

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ПРЕДВЕСТНИК ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

М.Ю. Борцов

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент В.В. Ласуков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: lav_9@list.ru

ELECTROMAGNETIC PRECURSORS OF EARTHQUAKES

M. Yu. Bortsov

Scientific Supervisor: PhD V.V. Lasukov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: lav_8@list.ru

***Annotation.** It is shown that change of conductivity of a ground layer of air in some times may to result in changes of an electromagnetic signal of the same order so the appropriate anomalies of this field may be used for the forecast of process of preparation of earthquakes.*

В настоящее время обнаружены новые явления электромагнитной природы, которые предшествуют и сопровождают процессы нарушения сплошности в деформируемом геоматериале [1-2]. Эти явления используются при изучении и прогнозе катастрофических событий (землетрясений [3], горных ударов [4], оползней), которые, прежде всего, являются механическими явлениями, так что предмет исследования лежит на стыке геофизики и электродинамики. При этом понятие геофизической среды, имевшее до последнего времени механический характер, становится более широким, отвечая представлениям физики твердого тела. Существует несколько точек зрения на физическую природу этого явления. Оно может быть связано с процессом разрушения в твердой фазе горных пород, с электрокинетическими эффектами в жидкой фазе горных пород или являться проявлением сегнето - или пьезоэлектрических свойств пород. В рамках этих представлений о механизмах механоэлектрических преобразований используются два подхода при объяснении аномалий накануне сейсмического события:

- 1) концепция активных излучателей;
- 2) концепция изменений условий распространения.

Согласно впервые предложенной А.А. Воробьевым концепции активных излучателей электромагнитный сигнал литосферного происхождения возникает в результате механических процессов в земной коре в области очага (очаговая модель) или на поверхности (поверхностная модель) и попадает непосредственно в точку наблюдения в результате распространения прямым лучом или в волноводе Земля-Ионосфера.

Согласно второй концепции аномалии в пункте приема сигнала возникают через изменение условий распространения электромагнитных волн атмосферного происхождения.

В этой связи в работе в рамках концепции условий распространения исследуется озоновый механизм изменения условий распространения.

Сравнительно давно в лабораторных условиях обнаружено явление электризации вновь образующихся поверхностей при деформации и разрушении кристаллов, в том числе и геоматериалов [5-8]. Электризация материала происходит за счет разрыва ионных связей при движении трещин в материале, за счет движения заряженных дислокаций, адгезии или электрокинетических явлений. При этом плотность разделенных зарядов в зависимости от типа материала лежит в широких пределах $10^{-10} \div 10^{-2}$ Кл/м², так что при поверхностной плотности зарядов порядка 10^{-5} Кл/м² возможен электрический пробой газового промежутка между бортами поверхностных трещин, который может сопровождаться генерацией озона (O₃) и атомарного кислорода (O⁻) [9]. Процесс же разрушения отрицательных ионов кислорода $O^- + O_3 \rightarrow 2O_2 + e + 2,6 \text{ эВ}$ приведет к увеличению равновесной плотности свободных электронов. Из уравнений баланса для плотности электронов N_e и отрицательных ионов N_- [10]

$$\frac{dN_e}{dt} = (\nu_1 - \nu_2)N_e - k_4 N_e N_+ + (\nu_8 + \nu_9)N_-, \quad \frac{dN_-}{dt} = \nu_2 N_e - k_3 N_- N_+ - (\nu_8 + \nu_9)N_- \quad (1)$$

(при типичных условиях $N_e \leq N_-, N_+ = N_-$) следует, что квазипостоянные решения уравнений (1) имеют вид:

$$N_- = \frac{[\nu_8 + \nu_9] \nu_1}{(\nu_2 - \nu_1) k_3}, \quad N_e = \frac{(\nu_8 + \nu_9) \nu_1}{(\nu_2 - \nu_1)^2 k_3} \quad (2)$$

здесь $\nu_n = k_n \cdot [X]$ - частота соответствующих процессов, $[X]$ - объемная плотность атомных частиц сорта X ;

$$k_3 = 2 \times 10^{-6} \text{ см}^3 / \text{с}; \quad \nu_8 = k_8 \cdot [O_3], \quad k_8 = (3 \pm 1) \times 10^{-10} \text{ см}^3 / \text{с},$$

$$\nu_9 = k_9 [O_2], \quad k_9 = \sqrt{\frac{8T_i}{\pi\mu}} \times \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \times \varepsilon_0 \times \exp\left(-\frac{\varepsilon_0}{T_i}\right),$$

$$T_i = T_2 + \frac{MW^2}{2}, \quad \varepsilon_0 = 0,42 \text{ эВ}, \quad \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = 2,2 \times 10^{-17} \text{ см}^2 / \text{эВ}$$

T_2 - температура газа; M - суммарная масса O⁻ и O₂, μ - приведенная масса иона O⁻ и O₂, W - дрейфовая скорость O⁻ в воздухе. Из выражения (2) можно получить, что зависимость отношений

$\frac{N'_-}{N_-}$ и $\frac{N'_e}{N_e}$ (N - первоначальная, а N' - конечная концентрация) от концентрации озона имеет вид:

$$\frac{N'_-}{N_-} = \frac{\nu'_8 + \nu'_9}{\nu_8 + \nu_9}, \quad \frac{N'_e}{N_e} = \frac{(\nu'_8 + \nu'_9)^2}{(\nu_8 + \nu_9)^2},$$

так что, когда концентрация $[O_3] > 10^{10} \text{ см}^{-3}$, то

$$\frac{N'_-}{N_-} \approx \frac{[O_3]'}{[O_3]}, \quad \frac{N'_e}{N_e} \approx \left\{ \frac{[O_3]'}{[O_3]} \right\}^2.$$

В свою очередь, увеличение плотности свободных электронов и заряженных ионов приведет к увеличению проводимости приземного слоя воздуха $\gamma = \{N_e U_e + N_- U_- + N_+ U_+\}e$, где $U_{e,-,+}$ - подвижность электронов, отрицательных и положительных ионов, соответственно. Увеличение проводимости γ изменит условия для распространения электромагнитных волн атмосферного происхождения, т. к. согласно [11] в сферическом приземном волноводе радиальная составляющая электромагнитного поля равна по модулю

$$E = \frac{300\sqrt{W\lambda}}{h\sqrt{r}} \sqrt{\frac{\vartheta_0}{\sin(\vartheta_0)}} \cdot F_1 \cdot F_2, \quad F_1 = \frac{0.003 R_0 \sqrt{\lambda}}{h} \left[\frac{1}{N_e \cdot 10^{-3}} + \frac{4}{3\gamma \cdot 10^3} \right], \quad (3)$$

$$F_2 = \exp \left\{ \left[-\frac{r}{\sqrt{\lambda}} 0.0015 \right] \left[\frac{1}{\sqrt{N_e 10^{-3}}} + \frac{2}{\sqrt{3} \sqrt{\gamma 10^3}} \right] \right\},$$

где W - мощность излучателя атмосферного происхождения (кВт), λ - длина волны (км), E - выражается в мВ/м, $r = R_0 \times \vartheta_0$ - горизонтальное расстояние между источником и точкой наблюдения, γ - проводимость приземного слоя, N_e - электронная плотность в ионосфере, h - высота ионосферы (км).

Получен вывод:

- изменение проводимости приземного слоя воздуха γ в несколько раз может приводить к изменениям E того же порядка, так что соответствующие аномалии этого поля могут служить прогностическим признаком процесса подготовки землетрясений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садовский Г.В. Электромагнитные предвестники землетрясений. – М.: Наука, 1982. – 231 с.
1. Гохберг М.Б., Моргунов В.А. Сейсмoeлектромагнитные явления. – М.: Наука, 1988. – 132 с.
2. Матов Ш. Р. , Ласуков В.В. // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1989. – №6. – С. 38–48.
3. Ласуков В.В., Матов Ш.Р.// Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1993. – №2. – С. 6 – 11.
4. Дерягин Б.В., Кротова Н.Л., Смилга В.Г. Адгезия твердых тел. – М.: Наука, 1973. – 273 с.
5. Урусовская А.А. // УФН. – 1968. – Т. 86. – № 1. – С.39 – 60.
6. Финкель В.М. Физические основы торможения разрушения. – М.: Металлургия, 1977. – 359 с.
7. Хагиашвили Н.Г.// Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1984. – № 9. – С. 13-19.
8. Воробьев А.А., Самохвалов М.А., Малышков Ю.П. // Геохимия. – 1982. – № 8. – С. 13–18.
9. Елецкий А.В., Смирнов Б.М. // ЖТФ. – 1991. – Т. 61. – № 10. – С. 70–90.
10. Альперт Я.Л., Гусева Э.Г., Влигель Д.С. Распространение волн в волноводе Земля-Ионосфера. – М.: Наука, 1967. – 342 с.