

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОЛЯ И ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В АЭРОЗОЛЬНЫХ ОБЛАКАХ ПЕРЕД ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

ELECTRICAL FIELDS AND INFRARED EMISSION IN AEROSOL CLOUDS BEFORE EARTHQUAKES

*В.А. Липеровский¹, В.В. Михайлин², Б.М. Шевцов³, Р.М. Умарходжаев⁴,
В.В. Богданов³, К.-В. Мейстер⁵*

¹*Институт физики земли РАН,*

²*Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,*

³*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,*

⁴*НИИЯФ МГУ им. М.В. Ломоносова,*

⁵*Астрофизический институт, Потсдам, Германия*

A model of generation of non-stationary bay-formed variations of local electric fields in the atmosphere is analyzed in the work. These variations with characteristic time scales of 1–60 min were observed above faults a few tens of hours before earthquakes in a number of experiments, carried out in Kamchatka in particular. In the model, the presence of aerosols, upstreaming air flows and increased ionization velocity, caused by radon emanation, are proposed.

The local electric field bay-formed variations should cause to the local pulses of electrical currents and non-equilibrium infrared emissions 0.7–70 μm and local pulses of magnetic fields. Anomalies of equilibrium infrared emission above seismoactive fault regions in the night conditions before earthquakes were observed over and over again with low-altitude satellites, and the observations allowed to make a conclusion that the temperature of the region of earthquake preparation increased by a few degrees. But it seems likely that nobody observed local pulses of non-equilibrium infrared emissions with the duration of 10–60 min and modification of infrared spectra in night conditions in connection to earthquakes. So it would be interesting to carry out special on-ground observations of night atmosphere infrared emission and electrical and magnetic quasi static fields in a few near-fault points in seismoactive regions. To understand the physical mechanism of the phenomenon it is necessary to carry out simultaneous routine vertical sounding of ionosphere.

Введение

1. В течение нескольких последних десятилетий разными авторскими коллективами отмечалось появление световых явлений и аномальных вариаций электрического поля в приземной атмосфере перед землетрясениями. В частности, световые явления наблюдались перед ташкентским землетрясением 1966 г. Результаты, полученные до 1980 г., суммированы в книге [18]. Согласно историческим источникам, вспышки света и другие световые явления в течение тысячелетий неоднократно наблюдались в ночных условиях перед разрушительными землетрясениями. Проста и естественна была мысль о том, чтобы использовать световые явления в качестве предвестников землетрясений, но выяснилось, что световые явления перед землетрясениями бывают далеко не всегда [24]. По историческим источникам вспышки света наблюдались последние 2000 лет перед землетрясениями с $M > 6$ в одном случае из 20 за 5–6 дней до землетрясений. Таким образом, световые явления нельзя использовать в качестве предвестника землетрясений. Исследовать вспышки инфракрасного (ИК) неравновесного излучения в связи с проблемой прогноза землетрясений, по-видимому, никто еще не пытался. Можно предположить, что если электрические поля перед землетрясениями недостаточно велики для возникновения световых вспышек, то вероятно, что эти поля будут достаточными для возбуждения неравновесного ИК-излучения.

В настоящей работе анализируется возможный нестационарный модельный процесс генерации и исчезновения локального вертикального электрического поля в атмосфере в надразломной зоне за несколько дней перед землетрясениями при появлении в атмосфере радона литосферного происхождения, присутствии аэрозолей и наличии

вертикальных потоков воздуха. Электрические поля могут приводить как к всплескам джоулева нагрева электронов и ионов, так и к всплескам неравновесного инфракрасного излучения, которое в ночных условиях может наблюдаться в атмосфере. Такое явление может быть условно названо «атмосферным ИК-сиянием» – предвестником землетрясения.

2. Электрические поля перед землетрясениями в атмосфере – причина локального инфракрасного излучения

Экспериментальное исследование возмущений квазипостоянного электрического поля в связи с землетрясениями проводится уже несколько десятилетий [10, 12, 14, 25, 27,]. Выяснено, что продолжительные аномалии электрического поля возникают за первые часы, десятки минут до землетрясения на расстояниях до 200-250 км от эпицентров.

Такие возмущения электрического поля обычно объяснялись увеличением проводимости воздуха перед землетрясениями за счет выбросов радона. Однако отмечалось, что локальным увеличением проводимости возникновение электрического поля обратной полярности объяснить нельзя [10].

Вариации проводимости и электрического поля связаны с вариациями плотности аэрозолей в атмосфере. При дроблении, взаимном трении частиц и притяжении малых ионов к ним возникает пространственный электрический заряд. Не скомпенсированные заряды пылевых облаков при пылевых бурях могут вызвать грозные явления [2, 26, 27].

Эффекты такого рода наблюдались и анализировались, в частности, в масштабном эксперименте «МАССА» [2]. Если по каким-либо причинам пыль становится радиоактивной, то увеличивается плотность заряженных частиц каждого знака, влияние аэрозолей на атмосферное электрическое поле усиливается.

В ночных условиях, когда температура приземного воздуха понижается, а относительная влажность увеличивается, достаточно вероятен процесс конденсации водяного пара на заряженных аэрозолях и дальнейшей зарядки крупных аэрозолей преимущественно отрицательно, а мелких положительно [20]. Появление в атмосфере больших отрицательных зарядов, на высоте более десятка метров, приводящих к появлению электрического поля обратной полярности, может быть интерпретировано на основе механизма образования квазидиполей – френкелевских генераторов [21].

Отметим, что очень интересное и полезное обобщение и анализ результатов наблюдения аномалий напряженности электрического поля и плотности вертикального электрического тока содержатся в работе [13], где предполагалось, что регистрируемые возмущения квазипостоянного вертикального электрического поля могут быть интегральным эффектом потока импульсов ЭМИ. При этом было выделено два типа аномалий электрического поля.

Первый тип аномалии E заключается в уменьшении от значений, характерных для условий хорошей или близкой к ним погоды, до некоторого значения E_{min} и последующем увеличении примерно до прежнего уровня. При этом значение E_{min} становится часто отрицательным, т.е. происходит изменение знака E . Длительность такой аномалии обычно 0.3-4 ч. *Второй тип аномалии E* представляет обычно пакет колебаний с некоторым набором частот, возникающий внезапно на фоне нормального или близкого к нему атмосферного электрического поля. Длительность всего возмущения от 0.2 до 3-4 ч, а видимый период колебаний находится в пределах от первых секунд до 1,5-2 ч, причем амплитуда может превышать фон в несколько раз.

Ряд приведенных наблюдений показал, что предвестниками землетрясений могут также являться модификации аэрозольных характеристик приземного слоя атмосферы, которые существенно изменяются за несколько часов до момента землетрясения [1, 6].

Интересная модель, которая объясняет генерацию аномального электрического поля в приземной атмосфере перед землетрясениями была предложена в работе [26]. Эта

модель учитывает появление источников ионизации при выделении радона из земной коры и наличие процесса гидротации – притяжения молекул воды к только образовавшимся ионам, ионным кластерам, предохраняющим заряженные частицы от рекомбинации.

В работах [11, 17, 22,] приведены результаты современно поставленного эксперимента по измерению вариаций вертикального электрического поля в связи с землетрясениями. Первый важный результат работ: аномалия в суточном ходе напряженности квазипостоянного вертикального электрического поля перед землетрясениями проявляется в виде бухтообразных вариаций, чаще понижений различной длительности и глубины. Аномалии электрического поля до и сразу после землетрясений на 1-2 порядка превышают средние фоновые значения. Второй важный результат, полученный в том же цикле исследований на Камчатке: наиболее вероятное значение бухт составляет 100-300 В/м, а длительности аномалии 40-60 мин. При этом был подчеркнут мозаичный характер процессов в литосфере.

3. Модель и некоторые оценки

Рассмотрим следующую модель. Пусть в «начальный момент» $t=0$ в атмосфере задано облако аэрозолей в форме «блина» двух сортов, «крупных» и «мелких» частиц размером R и r . Плотность крупных аэрозолей N_R , плотность мелких аэрозолей N_r .

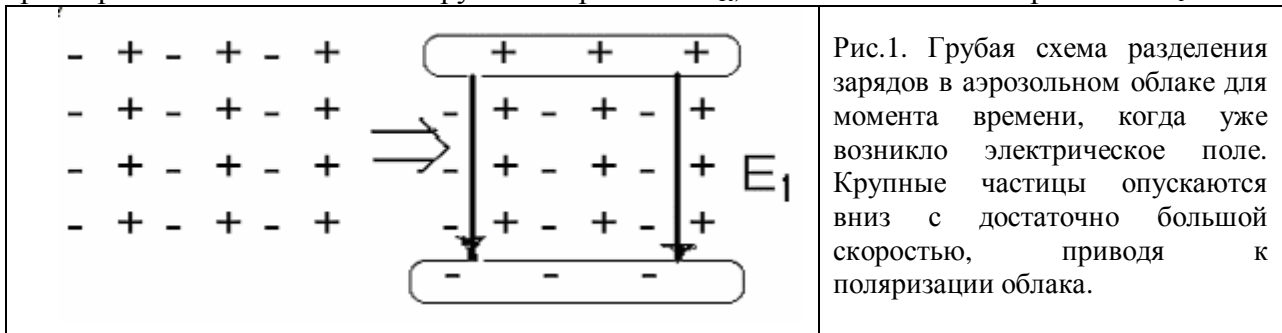


Рис.1. Грубая схема разделения зарядов в аэрозольном облаке для момента времени, когда уже возникло электрическое поле. Крупные частицы опускаются вниз с достаточно большой скоростью, приводя к поляризации облака.

Допустим, в это облако аэрозолей в начальный момент $t=0$ добавляется ионизатор радон, происходит ионизация, при этом крупные аэрозоли заряжаются преимущественно отрицательно [16], а мелкие – положительно. Например, примем, что радиус крупных частиц $R_-=20$ мкм, а мелких – $r_+=1$ мкм. Предположим далее, что быстрая ионизация и дополнительная зарядка аэрозолей прошла и прекратилась. Крупные частицы, заряженные отрицательно, опускаются быстрее и имеют относительную скорость U_- , направленную вниз, а мелкие практически покоятся. Схематическая картина представлена на рис. 1. Описанная система – это «френкелевский» генератор локального электрического поля.

Такую систему можно упрощенно рассматривать как «плоский конденсатор». В этом случае

$$E_* = \frac{z_0 r_+}{e_0}, \quad \Delta\tau \sim \frac{\sqrt{\min(x_0^2, y_0^2)}}{U_-}$$

где z_0 – характерный размер сдвига по вертикали, x_0 и y_0 – характерные размеры облака по горизонтали. Таким образом, – «время существования» максимального поля определяется минимальным размером облака в плоскости XY.

Выразим напряженность электрического поля через заряд.

$$E_* = \frac{z_0 r_+}{e_0} = \frac{Q}{e_0 x_0 y_0} = \frac{S_{eff}}{e_0} = \frac{Q_+}{S e_0}$$

Если же рассмотреть случай, когда в начальный момент облако было задано в форме шара, то эта геометрия дает меньшее в 4 раза максимальное значение поля E_* , но то же самое по порядку величины.

Во всех случаях амплитуда всплеска вертикального локального электрического поля в атмосфере между зарядами определяется средней «поверхностной» плотностью положительного заряда $Q_+/S = \sigma_{eff}$, причем в верхней части облака заряд положительный, а в нижней – отрицательный.

Анализ случаев различной геометрии облака оправдывает проведение оценок электрического поля, не конкретизируя геометрию расположения аэрозолей и геометрию их ионизации. При этом «время существования» максимального электрического поля определяется минимальным горизонтальным размером облака и относительной вертикальной скоростью мелких и крупных аэрозолей.

Поскольку убывание электрического поля без поддержания электродвижущей силы пропорционально $\exp(-t/\tau)$, то во всех случаях «время существования» локального электрического поля не может быть больше, чем в несколько раз времени максвелловской релаксации $\tau \sim 10$ мин. А до того момента, когда создавшееся поле уменьшится на порядок, пройдет несколько интервалов максвелловского времени релаксации. Можно предполагать, что максимальное время существования электрического поля, когда оно еще достаточно велико – 40-60 мин, в атмосфере без повышенной плотности аэрозолей и дополнительной ионизации. При нестационарных всплесках в области генерации поле уменьшается на 2-3 порядка от максимального значения, что вполне измеряемо и гораздо больше среднего электрического поля. А максимальное значение по оценкам составляет 10^5 В/м. Если область генерации достаточно велика, и находится от области измерения на расстоянии всего в несколько раз больше, чем размер облака, можно наблюдать аномалию электрического поля заметно выше средней в виде бухты длительностью 40-60 мин. Если усложнить модель и учесть еще и процесс продолжения ионизации, то реальная продолжительность аномалии будет больше.

Имея в виду модель двух «заряженных пластин конденсатора» можно представить уравнение для максимального электрического поля в виде

$$ae \frac{\partial E_x}{\partial t} = U - r_+(t) - I_{eff} \left(N_a, \frac{n}{n_0}, n_e \right) E^*$$

где a – некий геометрический коэффициент порядка 1, он равен единице для идеального конденсатора, λ_{eff} – эффективная проводимость. Максвелловское время релаксации в атмосфере обычно оценивается как $\tau_0 = \varepsilon_0 \lambda_0$, где λ_0 – средняя проводимость при отсутствии аэрозолей.

Первый член учитывает увеличение поля при дальнейшем гравитационном разделении зарядов, второй – уменьшение из-за электропроводности.

Известно, что наличие аэрозолей в атмосфере, особенно крупных, приводит к уменьшению проводимости в атмосфере [8], так как ионы, обеспечивающие проводимость, присоединяются к аэрозолям. С другой стороны, дополнительная ионизация, связанная с появлением радона, должна приводить, наоборот, к увеличению проводимости. Для условий Камчатки проводимость по большей части скорее уменьшается на порядок, и это соответствует наблюдаемым характерным временам бухт электрического поля перед землетрясениями.

Могут быть другие ситуации, когда рекомбинация зарядов происходит медленнее, чем обычно. Например, если область повышенной ионизации окружена со всех сторон аэрозольным слоем с уменьшенной проводимостью. Так что реальна ситуация, когда время существования заряженного облака больше в несколько раз, чем среднее максвелловское время релаксации в окружающей атмосфере.

Известно, что пробой в атмосфере наступает, когда энергия, набираемая электроном в «среднем» постоянном электрическом поле достаточна для ионизации $W_0 \sim qE_0 L_f$, где энергия ионизации $W_0 \sim 15$ ЭВ, напряженность пробойного электрического поля $E_0 \sim 3 \cdot 10^6$ В/м, L_f – средняя длина свободного пробега.

Для электрического поля любой напряженности, меньшей, чем пробойное, энергия,

набираемая в постоянном поле порядка энергии кванта ИК-излучения $qEL_f \sim W \sim hc/\lambda$, где λ – длина волны кванта света в интересующей нас инфракрасной области спектра.

Для излучения на «красной» границе ($\lambda_1=0.7$ мкм) $W_r=1.75$ ЭВ, а соответствующее электрическое поле должно быть порядка $E_r=3.5 \cdot 10^5$ В/м.

Для ИК-излучения с длиной волны $\lambda_m=24$ мкм, большей на полтора порядка $W_m=0.052$ ЭВ, а соответствующее электрическое поле должно быть порядка $E_m=1,1 \cdot 10^4$ В/м.

Заметим, что обычно говорят о наборе энергии в электрическом поле на длине свободного пробега. Однако, реально, длина свободного пробега частиц имеет функцию распределения, и велика доля частиц, имеющих свободный пробег, например, в несколько раз больше. Отсюда и появляется очень грубая оценка всплесков электрического поля $\sim 10^3$ В/м и ожидания возникновения локальных мозаично расположенных областей ИК-излучения. Предлагая в этой работе изучение ИК-спектров от 0.7 мкм до 24 мкм в связи с землетрясениями, можно предположить, что электрические поля в областях излучения должны быть $\sim 10^3$ В/м, а в приземном слое 200÷500 В/м. Эти оценки грубы и требуют экспериментальной проверки.

4. Обсуждение

4.1. Естественно, что аэрозольные структуры атмосферы разнообразны и как правило, неоднородны, что ведет к резким неоднородностям «френкелевских» электрических полей. Среднее электрическое поле будет достаточно интенсивным только для достаточно «толстых» по вертикали облаков, т.е. общая картина электростатического поля определяется в атмосфере «интегральными» зарядами достаточно большого облака, и ему соответствует интегральная по высоте разность потенциалов. Локальная структура электрического потенциала в атмосфере модифицируется. А пробой и всплески свечения наблюдаются там, где возникает локальный максимум поля. Могут появляться светящиеся облака, «токовые вспышки», вызванные нестационарными локальными электрическими полями. Вспышки электрического поля приведут к вспышкам инфракрасного излучения, а также к всплескам электрического поля на земле продолжительностью несколько секунд [10].

Авторы полагают, что изучаемые процессы возникновения ЭДС и генерации бухтообразных локальных электрических полей и токовых систем различны в разных сейсмоактивных зонах. Могут быть разные аэрозольные системы, и соответственно, разные характерные длительности бухтообразных всплесков электрического поля. Можно предположить, что на суше вблизи моря, в частности, на Камчатке, где достаточно высока влажность в вечернее и ночное время, имеет место процесс конденсации водяного пара на минеральных аэрозолях. Соответственно τ – время максвелловской релаксации больше обычного среднего времени максвелловской релаксации. Можно предположить (а потом и проверить в специальной работе), что вдали от моря, например, в Средней Азии или на Северном Кавказе вероятны более кратковременные всплески электрического поля и ИК-излучения при его атмосферной «френкелевской» генерации.

4.2. В настоящее время проводится исследования равновесного ИК-излучения земной поверхности с использованием спутников.

В работах [4, 28] на основе измерений со спутников изучались аномалии инфракрасного излучения земной поверхности, характеризующие тепловые аномалии, связанные с землетрясениями в Японии и Китае. Было обнаружено наличие положительных тепловых аномалий, ассоциированных с системами разломов в земной коре.

При использовании данных о вариациях ночной температуры на земной поверхности от MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectra Radiometer), полученных на борту спутника National Aeronautical space Agency Terra Satellite, и сравнении их с данными по излучению земной поверхности [23] была найдена корреляция между

атмосферными динамическими процессами и процессами в твердой земле перед землетрясением 26.01.2001 в Bhyj Gujard в западной Индии $M=7.7$. За 5-6 дней перед землетрясением обнаружено увеличение температуры на 3-4 градуса С на расстоянии не более 200 км от эпицентра. Отметим, что при исследовании на спутниках обнаруживают аномалии температуры, а не электрических полей.

4.3. Все измерявшиеся в связи с землетрясениями в последние годы электрические поля регистрировались вблизи поверхности земли [5, 7, 10, 13, 15, 17, 18]. И эти измерения привели к выводу, что перед землетрясениями появляются вариации электрического поля в диапазоне длительностей от импульсов-«миллисекундников» до часовых бухт. Почти во всех исследованиях измерения практически все одноточечные, хотя в ряде работ и был сделан вывод о мозаичности проявления электрических полей сейсмической природы. В литературе пока нет никакой статистически значимой информации о характерных пространственных масштабах появления этих полей! Измерения характерных вертикальных и горизонтальных масштабов этих полей также не проводились.

5. Заключение

Как представляется авторам, перспективно проведение инфракрасного сканирования атмосферы на высотах до нескольких километров и выше при достаточно хорошей погоде, на Камчатке, в сейсмоактивной зоне. Также нужно продолжать непосредственные измерения электрического поля E , тока j и проводимости, причем многоточечные.

В связи с этим интересны и важны работы по предварительному лабораторному изучению ИК- спектров, планируемые в НИИЯФ МГУ.

Заметим, что изучение инфракрасных спектров свечения атмосферы для неравновесного излучения, по-видимому, еще не использовалось с целью поиска предвестника землетрясений.

В НИИЯФ МГУ предполагается провести разработку и выбор оптической схемы наблюдения на лабораторной установке, имитирующей натурные условия, с защитой от фоновых лабораторных физических полей, регистрирующей всплески инфракрасного излучения в электрическом поле в условиях дополнительной ионизации и при наличии аэрозолей. Также предполагается провести оптимальный выбор фотоприемников с нужными спектральными характеристиками, подбор фотостимулируемых люминофоров для регистрации всплесков слабой интенсивности. Здесь следует подчеркнуть, что в МГУ в 1965 г. был создан сканирующий спектрометр СКФ-1 для инфракрасной области фоновых излучений (премия им. Н.И.Вавилова, 1965 г.), а также разработан фурье-спектрометр IFS66 V/S в диапазоне от 0.3 до 3 мкм, диапазон которого частично соответствует инфракрасной области спектра [9, 3, 19].

Еще раз подчеркнем, что хотя механизмов возникновения электрического поля в приземной атмосфере несколько: атмосферные механизмы, литосферные механизмы с образованием трещин, однако все эти механизмы должны приводить к всплескам неравновесного ИК- излучения, совокупность измерений которого в сейсмоактивных зонах и последующий анализ, можно надеяться, приведет к полезным прогностическим результатам. Для практических целей прогноза, конечно, нужны непрерывные измерения на Камчатке, нужен ход во времени ИК-излучения.

Итак, представляется интересным проект, в котором

! была бы разработана и поставлена аппаратура для анализа инфракрасных спектров при круговом сканировании атмосферы в сейсмоактивных зонах.

! было бы необходимо провести лабораторное моделирование инфракрасных спектров в соответствующих электрических полях от 2×10^2 до 10^6 В/м.

! было бы интересно провести первые предварительные наблюдения на Камчатке. Однако, для таких работ нужна кооперация усилий нескольких научных групп.

Список литературы

1. Алексеев А.С., Аксенов В.В. Об электромагнитном поле в очаговой зоне землетрясений // ДАН. 2003. Т.392.№1.С. 101-110.
2. Альперович Л.С., Пономарев Е.А., Федорович Г.В. Геофизические явления, моделируемые взрывом: обзор. Изв. АН СССР. Физика Земли. 1985, №.11, С.9-21.
3. Васильев А.В., Михайлин В.В., Введение в спектроскопию твердого тела. М., Изд. МГУ.1987. 287 с.
4. Горный В.И., Сальман А.Г., Тронин А.А., Шилин Б.В. Уходящее инфракрасное излучение Земли — индикатор сейсмической активности // Докл. АН СССР. 1988. Т. 301. № 1. С. 67-69.
5. Гохберг М.Б., Моргунов В.А., Похотелов О.А. Сейсмoeлектромагнитные явления. – М.: Наука. 1988. – 174 с.
6. Гришин А.Н., Матвиенко Г.Г., Алексеев В.А., Алексеева Н.Г., Донченко В.А., Воднев С.А. Аэрозольные и электрические характеристики атмосферы в сейсмоопасных районах// Томск. Институт оптики атмосферы СО РАН. Препринт №6. 2003. 15 с.
7. Здоров А.Г., Моргунов В.А., Степанов М.В. Электромагнитные предвестники и прогноз землетрясений (M=3-4) на Кавминводском полигоне//Физика Земли. 2004. № 12. С. 48-57.
8. Имянитов И.М., Шифрин К.С. Современное состояние исследований атмосферного электричества // Успехи физических наук. 1962. т.76, вып.4, с. 593-642.
9. Королев Ф.А., Михайлин В.В., Клементьева А.Ю., Мещерякова Т.Ф. Скоростной светосильный спектрометр СКФ-1// Прикладная спектроскопия. 1968. С.68-73.
10. Мальцев С.А., Моргунов В.А. К физической модели возмущений электростатического поля литосферной природы в атмосфере и ЭМИ // Физика Земли. 2005. № 9. С.65-73.
11. Михайлов Ю.М., Михайлова Г.А., Капустина О.В., Бузевич А.В., Смирнов С.Э. Особенности атмосферных шумов, наложенных на вариации квазистатического поля в приземной атмосфере Камчатки // Геомагнетизм и Аэрoномия. 2005. Т.45. №5. С. 690-705.
12. Моргунов В.А. Электрические явления, предшествующие Шикотанскому землетрясению и его афтершокам // Докл. АН СССР. 1998. Т. 359. № 1. С. 102-105.
13. Руленко О.П. Оперативные предвестники землетрясений в электричестве приземной атмосферы//Вулканология и сейсмология. 2000. № 4. С. 57-68.
14. Руленко Р.П., Дружин Г.И., Вершинин Е.Ф. Измерения атмосферного электрического поля и естественного электромагнитного излучения перед Камчатским землетрясением 13.11.93 г. M=7.0//ДАН. 1996. Т.348.№ 6. С. 814-816.
15. Руленко Р.П., Иванов А.В., Шумейко А.В. Краткосрочный атмосферно-электрический предвестник Камчатского землетрясения 6.III.1992, M=6.1//ДАН. 1992. Т.326. №6. С. 980-982.
16. Смирнов В.В. Ионизация в тропосфере. Санкт-Петербург, Гидрометеoиздат. 1992. 312с.
17. Смирнов С.Э. Особенности отрицательных аномалий квазистатического электрического поля в приземной атмосфере на Камчатке//Геомагнетизм и Аэрoномия. 2005. № 2. С. 282-287.
18. Соболев Г.А., Демин В.М. Механоэлектрические явления в Земле. – М.: Наука.1980.–260 с.
19. Тернов И.М., Михайлин В.В. Синхротронное излучение. М.: Энергоатомиздат. 1990. 304 с.
20. Френкель Я.И. Теория явлений атмосферного электричества. ГИТТЛ, М-Л. 1949. 155 с.
21. Liperovsky V.A., Meister C.-V., Liperovskaya E.V., Davidov V.F., and Bogdanov V.V. On the possible influence of radon and aerosol injection on the atmosphere and ionosphere before earthquakes// Natural Hazards and Earth System Sciences, 2005. V.5. N6 P. 783 – 789.
22. Mikhailov Yu. M., Mikhailova G.A., Kapustina O.V., Buzevitch A.V., Smirnov С.Е. Power spectrum features of near-Earth atmospheric electric field in Kamchatka //Annals of Geophysics. 2004. V. 47. N 1. P. 237-245.
23. Ouzounov D. and Freud F.: Mid-infrared emission prior to strong earthquakes analyzed by remote sensing data, Adv. Space Res. 2004. V.33. P.268–273.
24. Papadopoulos G. A. Luminous and fiery phenomena associated with earthquakes in the East Mediterranean//Atmospheric and ionospheric electromagnetic phenomena associated with earthquakes/Ed. by M.Nayakawa, TERRAPUB, Tokyo, 1999. P.559-575.
25. Pierce E.T. Atmospheric electricity and earthquake prediction // Geophys. Res. Lett. 1976. V.3. N3. P. 185-188.

26. Pulinets S.A., Boyarchuk K.A., Hegai V.V., Karelin A.V. Conception and model of seismo-ionosphere-magnetosphere coupling// Seismo Electromagnetics: Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling / Ed. M. Hayakawa and O.A. Molchanov. Tokyo: Terrapub. 2002. P. 353–361.
27. Pulinets S.A., Boyarchuk K.A., Hegai V.V., Kim V.P. and Lomonosov A.M. Quasielectrostatic model of atmosphere-thermosphere-ionosphere coupling//Adv. Space Res. 2000. V.26.N 8. P.1209-1218.
28. Tronin A.A., Hayakawa M., Molchanov O.A. Thermal IR satellite data application for earthquake research in Japan and China//Journal of Geodynamics. 2002. V.33. P.519-534.

СЕЙСМОЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СИГНАЛЫ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМ НА КАМЧАТКЕ

SEISMOELECTROMAGNETIC SIGNALS BEFORE EARTHQUAKES IN КАМЧАТКА

Ю.М. Михайлов

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В. Пушкова РАН*

Results of the analysis of occurrence times of earthquake precursors in a quasistatic electric field of the surface atmosphere in Kamchatka peninsula [5] are described. For sequence of earthquakes in March 1992 harmonics of horizontal component of Earth magnetic field were found, their periods coincided with aftershock periods. Velocity of precursor propagation is in the range from 0.87 to 1.8 ms⁻¹. The same values were received from the analysis of variation of ionospheric F2- and E-layers by calculation on the base of logarithmic relation between appearance time of moderate-term EQ precursors and different distances from epicenter.

Одной из первых публикаций была работа, в которой анализировалась зависимость времени появления предвестников землетрясения (ЗТ) от эпицентрального расстояния [4]. По данным многочисленных и разнородных наблюдений предвестников ЗТ была получена эмпирическая формула $\lg(TR) = 0,72 \cdot (M - 1)$, где Т - время наблюдения предвестника в сутках; R – расстояние от будущего эпицентра ЗТ до точки наблюдения в км; М - магнитуда ЗТ. В той же работе было выделено два класса предвестников: долгосрочных и краткосрочных. Вышеприведенная формула оказалась справедливой для первых, для вторых же зависимость была более сложной, и не удалось получить подходящей аппроксимирующей функции.

Пользуясь результатами наблюдений электростатического поля на Камчатке, где было обнаружено подобие временной формы предвестников, нам удалось оценить скорость распространения предвестников, которая оказалась равной ~1 мс⁻¹. Подробно исследуя интервал наблюдений горизонтальной компоненты земного магнитного поля в период сильных серийных землетрясений (март 1992) нам удалось обнаружить в Н-компоненте поля гармоника, соответствующие периоду афтершоков. Целью работы является изучение физической природы электромагнитных процессов, предшествующих ЗТ.