

УДК 550.348.0985:551.146

## ГИПОТЕЗА СВЯЗИ ПРОТЕКАЮЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С ПУЛЬСАЦИЯМИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Ю.Б. Бродский, В.П. Ганношин

*Житомирский национальный агроэкологический университет, Старый бульвар 7, 10008  
Житомир, E-mail: [YBrodskiy@academy.zt.ua](mailto:YBrodskiy@academy.zt.ua)*

**Реферат.** В связи с участвовавшими случаями проявления сейсмической активности и их катастрофическими последствиями, с учетом опубликованных материалов о сильных землетрясениях в Антарктиде (1998 год), Калининградской области (2004 год), Китае (2008 год), Киргизии (2008 год), Южном Пакистане (2008 год) и многих других представлен анализ влияния сейсмического процесса на эффекты в околоземной плазме. Предложена новая гипотеза связи в системе литосфера–геомагнитное поле, основанная на взаимодействии движущихся тектонических плит с магнитным полем Земли. По мере развития сейсмического процесса увеличивается линейная скорость деформации тектонической плиты, что приводит к изменению формы силовой линии геомагнитного поля, которая, обладая упругостью, стремится принять свою первоначальную форму. Изменение формы силовой линии геомагнитного поля приводит к возникновению колебательного процесса последней (стоячая волна). В критический момент времени, когда достигается предел напряжения прочности пород, происходит нарушение сплошности, или разрыв, земной коры с резким увеличением амплитуды колебаний силовой геомагнитной линии. Представлены результаты моделирования пульсаций Z-составляющей геомагнитного поля, подтверждающие прямую связь между протекающим сейсмическим процессом и возмущением магнитного поля Земли. Полученные оценки хорошо согласуются с результатами измерений пульсаций геомагнитного поля на станции Академик Вернадский перед сильным коровым землетрясением в Антарктиде 25 марта 1998 года (Бахмутов, Седова, Мозговая, 2003).

**Ключевые слова:** акустические и гравитационные волны, землетрясение, магнитное поле Земли, пульсации Z-составляющей геомагнитного поля

**Гіпотеза зв'язку сейсмічного процесу, що протікає, з пульсаціями геомагнітного поля.** Ю.Б. Бродський, В.П. Ганношин

**Реферат.** У зв'язку з випадками прояву сейсмічної активності, що почастишали, та їх катастрофічними наслідками, з урахуванням опублікованих матеріалів про сильні землетруси в Антарктиді (1998 рік), Калінінградській області (2004 рік), Китаї (2008 рік), Киргизії (2008 рік), Південному Пакистані (2008 рік) й багатьох інших представлено аналіз впливу сейсмічного процесу на ефекти в навколосемній плазмі. Запропоновано нову гіпотезу зв'язку в системі літосфера–геомагнітне поле, засновану на взаємодії рухомих тектонічних плит з магнітним полем Землі. В міру розвитку сейсмічного процесу збільшується лінійна швидкість деформації тектонічної плити, що призводить до зміни форми силових ліній геомагнітного поля, яка, маючи пружність, прагне прийняти свою первинну форму. Зміна форми силових ліній геомагнітного поля викликає виникнення коливального процесу останньої (стояча хвиля). У критичний момент часу, коли досягається межа напруги міцності порід, відбувається порушення суцільності, або розрив, земної кори з різким збільшенням амплітуди коливань силових геомагнітних ліній. Представлено результати моделювання пульсацій Z-складової геомагнітного поля, які підтверджують прямий зв'язок між протікаючим сейсмічним процесом і збуренням магнітного поля Землі. Отримані оцінки добре узгоджуються з результатами вимірювань пульсацій геомагнітного поля на станції Академік Вернадський перед сильним коровим землетрусом в Антарктиді 25 березня 1998 року (Бахмутов, Седова, Мозговая, 2003).

**Ключові слова:** акустичні та гравітаційні хвилі, землетрус, магнітне поле Землі, пульсації Z-складової геомагнітного поля

**The hypothesis of the relationship between the current seismic process and the geomagnetic field pulsations** by Yu.B. Brodsky, V.P. Gannoshyn

**Abstract.** With respect to the increased frequency of the seismic activity symptoms and their disastrous aftereffects and taking into account the publications devoted to severe earthquakes in the Antarctica (1998), Kaliningrad oblast (2004), China (2008), Kirghizia (2008), South Pakistan (2008) and other places, the paper presents the analysis of the influence of the seismic process on the effects in the circumterrestrial plasma. The authors propose a new hypothesis of the relationship in the lithosphere – geomagnetic field system which is based on the interaction between the moving tectonic plates and the Earth's magnetic field. Alongside with the seismic process development the linear velocity of the tectonic plate deformation is increasing which results in the change in the shape of the geomagnetic field intensity line, which, though elastic, is trying to take its initial shape. The changes in the shape of the geomagnetic field intensity line brings about the appearance of the oscillation process of the latter (the so-called stationary wave). In the critical moment of time, when the rock reaches its ultimate stress limit, one can observe the discontinuity or the Earth's crust fault which is accompanied by a rapid increase in the oscillation amplitude of the force geomagnetic line. The paper also presents the results of modelling the pulsations of the geomagnetic field Z-component, the above testifying to a direct relationship and the disturbance of the Earth's magnetic field. The estimates obtained are nicely coordinated with the results of geomagnetic field pulsation measurements which were carried out on the Academician Vernadsky station before the severe crust earthquake in the Antarctica on the 25<sup>th</sup> of March 1998 (Bakhmutov, Sedova, Mozgovaya, 2003).

**Key words:** acoustic and gravitation waves, earthquake, Earth's magnetic field, pulsations of the geomagnetic force line Z-component.

## 1. Введение

Одна из важнейших проблем экологической безопасности, связанная со своевременным предупреждением готовящегося землетрясения, пока еще остается нерешенной. Катастрофические последствия этого природного явления выводят задачу поиска информативных предвестников землетрясения на ведущее место. Такая задача предполагает выявление различных геофизических эффектов, возникающих в период протекания сейсмического процесса, их дальнейшую интерпретацию с целью разработки новых методов прогнозирования.

Землетрясение – это достаточно длительный процесс, который сопровождается разнообразными геофизическими явлениями, проявляющимися не только в недрах Земли, отдельных участках литосферы, но и в гидросфере, биосфере, атмосфере, включая ее верхние слои – ионосферу. Поэтому землетрясение необходимо рассматривать как событие, которое приводит к нарушению равновесия в системе связанных оболочек Земли и околоземного пространства.

К настоящему моменту сформировались два полярных мнения исследователей по поводу предвестников зародившегося землетрясения. Первое мнение основано на том, что источник землетрясения находится внутри земной коры, второе – что источником землетрясения является геофизическое воздействие Солнца и межпланетного магнитного поля.

В связи с этим авторы направили свои исследования на обоснование предложенной гипотезы связи движущихся тектонических плит с пульсациями геомагнитного поля до и во время землетрясения.

## 2. Краткий анализ известных гипотез связи в системе литосфера–атмосфера–ионосфера

Рассмотрим и проведем анализ известных гипотез связи в системе литосфера–атмосфера–ионосфера в период подготовки и возникновения землетрясения (Липеровский, 2006). При этом необходимо учесть, что к настоящему моменту общепринятой физической модели связи сейсмического процесса с явлениями в околоземном космическом пространстве нет.

«Резонансная» гипотеза электромагнитной связи в системе литосфера–ионосфера

предполагает, что передача электромагнитной энергии из литосферы в ионосферу, нагрев и дальнейшие следствия в E-области происходят при возбуждении гипотетического резонатора в системе литосфера–ионосфера. Однако пока нет экспериментальных подтверждений, свидетельствующих в пользу резонансной модели. Поэтому, не исключая возможности проявления резонансных ионосферных эффектов при подготовке землетрясений, можно полагать, что эти эффекты не являются определяющими в литосферно–ионосферной связи.

«Акустико–гравитационная» гипотеза. Согласно этой гипотезе, в области подготовки землетрясений вблизи поверхности Земли генерируются атмосферные акустико–гравитационные волны (АГВ), которые распространяются через атмосферу и, доходя до ионосферных высот, приводят к возмущению ионосферы благодаря столкновениям ионов с нейтральными молекулами. Генерация АГВ может быть связана с «поршневым» движением земной коры, имеющим блоковую структуру, с нестабильными тепловыми аномалиями, вызванными выходом парниковых газов в атмосферу в разломных зонах земной коры, а также с нестабильным поступлением массы литосферных газов в атмосферу. Экспериментально процесс генерации АГВ еще не исследован.

Гипотеза «литосферно–ионосферной связи» основана на эффекте увеличения радиоактивности и проводимости, приводящих к «модификации квазипостоянного электрического поля» в приземном слое атмосферы. Однако объяснить увеличение высоты максимума слоя F2 и уменьшение максимального значения концентрации электронов за день до землетрясения в рамках выдвинутой гипотезы не представляется возможным.

«Акустико–электрическая» гипотеза возбуждения Es-генераторов и мини-токовых систем в ночной E-области ионосферы под действием акустических импульсов, идущих от Земли, – одна из последних гипотез, пока еще не подкрепленная наблюдениями. Согласно этой гипотезе, объясняющей ионосферные эффекты на достаточно близких расстояниях в несколько сотен километров от будущих эпицентров, предполагается наличие акустических импульсов, распространяющихся от области подготовки землетрясений до ионосферных высот и генерирующих электрические токи в спорадических слоях.

«Гравитационно–электростатическая» гипотеза, согласно которой в области подготовки землетрясения достаточно часто происходит импульсное выделение радона. При наличии аэрозолей возникают локальные электрогравитационные френкелевские генераторы и мини-токовые системы с временем жизни порядка нескольких минут и горизонтальными размерами до нескольких десятков метров. Нестационарное разделение зарядов и создание мини-токовых систем в отдельных элементах приводят, с одной стороны, к всплескам инфракрасного излучения, и с другой – к передаче соответствующих возмущений вверх, в ионосферу.

Исходя из существующих гипотез, можно предположить, что в период возникновения и развития сейсмического процесса одновременно действует комплекс различных физических механизмов, приводящих к соответствующим геофизическим эффектам, рассмотрение которых может дать весь спектр возможных предвестников землетрясений.

### 3. Гипотеза связи литосфера–геомагнитное поле

Всякое землетрясение возникает вследствие внезапного высвобождения значительного количества энергии в некотором объеме внутри Земли. Как правило, при этом в некоторой области в теле Земли происходят разрушение и другие необратимые деформации горных пород.

Исходя из теоретических предпосылок, основанных на «теории упругой отдачи» (Reid, 1911), ротационной модели очага землетрясения, для случая цепочки неравномерно поворачивающихся блоков с трением (Викулин, Быков, Лунева, 2000), вследствие «вмороженности» силовых линий геомагнитного поля в вещество Земли (Бочкарев, 1985) и «вмороженности» последних в ионосферу (Физика космоса. Маленькая энциклопедия, 1986), гипотеза влияния деформации тектонических плит на изменение амплитуды Z-составляющей магнитного поля Земли состоит в следующем.

В начальный момент времени (момент времени зарождения сейсмического процесса) со стороны деформирующихся тектонических плит на элемент геомагнитной силовой линии, находящийся в недрах Земли, начинает действовать растягивающая сила. Другой конец геомагнитной силовой линии закреплен. Растягивающая сила медленно увеличивается во времени от 0 до своего критического значения  $\Phi_{кр}$  – времени разрыва сплошности тектонических плит. Удлинение геомагнитной силовой линии при этом будет меняться от 0 до  $Дl$ . Поскольку имеется магнитное натяжение (геомагнитные силовые линии обладают упругостью), геомагнитная силовая линия стремится выпрямиться. Попытка со стороны силовой геомагнитной линии принять свою первоначальную форму приводит к тому, что в каждой точке длины геомагнитной силовой линии возникают колебания.

В момент времени  $\Phi_{кр}$  напряжения прочности пород достигнут предела их прочности на скальвание или сил сцепления, произойдет нарушение сплошности пород (разрыв). Это приведет к тому, что со стороны разрыва породы будет произведен удар по силовой геомагнитной линии, вследствие чего по ней начнет распространяться упругая волна с большей амплитудой колебания, чем до времени  $\Phi_{кр}$ .

#### 4. Моделирование связи протекающего сейсмического процесса с геомагнитными пульсациями

В рамках выдвинутой гипотезы рассмотрим поведение  $Z$ -составляющей геомагнитного поля Земли как функцию расстояния  $x$  (м) от эпицентра землетрясения вдоль силовой магнитной линии, времени  $t$  (сутки) с момента начала зарождения сейсмического процесса и высоты  $h$  (км) от поверхности Земли. Для этого рассмотрим волновое уравнение – уравнение колебаний струны:

$$a_1^2 \frac{\partial^2 Z}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 Z}{\partial t^2}, \quad (1)$$

где

$$a_1^2 = \frac{T}{c};$$

$T$  – натяжение во всех точках струны;

$c$  – линейная плотность струны.

Решение уравнения (1) методом Фурье, удовлетворяющее совокупности граничных и начальных условий, как известно (Пискунов, 1985), имеет вид:

$$Z_n(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} (C_n \cos \frac{a_1 n \pi}{l} t + D_n \sin \frac{a_1 n \pi}{l} t) \sin \frac{n \pi}{l} x, \quad (2)$$

где

$$C_n = \frac{2}{l} \int_0^l f(x) \sin \frac{n \pi}{l} x dx;$$

$$D_n = \frac{2}{a_1 n \pi} \int_0^l \varphi(x) \sin \frac{n \pi}{l} x dx.$$

В качестве формы струны  $f(x)$  выступает форма силовых геомагнитных линий, а в качестве функции скорости  $\varphi(x)$  – линейная скорость деформации тектонических плит.

Результаты моделирования амплитуды пульсаций  $Z(x, t, h)$  составляющей геомагнитного поля Земли, вследствие протекающего сейсмического процесса, для максимальной модели атмосферы (Исаев, Пудовкин, 1972) и магнитуды  $M = 5,0$  балла представлены на рисунке.

Ю.Б. Бродский: ГИПОТЕЗА СВЯЗИ ПРОТЕКАЮЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА...

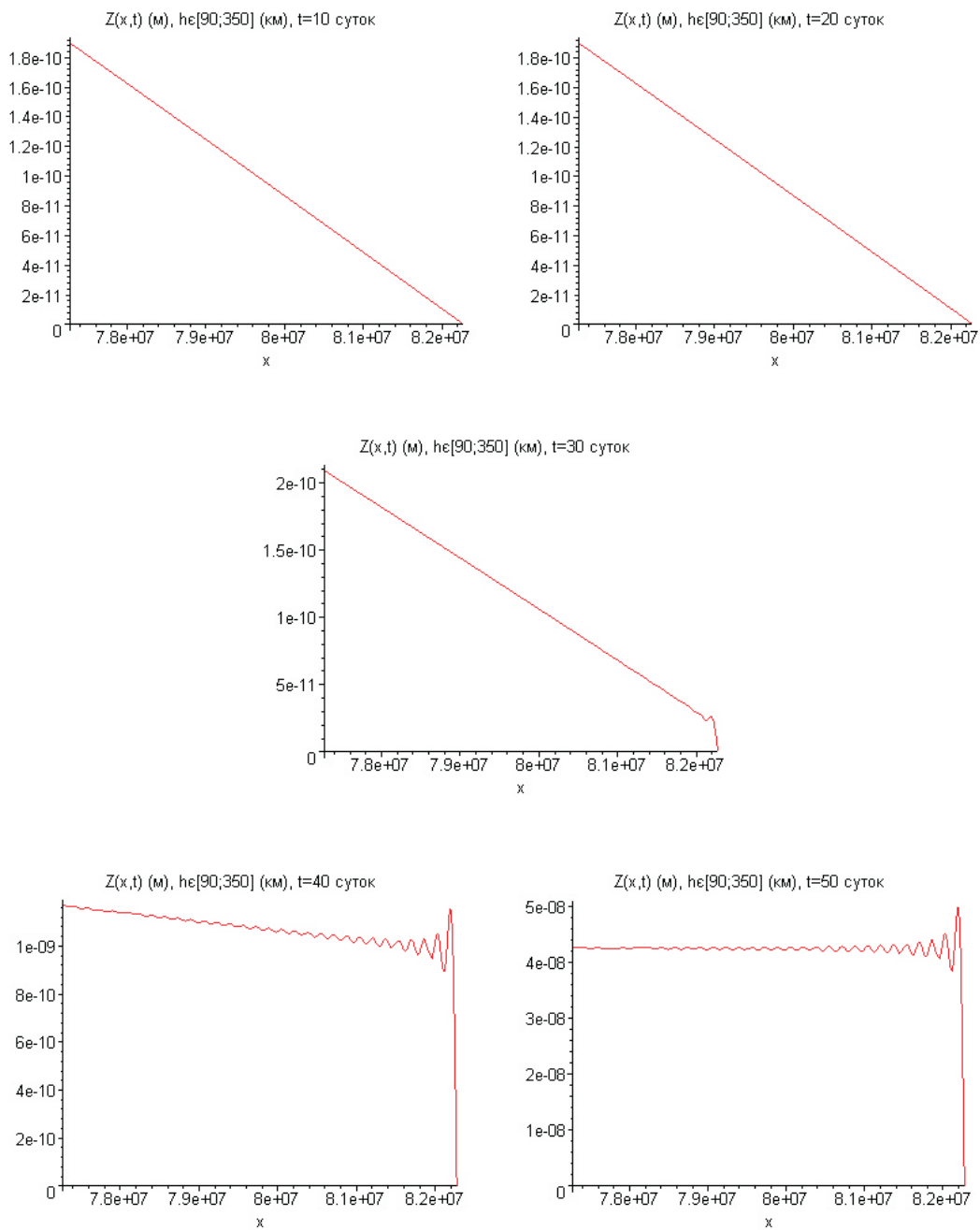


Рисунок. Динамика развития пульсаций Z-составляющей геомагнитного поля.

## 5. Выводы

В рамках выдвинутой гипотезы и представленных результатов моделирования отклика геомагнитного поля на протекающий сейсмический процесс можно сделать ряд выводов, которые сводятся к следующему:

1. В начальный момент времени зарождения сейсмического процесса тектоническая плита начинает деформироваться, что должно привести к изменению формы силовой геомагнитной линии. Однако незначительность силы действия со стороны деформирующейся тектонической плиты на элемент геомагнитной силовой линии, который находится в недрах Земли, не способствует развитию волнового процесса геомагнитного поля.

2. По мере развития сейсмического процесса линейная скорость деформации тектонической плиты увеличивается. На 25 сутки протекания сейсмического процесса происходит пикообразный выброс линейной скорости деформации тектонической плиты и сброс нагрузки без нарушения сплошности Земли с последующим ростом линейной скорости деформации тектонической плиты. Увеличение последней приводит к изменению формы силовой геомагнитной линии. Обладая упругостью, силовая геомагнитная линия стремится принять свою первоначальную форму, что, в итоге, порождает стоячую волну вдоль силовой геомагнитной линии (пульсацию  $Z$ -составляющей геомагнитного поля).

3. Начиная с 30 и до 50 суток, линейная скорость деформации тектонической плиты резко возрастает, происходит высвобождение накопленных напряжений или землетрясение, которое случается в результате локализации неустойчивой деформации. Амплитуда пульсаций  $Z$ -составляющей геомагнитного поля в момент землетрясения (на пятидесятые сутки) представляет от 420 до 500 мкм.

4. Представленные результаты моделирования пульсаций  $Z$ -составляющей геомагнитного поля подтверждают связь между протекающим сейсмическим процессом и магнитным полем Земли. Полученные результаты хорошо согласуются с результатами измерений пульсаций геомагнитного поля на станции Академик Вернадский, которые предшествовали сильнейшему коровому землетрясению в Антарктиде 25 марта 1998 года (Бахмутов, Седова, Мозговая, 2003).

## Литература

**Бочкарев Н.Г.** Магнитные поля в космосе. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 208 с.

**Бахмутов В.Г., Седова Ф.И., Мозговая Т.А.** Морфологические признаки в структуре геомагнитных вариаций в период подготовки сильнейшего землетрясения 25 марта 1998 г. в Антарктиде // Украинский антарктический журнал. – 2003. – № 1, – С. 54–60.

**Викулин А.В., Быков В.Г., Лунева М.Н.** Нелинейные волны деформации в ротационной модели сейсмического процесса // Вычислительные технологии. – 2000. – Т. 5. – № 1. – С. 31–39.

**Исаев С.И., Пудовкин М.И.** Полярные сияния и процессы в магнитосфере Земли. – Л.: Наука, 1972. – 244 с.

**Липеровский В.А.** Физические модели связи в системе литосфера–атмосфера–ионосфера: Лекции БШФФ – 2006. – С. 58–65. – <http://bsfp.iszf.irk.ru/bsfp2006/proceed2006/58-65.pdf>

**Пискунов Н.С.** Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов: Учебное пособие для втузов. – Т. 2. – 13-е изд. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 560 с.

**Физика космоса.** Маленькая энциклопедия. – М.: Советская Энциклопедия, 1986. – С. 364.

**Reid H.F.** The elastic–rebound theory of earthquakes. University of California Publ. Geol. Sci. – 1911. – V. 6. – P. 413–444.