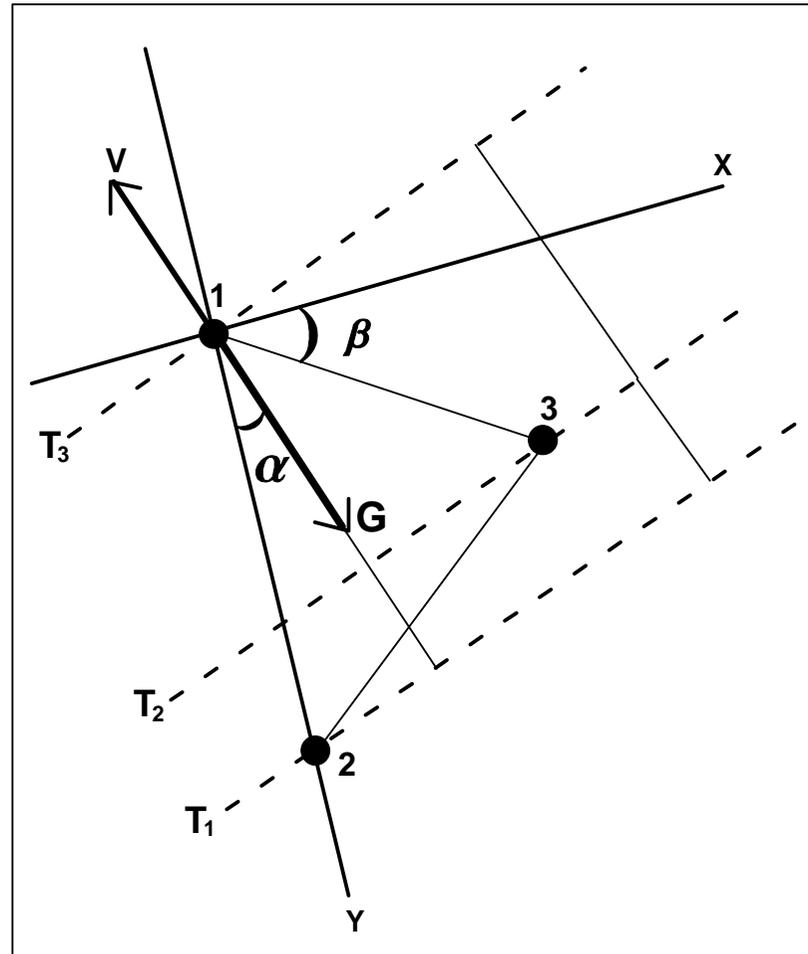


# **Использование метода ультранизкочастотной магнитной локации для исследования динамики ионосферных источников геомагнитных возмущений**

Копытенко Ю.А., Исмагилов В.С.  
СПбФ ИЗМИРАН, г. Санкт-Петербург,  
[office@izmiran.spb.ru](mailto:office@izmiran.spb.ru)

Схема расположения фронта УНЧ геомагнитной волны (пунктирные линии) в моменты времени, когда фронт проходит через магнитовариационные станции (точки 1, 2, 3). Фронт движется со скоростью  $V$  под углом  $\alpha$  к оси  $Y$ .



Для вектора фазовой скорости вдоль земной поверхности:

$$\alpha = \pm \text{Arccos}[V_{31} \cos(\beta) / (V_{21}^2 + V_{31}^2 - 2 * V_{21} V_{31} \sin(\beta))^{1/2}]$$

$$|V| = V_{21} \cos(\alpha) = V_{31} \sin(\alpha + \beta)$$

Для вектора градиента вдоль земной поверхности:

$$\alpha = \pm \text{Arccos}[G_{21} \cos(\beta) / (G_{21}^2 + G_{31}^2 - 2 * G_{21} G_{31} \sin(\beta))^{1/2}]$$

$$|G| = G_{21} / \cos(\alpha) = G_{31} / \sin(\alpha + \beta)$$

Угол  $\beta$  легко определяется через координаты точек 1, 2 и 3, которые нам известны.

Величины  $V_{21}$ ,  $V_{31}$  (фазовые скорости в направлениях от станции 2 к станции 1 и от станции 3 к станции 1) и  $G_{21}$ ,  $G_{31}$  (градиенты в направлениях от станции 2 к станции 1 и от станции 3 к станции 1) определяются как

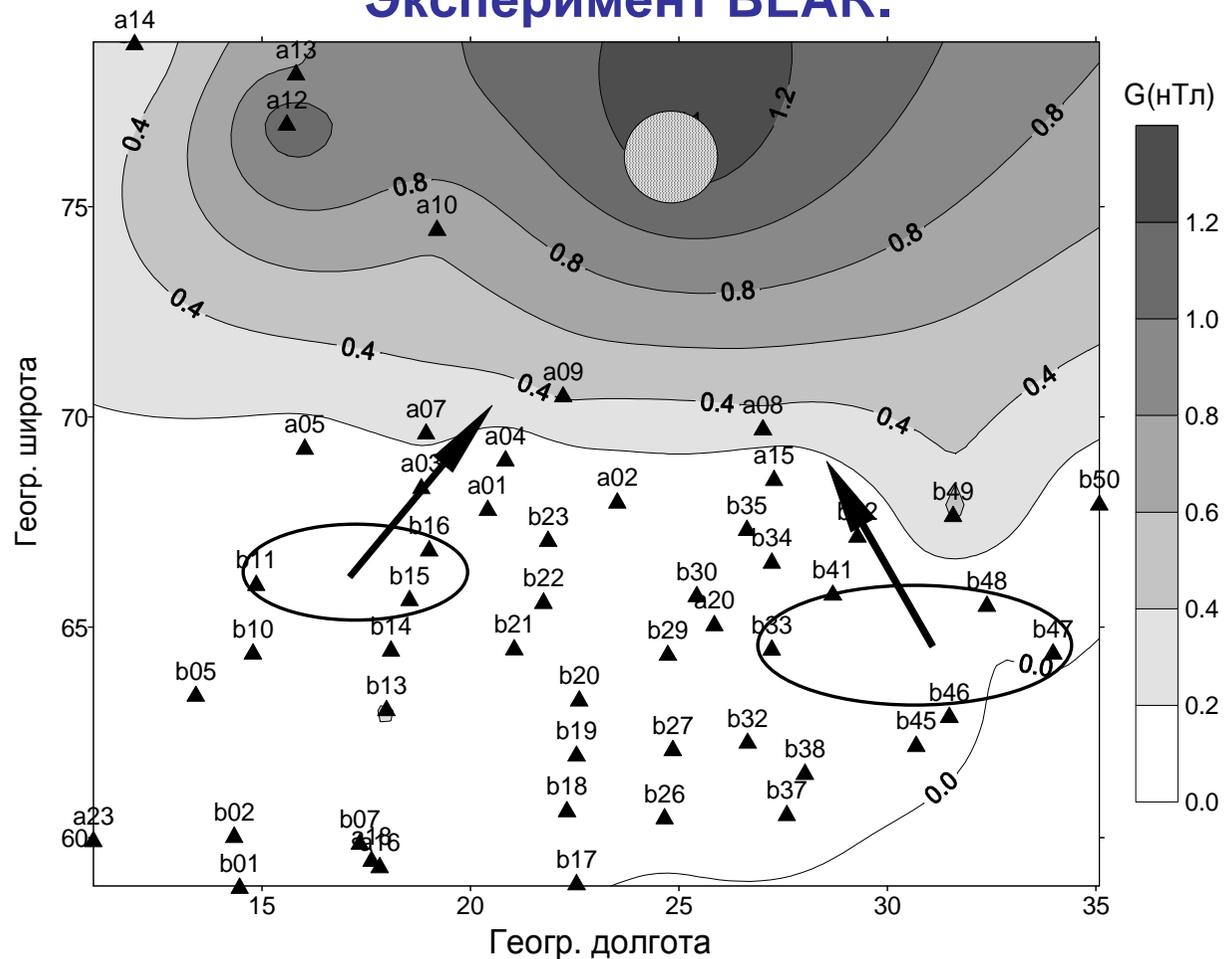
$$V_{21} = d_{21} / T_{21}, \quad V_{31} = d_{31} / T_{31}, \quad G_{21} = \Delta V_{21} / d_{21}, \quad G_{31} = \Delta V_{31} / d_{31}$$

Здесь  $d_{21}$ ,  $d_{31}$  – расстояния между магнитными станциями, расположенными в точках 2 и 1, 3 и 1, соответственно;

$T_{21}$ ,  $T_{31}$  – временные (фазовые) задержки при прохождении волнового фронта расстояния между магнитными станциями 2 и 1, 3 и 1, соответственно;

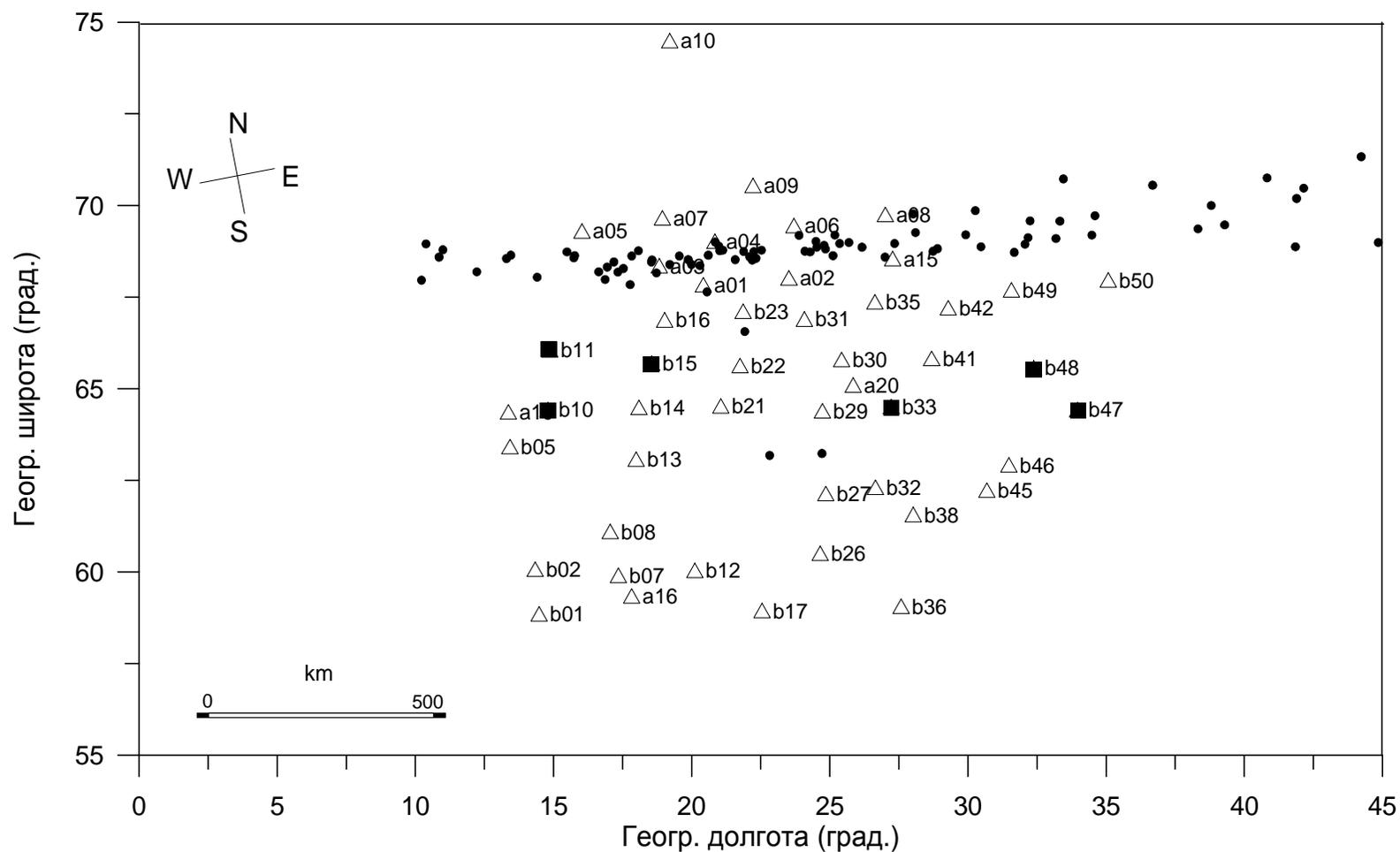
$\Delta V_{21}$ ,  $\Delta V_{31}$  – разность величин любой из компонент магнитного поля (с учетом фазовых задержек) между магнитными станциями 2 и 1, 3 и 1, соответственно.

**Мгновенные изолинии и направления векторов градиентов  
полной горизонтальной компоненты для геомагнитных  
пульсаций Pc4 ( T=40 сек. ). 19.07.1998 г. (12.24 UT).  
Эксперимент BEAR.**



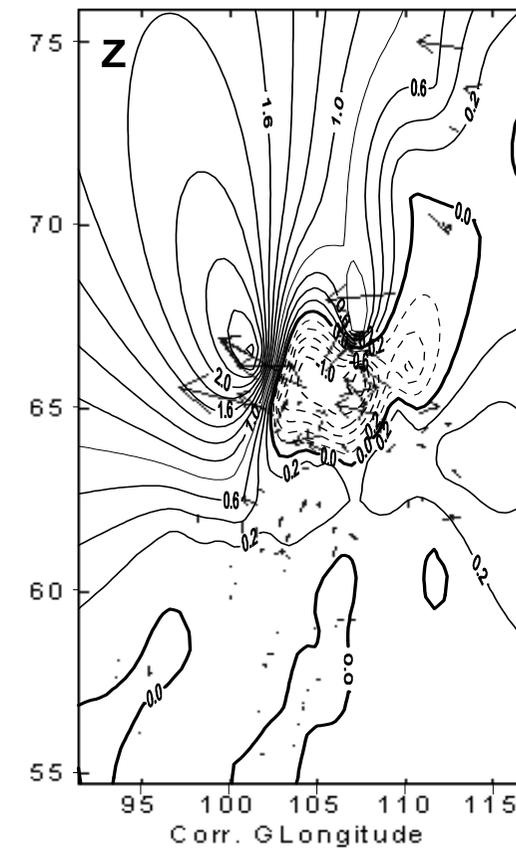
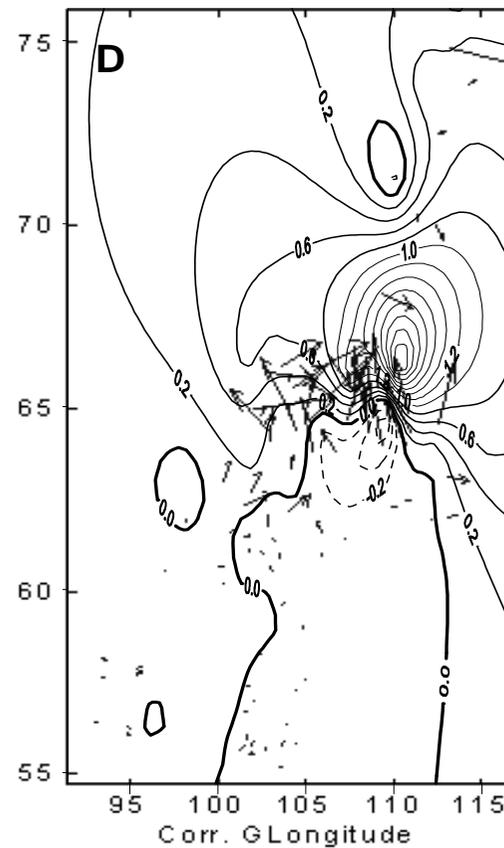
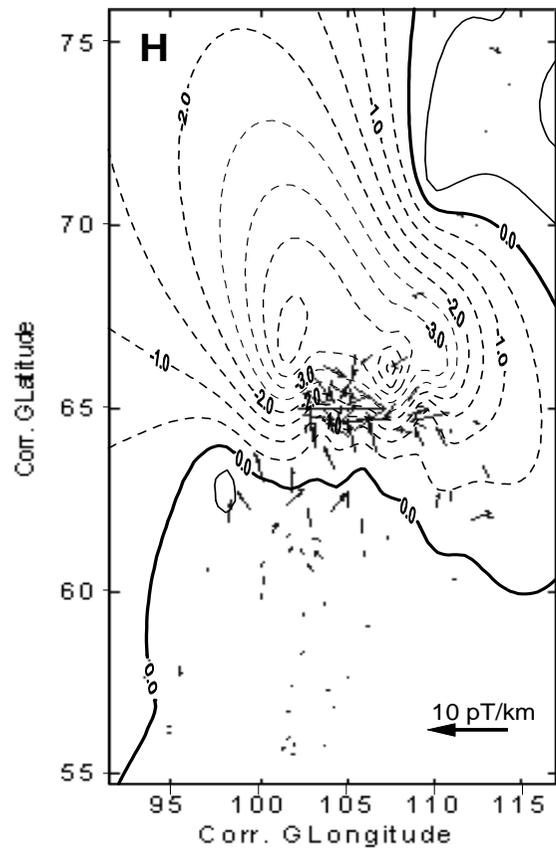
**Черные треугольники – магнитные станции, стрелки – направления, полученные по двум градиентометрам (станции, отмеченные овалами)**

## Положение источников геомагнитных пульсаций 14.06.1998 г. (03-08 UT).

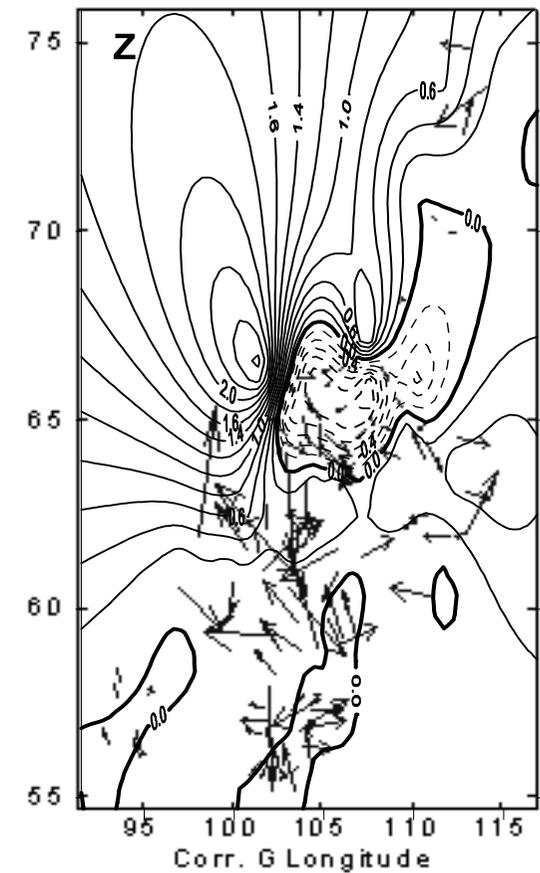
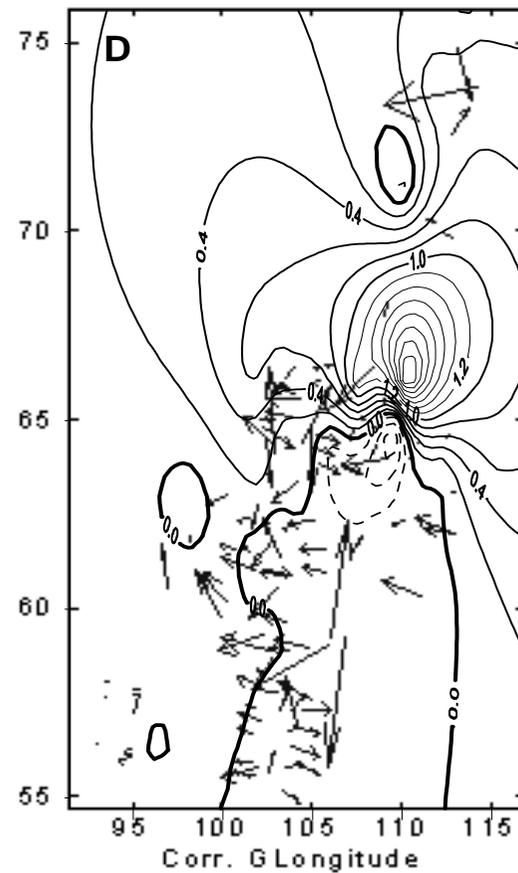
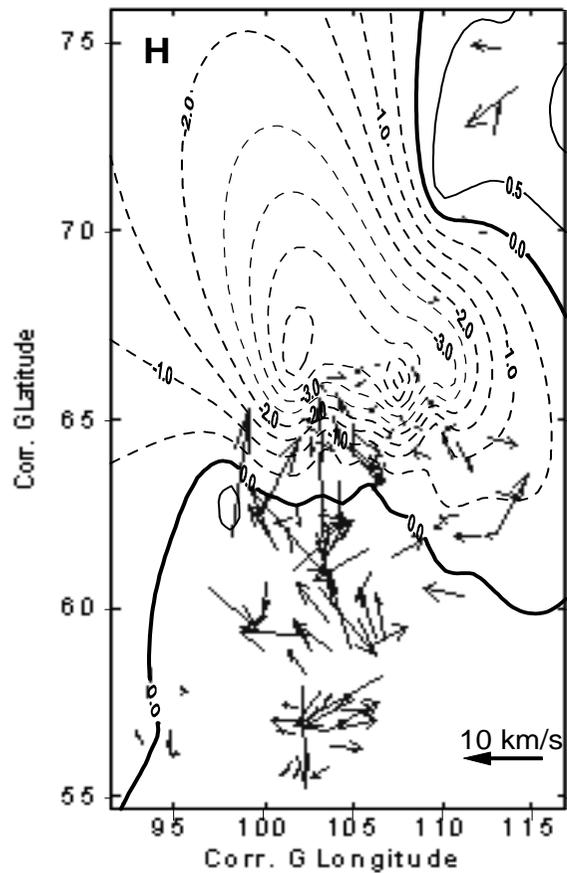


Черные точки – местоположение источников геомагнитных пульсаций;  
треугольники – магнитные станции; черные квадраты – станции,  
использованные для определения местоположения источников.

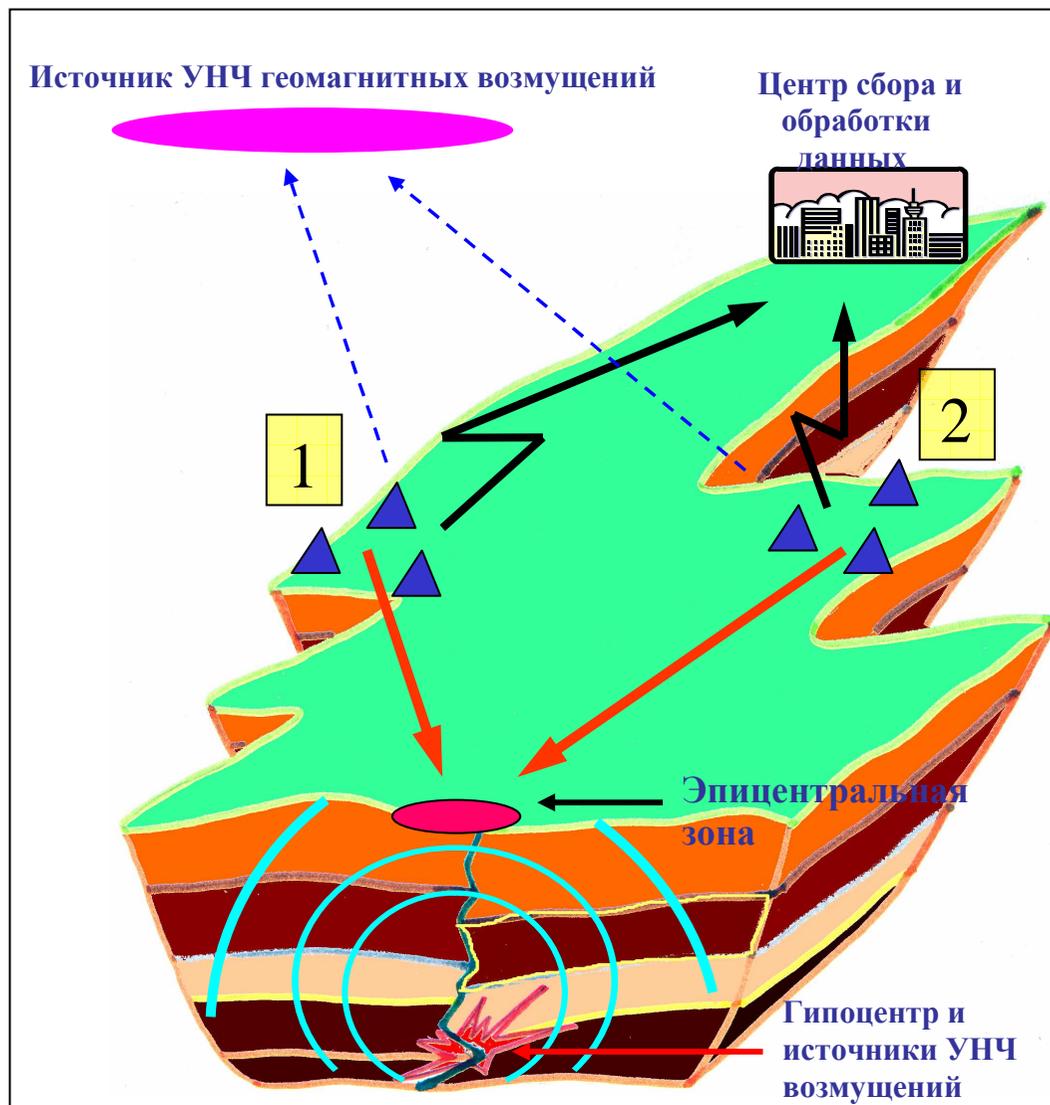
**Двумерное распределение амплитуд геомагнитного поля  
пульсаций (изолинии) в диапазоне частот  $F = 0.0067 - 0.02$  Гц и  
векторов градиентов геомагнитных волн вдоль земной  
поверхности для трех компонент магнитного поля.  
Эксперимент BEAR, 18.07.1998, 20:28 UT.**



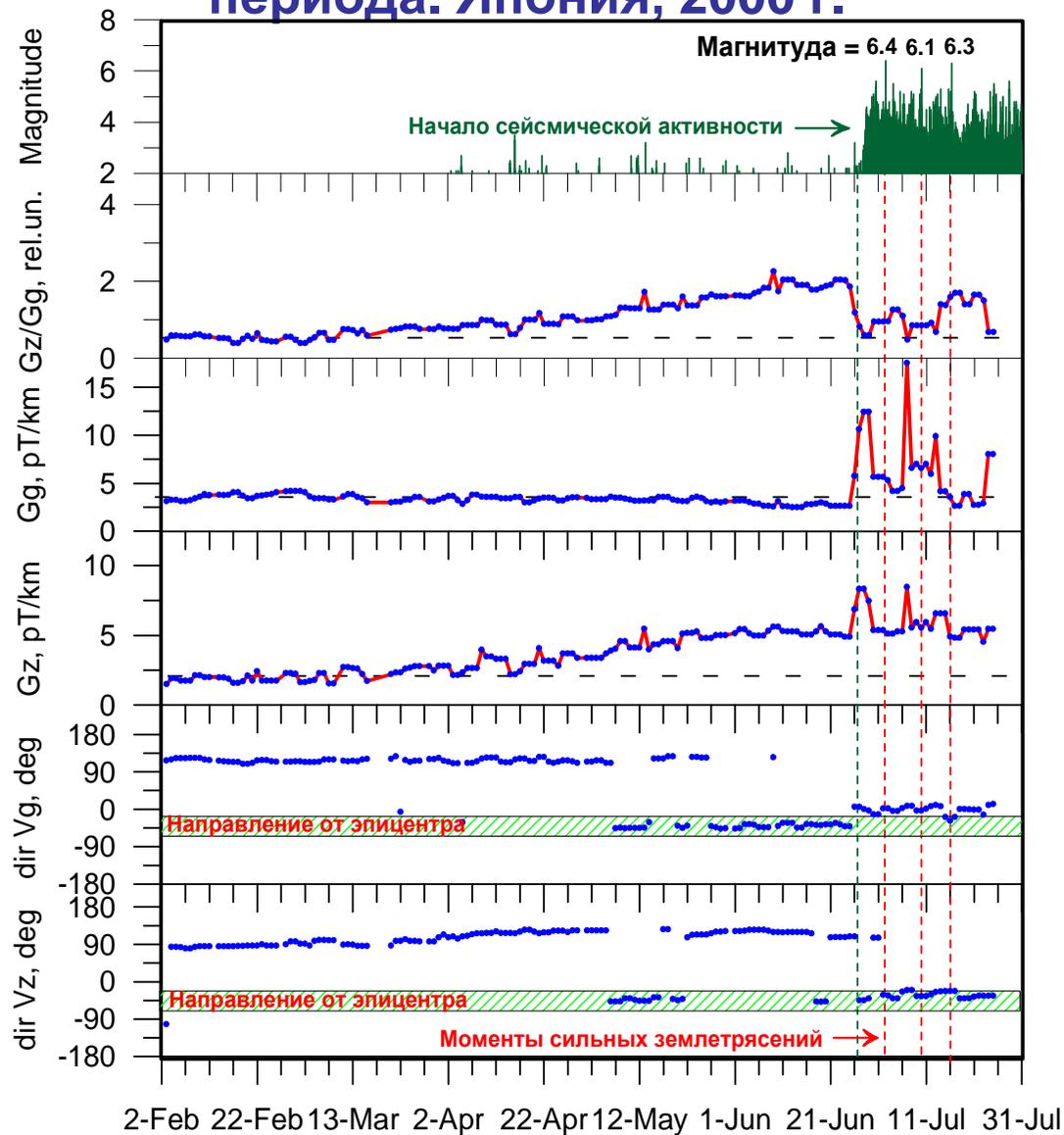
**Двумерное распределение амплитуд геомагнитного поля пульсаций (изолинии) в диапазоне частот  $F = 0.0067 - 0.02$  Гц и векторов фазовых скоростей распространения геомагнитных волн вдоль земной поверхности для трех компонент магнитного поля. Эксперимент BEAR, 18.07.1998, 20:28 UT.**



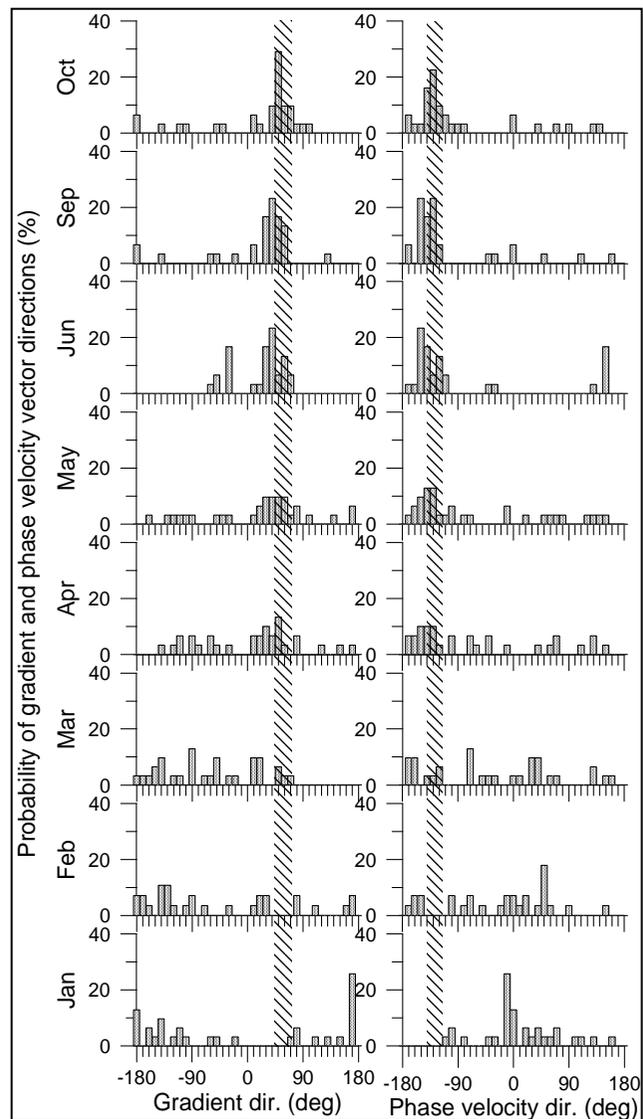
# Схема магнитной локализации эпицентра землетрясения



# Поведение величин градиентов ( $G_g$ , $G_z$ ) и направлений фазовых скоростей ( $V_g$ , $V_z$ ) УНЧ геомагнитных вариаций в полосе частот $F = 0.1 - 0.3$ Гц до и во время сейсмоактивного периода. Япония, 2000 г.



Распределения вероятностей направлений (среднемесячные значения) векторов градиентов (слева) и фазовых скоростей (справа) полной горизонтальной компоненты УНЧ геомагнитных возмущений ( $F=0.03-0.1$  Hz) перед и после сильных землетрясений ( $M>6$ ), п-ов Босо, Япония, 2000. Вертикальные штрихованные полосы соответствуют 30-градусному конусу локации от магнитных станций к эпицентру землетрясения.



- По данным эксперимента BEAR проводится УНЧ магнитная локация ионосферных источников вариаций с использованием данных двух троек магнитных станций. Показано, что источники пульсаций в диапазоне периодов 5–100 сек. в течение выбранного 5–часового интервала располагались примерно вдоль геомагнитной параллели и статистически отражают положение ионосферных источников в авроральном овале.
- На площади 2000 на 2000 км исследуются двумерные распределения амплитуд, фазовых скоростей и градиентов геомагнитных пульсаций. По этим распределениям можно наблюдать развитие геомагнитных возмущений со временем и их суперпозицию на земной поверхности. Показано, что двумерные распределения амплитуд, градиентов и скоростей позволяют локализовать ионосферные источники геомагнитных пульсаций и определить их динамику при построении последовательных во времени мгновенных распределений.

- По данным трех близкорасположенных магнитных станций в Карелии (п.Лехта) определены фазовые задержки и построены вектора градиентов и фазовых скоростей геомагнитных пульсаций типа Pс.
- Показано, что величины и направления векторов градиентов зависят от интенсивности ионосферного источника, от его местоположения и от распределения электропроводности в земной коре. Величины и направления векторов фазовых скоростей и градиентов в Z компоненте практически полностью определяются распределением электропроводности земной коры и местоположением источника относительно геоэлектрических аномалий и не зависят от интенсивности ионосферного источника.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**