

Национальная Академия Наук Кыргызской Республики

Институт Сейсмологии

Препринт N 1(3)

Токтобаев А.И.

**ПОИСК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ
ПРИЗНАКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

БИШКЕК 1990

Токтоолиев А.Н. Влияние электромагнитных протомосферических
вызванных землетрясений на территории Кыргызской Республики.
Препринт И 1(3), Бишкек.: Институт сейсмологии ИАН РК, 1995.

Рассматриваются результаты измерений вертикальной составляющей
электростатического поля Земли на скважине N1240 в зоне Ис-
сык-Атинского разлома. Анализ полученных данных показывает, что
электрокинетический эффект в связи с процессом подготовки земле-
трясений с амплитудой 3,8 и выше, в расстоянии от станции наблю-
дения в радиусе 300 км, может быть выделен и качественно описан.
Даны конкретные примеры аномальных эффектов в диапазоне 0.01-0.1
Гц, 1 Гц и 1-9 кГц.

1. Введение.

К настоящему времени на прогностических полигонах мира накоплен экспериментальный материал, свидетельствующий о возможности использования электротеллурического поля (ЭТП), горизонтальной составляющей, при прогнозе землетрясений (ЭТ) (Sobolev, 1975; Vorotsov & Alexopoulos, 1987; Kinoshita et al., 1989; Токтосолпиев и др., 1993). В работе (Гершензон и др., 1989) проведено исследование возможности обнаружения электрокинетического эффекта, вызванного изменением напряженно-деформированного состояния земной коры перед ЭТ, по изменению электротеллурического потенциала. В основе расчетов были положены естественные и весьма общие предположения о возникновении и развитии неоднородностей механических свойств в напряженной земной коре при подготовке ЭТ. Этого было достаточно для построения пространственно-временной картины распределения избыточного порового давления жидкости у поверхности Земли и расчета возможных эффектов в ЭТП. В результате было показано, что градиент давления в горизонтальной плоскости невелик и приводит к сравнительно слабым электрокинетическим эффектам. А в вертикальной плоскости, когда поровая жидкость свободно сообщается с поверхностью, при сравнительно быстрых изменениях объемной деформации возникает большой вертикальный градиент давления вблизи поверхности, что может привести к значительной величине электрического поля.

В результате существуют 2 методики измерения ЭТП в связи с проблемой фиксации предвестников ЭТ:

- 1) при горизонтальном (традиционном) расположении электродов, с учетом неоднородностей в земной коре и
- 2) при вертикальном расположении электродов, один выше, другой ниже водонесного слоя, в однородной среде.

По-видимому, впервые исследования по измерению ЭТП вертикальной составляющей с целью прогноза ЭТ и вулканической деятельности были проведены в Японии (Fujinawa & Takahashi, 1990). И в соответствии с договором о научно-техническом сотрудничестве, в Кыргызстане была установлена аналогичная измерительная система, созданная "TOA Electronics Ltd." and "NF Electronic instruments".

2. Измерительная система.

Начиная с ноября 1991 года в Кыргызстане (рис.1) были организованы непрерывные измерения вертикальной составляющей ЭТП Земли с целью обнаружения предвестников ЭТ. Блок - схема станции для ре-

регистрция ЭТП показана на рис.2.

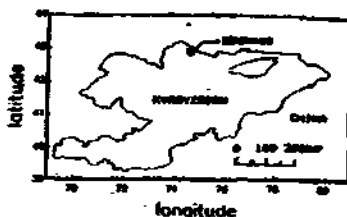


Рис. 1, x - пункт регистрации ЭТП.

Система состоит из двух электродов: первый из которых скважина глубиной 1200 м, второй расположен на глубине 1.5 м вокруг скважины при диаметре круга 20 м, и при сопротивлении между электродами 100 Ом. Все данные записываются на трехканальной самописец, в реальном масштабе времени, и на временном интервале до 0.5 сек. Система имеет три записывающих канала, каждый из которых имеет свой частотный диапазон: 0.01 - 0.1 Hz, 1 Hz, и 1 - 9 kHz.

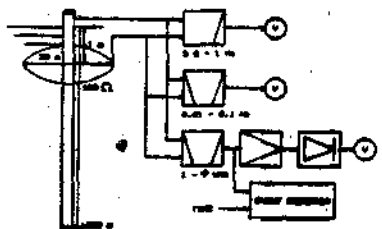


Рис. 2. Блок схема станции регистрации ЭТП

3. Полученные результаты.

Путем идентификации и систематической классификации мы попытались найти отличительные особенности искусственных и естественных явлений отраженных в записях ЭТП на 3 частотных диапазонах.

а) Искусственные (техногенные) возмущения,

Для выделения искусственных возмущений, вызванных человеческой деятельностью, т.к. станция наблюдения непосредственно расположена в черте города Бишкек, использовались записи суточного хода по 3 каналам с понедельника по пятницу, т.е. рабочим дни, пример на рис. 3(а), и записи суточного хода субботы, воскресения и праздничных дней т.е. выходных дней, пример на рис.3(б). При сравнении этих записей были выделены искусственные возмущения, так называемые "пакеты", которые проявляются на диапазонах 0.01-0.1 Гц и 1 Гц и имеют определенный период и амплитуду на временном интервале с 07400м по 16430м (время местное (LT)).

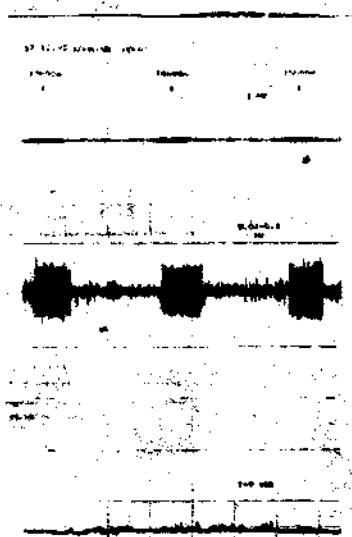


Рис.3(а) Записи суточного хода в рабочие дни.

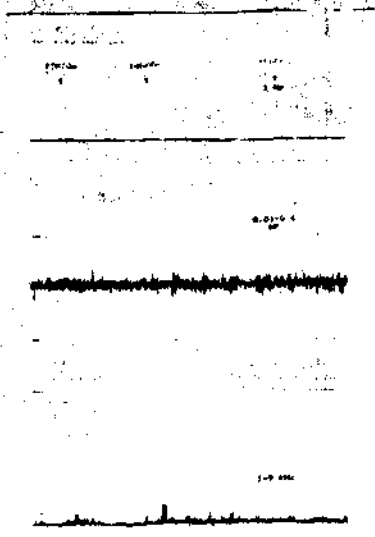


Рис.3(б) Записи суточного хода выходных дней.

б) Геомагнитная активность.

Для выделения геомагнитных возмущений использовались магнитогрaммы вертикальной составляющей геомагнитного поля близлежащих станций. На рис.4(а,б), представлены примеры возмущений ЭТП, вызванных геомагнитной активностью (магнитные бури). Как правило, возмущения имеют характерные особенности, соответствующие времени и силе геомагнитной активности, которая проявляется на каналах 0.01-0.1 Гц и 1 Гц. Первое вступление импульса геомагнитного возмущения в эти каналы отражается в увеличении амплитуд ЭТП в милливольтметрах.

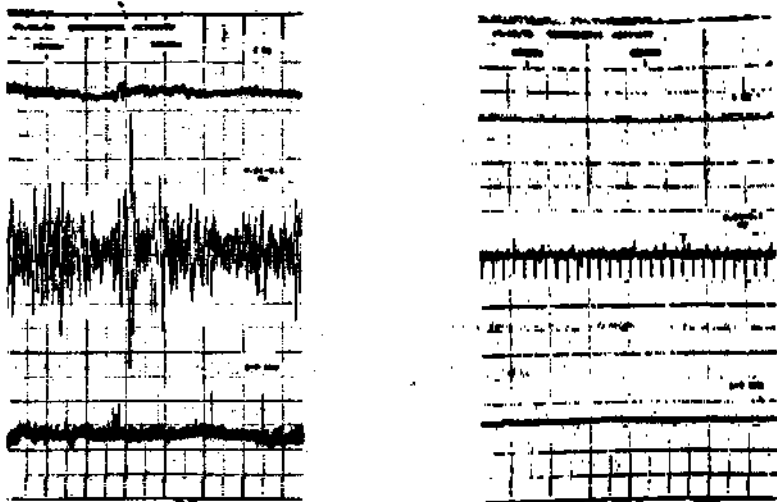


Рис. 4 (а, б). Примеры возмущенной ЭТП, вызванных геомагнитной активностью (магнитные бури).

в) Грозовая активность и свистящая атмосфера (вистлеры).

На рис.5(а) показан пример воздействия грозовой деятельности на три частотные диапозона. В момент, когда эти диапозоны, заданные в определенных измерительных пределах, не способны регистрировать входные сигналы выходящие за пределы, срабатывает система защиты и каналы переходят в режим перезапуска. Стоит отметить, что при грозовой активности, которая отражается на всех записывающих каналах ЭТП одновременно (при различии только в величине амплитуды сигнала), система защиты срабатывает выборочно по каналам, т.е. в каждом конкретном случае (рис.5(б)).

Воздействия вистлеров, как правило не приводят к срабатыванию защиты и отражается только на канале 1-9 кГц. Появление вистлеров, согласно с существующим представлением, определяется метеорологическими условиями в магнитосопряженной точке. Этим и объясняется суточная вариация числа появления вистлеров определяемая суточной вариацией ионосферных параметров. На примере рис.6(а) и 6(б) на фоне магнитной активности) показано влияние вистлеров на 3-х-частотные диапозона.

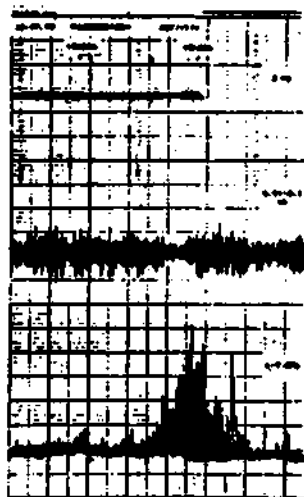
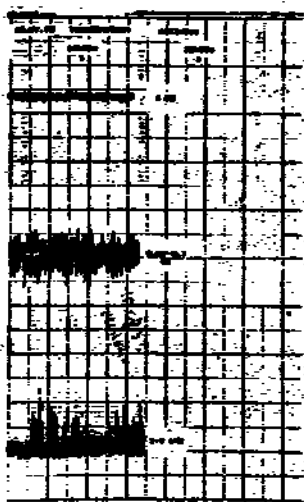


Рис. 5 (а, б). Воздействие грозовой активности.

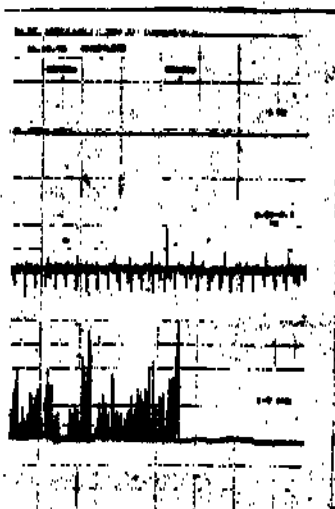
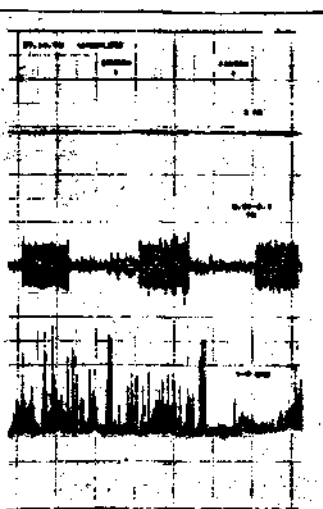


Рис. 6 (а, б). Влияние атмосфериков на фоне магнитной бури.

3.1 Предвестниковый сигнал и его количественная оценка.

В таблице 1 показаны графы, где: 1 - дата ЗТ; 2 - координаты ЗТ; 3 - расстояние (R) до ЗТ; 4 - магнитуда (M) ЗТ; 5, 6 - дата и время (LT=UT+5ч) проявления предвестникового сигнала (ПС); 7 - амплитуда (A1) ПС на канале 0.01-0.1 Гц; 8 - амплитуда (A2) ПС на канале 1 Гц; 9 - количество дней (D) до ЗТ.

Таблица N 1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Дата	Координаты	R	M	Дата	Время	A1	A2	D	
	ЗТ	ЗТ	км:	ПС	ПС	мВ:	мВ	мВ		
1	21.05.92	41°00' 72°28"	260	4.4	14.05.92	12ч30м-13ч10м	-20	-40	8	
2	19.08.92	42°04' 73°38"	120	7.3	06.06.92	13ч20м-13ч50м	-50	-150	75	
						10.06.92	07ч00м-09ч00м	-50	-90	71
						14.06.92	08ч40м-10ч00м	-50	-90	67
							12ч10м-12ч30м	-50	-100	
						13ч50м-14ч10м	-50	-100		
							18.06.92	10ч40м-12ч00м	-50	-90
						13ч20м-13ч40м	-40	-80		
19.06.92	07ч50м-08ч50м	-50	-100	62						
	12ч20м-14ч00м	-50	-90							
22.06.92	07ч20м-08ч40м	-50	-100	59						
	14ч20м-15ч20м	-50	-100							
3	18.10.92	42°11' 73°13"	135	5.1	02.10.92	13ч40м-14ч50м	-40	-50	17	
						03.10.92	12ч20м-12ч40м	-30	-50	16
						06.10.92	12ч40м-13ч00м	-30	-50	13
4	06.11.92	41°06' 72°12"	275	4.7	30.10.92	15ч00м-16ч00м	-20	-40	7	
5	24.12.92	42°20' 72°13"	220	5.0	03.11.92	14ч30м-15ч00м	-25	-50	52	
						06.11.92	12ч20м-13ч00м	-30	-50	49
						11.11.92	10ч20м-10ч40м	-40	-50	44
							12ч10м-12ч20м	-25	-50	
						13ч10м-13ч20м	-30	-50		
							17.11.92	09ч00м-09ч10м	-40	-70
						12ч10м-12ч30м	-30	-60		
						18.11.92	10ч10м-10ч30м	-30	-50	37
							14ч10м-15ч30м	-30	-50	
						20.11.92	08ч30м-09ч40м	-40	-60	35
							12ч30м-14ч20м	-40	-60	
23.11.92	08ч10м-08ч30м	-40	-60	32						
	09ч30м-10ч00м	-40	-70							
12ч00м-12ч30м	-40	-60								
01.12.92	12ч00м-12ч10м	-30	-50	24						
	12ч40м-13ч00м	-30	-50							
07.12.92	08ч10м-10ч10м	-30	-50	18						
	13ч10м-15ч00м	-30	-50							
08.12.92	10ч20м-10ч30м	-25	-50	17						
	12ч00м-12ч20м	-30	-50							
09.12.92	07ч40м-09ч00м	-35	-50	16						
11.12.92	14ч20м-14ч40м	-35	-60	14						
17.12.92	12ч20м-14ч30м	-40	-70	8						
6	27.01.94	40°42' 72°42"	285	3.8	21.01.94	12ч00м-12ч10м	-10	-20	6	

На рис.7(а-в) представлены триггеры предвестниковых сигналов (ПС), принадлежавших конкретным ЗТ показанных в таблице 1.

Как видно из представленных рисунков на ПС, срабатывают синхронно каналы 0.01-0.1 Гц и 1 Гц. Исходя из этого, мы сделали количественную оценку амплитуды ПС в мВ по этим каналам, представленную в графе 7 и 8 таблицы 1.

Первое вступление импульса ПС на канале 0.01-0.1 Гц отражается в уменьшении значений мВ, и на канале 1 Гц наблюдается аналогичное уменьшение значений мВ. В соответствии с этим вычисление ПС на канале 0.01-0.1 Гц производилось в отрицательных значениях амплитуды и полученные данные усреднялись. При расчете амплитуды ПС на канале 1 Гц, в отличие от предыдущего, учитывался трендовый характер годового хода (рис.8), который заключается в минимальных значениях мВ в летний период (Июль-Август), и максимальных - в зимний период (Декабрь-Февраль), и принимая это в расчет, бралось среднее значение суточного хода (без амплитуды ПС) для данного времени ПС, как фоновое значение, и относительно этого фона выделялась амплитуда ПС, и полученные данные усреднялись.

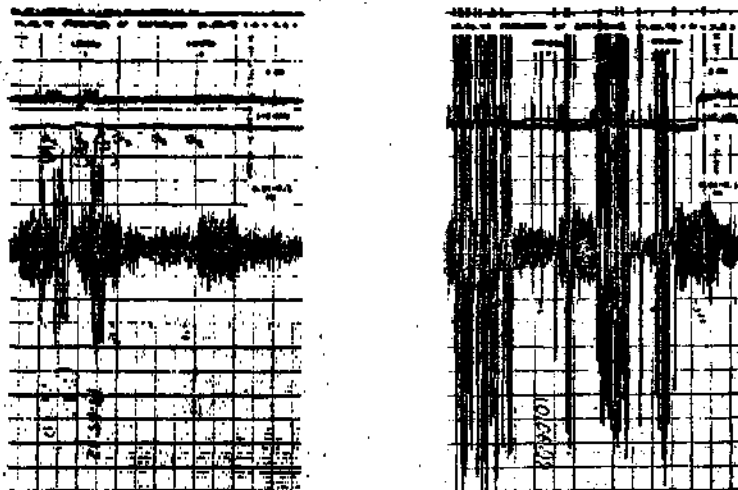


Рис.7 (а, б). Изменение ЭПТ перед ЗТ от 21.05.92г.

с $M = 4.4$ и перед ЗТ от 19.06.92г. с $M = 7.3$.

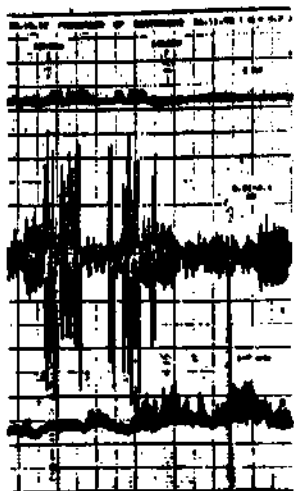
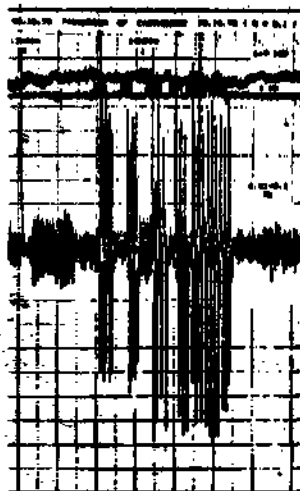


Рис. 7 (б, в). Изменение ЗТП перед ЗТ от 18.10.92, с М = 5,1 и перед ЗТ от 6.11.92г. с М = 4,7.

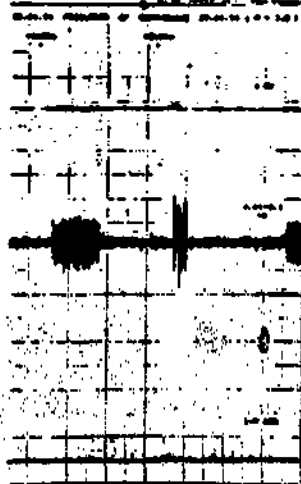
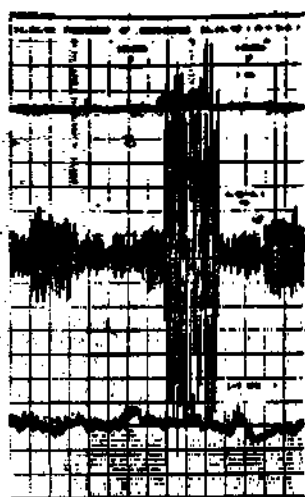


Рис. 7 (д, е). Изменение ЗТП перед ЗТ от 24.12.92г. с М = 5,0 и перед ЗТ от 27.01.94г. с М = 3,8.

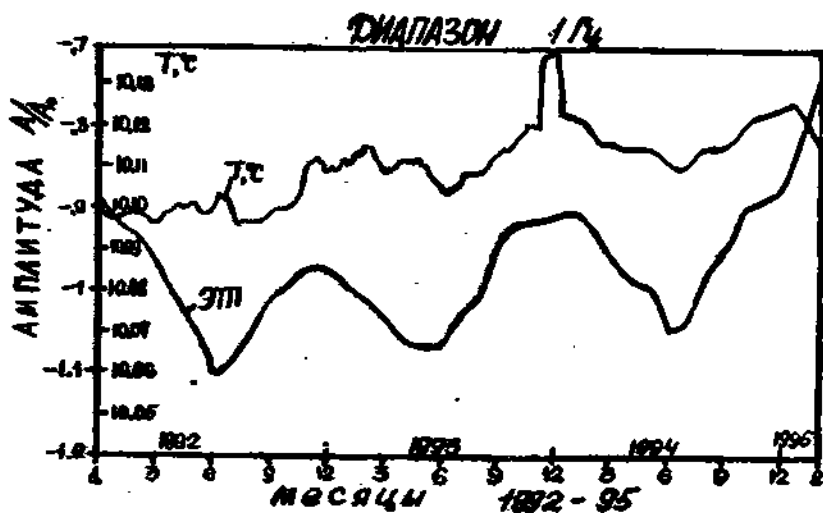


Рис. 8. Трендовый характер годового хода ЭП и температура воды ($h=350m$) за период 1992-1994гг.

4. ВЫВОДЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Регистрация и анализ изменений вертикальной составляющей электротеллурического поля Земли позволяет сделать вывод о том, что искусственные и естественные явления отражены в записи, имеют свои характерные особенности на 3 частотных диапазонах, представленные в таблице 2, и могут быть выделены при данной методике обработки данных.

Таблица 2.

N	Явления	Отражения на диапазонах		
		0.01-0.1 Гц	1 Гц	1-9 кГц
1	Искусственные (техногенные) возмущения	Да	Да	Нет
2	Геомагнитная активность	Да	Да	Нет
3	Грозовая активность	Да	Да	Да
4	Вистлеры	Нет	Нет	Да
5	Предвестник сигнал (ПС)	Да	Да	Нет

Что касается геомагнитной активности, грозовой активности и вспышек, то в настоящее время трудно дать объяснения связи этих явлений с ЗТ, поскольку, имеясь данные не позволяют ответить на вопрос, является ли обнаруженная аномалия следствием возмущения процессов в зоне подготовки ЗТ. (Goxberg et al., 1985; Maubakana et al., 1993; Finkelshtein et al., 1973).

Что касается ПС, то практика прогностического исследования показала, что при обработке данных существенно расширяется возможность эксперимента в реальном времени (LT), так как временная аномалия наблюдаемого поля может интерпретироваться, как ПС, исходя из времени проявления ПС в LT. На рис. 9 представлена графа 7 таблицы 1 (проявления ПС в течении суток LT) и частота их встречаемости для данного вариационного ряда.

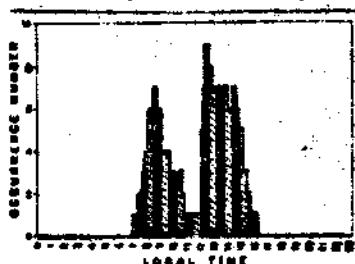


Рис. 9. Проявление ПС в течении суток
РВ и частота их встречаемости.

Объяснение времени проявления ПС (в интервале 07h00m <LT<16h00m) вытекает из самой природы проявления ПС при данном методе измерения ЗТП. Как известно, солнечный ветер приводит к возникновению многочастотного с высокой энергией ионизирующего излучения в земных полостях. Это излучение, в свою очередь, рассеивается в неположенных областях, и когда рассеяние вертикального тока Земли находится в допустимом пределе, то отражение приповерхностных и подповерхностных аномалий может быть непрямо (Nelis, 1985).

Допустимый предел, определяется временем проявления предвестника ЗТ, которое фиксируется на диапазоне 1-9 кГц, где отчетливо выражен переход от ночного максимума к дневному минимуму и от дневного минимума к ночному максимуму (рис. 10) (так называемые восходно-заходные эффекты Солнца), учитывая, что каждому дню соответствует свое время перехода. А отражение приповерхностных и подповерхностных аномалий фиксируется на диапазонах 0.01-0.1 Гц и 1 Гц. Исходя из того, что диапазон 1-9 кГц не подвержен влиянию геомагнитной активности (магнитные бури) и ионизирующего излучения, вызванных солнечным ветром, рассматриваясь от разных полюсов в неположенные области, то объяснить суточный ход этого диапазона можно, если учесть влияние солнечного ветра на всю структуру силовых линий геомагнитного поля Земли на дневной и ночной стороне.

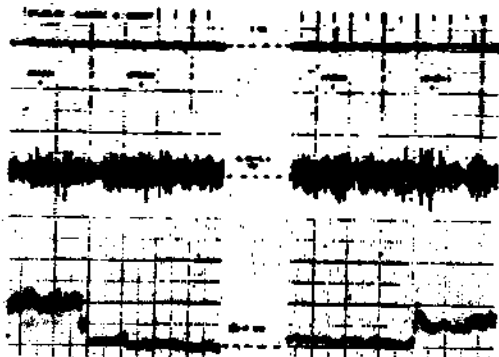


Рис. 10. Восходно-заходные эффекты
Солнца на вариации ЭТП.

Далее, из таблицы 1 графы 6, 7, мы выделены 2 типа землетрясений, характеризующиеся количеством дней, в течение которых проявляется ПС. К первому типу относятся ЗТ № 1, 4, 6, как правило не более 1 дня. Ко второму типу - ЗТ № 2, 3, 5, более 1 дня. Здесь мы отмечены следующие, что для первого типа очаги ЗТ отодвигаются с подвиз-ками по направлению поверхности разрыва, а для второго типа ЗТ - с образованием новых разрывных нарушений среды. Таким образом, исходя из существующих типов землетрясений, возможно прогнозирование места, определенного геологическими условиями.

Зависимость между магнитудой ЗТ (M) и амплитудой (A) ПС строилась без учета типов ЗТ (рис. 11). Для диапазона 0.01-0.1 Гц получено следующее уравнение:

$$M = -0.082 \cdot A + 2.7,$$

для диапазона 1 Гц:

$$M = -0.043 \cdot A + 2.9.$$

В графе 10 таблицы 1 указано количество дней до дня ЗТ, начиная с дня появления аномалии. На рис. 12 приведена взаимосвязь времени ожидания (T) или так называемого "латенция" перед ЗТ и магнитуды этого ЗТ (M). Эта зависимость строилась также без учета типов ЗТ, для этого количество дней до дня ЗТ исчислялось с дня проявления последней аномалии. Эту взаимосвязь удалось описать следующим уравнением:

$$\text{LOG } T = 0.31 \cdot M - 0.49$$

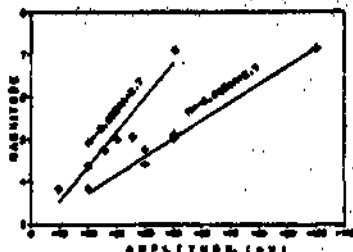


Рис.11. Зависимость между магнитудой и амплитудой А прогнозного сигнала.

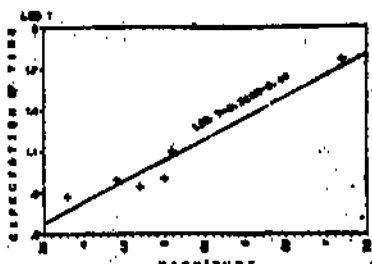


Рис.12. Зависимость времени окисления ЭТ (T) и магнитуды M.

Таким образом, располагая сетью измерительных станций ЭТП вертикальной составляющей, можно ставить задачу краткосрочного прогноза, места, силы и времени будущих землетрясений.

Признание

Автор благодарит Козо Такахаши из лаборатории электромагнитных эмиссий при Министерстве связи телекоммуникаций Японии за предоставленную измерительную систему, а также за его конструктивные комментарии при выполнении данной работы.

Литература

- Finkelstein D., Hill R.D., Powell J.R., 1973, The piezoelectric theory of earthquake lightning, J. Geophys. Res., 78: 992.
- Fujinawa, Y. and Takahashi, K., 1990, Emission of electromagnetic radiation preceding the Jto seismic swarm of 1989. Nature, 347: 376-378.
- Герашензон Н., Гонсберг М., Дзоровольский И. Расчет краткосрочных предвестников землетрясений в электротеллурическом поле. -Изв. АН СССР, Физика Земли, N 2, 1989, с.43-58.
- Гонсберг М., Моргунов В., Герасимович Е. и Матвеев И., 1988, Оперативные электромагнитные предвестники землетрясений. М., Наука.
- Hayakawa, M., T.Yoshino and V.Morgounov, 1993, On the possible influence of seismic activity on the propagation of magnetospheric whistlers at low latitudes. Phys. Earth Planet.Inter., 77: 97-108.
- Helms, R., 1985, Method for detecting surface and subsurface anomalies of the earth using vertical current measurements, Patent by USA N 4807611.
- Kinoshita, M., M. Uyeshima and S. Uyeda, 1989, Earthquake prediction research by means of telluric potential monitoring, 1 & 2, Bull. Earthq. Res. Inst., 64, (in Japanese)
- Sobolev, G., 1975, Application of electric method to the tentative short-term forecast of Kamchatka earthquakes, PAGEOPH, 113, 227-235.

Токтоналиев А., Райлов Э., Байло С., 1993, Инструментальные наблюдения электрического поля в зоне разлома. В кн. Сейсмологические наблюдения в Кыргызстане. Бишкек: Илим, с. 35-42.

Varotsos, F. and K. Alexopoulos, 1987, Physical properties of the variations of the electric field of the Earth preceding earthquakes, III, *Tectonophysics*, 136: 335-340.

The studying of regularities in measuring the vertical component of Earth's electro-telluric field for finding of earthquake's precursors.

A. Toktosopiev.

Institute of Seismology,
NBA, Azenbay 52/1,
Bishkek 720060.

Abstract.

You see the results of vertical component measurements of electrotelluric field from end 1991 till beginning 1995. The analysis of obtained data is showing that electrokinetical effect in connection with the preparatory process of earthquakes with magnitude 3.8 and more ($M \geq 3.8$) and distance 300 km from observant station, can be singled out and quantitely described.

1. Introduction.

The experimental material, which was accumulated to that time on the world forecasting ranges, testifying about possibility of using the horizontal component of electrotelluric field (ETF) for earthquake's (EQ) prediction (Sobolev, 1975; Vorotsov and Alexopoulos, 1987; Kinoshita et al., 1989; Toktosopiev et al., 1993). The investigation of possibility for discovery of electrokinetical effect caused by changes in strained conditions of earth's crust before earthquakes, according to changes of electrotelluric potential have been carried out in the work by Gershenson et al., 1989. On the base of calculations were put the natural and very common assumptions about beginning and development of inhomogeneous mechanical properties in the strain crust during EQ preparation. It was enough for drawing of space-timing picture of superfluous pore liquid pressure distribution near Earth's surface. As the result, it was shown, that pressure's gradient in horizontal plane is not large and leads to comparatively weak electrokinetical effects. But in vertical plane, when pore liquid is easily connected with surface, is appeared the large vertical gradient of pressure near the surface with comparably quick changes of volumetric deformation, therefore, we can have the considerable value of electric field. In the result, there are 2 methods of ETF measuring for fixation of EQ precursors:

- 1) for horizontal (traditional) disposition of electrodes with consideration of crust's inhomogeneties, and
- 2) for vertical disposition of electrodes, one is above, another is below of water-carrying stratus in homogeneous environment. Probably, the first investigations in ETF vertical component measurement for EQ prediction and volcanic activity have been carried out in Japan (Fujihara and Takahashi, 1990). And according to agreement in science-technical cooperation, in Kyrgyzstan was mounted the analogous measuring system, produced by "TDA Electronic LTD" and "MF Electronic instruments".

2. Measuring system.

Beginning from Nov. 1991 in Kyrgyzstan (fig.1) have been organized the continuous measuring of ETF vertical component for discovering earthquake's precursors.

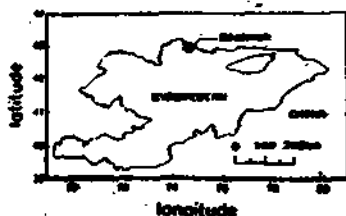


Fig.1. x - the point of ETF registration.

System has 3 recording channels, every one from which has its own frequent range: 0.01-0.1 Hz, 1 Hz and 1-9 kHz. Block-diagram of device is shown at fig.2. System consists of 2 electrodes:
 1) the first is the hole with 1200 m depth;
 2) the second is located at the 1.5 m depth around hole with circle-diameter 20 m and resistance between electrodes-100 Ohm.
 All the data are writing on 3-channel recorder in real time scale and with time interval to 0.5 sec.

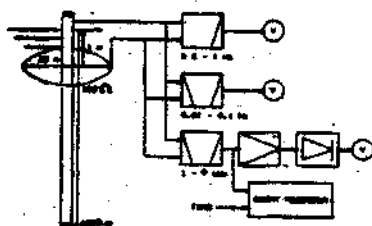


Fig.2. Station's block-diagram of ETF registration.

The mounting of recording ranges have been made according to registered apparatus. For first channel (1 Hz) recording range is (-1.0//1.0 V) with zero-mounting on 1.0 V (centre of recording tape); for second channel (0.01-0.1 Hz) it is (-50//50 V) with zero-mounting on + 0.0 mV (centre of recording tape); for third channel (1-9 kHz) one is (0.0//200 mV) with zero-mounting on 0.0 (nearest edge of recording tape). In the record the time-correction relatively of first channel is: for second channel - (+4 min); for third channel - (+7 min).

3. Results.

With the help of identification and systematic classification, we had tried to find the distinctive peculiarities of artificial and natural phenomena, which had been displayed in ETF records on 3-frequent ranges.

a) Artificial (technogeneous) perturbations.

For singling out of technogeneous perturbations, which were called by human activity, (observational station is in Bishkek), have been used records of daily motion for 3 channels from Monday till Friday (otherwise, the working days, fig.3(a)) and daily motion for Saturday, Sunday and holidays (otherwise, unworking days, fig.3(b)). In comparison of these records were singled out the technogeneous perturbations (so called "peckets"), which are displayed on 0.01-0.1 Hz and 1 Hz ranges and have a definite period and amplitude in time-interval from 07.00 till 16.30 our time (LT).

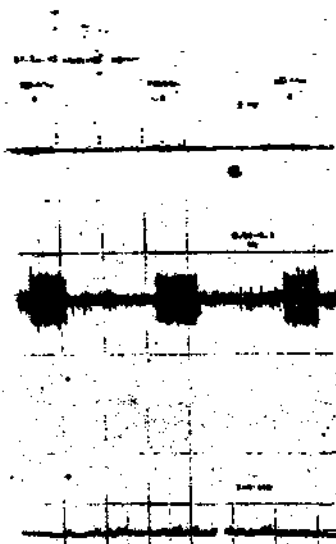


Fig.3(a). Daily motion's records in working days.

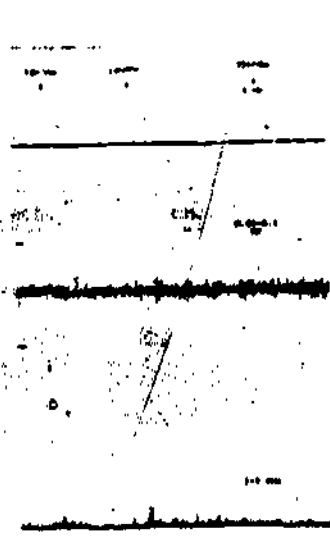


Fig.3(b). Daily motion's records in unworking days.

b) Geomagnetic activity.

For singling out of geomagnetic perturbations, were used the magnetograms of vertical component of geomagnetic field for nearest stations. Fig.4(a,b) shows the examples of ETF perturbations called by geomagnetic activity (magnetic storms). As the rule, perturbations have the characteristic peculiarities,

corresponding to the time and power of geomagnetic activity, which is displayed on 0.01-0.1 Hz and 1 Hz ranges. The first impulse's arrival of geomagnetic perturbations is reflected in ΔV - increase on 0.01-0.1 Hz and 1 Hz ranges.

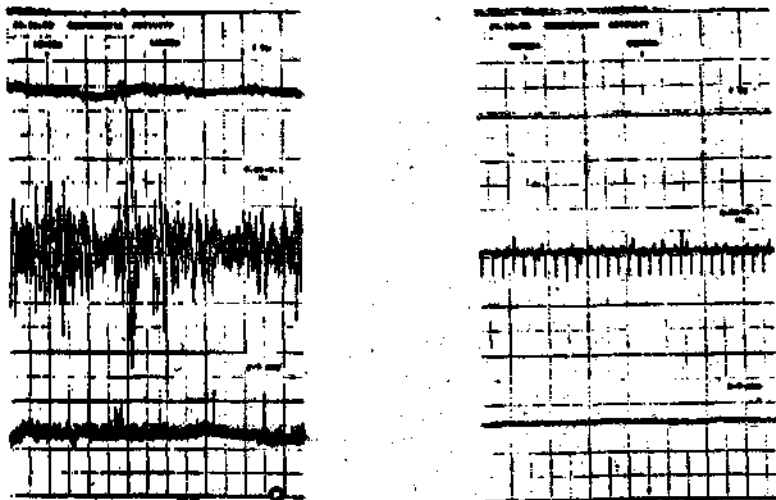


Fig.4(a,b). Examples of ELF perturbations, called by geomagnetic activity (magnetic storms).

c) Storm activity and whistling atmospheres (whistlers). Fig.5(a) shows the example of storm influence to 3-frequent ranges. At the moment, when all these ranges, given definite measuring limits, can't registered input signals, exceeding limits, the protective system begins to work and ranges are restarted. It should be noted, that during storm activity, which is displayed at all ELF recording ranges at the same time (there is only amplitude difference), the protective system is working selectively (fig.5(b)).

As a rule the whistler's influences don't lead to the start of protective system and are displayed only at 1-9 kHz range. According to existing notions, the appearance of whistlers is defined by meteorological conditions. That is an explanation of

daily variation of whistler's appearances, which are defined by the daily variation of ionospheric parameters. Fig.6(a) and 6(b) show the whistler's influence to 3-frequent ranges.

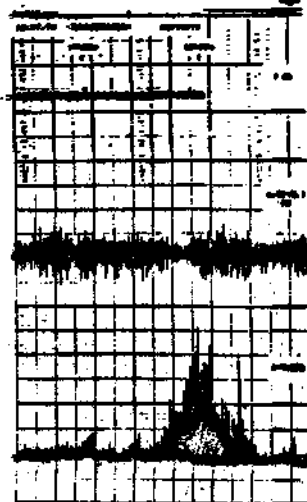


Fig.5(a,b). Influence of storm activity.

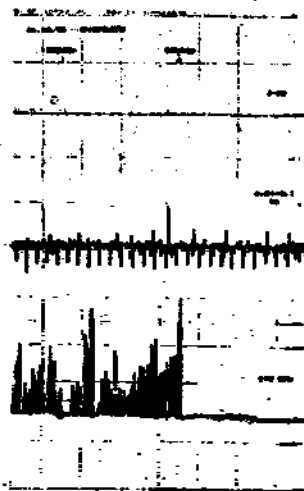
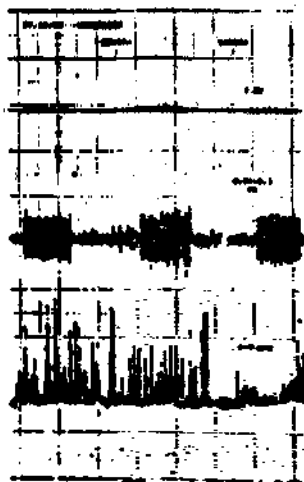


Fig.6(a,b). Influence of whistlers on magnetic storm's background.

3.1. Precursoring signal and quantitative appreciation.

Tab.1. shows graphs, where: 1 - EQ date; 2 - EQ coordinates;

3 - distance (R); 4 - magnitude (M); 5,6 - date and time

(LT=VT+5h) of precursoring signal's displaying (PS); 7 - ampli-

tude (A1) of PS on 0.01-0.1 Hz range; 8 - amplitude (A2) of PS

on 1 Hz range; 9 - day's quantity before EQ.

Tab.1.

N:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	EQ	EQ	R	M	PS	PS	A1	A2	Q
	date	coordinates	kat	data	time	time	mV	mV	day
1	21.05.92	41°00" 72°28"	260	4.4	14.05.92	12h30m-13h10m	-20	-40	8
2	19.06.92	42°04" 73°38"	120	7.3	06.06.92	13h20m-13h50m	-50	-150	75
					10.06.92	07h00m-09h00m	-50	-90	71
					14.06.92	08h40m-10h00m	-50	-90	67
						12h10m-12h30m	-50	-100	
						13h50m-14h10m	-50	-100	
					18.06.92	10h40m-12h00m	-50	-90	63
						13h20m-13h40m	-40	-80	
					19.06.92	07h50m-08h50m	-50	-100	62
						12h20m-14h00m	-50	-90	
						22.06.92	07h20m-08h40m	-50	-100
		14h20m-15h20m	-50	-100					
3	18.10.92	42°11" 73°13"	133	5.1	02.10.92	13h40m-14h50m	-40	-50	17
					03.10.92	12h20m-12h40m	-30	-50	16
					06.10.92	12h40m-13h00m	-30	-50	13
4	06.11.92	41°06" 72°12"	275	4.7	30.10.92	15h00m-16h00m	-20	-40	7
5	24.12.92	42°20" 72°33"	220	5.0	03.11.92	14h30m-15h00m	-25	-30	52
					06.11.92	12h20m-13h00m	-30	-50	49
					11.11.92	10h20m-10h40m	-40	-50	44
						12h10m-12h20m	-25	-50	
						13h10m-13h20m	-30	-50	
					17.11.92	09h00m-09h10m	-40	-70	38
						12h10m-12h30m	-30	-40	
					18.11.92	10h10m-10h30m	-30	-50	37
						14h10m-15h30m	-30	-50	
					20.11.92	08h30m-09h40m	-40	-60	35
						12h30m-14h20m	-40	-60	
					23.11.92	08h10m-08h30m	-40	-60	32
						09h30m-10h00m	-40	-70	
						12h00m-12h50m	-40	-60	
					01.12.92	12h00m-12h10m	-30	-50	24
	12h40m-13h00m	-30	-50						
07.12.92	08h10m-10h10m	-30	-50	18					
	13h10m-15h00m	-30	-50						
08.12.92	10h20m-10h30m	-25	-50	17					
	12h00m-12h20m	-30	-50						
09.12.92	07h40m-09h00m	-35	-50	16					
11.12.92	14h20m-14h40m	-35	-60	14					
	17.12.92	12h20m-14h30m	-40	-70	8				
6	27.01.94	40°42" 72°42"	285	3.8	21.01.94	12h00m-12h10m	-10	-20	6

Fig.7(a-f) shows examples of precursory signals (PS) those ED, which are shown on Tab.1. As you can see from this pictures, the 0.01-0.1 Hz and 1 Hz ranges have been worked synchronously. Therefore, we had made the quantitative appreciation of PS - amplitude in μV on these ranges (graf.7,8 of Tab.1). The first arrival of PS-impulse on 0.01-0.1 Hz range is displayed in μV -decrease and analogical decreasing is observed at 1 Hz range too. Therefore, the PS calculation on 0.01-0.1 Hz range was made in negative meanings of amplitude and all output-data were averaged. For 1 Hz range in PS-amplitude calculation, we considered the trending character of year motion (fig.8), which is concluded in μV -minimum in summer (July-August) and μV -maximum in winter (December-February) and, that is why, we have taken the average meaning of daily motion (without PS-amplitude) for that PS-time, as a background meaning and, according to it, the PS-amplitude has been selected. After that, all the data have been averaged.

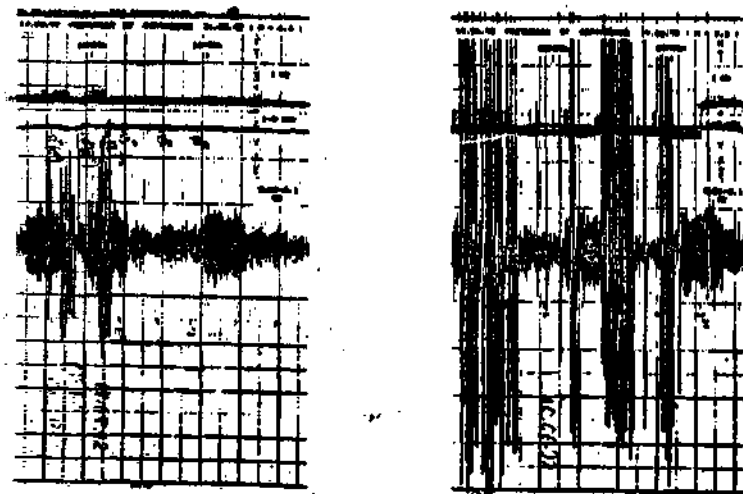


Fig.7(a,b). ETF-change before EQ (21.05.92) with M_{max} 4
and 19.08.92 EQ with $M=7.3$.

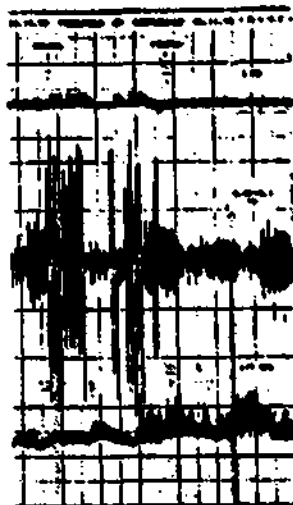
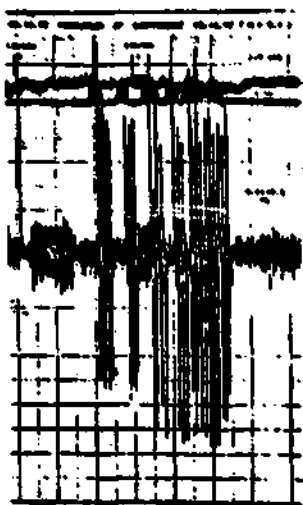


Fig.7(c,d). ETF-change before 18.10.92 EQ with $M=5.1$
and 6.11.92 EQ with $M=4.7$.

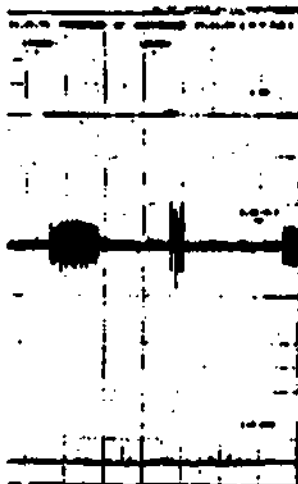
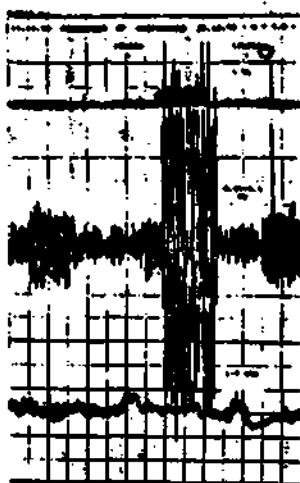


Fig.7(e,f). ETF-change before 24.12.92 EQ with $M=5.0$
and 27.01.94 EQ with $M=3.8$.

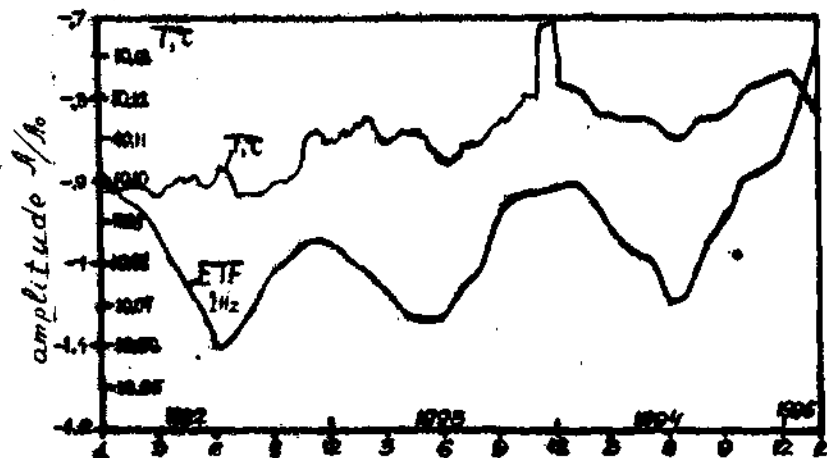


Fig.8. Trending character of year motion of ETF and water-temperature (H=350 m) for 1992-1994.

4. Discussion and conclusions.

Registration and analysis of vertical component's changes of Earth's ETF permit to make the conclusion that recording artificial and natural events have their own characteristic peculiarities on 3-frequent ranges (Tab.1) and can be selected with the help of this method of data processing.

Tab.2.

N	Events	Displaying on ranges		
		0.01-0.1 Hz	1 Hz	1-9 kHz
1	Artificial (technogenic) perturbations	yes	yes	no
2	Geomagnetic activity	yes	yes	no
3	Storm activity	yes	yes	yes
4	Whistlers	no	no	yes
5	Precursoring signal (PS)	yes	yes	no

As for geomagnetic storm activities and whistlers, on that moment it is very difficult to explain the correlation of this events with EQ, because all the data, which we have, aren't permitting to answer, is this anomaly the consequence of process's beginning on zone of EQ preparation. (Borberg et al., 1985; Haykawa et al., 1993; Finkelstein et al., 1973).

As for PS, the practice of forecasting researches had shown, that with data processing the possibility of experiment in real time (LT) is extended essentially, because the time anomaly of observant field can be interpreted as PS, whereas the time of PS displaying in LT. Fig. 9 shows the graf. 7 from Tab. 1 (PS-displaying during 24 hours of LT) and the quantity of its appearance for this variational row.

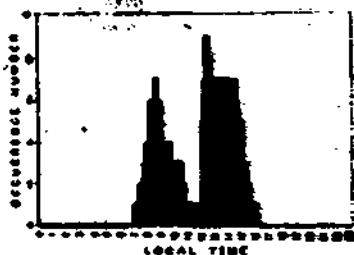


Fig. 9. PS-displaying during 24 hours and its occurrence number.

The time of PS appearance (ad hoc, 07h00m < LT < 16h00m) we can explain by the nature of PS-displaying, using this method ETF measuring. It is common knowledge, that sunwind leads to appearance of multifrequent ionizing radiation with high power on earth poles. This radiation is dispersed in unpoling fields and on that moment, when dispersion vertical current of the Earth is in permissible limit, the reflection of the ground and underground anomalies can be measured (Neiss, 1983).

The permissible limit, ad hoc, is defined by the time of EQ precursor's displaying, which is fixed at 1-9 kHz range, where is expressed the transition from night maximum to day minimum and from day minimum to night maximum (fig. 10) (so called "effect of sunrise and sunset"), take into account, that every day corresponds with its transition's time. The reflection of by-surface and underground anomalies is fixed on 0.01-0.1 Hz and 1 Hz

ranges. Coming from that, the 1-9 kHz range doesn't subject to influence of geomagnetic activity (magnetic storms) and ionizing radiation, which were called by sunwind, dispersing from earth poles to unpole fields, it is possible to explain the daily motion of this range, if take into consideration the influence of sunwind to all structure of power lines of Earth's geomagnetic field on day and night sides.

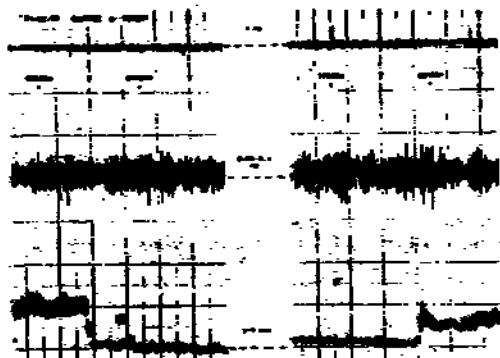


Fig.10. Effects of sunrise and sunset on ETf-variation.

After that, from Tab.1 (graf6,7), we distinguish 2 types of EQ, which are characterized by day's quantity and during which PS is displayed. The earthquakes of first type are EQ N 1,4,6 - not more of 1 day (as the rule). The second type - EQ N 2,3,5; - more than 1 day. Here we must say, that for EQ of 1-st type the sources are indentified with motion on existing fault planes, and for EQ of 2-nd type - with appearance of new faults. Thus, coming from existing EQ types, it is possible to predict the place, which is defined by geological conditions.

Dependence between EQ magnitude (M) and amplitude (A) of PS was built without distinguishing on EQ types (fig.11). First equation is for 0.01-0.1 Hz range and second is for 1 Hz range:

$$1) M = -0.0628A + 2.7;$$

$$2) M = -0.0439A + 2.9.$$

Graf 10 of Tab.1 shows the day's quantity before EQ, beginning from day of anomaly's appearance. Fig.12 shows the correlation of waiting time (T) ("lull") before EQ and its magnitude (M). This dependence have been built without distinguishing on EQ types, for it the day's quantity before EQ have been calculated, beginning from appearance of last anomaly. This correlation we had written as following equation:

$$\text{Log } T = 0.31 * M - 0.49.$$

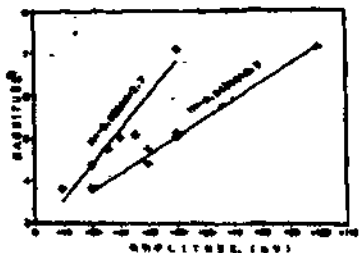


Fig.11. Dependence between EQ magnitude (M) and amplitude (A) of PS.

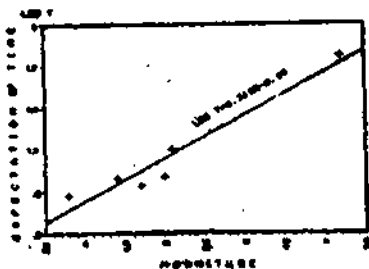


Fig.12. Correlation of EQ waiting time (T) and magnitude (M).

Thus, if we have the network of measuring stations for vertical component of ETF, so, it is possible to put the task of short-term prediction of place, power and time of future earthquakes.

Confession!

Author thanks to Dr. Kozo Takahashi from Communication's research laboratory Ministry of Posts and Telecommunications for measuring system and his constructive commentaries for this work.

Literature.

1. Finkelstein D., Hill R.D., Powell J.R., 1975. The piezoelectric theory of earthquake lightning. *J. Geophys. Res.*, 70: 992.
2. Fujinawa, Y. and Takahashi, K., 1970. Emission of electromagnetic radiation preceding the Ito seismic swarm of 1969. *Nature*, 347: 376-378.
3. Gershenson N., Bohberg M., Dobrovolsky I. The calculation of storm-term precursors of earthquakes in electrotelluric field) AG, USSR, *Earth physics*, N2, 1969: 43-58.
4. Bohberg M., Morgunov V., Gerasimovich E., Netsoev I., 1963: Operative electromagnetic precursors of earthquakes. M., Nauka.
5. Hayakawa, M., I.Yoshino and V.Morgunov, 1993, On the possible influence of seismic activity on the propagation of magnetospheric whistlers at low latitudes. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 77: 97-108.
6. Helms, R., 1985, Method for detecting surface and subsurface anomalies of the earth using vertical current measurements. Patent by USA N 4307611.
7. Kinoshita, M., M. Uyeshima and S. Uyeda, 1989, Earthquake prediction research by means of telluric potential monitoring, 1 & 2, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 64, (in Japanese)
8. Sobolev, S., 1975, Application of electric method to the tentative short-term forecast of Kaschatka earthquakes, *PARODPH*, 113, 229-233.
9. Toktosopiev A., Reyapov A., Baylo S., 1973: Measuring observations of electrotelluric field in fault zone. "Seismological observations in Kyrgyzstan", Bishkek, ILIN, 35-42.
10. Varotsos, P. and K. Alexopoulos, 1987, Physical properties of the variations of the electric field of the Earth preceding earthquakes, 111, *Tectonophysics*, 136: 335-340.

Подписано в печать 25.10.86 формат 60×84/16

Печать офсетная. Объем 1,26 л. в. Зак. 506 Тир. 100

г. Башмак, ул. Мадарова, 68. Типография РСХМ