

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СИНХРОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ  
АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ  
НА ПУНКТЕ "МИКИЖА" И ОБСЕРВАТОРИИ "ПАРАТУНКА"**

**SOME RESULTS OF SYNCHRONOUS MEASUREMENTS OF ELECTRIC FIELD AT  
"MIKIZHA" SITE AND "PARATUNKA" OBSERVATORY**

*О.П. Руленко<sup>1</sup>, Ю.В. Марапулец<sup>2</sup>, С.Э. Смирнов<sup>2</sup>, М.А. Мищенко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,*

<sup>2</sup>*Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

The results of synchronous measurements of atmospheric electrical field at two points, the distance between which is 2.9 km, are considered. The measurements of potential gradient  $V'$  were carried out from June 27 till October 16, 2006. In the behavior of the relation of a variation factor of hourly average meanings  $V'$  between the points the anomalies of meteorological and, probably, seismotectonic origin were found out. During the days with "fair weather conditions" in July - September the unitary daily variation  $V'$  was observed only in September, when the intensity of local "convective generator" of electrical charges decreased at the points.

Регистрируемые у поверхности земли вариации градиента потенциала атмосферного электрического поля  $V'$  вызваны совокупным действием глобальных и локальных генераторов электрических зарядов [10]. Для выявления их действия и его изучения используется исследование пространственной структуры вариаций  $V'$  путем синхронных измерений на двух и более пунктах. Разное расстояние между пунктами позволяет исследовать структуры вариаций, имеющие различные характерные масштабы и физическую природу. Для пунктов, удаленных на 1-10 км друг от друга, пространственные вариации  $V'$  обусловлены разным действием локальных генераторов, которое вызвано неодинаковой изменчивостью приземной атмосферы [1, 3]. В сейсмоактивных областях в этих вариациях  $V'$  находит, вероятно, отражение и сейсмотектонический процесс [9, 11].

В настоящей работе представлены результаты синхронных измерений  $V'$  на пункте "Микижа" и пункте (обсерватории) "Паратунка", расстояние между которыми 2.9 км. Измерения проводились с 27 июня по 16 октября 2006 г. Использовались датчики электрического поля "Поле-2" [5]. На пункте "Микижа" измерительная пластина первичного преобразователя датчика была на высоте 7 см от поверхности земли. На пункте "Паратунка" первичный преобразователь был установлен на высоте 3.4 м от земли в центре горизонтальной выравнивающей металлической сетки, имеющей форму круга диаметром 4.4 м. Выходные напряжения датчиков оцифровывались с частотой 0.5 Гц и записывались на жесткий диск персонального компьютера. Атмосферные осадки регистрировались метеостанцией Conrad WS-2300 один раз в минуту.

Использовались данные, полученные в условиях любой погоды. Вычислялись и анализировались среднечасовые значения  $\tilde{V}'_m$ ,  $\tilde{V}'_n$  и их стандартные отклонения  $\sigma_m$ ,  $\sigma_n$ , соответственно, на пункте "Микижа" и "Паратунка". Рассматривались часовые интервалы, которые содержали только все мгновенные значения  $V'$ .

Степень изменчивости электрического поля на пунктах оценивалась с учетом изменчивости стандартного отклонения среднечасовых значений  $V'$  и относительной изменчивости самих среднечасовых значений. Вычислялся коэффициент вариации среднечасовых значений градиента потенциала поля на пункте "Микижа"  $K_m = \sigma_m / |\tilde{V}'_m|$  и пункте "Паратунка"  $K_n = \sigma_n / |\tilde{V}'_n|$ . Кроме учета изменчивости стандартного отклонения и среднего значения, коэффициент вариации является безразмерной величиной, что позволяет сравнивать рассеяния выборок случайных величин, имеющих различную размерность [4]. Его рекомендуется использовать для сравнения степени изменчивости выборок двух и более случайных величин [8]. Все это актуально для анализа данных в

нашем случае, когда измерения  $V'$  проводятся в разных местах и на разных высотах, то есть при разном действии локальных факторов и, прежде всего, электродного эффекта.

Для выяснения пространственной изменчивости электрического поля рассматривалось отношение коэффициента вариации среднечасового значения  $V'$  на пункте "Микижа" к значению его за тот же час на пункте "Паратунка"  $K_M/K_P$ . Поведение  $K_M$ ,  $K_P$  и  $K_M/K_P$  приведено на рис. 1.

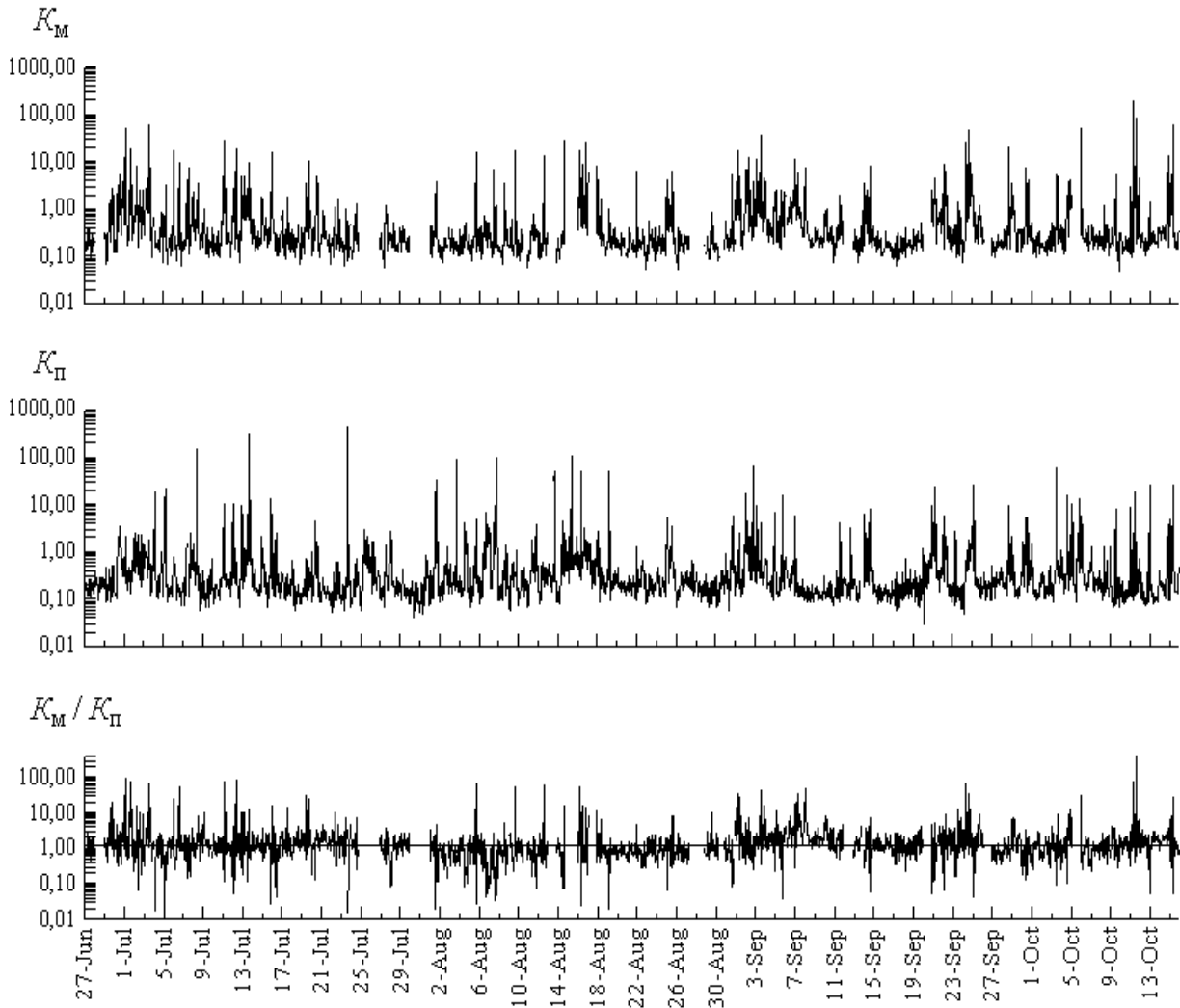


Рис.1. Поведение коэффициента вариации среднечасовых значений градиента потенциала электрического на пункте "Микижа"  $K_M$ , пункте "Паратунка"  $K_P$  и отношения  $K_M/K_P$ .

Как видно из рис. 1, значения  $K_M$  и  $K_P$  варьируют в широком диапазоне. Распределение  $K_M/K_P$  близко к логнормальному со средним геометрическим значением 1.16, которое отмечено на рисунке сплошной линией. Поскольку это значение близко к 1, степень изменчивости электрического поля на пунктах по всей совокупности данных примерно одинакова. Однако наблюдаются длиннопериодные вариации  $K_M/K_P$  относительно среднего, которые свидетельствуют о разной степени изменчивости  $V'$  в разное время на пунктах. Для выделения этих вариаций проводилось центрированное сглаживание значений  $K_M/K_P$  методом скользящего среднего во временном окне 72 часа. Такое окно выбрано для исключения возмущений  $K_M/K_P$ , вызванных кратковременными (менее 3 суток) ухудшениями погоды. Эти ухудшения могли проявляться на пунктах по-разному, в то время как ухудшения погоды длительностью более 3 суток проявлялись в целом одинаково. Кроме того, учет кратковременных ухудшений погоды, особенно по визуальным данным, был в условиях эксперимента более трудным, чем длительных.

На рис. 2 представлены сглаженные значения  $K_M/K_P$ . По оперативным данным Камчатского филиала ГС РАН (<http://kbg.s.kscnet.ru>) стрелками на рисунке указаны все землетрясения с энергетическим классом больше 12,0, произошедшие на эпицентральной расстоянии до 250 км от пункта "Микижа". Буквами  $M_1$ - $M_4$  отмечены возмущения метеорологического происхождения, так как в это время была плохая, с частыми осадками погода длительностью до 6 суток.

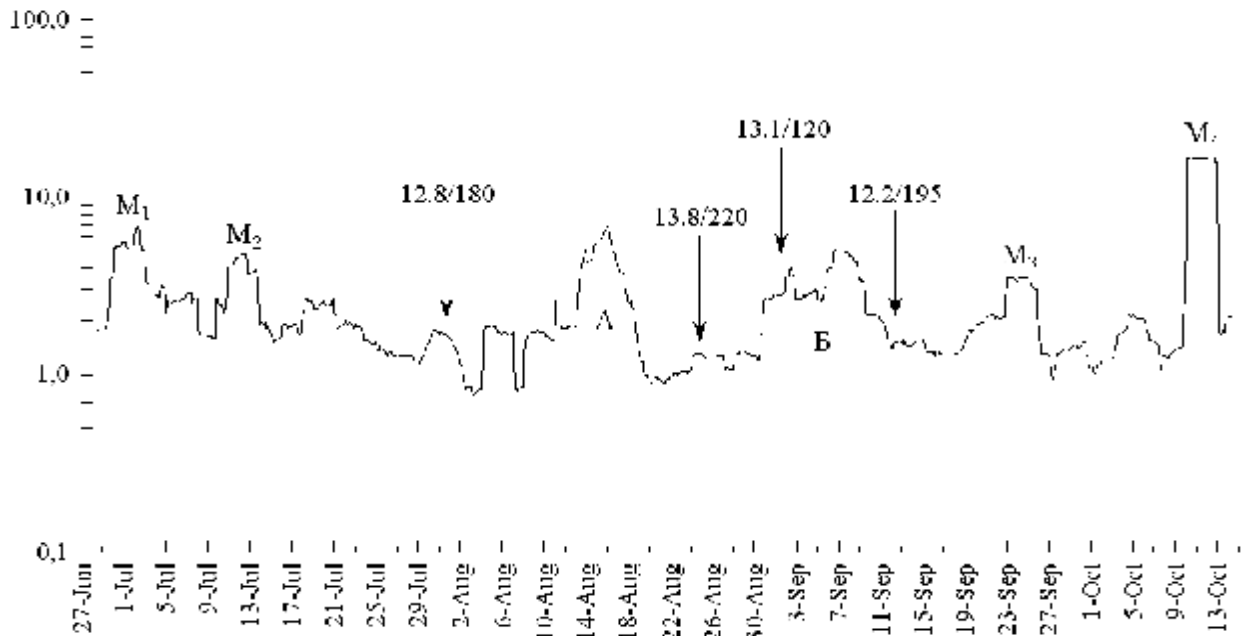


Рис.2. Сглаженные значения  $K_M/K_P$ .  $M_1$ - $M_4$  - возмущения метеорологического происхождения, А и Б - вызванные, вероятно, сейсмотектоническим процессом. Стрелками указаны землетрясения с энергетическим классом больше 12,0. Первое число над стрелкой - энергетический класс, второе - эпицентральное расстояние до пункта "Микижа" в км.

При рассмотрении рис. 2 обращают внимание аномалии А и Б, во время которых не было длительных ухудшений погоды. Так с 17 июля по 28 августа на пункте "Микижа" осадки выпадали только 27 июля и 14 августа, а с 29 августа по 19 сентября они отмечались лишь эпизодически в отдельные дни: 29 и 31 августа, 5, 11 и 14 сентября. Эти дни не отражаются в поведении аномалий А и Б, поскольку проведенное выше сглаживание  $K_M/K_P$  устраняет влияние возмущений погоды длительностью 1 сутки.

Все это позволяет допустить, что аномалии А и Б вызваны сейсмотектоническим процессом. Они отличаются от аномалий  $M_1$ - $M_4$  большей длительностью, а также более медленным увеличением и уменьшением. Аномалия А могла быть вызвана влиянием на электричество приземной атмосферы процесса подготовки самого сильного землетрясения 24 августа с энергетическим классом 13,8 (локальная магнитуда 6,2). Аномалия Б приурочена во времени к землетрясениям 1 и 12 сентября, которые произошли, соответственно, на севере (южнее мыса Шипунский) и юге (восточнее мыса Лопатка) района Южной Камчатки. Она, вероятно, связана с активизацией сейсмотектонического процесса в этой тектонической зоне.

Формирование аномалий А и Б могло происходить следующим образом. При подготовке землетрясения на атмосферу воздействует крайне неоднородная и иерархично расчлененная особенно вблизи поверхности земная кора. Воздействие протекает наиболее интенсивно на границе земля-атмосфера, где значительны потоки массы и энергии [2, 6]. Поэтому отклик электрического поля в приземном воздухе должен быть в разных местах разный, что приведет в нашем случае к появлению при невозмущенной погоде аномалии  $K_M/K_P$ .

Рис. 3 иллюстрирует спектры коэффициента вариации на пункте "Микижа" и "Паратунка". При расчете спектральной плотности  $S$  из последовательностей значений  $K_M$

и  $K_{\Pi}$  исключались среднее значение и линейный тренд, а пропущенные данные интерполировались по ближайшим точкам. Согласно рис. 3, спектры  $K_M$  и  $K_{\Pi}$  отличаются друг от друга. На пункте "Мижижа" спектральная плотность уменьшается на периодах  $T < 3$  суток, испытывая при этом значительные флуктуации. При  $T > 3$  суток она несколько выше, чем на пункте "Паратунка", где средний уровень спектральной плотности и ее разброс примерно одинаковы на всех периодах.

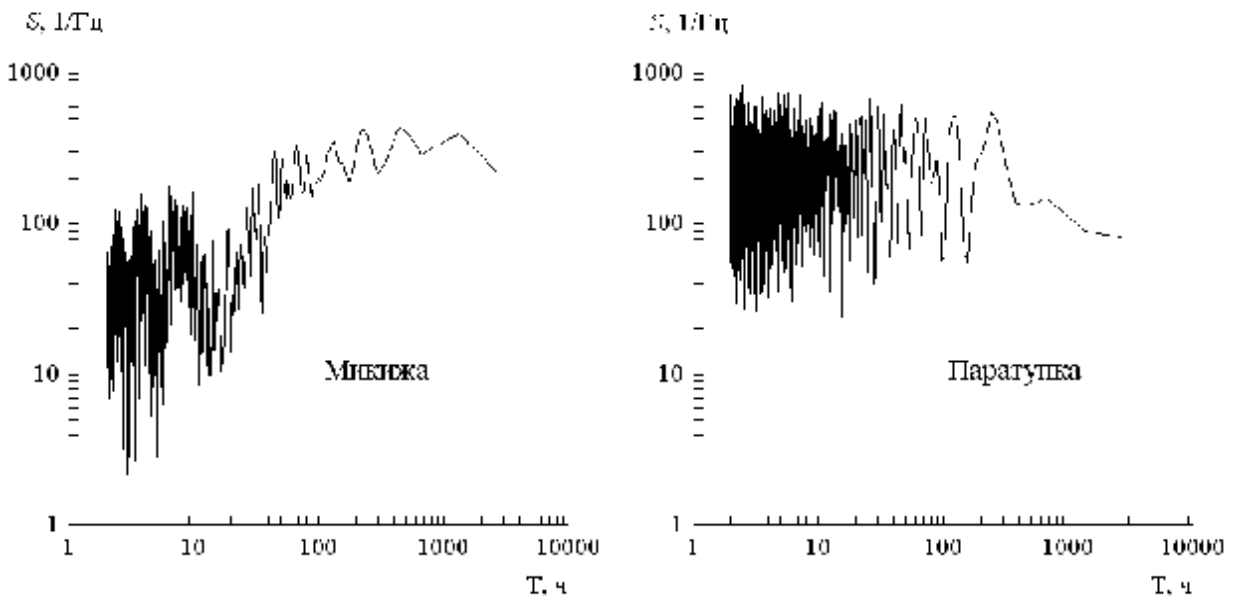


Рис.3. Спектральная плотность  $S$  коэффициента вариации среднечасовых значений градиента потенциала электрического поля на пункте "Мижижа" и "Паратунка".

Отличие спектров  $K_M$  и  $K_{\Pi}$  можно объяснить следующим образом. При установке датчика непосредственно у земли на изменчивость атмосферного электрического поля сильно влияет ионизация воздуха, обусловленная радиоактивными эманациями с поверхности земли. Она может сопровождаться появлением отрицательного объемного заряда, который уменьшает электрическое поле и даже изменяет знак [7, 13]. В случае более интенсивного деформирования близповерхностных пород на пункте "Мижижа" это должно привести при длительных наблюдениях к уменьшению и флуктуациям спектральной плотности  $K_M$  в области малых периодов.

На рис. 4 представлены суточные вариации градиента потенциала  $V'$  для дней с "хорошей погодой" на пунктах в июле, августе и сентябре. Вертикальными отрезками с надежностью 0.95 показаны доверительные интервалы для среднечасовых значений  $V'$ , оцененные с использованием распределения Стьюдента [4]. С целью корректного сопоставления данных значения  $V'$  на пункте "Паратунка" приведены к абсолютным значениям. В июле, августе глубина и форма суточных вариаций, а также ширина доверительных интервалов в одни и те же часы свидетельствуют о большей интенсивности локальных генераторов на пункте "Мижижа", чем "Паратунка". Это, в первую очередь, связано с разным способом установки датчиков и разной орографией местности и на пунктах.

Унитарная суточная вариация  $V'$ , имеющая минимум около 4 ч и максимум около 19 ч UT [10], не проявляется на пунктах в июле, августе. Она наблюдается только в сентябре, особенно на пункте "Паратунка". Данный факт можно объяснить интенсивным действием в эти месяцы локальных электрических генераторов и, прежде всего, "конвективного генератора" (austauschgenerator) [12]. В июле-августе утром и днем происходит сильное прогревание приземного воздуха, которое обуславливает конвекцию и генерацию электрических зарядов. Прогревание воздуха и конвекция ослабевают значительно в сентябре, что позволяет проявиться унитарной суточной вариации.

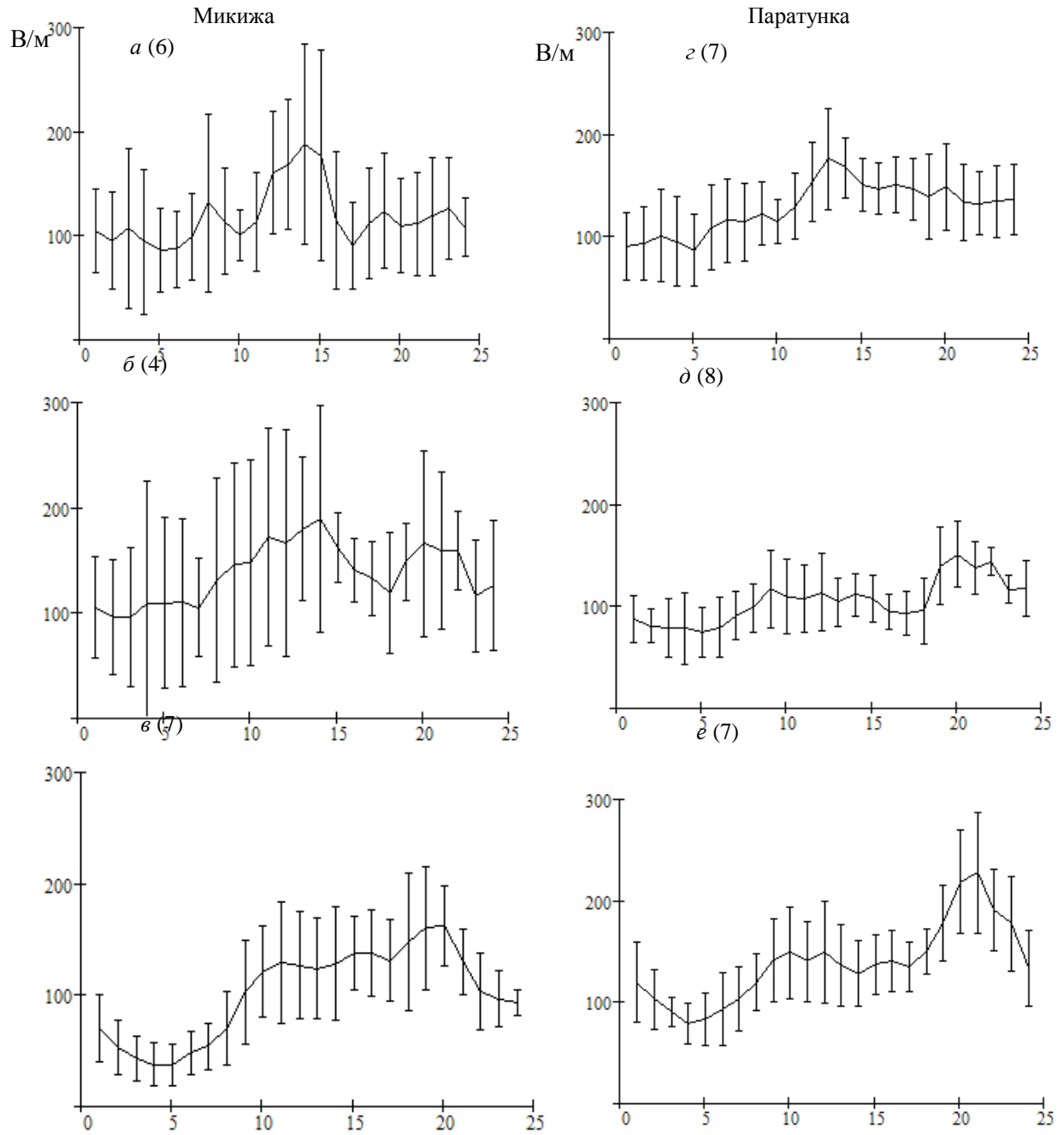


Рис.4. Суточные вариации градиента потенциала электрического поля на пункте "Микижа" и "Паратунка" по месяцам: *a, z* - июль; *б, д* - август; *в, е* - сентябрь. В скобках указано число дней с "хорошей погодой".

Работа выполнена при поддержке проекта ДВО РАН №06-И-П16-070.

#### Список литературы

1. Аджиев А.Х., Куповых Г.В. Атмосферно-электрические явления на Северном Кавказе. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – 137 с.
2. Адушкин В.В., Спивак А.А. Роль тектонических нарушений в межгеосферных взаимодействиях на границе земная кора-атмосфера // Докл. АН. 2005. Т. 402. № 1. С. 92-97.
3. Бандилет О.И., Канониди Х.Д., Шефтель В.М., Ярошенко А.Н. Пространственно-временная структура вариаций  $E_z$  в высокоширотной зоне // Электрическое взаимодействие геосферных оболочек. М.: ОИФЗ РАН, 2000. С. 33-36.

4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1998. – 479 с.
5. Гордюк В.П. Исследование принципов построения приборов для измерения напряженности электрического поля в приземном слое атмосферы // Труды ГГО. 1981. Вып. 442. С. 96-102.
6. Гохберг М.Б. Взаимодействие процессов в литосфере и у земной поверхности с внешними оболочками Земли // Геофизика на рубеже веков. – М.: ОИФЗ РАН, 1999. С. 163-169.
7. Куповых Г.В., Морозов В.Н., Шварц Я.М. Теория электродного эффекта в атмосфере. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998. – 123 с.
8. Леонтьев Н.Л. Статистическая обработка результатов наблюдений. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1952. –104 с.
9. Моргунов В.А., Матвеев И.В., Статиев А.В. Электричество атмосферы в зоне тектонического разлома // Магнитосферные исследования № 15. – М.: ВИНТИ, 1990. С. 65-68.
10. Чалмерс Дж. А. Атмосферное электричество. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 421 с.
11. Bufe C., Nanevicz J. Atmospheric electric field observations, animal behavior, and earthquakes // Pros. EHRP Conf. I. 23-24 Sept. 1976. California. P. 95-106.
12. Kasemir H.W. Zur Strömungstheorie des Luftelektrischen Feldes III: Der Austauschgenerator // Arch. Met. Geophys. Bioklim., (A), 1956. V. 9. P. 357-370.
13. Kulkarni M., Kamra A.K. Vertical profiles of atmospheric electric parameters close to ground // J. Geophys. Res. 2001. V. 106. P. 28209-28221.