациями волн и частиц.
- Коэффициент корреляции огибающей всплесков шумов и потоков электронов низкой энергии составил 0.7-0.8.

# Низкочастотные излучения и радиоактивные загрязнения

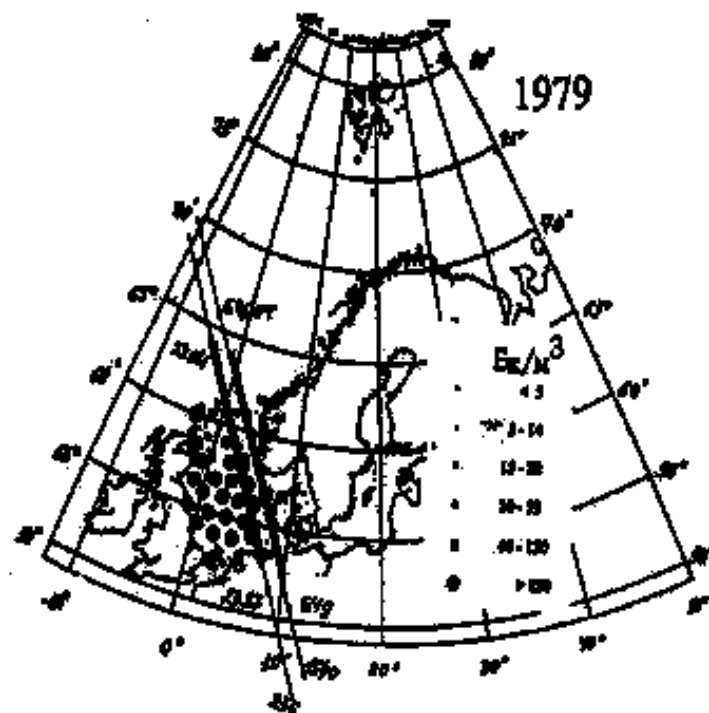
- Области регистрации одновременных флуктуаций параметров ионосферной плазмы и области повышенной концентрации радиоактивных элементов совпали.
- Эта работа была выполнена для серии пролетов спутника в марте и в июне 1979 г. Полученные результаты аналогичны.
- Это подтверждает вывод, что радиоактивные загрязнения действительно могут быть обнаружены (найжены) по спутниковой экспертизе низкочастотных шумов и других параметров ионосферной плазмы, которые в свою очередь отражают структуру земной коры.

# Низкочастотные излучения и радиоактивные загрязнения

- Загрязнение арктических морей происходит радиоактивными отходами западноевропейских заводов по обработке ядерного горючего, в частности, сбросами заводов Селлафильда в Ирландском море и La-Nuagi в Ла-Манше.
- В середине и конце 70-х годов выброс от этих заводов был особенно велик.
- На карту распределения цезия-137 (Бк/м<sup>3</sup>) в регионе Скандинавского полуострова за 1979 год мы нанесли проекции нескольких витков спутника «Интеркосмос 19», проходящих вблизи западного побережья Скандинавского полуострова в марте и июне 1979 года.

# Низкочастотные излучения и радиоактивные загрязнения

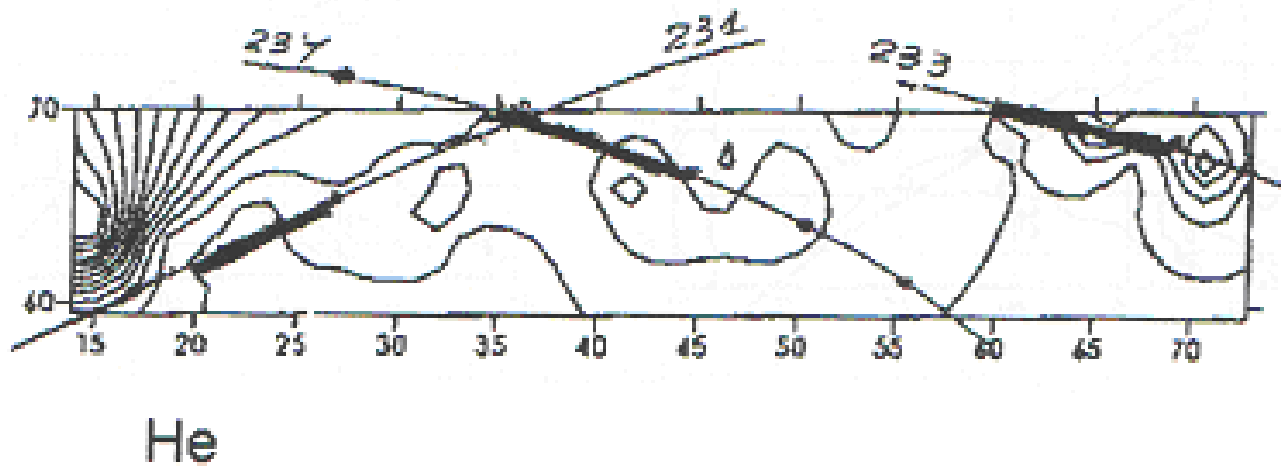
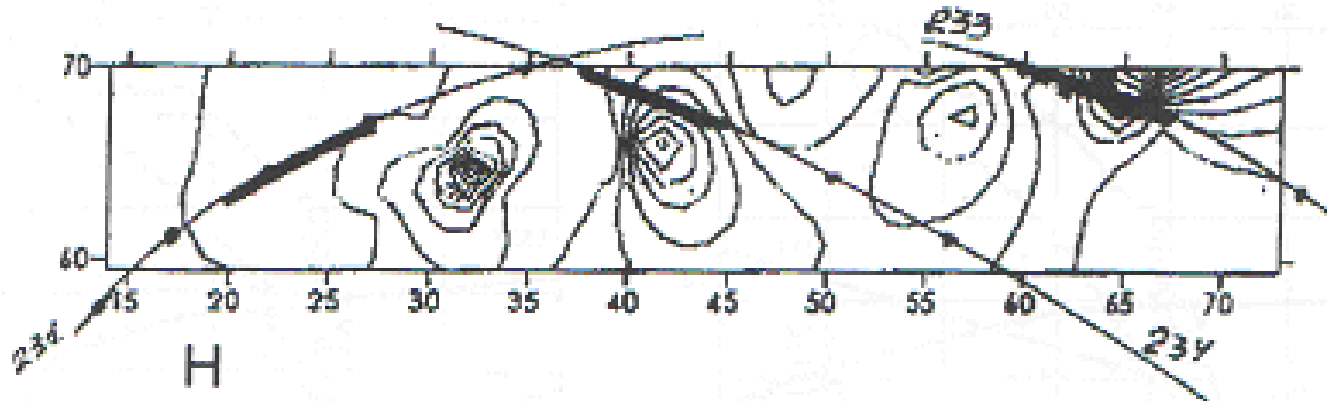
- На рисунке зачернены части проекций орбит, на которых наблюдались одновременные всплески интенсивности волн и плотности потока электронов, сопровождаемые интенсивными флуктуациями.
- Их рисунка видно, что заштрихованные части проекций орбит совпали с зонами загрязнения.



# ИК-19 и ISS-b

- На японском спутнике ISS-b, летавшем одновременно со спутником «Интеркомос 19» регистрировались ионы водорода, гелия и кислорода.
- По опубликованным результатам мы построили карты распределения легких ионов над интересующим нас регионом.
- Анализируя флуктуации параметров по данным спутника Интеркосмос 19, мы установили, что наибольшая интенсивность легких ионов, особенно, водорода и гелия, наблюдалась в области регистрации интенсивных флуктуаций и над зонами повышенного содержания радионуклидов (например,  $^{137}\text{Cs}$ ) в Баренцевом и Карском морях.

# ИК-19 и ISS-b



## Таким образом, установлено, что

- обнаруженные по спутниковым данным зоны регистрации одновременных всплесков интенсивности низкочастотных излучений, плотности потока низкоэнергичных электронов и температуры ионосферной плазмы четко совпали с зонами радиоактивного загрязнения, а также с зонами регистрации интенсивных потоков ионов гелия и водорода,



## Таким образом, установлено, что

- -зоны радиоактивного загрязнения, найденные двумя методами (отобранных проб морской воды и донных осадков и спутниковых измерений параметров ионосферной плазмы) пространственно хорошо совпадают друг с другом,
- -радиоактивные загрязнения могут быть обнаружены с помощью спутниковых измерений параметров ионосферной плазмы над различными районами земной поверхности

# Литература:

- Ларкина В.И., Ружин Ю.Я. «Отклик ионосферной плазмы на вариации экологической обстановки природного и техногенного характера» //Электронный журнал "Исследовано в России", 061, стр. 727-738, 2009
- <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2009/061.pdf>
- **Патент №22907597** Способ обнаружения радиоактивных загрязнений в приземном слое атмосферы, в водном и придонном слоях гидросферы Приоритет 04.07.2003. Зарегистрировано в государственном реестре изобретений Российской федерации 27 июня 2003 г. Авторы: Ларкина В.И., Ларкин В.Г., Ружин Ю.Я., Сергеева Н.Г., Сенин Б.В.

# Патент №22907597 Способ обнаружения радиоактивных загрязнений в приземном слое атмосферы, в водном и придонном слоях гидросферы

- Предлагаемый способ обнаружения радиоактивных загрязнений в приземном слое атмосферы, в водном и придонном слоях гидросферы основан на проведении спутниковых одновременных измерений и регистрации всплесков интенсивности магнитной и электрической компонент поля низкочастотных излучений околоземной плазмы, потоков низкоэнергичных электронов и температуры окружающей спутник плазмы, а также интенсивности легких ионов (гелия, водорода, кислорода и т.п.)
- Анализ получаемых данных состоит в исключении из рассмотрения областей, где традиционно наблюдаются естественные и искусственные волновые возмущения и выделении зон устойчивого (не менее 1-2 мин) наблюдения аномального увеличения интенсивности параметров, не менее чем на 15-20 дБ превышающих уровень фона

# Патент №22907597 Способ обнаружения радиоактивных загрязнений в приземном слое атмосферы, в водном и придонном слоях гидросферы

- Корреляционный анализ всех сочетаний зарегистрированных параметров позволяет выделить области наблюдений, где коэффициент корреляции составляет не менее 0.7-0.8 при неоднократном повторении эффекта.
- При совпадении выделенных, по совокупности, аномальных всплесков параметров в зона геодинамических напряжений с областью резкого возрастания (не менее 20%) интенсивности мягких ионов (гелия, водорода и т.п.), делают вывод о наличии зоны загрязнения в приземном слое атмосферы, в донном и придонном слоях гидросферы.

## Заключение

- Все выше сказанное свидетельствует о том, что низкочастотные шумовые излучения являются одним из средств диагностики электромагнитных возмущений и могут быть практически использованы.