

УДК 550.37:550.343

Токтосопиев А. М.
Институт сейсмологии НАН КР
г. Бишкек, Кыргызстан

АНОМАЛИИ АТМОСФЕРНО - ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА В СЕЙСМОАКТИВНЫХ РЕГИОНАХ КЫРГЫЗСТАНА

Аннотация. В статье изложены результаты исследований аномальных возмущений атмосферного электрического поля (АЭП), связанных с сейсмотектоническими процессами в земной коре Кыргызстана.

Ключевые слова: формы сигналов АЭП, уменьшение величины напряженности с изменением знака поля.

КЫРГЫСТАНДЫН СЕЙСМОАКТИВТҮҮ РЕГИОНУНДАГЫ АТМОСФЕРАЛЫК ЭЛЕКТР ПОТЕНЦИАЛДЫК АНОМАЛИЯЛАРЫ

Кыскача мазмуну. Сейсмотектоникалык процесстерге байланыштуу, атмосферанын электр талаасынын аномалдык дүүлүгүлөрү келтирилет.

Негизги сөздөр. АЭП сигналдарынын мейкиндик формалары, жана аларда жер титирөөлөр алдында катталган эффектер.

ANOMALIES OF ATMOSPHERIC AND ELECTRICAL POTENTIAL IN SEISMICALLY ACTIVE REGIONS OF KYRGYZSTAN

Abstract. The article presents the results of studies of anomalous disturbances of the atmospheric electric field (AEF), associated with seismotectonic processes in the earth's crust of Kyrgyzstan.

Keywords: AED waveforms, decrease in the magnitude of the intensity with a change in the sign of the field.

Сведения об электрических характеристиках атмосферы необходимы для построения общей картины электромагнитного поля Земли [1], исследования генераторов атмосферного электричества [2, 3, 4], поиска предвестников землетрясений [5, 6, 7]. Атмосферное электричество предполагается одним из факторов солнечно - биологического воздействия [8].

Те отрывочные факты по измерению АЭП в сейсмоактивных районах, накопленные до настоящего времени, не составляют необходимой статистики для научно обоснованных выводов. Данные изобилуют противоречивыми сведениями. С одной стороны, должны существовать пробойные напряжённости полей у поверхности в период, непосредственно предшествующий землетрясению: пробой кабеля, свечение воздуха. С другой стороны, отсутствуют данные прямых измерений, подтверждающие это даже при малых эпицентральных расстояниях. Тем не менее вопрос о существовании вариаций АЭП перед землетрясениями принципиален, и прежде всего потому, что электрическое поле обоснованно рассматривается как один из наиболее вероятных физических факторов литосферно - ионосферных связей.

Данные о наличии возмущений в ионосфере [9, 10, 11, 12] позволяют предполагать квазистатическое электрическое поле и его вариации у поверхности Земли в качестве физического фактора взаимосвязи процессов в земной коре и ионосфере. Необъяснённые, но достоверно установленные явления типа свечения воздуха в эпицентральных районах многими исследователями связываются с появлением квазистатических электрических полей больших напряжённостей в атмосфере. Отметим,

что подобное объяснение не является единственным. Согласно описаниям, появление в той или иной форме диффузного свечения, которое может принимать причудливые формы (в том числе и над высоко проводящей водной поверхностью), можно связать с явлением хемилюминесценции газов, выходящих через поверхность земли в атмосферу и вступающих в реакцию с различными компонентами воздуха. Но и в этом случае необходимо учитывать напряжённость электрического поля атмосферы и изменение её проводимости.

Всё это и определяет большой интерес к изменению электрических параметров атмосферы в период, непосредственно предшествующий землетрясению.

Среди ряда параметров, характеризующих электрическое состояние атмосферы вблизи поверхности Земли, выделяются три основных: напряжённость электрического поля (E), вертикальный ток атмосфера - Земля (I) и суммарная проводимость воздуха (σ). Для выяснения причин существующих возмущений желательно иметь записи трёх компонент. В практике полевых исследований редко удаётся в силу громоздкости аппаратуры проводить синхронную регистрацию E , I , σ и чаще всего проводятся измерения E .

Уравнение для плотности вертикального тока атмосфера - Земля представимо в виде:

$$j = sE + e \frac{\partial E}{\partial t} - (K + D) \frac{\partial n_{\pm}}{\partial z} + n_{\pm} V_z + j_{oc}, \quad (1)$$

где E - напряжённость электрического поля;

σ - суммарная проводимость воздуха;

ε - диэлектрическая проницаемость воздуха;

K и D - коэффициенты турбулентной и молекулярной диффузии;

n_{\pm} - концентрация носителей заряда (аэроионов);

V_z - вертикальная компонента скорости ветра;

j_{oc} - плотность токов осадков.

В общем случае разделение компонент тока представляет непростую задачу. Во время сильных осадков изменение E и j могут испытывать столь сильные возмущения обоих знаков (вплоть до пробойных значений при грозе для E), что выделять эффекты сейсмической природы в таких осложнённых метеоусловиях вряд ли представляется возможным.

Трудности с измерениями плотности вертикального тока в атмосфере в качестве индикатора объясняют тот факт, что существуют крайне немногочисленные эксперименты по выявлению связей j с сейсмической активностью, в отличие от наблюдений за напряжённостью электрического поля [11].

Наряду с регулярными плавными возмущениями АЭП, такими, как унитарная, суточная, сезонная вариации, которые составляют десятки процентов от среднего уровня в 130 В/м, существует большое многообразие иррегулярных возмущений в широком диапазоне характерного времени их изменений, амплитуды которых достигают десятков, сотен и тысяч вольт на метр. Источниками подобных возмущений являются: грозовая активность, туман, сильный ветер, пылевые и снежные бури, различного рода осадки, загрязнения атмосферы [12, 13].

При существовании подобного рода шума, трудно с уверенностью выделить полезный сигнал. В то же время подтверждением аномалий, приуроченных к моменту землетрясений и выходящих за рамки известных порядков величин, может служить и определённая статистика аномалий, полученная в различных сейсмоактивных регионах при относительно спокойных условиях. Тем самым, несмотря на очевидные трудности в

данных исследованиях, проведение их представляется не только целесообразным, но и необходимым. Достоверные свидетельства существования аномальных возмущений в параметрах атмосферного электричества в сейсмоактивных областях важны, прежде всего для понимания физических процессов, имеющих место в зоне подготовки землетрясения, и целей их прогнозирования. В последнее время внимание к таким исследованиям повысилось в связи с полученными в работах [13, 14] данными об аномалиях напряжённости электрического поля атмосферы сейсмоактивных областях Кыргызстана и Таджикистана. Наблюдения проводились с помощью струнного вибрационного измерителя АЭП, регистрация осуществлялась самописцем КСП - 4 с привязкой к точному времени. Одновременно фиксировалась метеобстановка для исключения возмущения АЭП, вызванных метеофакторами. Полученные данные обрабатывались с использованием компьютерных программ: рассчитывались среднечасовые «фоновые» значения, усреднённые за период около 10 дней до и после сейсмического события, а также отклонения хода АЭП в день события от «фона».

На рисунке 1 приведены результаты измерения АЭП в г. Бишкек вовремя афтершока 18.03.89 г. $M=4.0$, $R=60$ км. Основной толчок произошел 05.03.89 г. с $M=4.5$. Датчик АЭП располагался на крыше 4-х этажного здания: синхронно на ленте самописца КСП - 4 регистрировалась относительная влажность воздуха, отмечалась метеобстановка. Аномальное поведение АЭП началось примерно за 6 - 7 часов до толчка: наблюдалось уменьшение величины напряжённости с изменением знака поля. Фаза отрицательного знака продолжалась около 2 часов, после чего восстановилось нормальное значение АЭП. За 3 часа до толчка АЭП вновь начало уменьшаться, изменило знак, и в области отрицательных значений вышла за пределы динамического диапазона прибора (около 750 В/м). За 15 минут до толчка АЭП вновь начала быстро изменяться и в момент толчка (с точностью до первых минут) восстановилось нормальное значение.

По свидетельству многочисленных очевидцев, в районе эпицентра за 1 - 1.5 часа до толчка наблюдалось свечение возвышающихся предметов: вершин деревьев, крыш зданий и т. д. Свечение прекратилось непосредственно перед толчком. Эти свидетельства косвенно подтверждают связь зарегистрированных аномально высоких отрицательных значений АЭП с сейсмической деятельностью. Погодные условия не соответствовали критерию «хорошей погоды», однако наблюдавшаяся метеобстановка (слоистая облачность среднего яруса, слабый ветер не более 2 м/с, кратковременные малоинтенсивные осадки, не совпадающие по времени с аномалиями) с малой вероятностью могли стать причиной указанной аномалии. В то же время явление носило, по - видимому, достаточно локальный характер: датчик АЭП, расположенный в 210 км от эпицентра, на берегу оз. Иссык - Куль, не зарегистрировал отрицательных аномалий, напротив, в 20 часов 30 минут наблюдалось увеличение значений АЭП примерно в 2 раза по сравнению с нормальными. Фаза увеличенных значений продолжалась примерно 15 минут.

26.05.87 г. в районе оз. Иссык - Куль произошло землетрясение ($M=4.7$), во время которого АЭП регистрировалась в двух пунктах: п. Теплоключенка ($R=60$ км) и Баатовка ($R=100$ км). Вариации АЭП, зарегистрированные в этих пунктах и значения ст, приведены на рисунке 2. В первом пункте за 6 - 7 часов до толчка отмечалось уменьшение значений АЭП с последующим двухкратным переходом через нулевое значение и восстановлением полярности. Следует также отметить общее уменьшение величины АЭП в указанный день по сравнению с «фоновыми» значениями, усреднёнными за несколько дней до и после события, и приведёнными на рисунке штриховой линией. Непосредственно в момент толчка особых аномалий не отмечено. Во втором, более удалённом пункте, в это же время наблюдается некоторое уменьшение АЭП (на 25-30%),

хотя и не выходящее за рамки доверительного интервала «фоновых» значений, однако не наблюдавшееся ни до, ни после дня землетрясения.

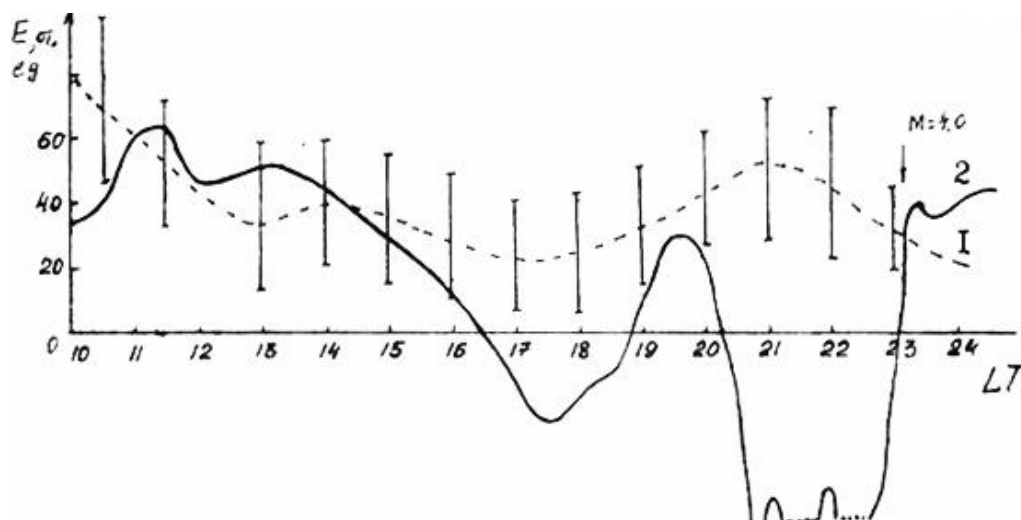


Рисунок 1. Вариации напряжённости электрического поля атмосферы в Бишкеке, $R = 60$ км, $M=4.0$. 1- среднесуточные вариации АЭП ясной погоды; 2- вариация АЭП в день землетрясения. Стрелкой отмечен момент землетрясения [14].

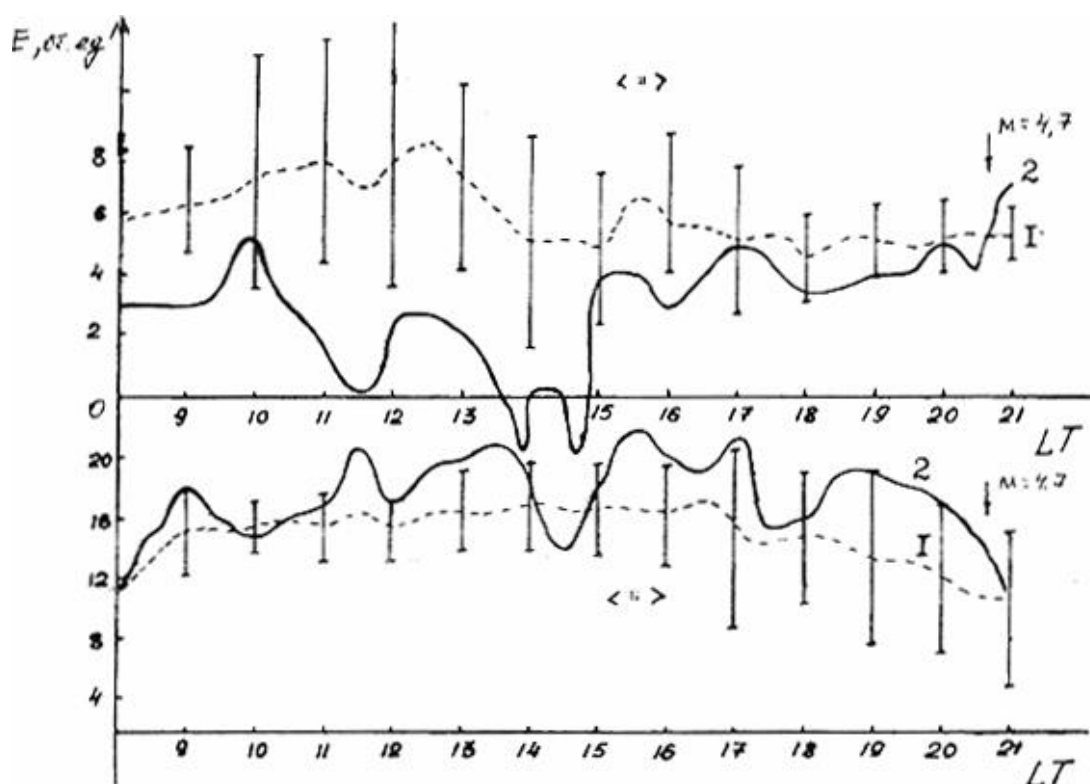


Рисунок 2 (а, б). Вариации напряжённости электрического поля атмосферы. а) п. Теплоключенка ($R = 60$ км); б) с. Баатовка, ($R=100$ км), 1 и 2 также, как на рисунке 1 [14].

Наблюдения за изменениями АЭП проводились нами с 1991 года вблизи зоны воздействия Иссык - Атинского разлома. Датчик располагался на высоте 10 метров. Регистрация проводилась с помощью струнного вибрационного измерителя АЭП, регистрация осуществлялась самописцем КСП - 4 с привязкой к точному времени.

В суточном ходе АЭП наблюдается более глубокий и продолжительный дневной минимум, и вечерний максимум 19 - 23 ч LT. Наиболее устойчивой особенностью суточных вариаций E является утренний минимум (01 - 04 ч LT) и вечерний максимум (19-23 ч LT). От месяца к месяцу изменяются лишь относительные величины этих минимумов и максимумов (рисунок 3).

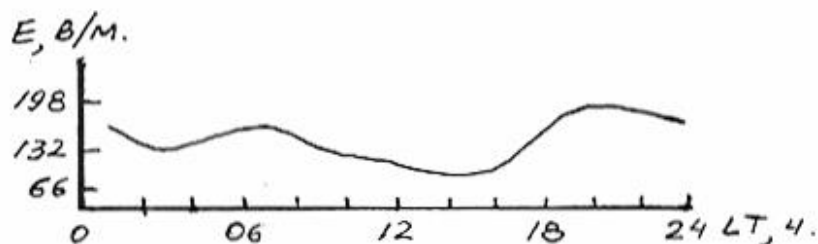


Рисунок 3. Суточный ход градиента потенциала в зоне Ыссык - Атинского разлома в июне.

В данном работе мы остановились, в основном, на двух сильных землетрясениях, а именно Суусамырском (19.08.92 $M=7.3$, $R=120$ км) и Кочкор - Атинском (15.05.92, $M=6.2$, $R=280$ км) землетрясениях. Эпицентры этих двух землетрясений расположены с пунктом регистрации АЭП в одной азимутальной линии (рисунок 3).

На рисунке 4 приведены результаты измерения АЭП до и после Суусамырского землетрясения. Землетрясение произошло 19 августа 1992 года в 8 часов 04 мин. местного времени. Координаты эпицентра: $\varphi=42^{\circ}04'$; $\lambda=73^{\circ}38'$; $M=7.3$ ($K_R=17.0$). Сила толчка в очаге составила $I_0 = 8.0 - 9.8$ баллов. Глубина очага в пределах $h=17 - 25$ км. Афтершоков с энергетическим классом $K_R = 11.5 - 11.8$, произошедших за первые трое суток после главного толчка, было 15. Всего до конца 1992 было зафиксировано 486 афтершоков с $K_R < 11.0$. Эпицентр землетрясения находился на Суусамырском хребте в верхней части долины рек Арамсуу. Расстояния от пункта регистрации АЭП составило 120 км. Подземный катаклизм в эпицентральной части проявился на поверхности трещиноватой зоной, где ширина единичных зон достигла 50 - 60 м, длина - до 1 км, амплитуда разрыва - 2.7 м. Перед главным толчком очевидно заметили в эпицентральной области зарево и почувствовали выделение газов, напоминающий по запаху природный горючий газ.

Перед Суусамырским землетрясением произошло сильное сжатие грунта, охватывающее обширные территории по краям эпицентральной зоны. Подтверждением этого служит тот случай, когда на пастбище «Корумду» фонтанировала грунтовая вода перед самым подземным толчком. Этот факт получил подтверждение в Окторской геологоразведочной партии. По сообщению ведущего геолога партии Кундургодского С. Д. геологическая скважина, пробуренная до глубины 670 метров, имела отметку нормального уровня воды 190 м от устья скважины.

За 5 суток до главного толчка, т.е. 14 августа наблюдали понижения подземного уровня воды на 9 метров. 16 августа обнаружено, что уровень воды поднялся до 92.88 метров. Вода стала сильно грязной. К 25 августа все показатели пришли в норму и уровень воды поднялся до первоначальных значений.

Аномальное поведение АЭП началось за 43 часов до толчка. Сначала наблюдался первый максимум АЭП 17 августа с 9 до 20 часов с длительностью 11 часов, затем восстановилось нормальное значение. 18 августа с 9 ч до 12 ч наблюдается второй максимум с длительностью 3 часа. Затем наблюдалось резкое уменьшение величины напряженности АЭП до 50 В/м и этот уровень держится в течение 14 часов.

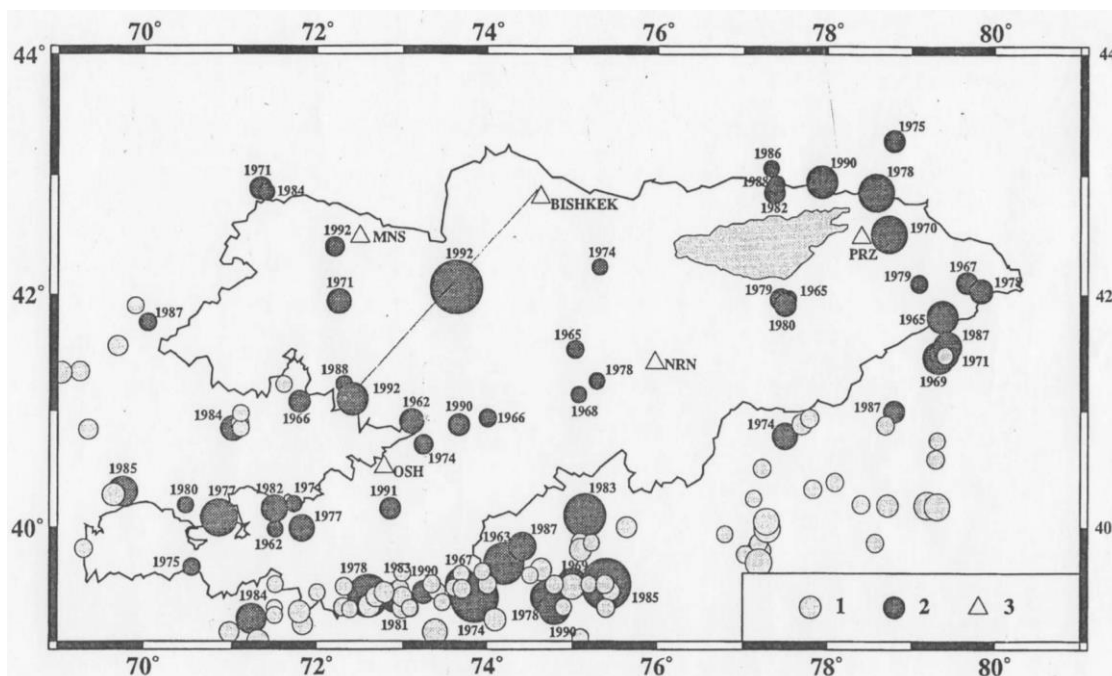


Рисунок 4. Распределение эпицентров землетрясений ($K_R \geq 12.6$) за период 1962 -1992 гг.

1. Эпицентры всех землетрясений.
2. Эпицентры «избранных» землетрясений для детального изучения.
3. Сейсмическая станция.

За час до толчка АЭП вновь начала быстро изменяться и в момент толчка восстановилась её нормальное значение. После главного толчка оно вновь увеличивается, доходя до 280 В/м, и через 3 часа возвращается почти к прежнему уровню. Это сопровождается афтершоком с $K_R = 15.0$, после которого резко снижается до уровня 45 В/м.

Интересно отметить, что изменения АЭП поля перед вторым афтершоком Суусамырского землетрясения от 23 августа 1992 г. ($K_R = 11.8$, $R = 120$ км). За 16 - 19 часов до толчка отмечалось уменьшение значений АЭП с последующим двухкратным переходом через нулевое значение и восстановлением полярности, т.е. форма изменений АЭП повторяется, подобно полученным данным перед землетрясениями 18.03.89 г. и 26.05.87 г. (рисунки 5, 5а).

Метеобстановка в окрестности момента главного толчка и в период афтершока соответствовали «хорошей погоде».

На рисунке 6 представлены вариации АЭП на ст. Чолпон - Ата по данным КГНУ. Стрелкой показан момент Суусамырского землетрясения. Измерения проводились в безветренную ясную погоду, исключая резкие возмущения в широком диапазоне характерного времени изменений АЭП в её суточном ходе. Пункт регистрации находится на расстоянии 300 км от эпицентра Суусамырского землетрясения. Аномальное поведение АЭП с изменением её знака на противоположный. Фаза отрицательного значения поля продолжалась около 2-х часов, после произошло восстановление знака и значений АЭП близким к фону. То есть, синхронное наблюдение АЭП на двух пунктах перед сильнейшим землетрясением показывают различную морфологию возмущений и отличный характер развития процесса.

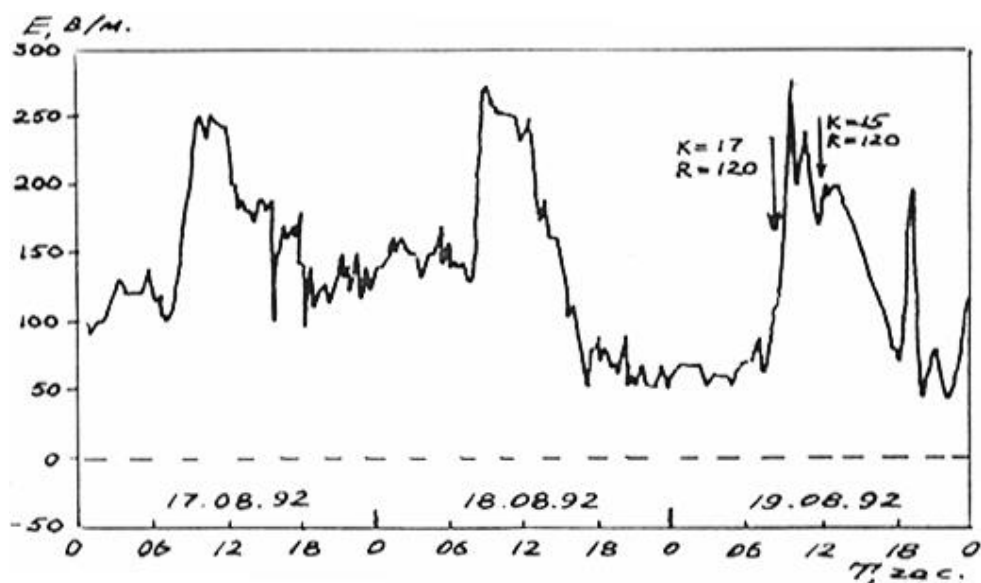


Рисунок 5. Изменение АЭП перед Суусамырским землетрясением.

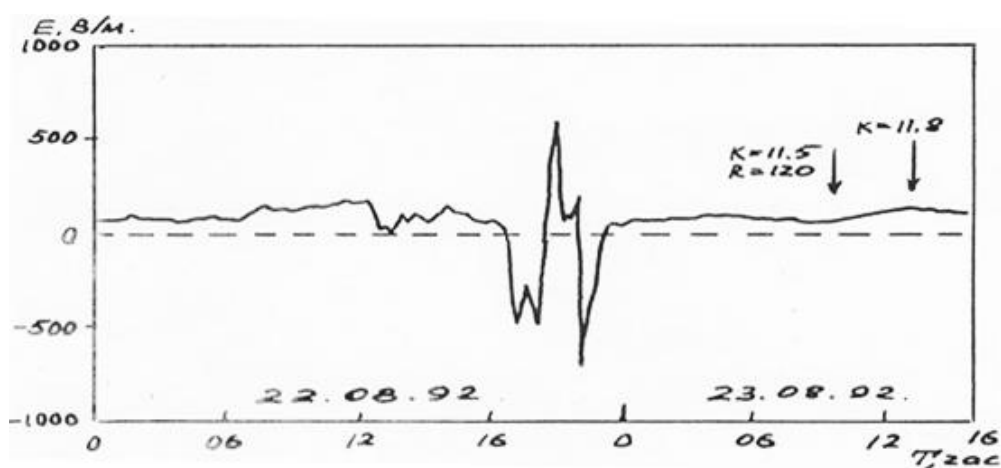


Рисунок 5а. Изменение АЭП перед афтершоком Суусамырского землетрясения.

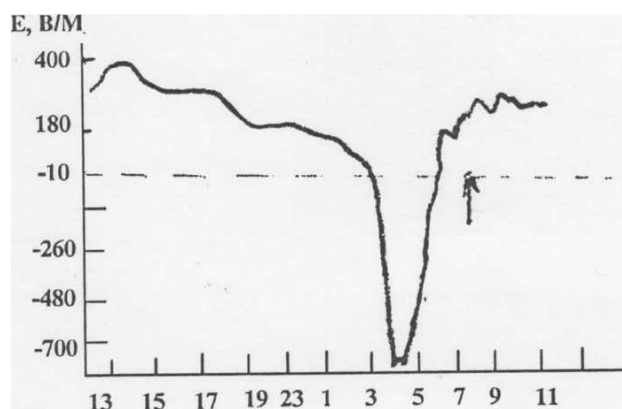


Рисунок 6. Вариация напряжённости АЭП 18 и 19 августа на ст. Чолпон - Ата по [14].

Кочкор - Атинское землетрясение произошло 15 мая 1992 г. в 14 ч 07 мин. местного времени. Координаты эпицентра: $\phi=41^{\circ}05'$; $\lambda=72^{\circ}25'$, $M=6.2$ ($K_R = 15.0$). Глубина очага $h=3-5$ км. Было зафиксировано 362 афтершоков.

На рисунке 7 приведены результаты измерения АЭП до и после Кочкор - Атинского землетрясения. За 27 часов до толчка наблюдалось сильное возмущение АЭП. Возмущённый период длился 8 часов, затем в течение 14 часов, наподобие ситуации перед Суусамырским землетрясением, уровень изменений АЭП варьируется в пределах 50 В/м и за 5 часов и снова наблюдается повышение уровня АЭП до 210 В/м. Фаза увеличенных значений продолжалось примерно 3 часа и в момент толчка восстановилось её нормальное значение. Здесь надо отметить, что 14 мая ещё наблюдалась слоистая облачность среднего яруса, атковременные среднеинтенсивные осадки. Возможно, начальный этап первого максимума с короткопериодных возмущений АЭП видимо связано с метеусловиями местности.

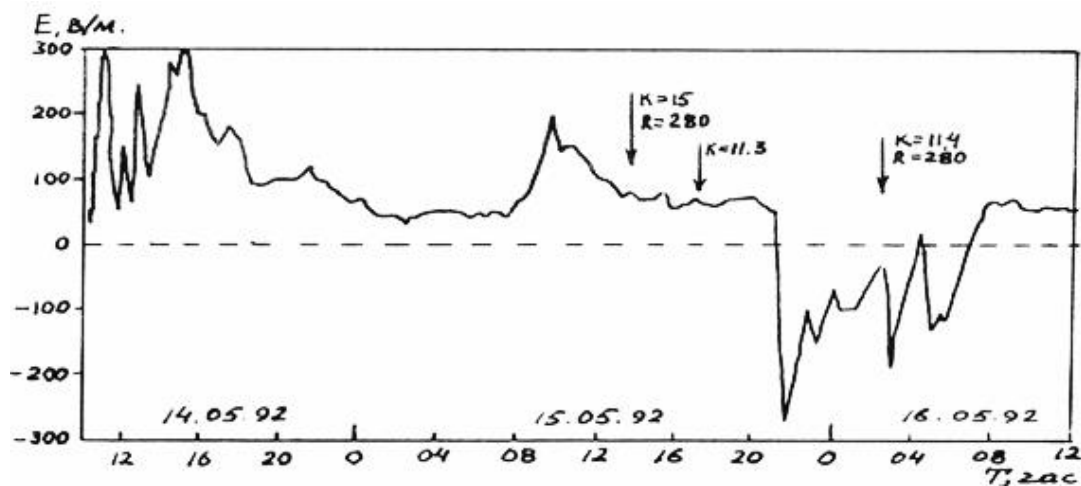


Рисунок 7. Изменение АЭП перед Кочкор - Атинским землетрясением.

Перед афтершоком 16 мая ($K_R = 11.4$) и 19 мая ($K_R = 11.8$) наблюдалось за 6 и 7 часов до толчка соответственно, отмечалось уменьшение значений АЭП с последующими одно и двухкратным переходом через нулевое значение и восстановлением полярности. Следует также отметить, что уровень отклонений АЭП перед афтершоками, более удалёнными от эпицентра землетрясения, значительно превышает (500 - 1000 В/м), чем перед первым Суусамырским землетрясением.

Из полученных данных следует, что наблюдается некоторая закономерность аномального хода АЭП перед афтершоками землетрясений в отличие от главных толчков. Аномалии замечаются в отклонениях от фонового значения в сторону уменьшения, как правило за 6 - 7 часов до толчка, с переходом через нулевой уровень, с последующим восстановлением знака и величины АЭП. Перед главными толчками землетрясений наблюдается уменьшенный уровень «замирания» АЭП в течение 14 часов. Это, по - видимому, подтверждает возможность использования АЭП в качестве оперативного предвестника землетрясений в комплексе с другими методами, например: ЕИЭМП, ЭТП, гидрогеодинамика, деформацией.

Кроме этого, для повышения точности и достоверности прогноза представляется целесообразным использовать измеритель АЭП в комплексе с измерителями других электрических параметров атмосферы, таких, как электропроводность воздуха и ток проводимости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведённых исследований изучены особенности сейсмоаномальных эффектов атмосферном электрическом поле (АЭП) в районе активного процесса

деформирования в эпицентральной зоне Суусамырского землетрясения (19.08.92, $M=7.3$, $R=120$ км) и вне эпицентральной зоны Кочкор-Атинского землетрясения (15.05.92, $M=6.2$, $R=280$ км).

Дополнив уже существующую геофизическую информацию характеристиками атмосферного электричества, можно с помощью корреляционного анализа определить наиболее информативные предвестники природных катастроф.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wolland H. Global quasi – static electric fields in the Earth environment. In: Electrical Processes in Atmosphere. Stein – Kopff, Darmstadt, West Germany, 1977, p.509 – 527.
2. Френкель Я.И. Теория явлений атмосферного электричества. Л.: Гидрометеиздат, 1949, 155 с.
3. Имянитов И.М., Чубарина Е.В. Электричество свободной атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1965, 239 с.
4. Гохберг М.Б., Гуфельд И.Л., Добровольский И.П. Источники электромагнитных предвестников землетрясений. - Доклады АН СССР, 1980, Т.250, №2, с.323-326.
5. Гохберг М.Б., Гуфельд И.Л., Добровольский И.П. Возмущения атмосферного электрического потенциала. В кн.: Электромагнитные предвестники землетрясений.-М.;Наука,1982, с.24-26.
6. Владимирский Б.М. О возможных факторах солнечной активности, влияющих на процессы в биосфере. – В кн.: Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. М.: Наука, 1971, с. 126-141.
7. Ларкина В.И., Наливайко А.В., Гершензон Н.И., Гохберг М.Б., Липеровский В.А., Шалимов С.А. Наблюдения на спутнике «Интеркосмос-19» ОНЧ-излучений, связанных с сейсмической активностью.-Геомagnetизм и аэрономия, 1983, т.23, №5, с.842-846.
8. Хусамиддинов С.С. Ионосферные эффекты. //Электромагнитные предвестники землетрясений. М: Наука, 1982. с.28-31.
9. Липеровская Е.В., Похотелов О.А., Сайдмоев А., Алимова О.А., Павлова С.С., Хакимова М. Некоторые эффекты в спорадическом слое E ионосферы перед землетрясениями. //Изв. РАН. Физика Земли. 1992., №12, с.12-18
10. Liperovsky V.A., Alimov O.A., Lihetrovskaya E.V., Pavloba S.S., Pochotelov O.A., Roubtsov L.M., Ionospheric effects of Kauraccum earthquake// Phys.Earth and Planet, Inter, 1992, vol.59, p.105-111.
11. Гуфельд И.Л., Шулейкин В.И. Вариации атмосферного тока в период подготовки землетрясений. //Изв. АН СССР. Физика Земли, №2, с.81-84.
12. Тверской П.Н. Атмосферное электричество. Л.: Гидрометеиздат, 1949, 252 с.
13. Чалмерс Дж.А. Атмосферное электричество. Л.: Гидрометеиздат, 1947. 420 с.
14. Иманкулов А.Ч., Струминский В.И., Непейн Н.А. Измерение напряженности электрического поля атмосферы во время землетрясения 27 октября 1984 г. в Тажикской ССР. //Атмосферное электричество: Труды з Всесоюзного симпозиума. Л.: Гидрометеиздат, 1988, с.33-37.

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Муралиев А.М.