

Electric pulse of the explosions of the nuclear and trotyl explosive charges

F. F. Mende

<http://fmnauka.narod.ru>

mende_fedor@mail.ru

Abstract

In 1962 with the realization of thermonuclear explosions in space was discovered the previously unknown physical phenomenon, which consisted in the fact that near the earth's surface such explosions cause the electric pulse of very large amplitude and very short duration. Up to now there is no answer to a question, what physical mechanisms bear responsibility for the appearance of this pulse. In this article the explanation of the phenomenon indicated is conducted on the basis of the concept of the scalar-vector potential, which assumes the dependence of the scalar potential of charge on its speed.

Keywords: H-bomb, electric pulse of nuclear explosion, explosion, plasma, ionosphere, trotyl.

Introduction

Explosive processes are characterized by the fast separation of significant thermal energy, with which occurs the strong warming-up of decay products and is formed plasma. Depending on the type of explosion the plasma can have different degrees of ionization. With the nuclear explosions, when the temperature of plasma can reach several million degrees, the degree of ionization of plasma is high. With the realization of explosions by means of the conventional explosives cold plasma with the low degree of ionization is obtained. With the nuclear explosions occurs not only fast separation of significant thermal energy, but also emission of electromagnetic radiation in the wide frequency range. With the explosions of

nuclear charges is formed also electric pulse with the high tension of the electric field, whose physical nature up to now completely obscure.

Electric pulse of nuclear explosions

It is earlier into 1957 future Nobel laureate doctor Hans Albrecht Bethe, being based on the theory of dipole emission, predicted that with a similar explosion will be observed the electromagnetic pulse (EMP), the strength of field of which on the earth's surface will comprise not more than 100 V/m. But with the explosion of H-bomb with the TNT equivalent 1.4 Mt. at the height 400 km according to the program *Starfish* occurred that not expected, the tension of electrical it turned out that pour on, beginning from the epicentre of explosion, and further for the elongation of more than 1000 km it reached several ten thousand volt per meters. (Actual chart area and value of tensions pour on given in Fig. 1)

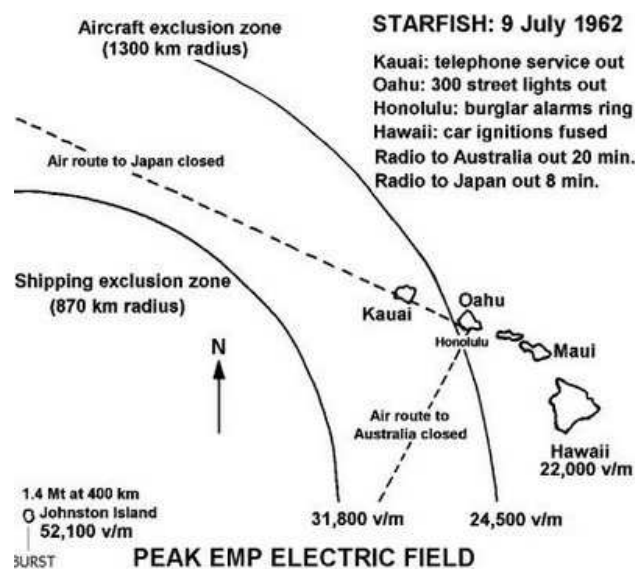


Fig. 1. Map of tests according to the program *Starfish*.

Possibility to refine this question give the data, obtained in the USSR during the tests with the code name *Program K*, when not far from Dzhezkazgan at the height 290 km was exploded H-bomb with the TNT equivalent 300 kt. It was also discovered with the tests according to this program, that the explosion is accompanied not only by electric pulse, but also are caused in the telephone lines and the surface layers of the earth high currents.

Is located the record of the shape of electrical pulse, made at a distance 1300 km from the point of impact (Fig. 3), obtained with the tests according to the program *Starfish*.

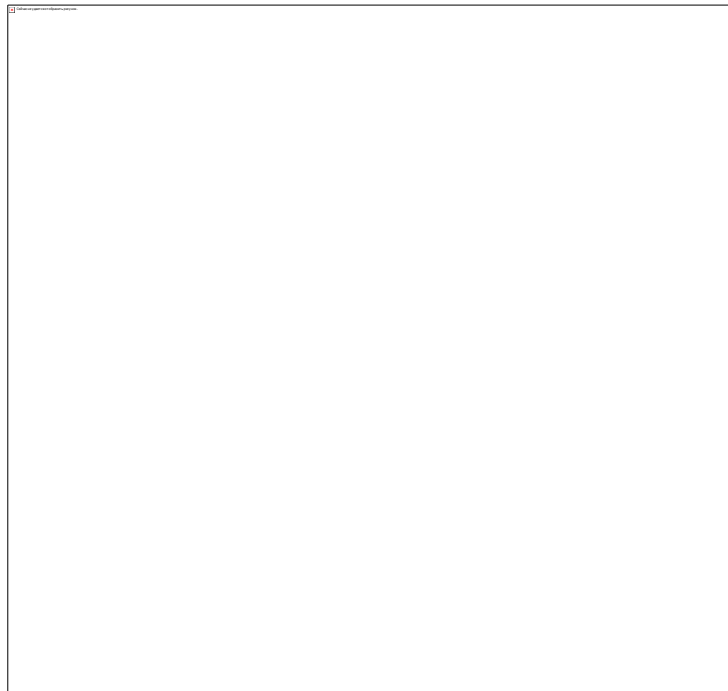


Fig. 2 Experimental dependence of amplitude EMI on the time, obtained with the tests according to the program *Starfish*.

Until most recently in the scientific journals was absent article with the explanation of this phenomenon. This indicates that the fact that there is no theory, which could give answer to the presented question.

Is known that the problem of this phenomenon attempted together with his students to solve and academician I. B. Zeldovich [1]. However, in the existing sources there is no information about the fact that this problem was solved by it. And only in 2013 appeared the first publication, in which was given an attempt at the explanation of the phenomenon [2]. In the work it is shown that as a result nuclear explosion appears not the electromagnetic, but electric pulse, the vector of electric field of which is directed toward the point of impact. For explaining physical nature of electric pulse are used the concept of scalar-vector potential, the assuming dependence of the scalar potential of charge on its relative speed. The bases of this concept were placed in work [3], and it underwent its further development in works [4-7].

In Fig. 2 solid line showed the dependence of the pulse amplitude on the time, recorded on the oscilloscope face, obtained with the tests according to the program *Starfish*, and dotted line showed the shape of pulse, corrected taking into account the parameters of the input circuits of oscillograph.

With the detonation the products of explosion heat to the high temperature, and then occurs their gradual cooling, during which the explosive energy returns to environment. The dependence of the pulse amplitude on the time repeats the process indicated, and possible to assume that precisely the temperature of plasma determines its amplitude. In the time of the detonation of the charge $T_1 \sim 25$ ns is a sharp increase in the pulse amplitude, and then there is a slower process, with which in the time $T_2 \sim 150$ ns the amplitude decreases two. We will consider that the sum of these times represents the time, for which it occurs the emission of a basic quantity of energy, obtained with the explosion.

If we consider that one ton of trotyl is equivalent $\sim 4.6 \times 10^9$ J, then with the explosion of bomb with the TNT equivalent 1,4 Mt. are separated $\sim 6.44 \times 10^{15}$ J. Consequently explosive force in the time interval indicated will compose $\sim 3.7 \times 10^{22}$ W. For the comparison let us point out that the power of the radiation of the Sun $\sim 3.9 \times 10^{26}$ W.

Let us examine a question, where how, in so short a time, can be the intake, isolated with this explosion. With the explosion in the atmosphere the energy is expended on the emission and on the creation of shock wave. In space shock wave is absent, therefore explosive energy is expended on the electromagnetic radiation.

In accordance with Stephan-Boltzmann equation the power, radiated by the heated surface, is proportional to the fourth degree of its temperature:

$$P = \sigma S T^4,$$

where σ - Stefan-Boltzman constant, and S - area of radiating surface.

In order to calculate temperature with the known radiated power it is necessary to know the surface of radiating surface. As this surface let us select sphere with the surface $\sim 3 \text{ m}^2$. Knowing explosive force and size of radiating surface, we find the temperature of the cloud of the explosion

$$T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma S}}$$

with the explosive force $\sim 3.7 \times 10^{22} \text{ W}$ we obtain the value of temperature equal to $\sim 8.6 \times 10^6 \text{ K}$.

In the concept of scalar- vector potential, the scalar potential of charge it is determined from the relationship

$$\varphi(r) = \frac{g \text{ ch } \frac{v_{\perp}}{c}}{4\pi \epsilon_0 r}, \quad (1)$$

where r - the distance between the charge and the observation point, v_{\perp} - the component of the charge rate g , normal to the vector \vec{r} , ϵ_0 - dielectric constant of vacuum.

According to the estimations at the initial moment of thermonuclear explosion the temperature of plasma can reach several hundred million degrees. At such temperatures the electron gas is no longer degenerate and is subordinated to the

distribution of Boltzmann. The most probable electron velocity in this case is determined by the relationship

$$v = \sqrt{\frac{2k_B T}{m}}, \quad (2)$$

where T - temperature of plasma, k_B - Boltzmann constant, m - the mass of electron.

Using relationships (1) and (2), and taking into account with the expansion in the series of hyperbolic cosine the terms $\sim \frac{v^2}{c^2}$, we obtain the value of increase in the scalar potential at the observation point

$$\Delta\varphi \cong \frac{Nek_B T}{4\pi\epsilon_0 r mc^2}, \quad (3)$$

where N - quantity of electrons in the cloud of explosion, e - electron charge. We determine from the formula the tension of radial electric field, which corresponds to this increase in the potential:

$$E = \frac{Nek_B T}{4\pi\epsilon_0 r^2 mc^2} = \frac{\Delta q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad (4)$$

where

$$\Delta q = \frac{Nek_B T}{mc^2} \quad (5)$$

is an equivalent charge of explosion.

One should say that with the warming-up of plasma the ions also acquire additional speed, however, since their mass considerably more than the mass of electrons, increase in their charges can be disregarded.

For enumerating the quantity of electrons it is necessary to know a quantity of atoms, which with the warming-up formed the cloud of explosion. Let us assume

that the total weight of bomb and launch vehicle, made from metal with the average density of the atoms $\sim 5 \times 10^{22} \text{ 1/sm}^3$, is 1000 kg. General a quantity of free electrons in the formed plasma, on the assumption that all atoms will be singly ionized with the specific weight of the metal $\sim 8 \text{ g/cm}^3$, will comprise $\sim 5 \times 10^{27}$.

In accordance with formula (4) the tension of radial electric field at a temperature of the cloud of the explosion $\sim 8.6 \times 10^6 \text{ K}$ will comprise: in the epicentre of the explosion $\sim 6.9 \times 10^4 \text{ V/m}$, at a distance in 870 km from the epicentre $\sim 1.2 \times 10^4 \text{ V/m}$ and at a distance 1300 km from the epicenter $\sim 6 \times 10^3 \text{ V/m}$. It is evident that in the epicentre the computed values of electrical pour on on the earth's surface they are close to the experimental values. The ratio of design values to those measured they comprise: in the epicentre of explosion ~ 1.3 , at a distance 870 km from this place ~ 0.4 , at a distance 1300 km ~ 0.25 . Certainly, are unknown neither the precise initial of the temperature plasma nor mass of bomb and launch vehicle, in which it undermine nor materials, from which are prepared these elements. Correcting these data, it is possible sufficiently simply to obtain values pour on those being approaching experimental values. But calculated three-dimensional dependence pour on strongly it is differed from experimental results. Let us attempt to explain the reason for such divergences.

Let us first examine the case, when charge is located above the metallic conducting plane (Fig. (3) The distribution of electrical pour on above this plane well known [9].

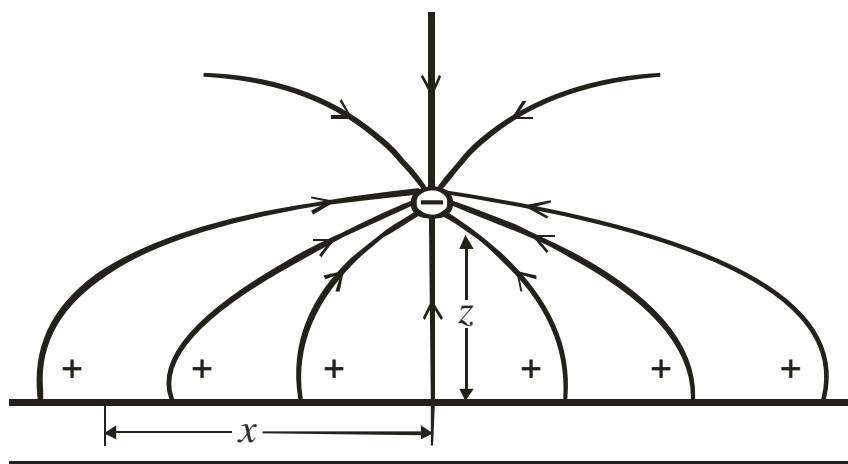


Fig. 3. Negative charge above the limitless conducting plane.

The horizontal component of electric field on the surface of this plane is equal to zero, and normal component is equal:

$$E_{\perp} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{zq}{(z^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (6)$$

where q - magnitude of the charge, z - distance from the charge to its epicentre, x - distance against the observation points to the epicentre.

Lower than conducting plane electric fields be absent, but this configuration pour on equivalent to the presence under the conducting plane of the positive charge of the same value and at the same distance as initial charge. They indicate that in the conducting plane the charge sees its mirror reflection. The pair of such charges presents the electric dipole with the appropriate distribution of electrical pour on. This configuration pour on connected with the fact that charge, which is been located above the conducting plane, it induces in it such surface density of charges, which completely compensates horizontal and vertical component of the electric field of charge in the conducting plane and lower than it. The dependence of the area of the charge density from the coordinate x also is well known [9]

$$\sigma(x) = \epsilon_0 E_{\perp} = \frac{1}{2\pi} \frac{zq}{(z^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}. \quad (7)$$

If we integrate $\sigma(x)$ with respect to the coordinate x , then we will obtain magnitude of the charge, which is been located above the conducting plane. In such a way as not to pass the electric fields of the charge q through the conducting plane, in it must be contained a quantity of free charges, which give summary charge not less than the charge q . In this case two cases can realize. With the low

charge density, which occurs in the poor conductors, it will arrive to move up to the significant distances significant quantities of charges. But in this case of charges it can and not be sufficient for the complete compensation. With the high charge density, it is possible to only insignificantly move charges in the plane. This case realizes in the metallic conductors.

If we periodically draw near and to move away charge from the plane, then in it will arise the periodic horizontal currents, which will create the compensating surface charges. The same effect will be observed, if charge at the particular point can be born and disappear. If at the assigned point above the plane charge suddenly in some time arises, then, so that the fields of charge would not penetrate through the conducting plane, in the same time on the conducting plane the compensating charges, which correspond to relationship must appear (4). This means that the strength of currents, which create the compensating charges, there will be the greater, the greater charge itself and the less the time of its appearance. However, with the low charge density can realize another case. With a very rapid change in the electric field the charges will not have time to occupy the places, which correspond to the complete compensation for electrical pour on, and then the fields of external charge partially will penetrate through conductor, and compensation will be not complete. Specifically, this case realizes in the case of the explosion of nuclear charge in space, since between it and earth's surface is located the ionosphere, which possesses not too high a conductivity (Fig. 4).

If charge will appear at the indicated in the figure point, thus it will gather under itself the existing in the ionosphere free charges of opposite sign for compensating those pour on, which it creates in it. However, if a total quantity of free positive charge in the ionosphere will be less than the value of charge itself, or their displacement is insufficient in order to fall into the necessary point at the assigned moment, then their quantity will not be sufficient for the complete compensation pour on the appearing charge and its fields will penetrate through the ionosphere. In this case the penetrated fields, in view of the screening effect of the ionosphere, can be less than the field above it. In this case maximum compensation pour on it will

occur in the region, situated directly under the charge. This process will make the dependence of electrical potential on from the distance by smoother, that also is observed during the experiment. Entire this picture can be described only qualitatively, because are accurately known neither thickness of the ionosphere nor degree of its ionization on the height. But even if are known these parameters, then bulky numerical calculations are necessary for the solution of problem.

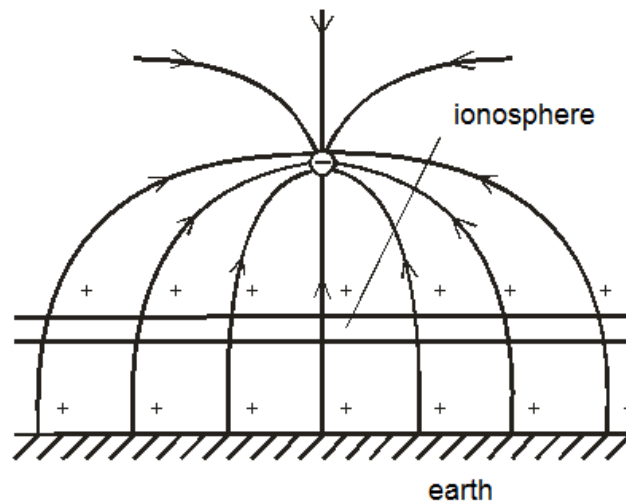


Fig. 4. Negative charge above the earth's surface with the presence of the ionosphere.

The sphericity of the ionosphere also superimposes its special features on the process of the appearance of the compensating surface charges. This process is depicted in Fig. 5.

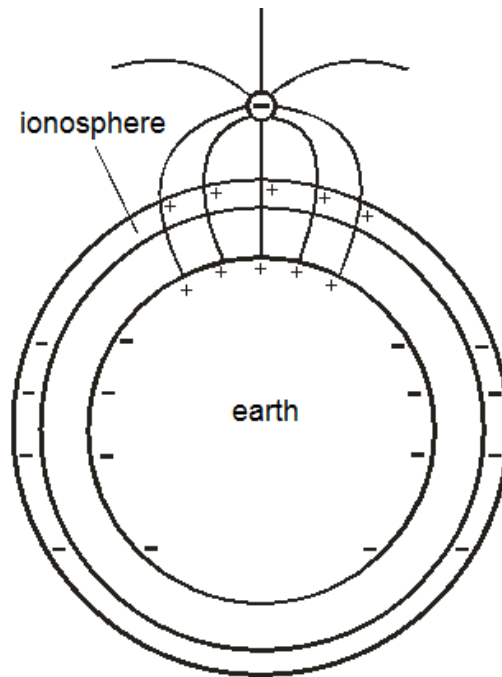


Fig. 5. Negative charge above the earth's surface with the presence of the ionosphere.

The tendency of the emergent charge to gather under itself the compensating charges will lead to the longitudinal polarization of the substantial part of the ionosphere. The compensating positive charges in the ionosphere will in essence appear directly in the epicentre, where they will be in the surplus, while beyond the line-of-sight ranges in the surplus will be negative charges. And entire system charge - the ionosphere - the earth will obtain additional dipole moment.

the model examined speaks, that nuclear explosion will lead not only to the appearance OF [IEP] in the zone of straight visibility, but also to the global ionospheric disturbance. Certainly, electric fields in space in the environments of the explosion, where there is no screening effect of the ionosphere, have high values and present large danger to the automatic spacecraft.

In accordance with relationship (4) the pulse amplitude is proportional to the temperature of plasma, therefore, according to the graph, depicted in Fig. 2, it is possible to judge the knocking processes of nuclear charge and the subsequent cooling of the cloud of explosion. From the figure one can see that two peaks are

visible in the initial section of the dependence of the amplitude of electric field. The first peak presents nuclear blast, which ignites thermonuclear charge, the second peak presents the knocking process of thermonuclear fuel. The rapid decrease, which characterizes the process of cooling cluster, further goes. It is evident that it occurs very rapidly. Naturally to assume that this is that period, when basic energy losses are connected with the radiant losses caused by the rigid X-radiation.

Thus, the presence of the pulse indicated they are the properties of explosion itself, but not second phenomenon.

Now should be made one observation apropos of term itself the electromagnetic pulse (EMP), utilized in the literary sources. From this name should be excluded the word magnetic, since. this process presents the propagation only of radial electrical pour on, and in this case magnetic fields be absent. It is known that the amplitude of the electric field of pulse can reach values ~ 50000 V/m. But if pulse was actually electromagnetic, then the tension of magnetic field would compose $\sim 1.3 \times 10^2$ A/m (for obtaining this value should be the tension of electric field divided into the wave drag of free space), and its power would be ~ 5 MW, which is commensurate with the power of small power station.

It is another matter that electric fields can direct currents in the conducting environments, and these currents will generate magnetic fields, but this already second phenomenon.

Since the tension of electrical pour on near the nuclear explosion it is great it can reach the values of the breakdown tension of air (300000 V/m), with the explosions, achieved in immediate proximity from the earth's surface, this can lead to the formation of lightning, that also is observed in practice.

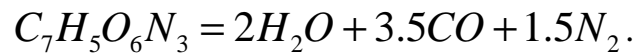
Let us note that the concept of the scalar- vector potential of thus far general acknowledgement did not obtain, but the fact that it satisfactorily explains the phenomenon examined, increases chances by its acknowledgement. One cannot fail to note that this concept explains also the electrization of the superconductive

windings and tori during the introduction in them of direct currents [5,8], other theories cannot explain what.

Electric pulse of the explosion of trotyl charge

Of if the principle of the formation of electric pulse examined is accurate, then the usual explosions, with which is formed cold plasma, they must be accompanied by the appearance of electric pulse, although less intensive than with the nuclear explosion.

The disintegration of the molecule of trotyl with its detonation occurs according to the following diagram:



If each of the molecules, that was released during explosion will be singly ionized, then upon decay the molecule of trotyl will be isolated 7 free electrons. Consequently, with the detonation of one mole of trotyl will be isolated $7N_A = 4.2 \times 10^{24}$ of the electrons, where N_A - Avagadro number. With the explosion of trotyl the temperature of the cloud of explosion reaches 3500K. If all molecules of disintegration obtain single ionization, then the maximum strength of field of electric pulse composed

$$E = 3.7 \times 10^9 \frac{1}{r^2} \text{ V/m.}$$

At a distance of 100 m of the point of impact the tension of electric field there will be the wound of 3.7×10^5 V/m. and if the degree of ionization composes only 0.01%, will be and even then obtained the strength of the field 37 V/m, which is completely sufficient for registering the pulse. The importance of this method consists in the fact that by studying the topology of pulse, it is possible to judge the knocking processes and subsequent relaxation of the cloud of explosion. Obviously, electric pulse must accompany the entry of projectile into different solid obstacles, since. in

this case strong local warming-up to target with the formation of plasma occurs. Consequently, it is possible to draw the conclusion that in those places, where the plasma of any form is formed, must appear electric pulse.

In the scientific literature there are no communications about the appearance of electric pulse with the explosions of conventional explosives, but this can be connected with the fact that this question no one was investigated.

It is known that the electro-welding creates the strong radio reception disturbances, but these interferences very rapidly diminish with the distance. Microbursts it is possible to consider sparking in the poor contacts in the electrical networks, in the contact systems of electric transport means or the collectors of direct-current motors. But, since the amplitude of electric pulse rapidly diminishes with the distance, electric transport does not present special interferences for the radio reception.

The lightning also heat plasma to the high temperature and are created the radio reception disturbances. There is an opinion that very channel of lightning serves as the antenna, which radiates the radio waves over a wide range of frequencies. But so whether this? With that length, which represents the track of lightning, this antenna must have excellent characteristics and reliably emit not only in the short-wave, but also in the long-wave radio-frequency band. But this would mean that with any lightning stroke in any place of the terrestrial globe in our receivers the interferences would appear. But since they second-by-second in the world beat hundreds of lightning, entire ether would be oppressed by interferences. This it does not occur for that reason, that the plasma cylinder of lightning emits not radio waves, but electric pulses from all its sections. In this case the excess charges, which arose in different sections of the channel of lightning, see their mirror reflection under the earth's surface, forming the appropriate dipoles, whose fields diminish inversely proportional to the cube of distance.

Is that which is written in this paragraph, thus far only theoretical prerequisites. But if they will be confirmed experimentally, then will be not only just once confirmed the viability of the concept of scalar- vector potential, but also will be

opened way for developing the new procedures of a study of the processes, proceeding with different explosions.

Reference

1. Знакомый и незнакомый Зельдович (в воспоминаниях друзей, коллег, учеников), М: Наука, 1993, 352 с. (под редакцией С. С. Герштейна и Р.А. Сюняева)
2. Менде Ф. Ф. Электрический импульс космического термоядерного взрыва. Инженерная физика, №5, 2013.
3. Менде Ф. Ф. К вопросу об уточнении уравнений электромагнитной индукции. - Харьков, депонирована в ВИНТИ, №774-B88 Деп., 1988.-32с.
4. Менде Ф. Ф. К вопросу о возникновении вторичных электрических полей при протекании через сверхпроводники постоянных токов. - Харьков, 1992.- 28 с. Рукопись депонирована в ВИНТИ 05.11.92, № 3182-B92. Деп.
5. Mende F. F. Experimental corroboration and theoretical interpretation of dependence of charge value on DC flow velocity through superconductors. Proceedings International Conference “Physics in Ukraine”, Kiev, 1993.
6. Mende F. F. Conception of the scalar-vector potential in contemporary electrodynamics, arXiv.org/abs/physics/0506083.
7. Mende F. F. On refinement of certain laws of classical electrodynamics <http://arxiv.org/abs/physics/0402084>
8. Менде Ф. Ф. Новая электродинамика. Революция в современной физике. Харьков, НТМТ, 2012, – 172 с.
9. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. М: Мир, 1977.

Электрический импульс взрывов ядерных и тротильных зарядов

F. F. Mende

<http://fmnauka.narod.ru/works.html>

mende_fedor@mail.ru

Аннотация

В 1962 году при осуществлении термоядерных взрывов в космосе было обнаружено ранее неизвестное физическое явление, которое заключалось в том, что вблизи поверхности земли такие взрывы вызывают электрический импульс очень большой амплитуды и очень малой длительности. До настоящего времени нет ответа на вопрос, какие физические механизмы несут ответственность за появление такого импульса. В настоящей статье объяснение указанного явления проводится на основе концепции скалярно-векторного потенциала, который предполагает зависимость скалярного потенциала заряда от его скорости.

Введение

Взрывные процессы характеризуются быстрым выделением значительных тепловых энергий, при которых происходит быстрый разогрев продуктов распада и образуется плазма. В зависимости от типа взрыва плазма может иметь различные степени ионизации. При ядерных взрывах, когда температура плазмы может достигать нескольких миллионов градусов, степень ионизации плазмы высока. При осуществлении взрывов посредством обычных взрывчатых веществ получается холодная плазма с невысокой степенью ионизации. При ядерных взрывах происходит не только быстрое

выделение значительных тепловых энергий, но и излучение электромагнитного излучения в широком частотном диапазоне. При взрывах ядерных зарядов образуется также электрический импульс с высокой напряженностью электрического поля, физическая природа которого до настоящего времени не ясна.

Электрический импульс ядерных взрывов.

Ещё в 1957 г. будущий нобелевский лауреат доктор Ханс Альбрехт Бете (Hans A. Bethe), основываясь на теории дипольного излучения, предсказал, что при взрыве атомного заряда в космосе будет наблюдаться электромагнитный импульс (ЭМИ), при этом напряженность поля на поверхности земли составит не более 100 В/м. Но при взрыве водородной бомбы с тротильным эквивалентом 1.4 Мт на высоте 400 км по программе *Starfish* произошло неожиданное, оказалось что напряженность электрических полей, начиная с эпицентра взрыва, и далее на протяжении более 1000 км достигла нескольких десятков тысяч вольт на метр. (Карта местности и значения напряженностей полей показаны на рис. 1.)

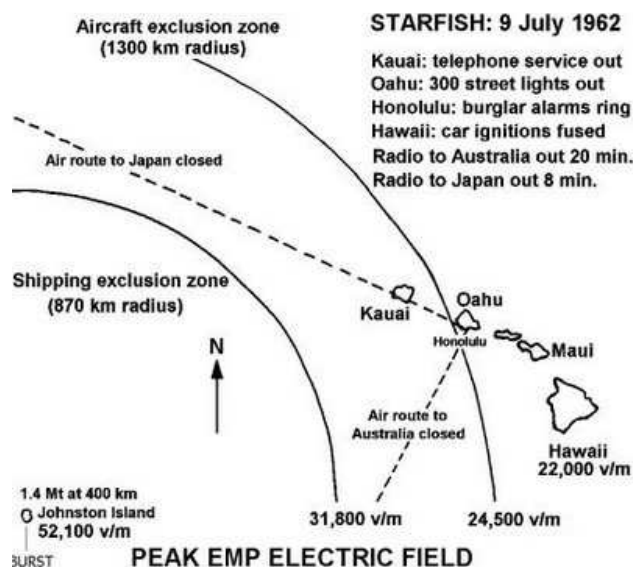


Рис. 1. Карта испытаний по программе *Starfish*.

В СССР во время испытаний с кодовым названием «Программа К», когда недалеко от Джезказгана на высоте 290 км была взорвана водородная бомба с тротильным эквивалентом 300 кт были получены аналогичные результаты. При испытаниях по этой программе было также обнаружено, что взрыв сопровождается не только электрическим импульсом, но и вызывает в телефонных линиях и поверхностных слоях земли большие токи.

Имеется запись формы электрического импульса, сделанная на расстоянии 1300 км от места взрыва (рис. 2), полученная при испытаниях по программе *Starfish*.

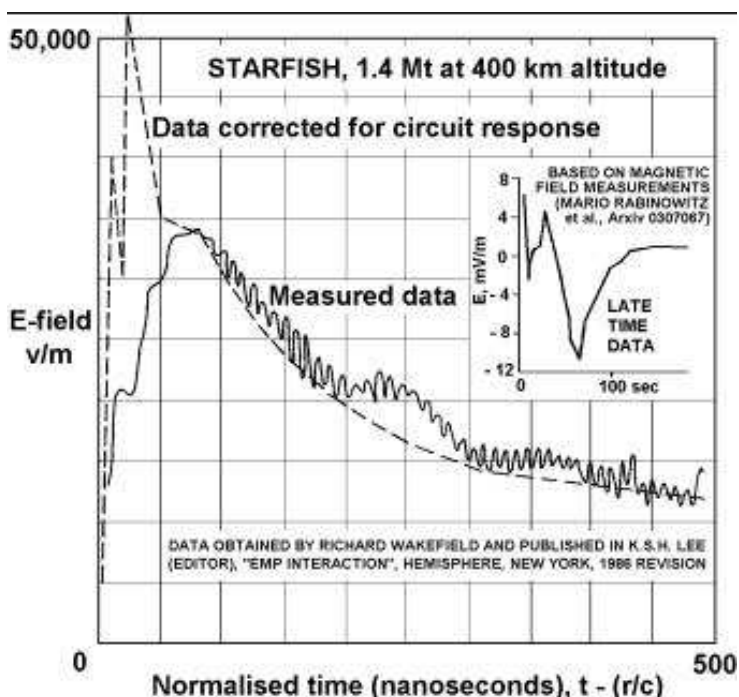


Рис. 2. Экспериментальная зависимость амплитуды ЭМИ от времени, полученная при испытаниях по программе *Starfish*.

До самого последнего времени в научных журналах отсутствовали публикации с объяснением этого явления. Это означает то, что до настоящего времени отсутствовала теория, которая смогла бы дать ответ на поставленный вопрос.

Известно, что проблему ЭМИ вместе со своими учениками пытался решить академик Я. Б. Зельдович [1]. Однако в имеющихся источниках нет информации о том, что им эта проблема была решена.

И только в 2013 году появилась публикация, в которой дана попытка объяснения указанного явления [2]. В работе показано, что в результате ядерного взрыва возникает не электромагнитный, а электрический импульс, вектор электрического поля которого направлен к месту взрыва. Для объяснения физической природы такого импульса используется концепция скалярно-векторного потенциала, предполагающая зависимость скалярного потенциала заряда от его относительной скорости. Основы этой концепции были заложены в работе [3], а своё дальнейшее развитие она получила в работах [4-7].

На рис. 2 сплошной линией показана зависимость амплитуды импульса от времени, записанная на экране осциллографа, полученная при испытаниях по программе *Starfish*, а пунктирной линией показана форма импульса, скорректированная с учётом параметров входных цепей осциллографа.

При детонации продукты взрыва нагреваются до высокой температуры, а затем происходит их постепенное остывание, при котором энергия взрыва отдаётся внешней среде. Зависимость амплитуды импульса от времени повторяет указанный процесс, и можно предположить, что именно температура плазмы определяет его амплитуду. За время детонации заряда $T_1 \sim 25$ нс имеется резкий рост амплитуды импульса, а затем имеется более медленный процесс, при котором за время $T_2 \sim 150$ нс амплитуда уменьшается в два раза. Будем считать, что сумма этих времён и представляет то время, за которое происходит излучения основного количества энергии, полученной при взрыве.

Если считать, что одна тонна тротила эквивалентна 4.6×10^9 Дж, то при взрыве бомбы с тротиловым эквивалентом 1,4 Мт выделяется $\sim 6.4 \times 10^{15}$ Дж. Следовательно мощность взрыва на указанном промежутке времени составит $\sim 3.7 \times 10^{22}$ Вт. Для сравнения укажем, что мощность излучения Солнца $\sim 3.9 \times 10^{26}$ Вт.

Рассмотрим вопрос, куда и каким образом, за столь короткое время, может быть израсходована такая энергия. При взрыве в атмосфере энергия расходуется на излучение и на создание ударной волны. В космосе ударная волна отсутствует, поэтому энергия взрыва расходуется на электромагнитное излучение.

В соответствии с законом Стефана-Больцмана мощность, излучаемая нагретой поверхностью, пропорциональна четвертой степени ее температуры:

$$P = \sigma S T^4,$$

где σ - постоянная Стефана-Больцмана, а S - площадь излучающей поверхности.

Для того чтобы вычислить температуру при известной мощности излучения нужно знать поверхность излучающей поверхности. В качестве такой поверхности выберем шар с поверхностью $\sim 3 \text{ м}^2$. Зная мощность взрыва и размер излучающей поверхности, находим температуру облака взрыва

$$T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma S}}$$

При мощности взрыва $\sim 3.7 \times 10^{22}$ Вт получаем значение температуры равное $\sim 8.6 \times 10^6$ К.

В концепции скалярно-векторного потенциала, скалярный потенциал заряда определяется из соотношения

$$\varphi(r) = \frac{g \, ch \frac{v_{\perp}}{c}}{4\pi \varepsilon_0 r}, \quad (1)$$

где, r – расстояния между зарядом и точкой наблюдения, v_{\perp} – составляющая скорости заряда g , нормальная к вектору \vec{r} , ε_0 - диэлектрическая проницаемость вакуума.

В начальный момент термоядерного взрыва температура плазмы может достигать нескольких десятков миллионов градусов. При таких температурах электронный газ уже не является вырожденным и подчиняется распределению Больцмана. Наиболее вероятная скорость электронов при этом определяется соотношением

$$v = \sqrt{\frac{2k_B T}{m}}, \quad (2)$$

где T - температура плазмы, k_B - постоянная Больцмана, m - масса электрона. Используя соотношения (1) и (2), и учитывая при разложении в ряд гиперболического косинуса только члены $\sim \frac{v^2}{c^2}$, получаем значение приращения скалярного потенциала в точке наблюдения

$$\Delta\varphi \cong \frac{Nek_B T}{4\pi\varepsilon_0 r m c^2}, \quad (3)$$

где N - количество электронов в облаке взрыва, e - заряд электрона. Напряженность радиального электрического поля, соответствующая такому приращению потенциала, определяем из соотношения

$$E = \frac{Nek_B T}{4\pi\varepsilon_0 r^2 m c^2} = \frac{\Delta q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}, \quad (4)$$

где

$$\Delta q = \frac{Nek_B T}{mc^2} \quad (5)$$

эквивалентный заряд взрыва.

Следует отметить, что при разогреве плазмы ионы тоже приобретают дополнительную скорость, однако, поскольку их масса значительно больше, чем масса электронов, а скорость значительно ниже, их присутствием можно пренебречь.

Для вычисления количества электронов необходимо знать количество атомов, которые при разогреве образовали облако взрыва. Предположим, что общий вес бомбы и ракетносителя, выполненной из металла со средней плотностью атомов $\sim 5 \times 10^{22} \text{ 1/см}^3$, составляет 1000 кг. При удельном весе металла $\sim 8 \text{ г/см}^3$ общее количество свободных электронов в образовавшейся плазме, в предположении, что все атомы будут однократно ионизированы, составит $\sim 5 \times 10^{27}$.

В соответствии с формулой (4) напряженность радиального электрического поля при температуре облака взрыва $\sim 8.6 \times 10^6 \text{ К}$ составит: в эпицентре взрыва $\sim 6.9 \times 10^4 \text{ В/м}$, на расстоянии в 870 км от эпицентра $\sim 1.2 \times 10^4 \text{ В/м}$ и на расстоянии 1300 км от эпицентра $\sim 6 \times 10^3 \text{ В/м}$. Видно, что в эпицентре расчетные значения электрических полей на поверхности земли близки к экспериментальным значениям. Отношение расчётных значений к измеренным составляют: в эпицентре взрыва ~ 1.3 , на расстоянии 870 км от эпицентра ~ 0.4 , на расстоянии 1300 км оно равно ~ 0.25 . Конечно, не известны ни точный размер облака взрыва, ни масса бомбы и ракетносителя, ни материалы, из которых они изготовлены. Варьируя эти величины, достаточно просто получить значения полей, приближающиеся к экспериментальным значениям в эпицентре. Но расчётная пространственная зависимость полей сильно отличается от экспериментальных результатов. Попытаемся объяснить причину таких расхождений.

Сначала рассмотрим случай, когда заряд находится над металлической проводящей плоскостью (рис. 3). Распределение электрических полей над такой плоскостью хорошо известно [9].

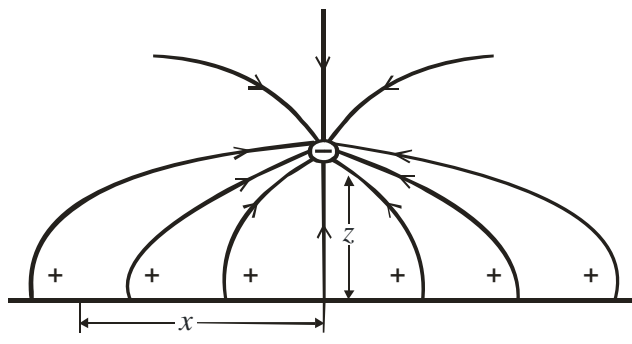


Рис. 3. Отрицательный заряд над безграничной проводящей плоскостью.

Горизонтальная составляющая электрического поля на поверхности плоскости равна нулю, а нормальная составляющая определяется из соотношения

$$E_{\perp} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{zq}{(z^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad (6)$$

где q - величина заряда, z - расстояние от заряда до его эпицентра, x - расстояние от точки наблюдения до эпицентра.

Ниже проводящей плоскости электрические поля отсутствуют, но такая конфигурация полей эквивалентна наличию под проводящей плоскостью положительного заряда такой же величины и на таком же расстоянии, как и исходный заряд. Говорят, что в проводящей плоскости заряд видит своё зеркальное отражение. Пара таких зарядов представляет электрический диполь с известным распределением электрических полей. Такая конфигурация полей связана с тем, что заряд, находящийся над проводящей плоскостью, индуцирует в ней такую поверхностную плотность зарядов,

которая полностью компенсирует горизонтальную и вертикальную составляющую электрического поля заряда на границе проводящей плоскости. Зависимость величины поверхностной плотности заряда от координаты x также хорошо известна [9]

$$\sigma(x) = \varepsilon_0 E_{\perp} = \frac{1}{2\pi} \frac{zq}{(z^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}. \quad (7)$$

Если проинтегрировать $\sigma(x)$ по координате x , то получим величину заряда, находящегося над проводящей плоскостью. Таким образом, чтобы не пропустить электрические поля заряда q через проводящую плоскость, в ней должно содержаться количество свободных зарядов, дающих суммарный заряд не менее чем q . При этом могут реализоваться два случая. При низкой плотности зарядов, что имеет место в плоских проводниках, для выполнения поставленного условия придётся передвигать на значительные расстояния значительные количества зарядов. Но в этом случае зарядов может и не хватить для полной компенсации. При высокой плотности зарядов, можно лишь незначительно сдвинуть заряды в плоскости. Этот случай реализуется в металлических проводниках.

Если периодически приближать или удалять заряд от плоскости, то в ней возникнут периодические горизонтальные токи, которые будут создавать перемещение компенсирующих зарядов. Такой же эффект будет наблюдаться, если заряд в данной точке может рождаться и исчезать. Если в заданной точке над плоскостью вдруг за какое-то время возникнет заряд, то, для того, чтобы поля заряда не проникли через проводящую плоскость, за это же время на проводящей плоскости должны появиться компенсирующие поверхностные заряды, соответствующие соотношению (7). Это означает, что величина токов, создающих компенсирующие заряды, будет тем больше, чем больше сам заряд и чем меньше время его возникновения. Однако при малой плотности зарядов может реализоваться и другой случай. При очень быстром

изменении электрического поля заряды не успеют занять места, соответствующие полной компенсации электрических полей, и тогда поля внешнего заряда частично проникнут через проводник, и компенсация будет не полной. Именно этот случай реализуется в случае взрыва ядерного заряда в космосе, поскольку между ним и земной поверхностью находится ионосфера, обладающая не слишком высокой проводимостью (рис.4).

Если заряд будет возникать в указанной на рисунке точке, и под ним будет находиться ионосфера, то он будет стремиться собрать под собой имеющиеся в ионосфере свободные заряды противоположного знака для компенсации тех полей, которые он создает в ней. Однако если суммарное количество свободных положительных зарядов в ионосфере будет меньше, чем величина самого заряда, или их перемещение недостаточно, чтобы попасть в нужную точку в заданный момент, то их количества не хватит для полной компенсации полей возникающего заряда и его поля проникнут через ионосферу. При этом проникшие поля, в силу экранирующего действия ионосферы, могут быть на поверхности земли меньше, чем в отсутствие ионосферы. При этом максимальная компенсация полей будет иметь место в области, расположенной непосредственно под зарядом. Этот процесс будет делать зависимость электрических полей от расстояния более плавным, что и наблюдается на эксперименте. Всю эту картину можно описать только качественно, потому что точно не известна ни толщина ионосферы, ни степень ее ионизации по высоте. Но даже если и известны эти параметры, то для решения задачи необходимы громоздкие численные расчёты.

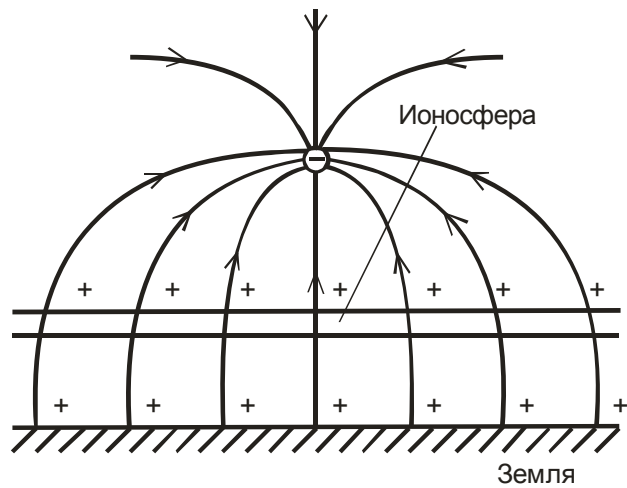


Рис. 4. Отрицательный заряд над поверхностью земли при наличии ионосферы.

Сферичность ионосферы тоже накладывает свои особенности на процесс индукции компенсирующих зарядов. Схематически этот процесс изображен на рис. 5.

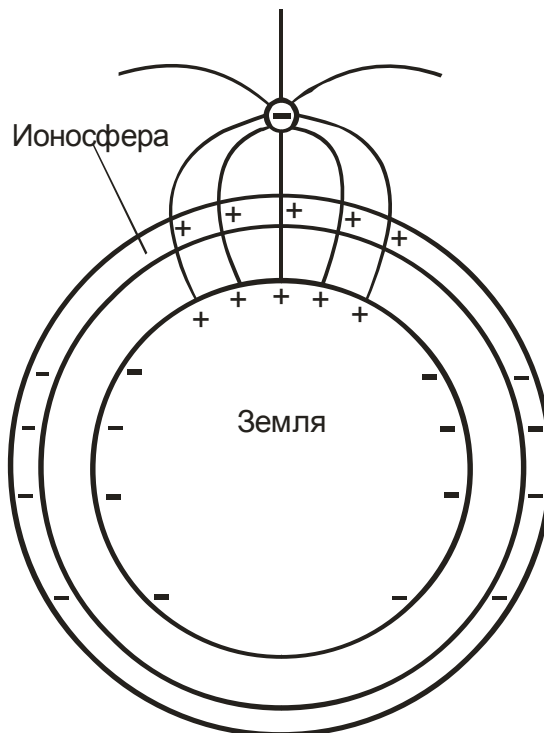


Рис. 5. Отрицательный заряд над поверхностью сферической ионосферы.

Стремление заряда собрать под собой компенсирующие заряды приведет к продольной поляризации значительной части ионосферы. Компенсирующие положительные заряды в ионосфере будут в основном появляться непосредственно в эпицентре, где они будут в избытке, в то время как за пределами прямой видимости в избытке будут отрицательные заряды. И вся система ионосфера – земля получит дополнительный дипольный момент.

Рассмотренная модель говорит о том, что ядерный взрыв приведет не только к возникновению электрического импульса в зоне прямой видимости, но и к глобальному возмущению ионосферы, что и наблюдалось при взрыве бомбы. Легко показать, что в космосе в окрестностях взрыва, где нет экранирующего действия ионосферы, электрические поля имеют большие величины и представляют большую опасность для космических аппаратов.

В соответствии с соотношением (4) амплитуда импульса пропорциональна температуре плазмы, следовательно, по графику, изображенному на рис. 2, можно судить о процессах детонации ядерного заряда и последующем охлаждении облака взрыва. Из рисунка видно, что на начальном участке зависимости амплитуды электрического поля видны два пика. Можно предположить, что первый пик представляет детонацию атомной бомбы, второй пик представляет процесс детонации термоядерного заряда. Далее идет быстрый спад, который характеризует процесс охлаждения облака взрыва. Видно, что он происходит очень быстро. Естественно предположить, что это тот период, когда основные потери энергии связаны с лучистыми потерями.

Таким образом, наличие указанного импульса являются свойствами самого взрыва, а не вторичным явлением.

Теперь следует сделать одно замечание по поводу самого термина электромагнитный импульс (ЭМИ), который используется в литературе по данному вопросу. Из этого названия следует исключить слово магнитный, т.к. данный процесс представляет распространение только радиальных электрических полей, и при этом магнитные поля отсутствуют. Известно, что

амплитуда электрического поля импульса может достигать величин ~ 50000 В/м. Но если бы импульс действительно был электромагнитным, то напряженность магнитного поля составила бы $\sim 1.3 \times 10^2$ А/м (для получения этого значения следует напряженность электрического поля разделить на волновое сопротивление свободного пространства), а его мощность была бы ~ 5 МВт, что соизмеримо с мощностью небольшой электростанции.

Электрические поля импульса могут наводить в окружающих проводящих средах токи, и эти токи будут генерировать магнитные поля, но это уже вторичное явление.

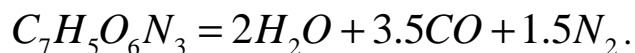
Поскольку напряженность электрических полей вблизи ядерного взрыва велика и может достигать величин пробойного напряжения воздуха (300000 В/м), то при взрывах, осуществляемых в непосредственной близости от земной поверхности, это может приводить к образованию молний, что и наблюдается на практике.

Заметим, что концепция скалярно-векторного потенциала пока общего признания не получила, но то что она удовлетворительно объясняет рассмотренный феномен, увеличивает шансы на её признание. Нельзя не отметить, что эта концепция объясняет также электризацию сверхпроводящих обмоток и торов при введении в них постоянных токов [5,8], чего не могут объяснить другие теории.

Электрический импульс взрыва тротилового заряда.

Если рассмотренный принцип образования электрического импульса верен, то и взрывы обычных взрывчатых веществ, при которых образуется холодная плазма, должны также сопровождаться возникновением электрического импульса, хотя и менее интенсивного, чем при ядерном взрыве.

Распад молекулы тротила при его детонации происходит по следующей схеме:



Если каждая из молекул, выделившаяся при взрыве будет однократно ионизирована, то при распаде молекулы тротила будет выделено 7 свободных электронов. Следовательно, при детонации одного моля тротила будет выделено $7N_A = 4.2 \times 10^{24}$ электронов, где N_A - число Авогадро. При взрыве тротила температура облака взрыва достигает 3500К. Если все молекулы распада тротила получают однократную ионизацию, то максимальная напряженность поля электрического импульса составит

$$E = 3.7 \times 10^9 \frac{1}{r^2} \text{ В/м}$$

На расстоянии 100 м от места взрыва напряженность электрического поля будет равна 3.7×10^5 В/м. Если степень ионизации составит 0.01% , то и тогда будет получена напряженность поля 37 В/м, что вполне достаточно для регистрации импульса. Важность такого метода заключается в том, что изучая топологию импульса, можно судить о процессах детонации и последующей релаксации облака взрыва. Очевидно, электрический импульс должен сопутствовать и попаданию снаряда в различные твёрдые преграды, т.к. при этом происходит сильный местный разогрев мишени с образованием плазмы. Следовательно, можно сделать вывод, что в тех местах, где образуется плазма любого вида, должен возникать и электрический импульс.

В научной литературе отсутствуют сообщения о возникновении электрического импульса при взрывах обычных взрывчатых веществ, но это может быть связано с тем, что этот вопрос никто не исследовал.

Известно, что электросварка создаёт сильные помехи радиоприёму, но эти помехи очень быстро убывают с расстоянием. Микровзрывами можно считать и искрение в плохих контактах в электрических сетях, в контактных системах электротранспортных средств или коллекторах двигателей постоянного тока.

Но, поскольку амплитуда электрического импульса быстро убывает с расстоянием, то особых помех для радиоприёма эти процессы не вызывают.

Молния также разогревает плазму до высокой температуры и создаёт помехи радиоприёму. Существует мнение, что сам канал молнии служит в качестве антенны, излучающей радиоволны в широком диапазоне частот. Но так ли это? При той длине, которую представляет канал молнии, такая антенна должна была бы иметь прекрасные характеристики и надёжно излучать не только в коротковолновом, но и в длинноволновом радиодиапазоне. А это бы означало, что при любом ударе молнии в любом месте земного шара в наших приёмниках возникали бы помехи. А поскольку каждую секунду на земном шаре бьют сотни молний, то весь эфир был бы заполнен сигналами помех. Этого не происходит по той причине, что плазменный канал молнии излучает не радиоволны, а электрические импульсы теми участками канала, где образуется плазма. При этом, поскольку процесс ионизации канала молнии происходит не одновременно во всех его точках, избыточные заряды, возникшие в различных участках канала, видят своё зеркальное отражение под земной поверхностью, образуя соответствующие диполи, поля которых убывают обратно пропорционально кубу расстояния.

То, что написано в этом параграфе, пока только теоретические предположения. Но если они будут подтверждены экспериментально, то будет не только ещё раз подтверждена жизнеспособность концепции скалярно-векторного потенциала, но и откроется путь для разработки новых методик исследования процессов, происходящих при различных взрывах.

Список литературы

1. Знакомый и незнакомый Зельдович (в воспоминаниях друзей, коллег, учеников), М: Наука, 1993, 352 с. (под редакцией С. С. Герштейна и Р.А. Сюняева)
2. Менде Ф. Ф. Электрический импульс космического термоядерного взрыва. Инженерная физика, №5, 2013.
3. Менде Ф. Ф. К вопросу об уточнении уравнений электромагнитной индукции. - Харьков, депонирована в ВИНТИ, №774-В88 Деп., 1988.-32с.
4. Менде Ф. Ф. К вопросу о возникновении вторичных электрических полей при протекании через сверхпроводники постоянных токов. - Харьков, 1992.- 28 с. Рукопись депонирована в ВИНТИ 05.11.92, № 3182-В92. Деп.
5. Mende F. F. Experimental corroboration and theoretical interpretation of dependence of charge value on DC flow velocity through superconductors. Proceedings International Conference “Physics in Ukraine”, Kiev, 1993.
6. Mende F. F. Conception of the scalar-vector potential in contemporary electrodynamics, [arXiv.org/abs/physics/0506083](http://arxiv.org/abs/physics/0506083).
7. Mende F. F. On refinement of certain laws of classical electrodynamics <http://arxiv.org/abs/physics/0402084>
8. Менде Ф. Ф. Новая электродинамика. Революция в современной физике. Харьков, НТМТ, 2012, – 172 с.
9. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. М: Мир, 1977.