

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9



Хайн В.Е., Халилов Э.Н.

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ
ЗАКОНОМЕРНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ
И ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ**

**BURGAS
SWB – 2008**

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9



V.Y.Khain, E.N.Khalilov

**SPACE-TIME REGULARITIES
OF SEISMIC AND VOLCANIC
ACTIVITY**

**BURGAS
SWB – 2008**

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9



*Монография публикуется в соответствии с решением
Редакционной Коллегии Международного Научного
Издательства SWB*

Хайн В.Е., Халилов Э.Н.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
СЕЙСМИЧЕСКОЙ И ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
Бургас, SWB, 2008, 304 с.

ISBN 978-9952-451-00-9

В монографии рассмотрен широкий круг вопросов, посвященных результатам исследований авторов пространственно-временных закономерностей современных проявлений сейсмической и вулканической активности. В книге представлен долгосрочный прогноз сейсмической и вулканической активности поясов сжатия Земли.

Описан положительный опыт краткосрочного прогнозирования сильных удаленных землетрясений на основании длиннопериодных гравитационных предвестников. Показана существенная роль влияния цикличности вулканической активности на глобальные климатические изменения.

Книга предназначена для ученых, специалистов и студентов в областях наук о Земле.

ISBN 978-9952-451-00-9

© В.Е.Хайн, Э.Н.Халилов, 2008
© Международное Научное Издательство SWB

**BURGAS
SWB – 2008**

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Постранственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9



®

Science Without Borders

The monograph is published in accordance with the decision of the Editorial Board of the International Scientific Publishing House SWB

V.Y.Khain, E.N.Khalilov

SPACE-TIME REGULARITIES OF SEISMIC AND VOLCANIC ACTIVITY. Burgas, SWB, 2008, 304 p.
ISBN 978-9952-451-00-9

In the monograph has been considered the wide frame of questions, devoted to the results of researches of the authors of space-time regularities of modern seismic and volcanic activity developments. In the book has been given the long-term prognosis of seismic and volcanic activity of the lines of Earth compression.

There has been described the positive experience of short-term prognosis of strong distanced earthquakes on basis of long-period gravitational harbingers. There also has been shown the essential role of influence of cyclicity of volcanic activity on global climatic changes.

The book is meant for scientists, specialists and students in the spheres of sciences about Earth.

ISBN 978-9952-451-00-9

© V.Y.Khain, E.N.Khalilov
© International Scientific Publishing House SWB

**BURGAS
SWB - 2008**

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ВВЕДЕНИЕ	(11)
ГЛАВА 1.	
ЦИКЛИЧНОСТЬ И КОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ	
ПРОБЛЕМЫ	
1.1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ	(17)
1.2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОДХОДА К ПРОБЛЕМЕ	(25)
1.3 ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОСТЬ ДАННЫХ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ИССЛЕ- ДОВАНИЯХ	(27)
ГЛАВА 2.	
ВУЛКАНИЗМ И СЕЙСМИЧНОСТЬ	
2.1. ГДЕ И КАК СКОНЦЕНТРИРОВАНЫ ВУЛКАНЫ И ЗЕМЛЕТРЯСЕ- НИЯ?	(31)
2.1.1. МАГМАТИЧЕСКИЕ ВУЛКАНЫ	(41)
2.1.2. ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЫ	(44)
2.2. ЦИКЛИЧНОСТЬ В ПРОЯВЛЕНИЯХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕР- ЖЕНИЙ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ	(52)
2.3. ПРОСТРАНСТВЕННО – ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВУЛ- КАНИЗМА И СЕЙСМИЧНОСТИ	
2.3.1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРА- БОТКИ И АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ	(55)
2.3.2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВЛЕНИЯ КОР- РЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ ПЕРИОДИЧЕ- СКИМИ ПРОЦЕССАМИ	(64)
2.3.3. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ РАЗЛИЧИЙ ВОЛНОВЫХ И ЦИКЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	(68)

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

- 2.3.4. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ИЗВЕРЖЕНИЯХ ВУЛКАНОВ МИРА (71)
- 2.3.5. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ПРОЯВЛЕНИЯХ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ (98)
- 2.4. ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ДРУГИХ КОСМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
- 2.4.1. ВЗАИМОСВЯЗЬ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С КОСМИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ (113)
- 2.4.2. СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ (120)
- 2.4.3. ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНОВ (126)
- 2.4.4. ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ (134)
- 2.5. ДОЛГОСРОЧНЫЕ ПРОГНОЗЫ (145)

**ГЛАВА 3.
О ВОЗМОЖНОМ ВЛИЯНИИ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЗЕМЛИ**

- 3.1. НЕОБЫЧНЫЕ ГРАВИТАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ И НОВЫЕ ПОДХОДЫ К КРАТКОСРОЧНОМУ ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (149)
- 3.2. ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ (162)
- 3.3. ТОРСИОННЫЙ ДЕТЕКТОР ДЛИННОПЕРИОДНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВАРИАЦИЙ «ATROPATENA» (163)
- 3.4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ТОРСИОННОГО ДЕТЕКТОРА ДЛИННОПЕРИОДНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВАРИАЦИЙ «ATROPATENA» И ИХ ВОЗМОЖНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ (169)

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ГЛАВА 4.
ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПРИРОДА
ДЛИНОПЕРИОДНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВАРИАЦИЙ

- 4.1. ОТРАЖЕНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ВОЛН В ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЯХ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ (183)
- 4.2. ЧТО РЕГИСТРИРУЕТ ATROPATENA? (194)
- 4.3. ПРОГРАММА МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ – ICEP (205)

ГЛАВА 5.
ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧНОСТИ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ НА
ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

- 5.1. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В СФЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И МОНИТОРИНГА ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА (214)
- 5.2. ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА (219)
- 5.3. ВУЛКАНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА (222)
- 5.4. ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГНОЗЫ (224)
- 5.5. ВЫВОДЫ (229)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ (230)

ЛИТЕРАТУРА (249)

ОСНОВНЫЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕРМИНЫ (282)

НЕКОТОРЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ВЕЛИЧИНЫ (293)

CONTENT

INTRODUCTION (11)

PART 1.
CYCLICITY AND COSMO-GEOLOGICAL
PROBLEMS CONCEPTS (17)

1.1. CONSEPT (25)

1.2. MAIN PRINCIPLES OF APPROACH TO THE PROBLEM (25)

1.2. PORTLINESS INFORMATION USED IN RESEARCHES (27)

PART 2.
VOLCANISM AND SEISMICITY

2.1. WHERE AND HOW THE VOLCANOES AND EARTHQUAKES
ARE CONCENTRATED? (31)

2.1.1. MAGMATIC VOLCANOES (41)

2.1.2. MUD VOLCANOES (44)

2.2. CYCLICITY IN DEVELOPMENTS OF VOLCANO ERUPTIONS
AND EARTHQUAKES (52)

2.3. SPACE-TIME REGULARITIES OF VOLCANISM AND SEISMICITY
TY (55)

2.3.1. METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF MATHEMATICAL
TREATMENT AND ANALYSIS OF TIME SERIES (64)

2.3.2. METHODOLOGICAL PECULIARITIES OF DETERMINING
THE CORRELATION BETWEEN DIFFERENT PERIODICAL PRO-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

CESSES

(68)

2.3.3. PECULIARITIES OF PRINCIPLE OF PHYSICAL DIFFERENCES
OF WAVE AND CYCLIC PROCESSES (68)

2.3.4. SPACE-TIME REGULARITIES IN VOLCANO ERUPTIONS OF
THE WORLD (71)

2.3.5. SPACE-TIME REGULARITIES IN SEISMIC ACTIVITY DEVELOPMENT (98)

2.4. POSSIBLE INFLUENCE OF SOLAR ACTIVITY AND OTHER
COSMIC FACTORS ON SPACE-TIME DISTRIBUTION OF VOLCANO
ERUPTIONS AND EARTHQUAKES

2.4.1. INTERRELATION OF VOLCANO ERUPTIONS AND EARTH-
QUAKES WITH THE COSMIC FACTORS (113)

2.4.2. SOLAR ACTIVITY (120)

2.4.3. POSSIBLE INFLUENCE OF SOLAR ACTIVITY ON VOLCANO
ERUPTIONS (126)

2.4.4. POSSIBLE INFLUENCE OF SOLAR ACTIVITY ON THE
EARTHQUAKES (134)

2.5. LONG-TERM PROGNOSSES (145)

PART 3.

**ABOUT POSSIBLE INFLUENCE OF THE PLANETS OF SOLAR
SYSTEM ON NATURAL PROCESSES OF THE EARTH**

3.1. UNUSUAL GRAVITATIONAL EFFECTS AND NEW APPROACHES TO SHORT-TERM PROGNOSIS OF THE EARTHQUAKES (149)

3.2. VIEW ON THE PROBLEM (162)

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

3.3. TORSION DETECTOR OF LONG-PERIOD GRAVITATIONAL VARIATIONS «ATROPATENA» (163)

3.4. THE RESULTS OF MEASUREMENTS OF TORSION DETECTOR OF LONG-PERIOD GRAVITATIONAL VARIATIONS «ATROPATENA» AND THEIR POSSIBLE INTERPRETATION (169)

**PART 4.
TECTONIC CHARACTER OF LONG-PERIOD GRAVITATIONAL VARIATIONS**

4.1. REFLECTION OF TECTONIC WAVES IN SPACE-TIME VARIATIONS OF THE GRAVITATIONAL FIELD OF THE EARTH (183)

4.2. WHAT ATROPATENA REGISTERS? (194)

4.3. THE PROGRAM OF INTERNATIONAL COOPERATION FOR EARTHQUAKE PROGNOSIS – ICEP (205)

**PART 5.
INFLUENCE OF CYCLICITY OF VOLCANO ERUPTIONS ON GLOBAL CHANGES OF THE CLIMATE**

5.1. INTERNATIONAL COOPERATION IN THE SPHERE OF RESEARCHES AND MONITORING OF GLOBAL CHANGES OF THE EARTH (214)

5.2. POSSIBLE REASONS OF GLOBAL CHANGES OF THE CLIMATE (219)

5.3. VOLCANIC ACTIVITY AND GLOBAL CHANGES OF THE CLIMATE (222)

5.4. RESEARCHES AND PROGNOSSES (224)

5.5. SUMMARY (229)

**CONCLUSION (230)
REFERENCE (249)**

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

THE MAIN USED TERMS (282)
SOME ASTRONOMICAL AND PHYSICAL VALUES (293)

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей монографии авторами сделана попытка рассмотреть в едином контексте различные процессы, происходящие в твердой Земле, гидросфере, атмосфере и магнитосфере в преломлении через восприятие Земли, как элемента космоса, со всеми вытекающими из этого последствиями.

Авторы постарались проследить причинно-следственную связь между различными процессами на Земле и в космосе.

Используя системный подход при выявлении скрытых периодичностей на основе применения математического аппарата, включающего, как спектральный анализ, так и линейное преобразование временных рядов, авторы установили цикличности в сейсмической и вулканической активностях в зависимости от их принадлежности к различным геодинамическим областям - поясам сжатия и растяжения Земли и внутриплитным зонам. Впервые было установлено, что 22-х летние циклы сейсмической и вулканической активизации поясов сжатия и растяжения Земли находятся в противофазе, что, в свою очередь свидетельствует о неодновременности процессов сжатия и растяжения Земли, приводящей к периодическим изменениям ее радиуса в пределах нескольких сантиметров (Ш.Ф.Мехтиев, В.Е.Хайн, Т.А.Исмаил-Заде, Э.Н.Халилов, 1986).

Изучение солнечно-земных взаимодействий уходит глубокими корнями к истокам зарождения философских знаний человечества, отводящих ведущую роль в земных событиях Солнцу. Между тем, приоритет научного осмыслиения этих связей, с точки зрения современного естествознания, заслуженно принадлежит А.Л.Чижевскому, показавшему ведущую роль солнечной активности, в частности, ее 11-ти летних циклов (чисел Вольфа) в проявлениях различных процессов, биологического, социального, физико-химического и геологического характеров.

Авторами данного труда, на основе различных корреляционных методов исследований, показана возможность влияния солнечной активности на геодинамические процессы, в частности, на вулканическую и сейсмическую активность. Примечательно, что, если в периоды повышенной солнечной активности усиливается активность вулканов и землетрясений поясов сжатия земли (в зонах субдукции и коллизии литосферных плит), то в областях растяжения Земли (в зонах спрединга)

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

сейсмическая и вулканическая активность понижается до минимума. Этот факт свидетельствует о неоднозначности влияния солнечной активности на геодинамические процессы и также подтверждает возможность периодического изменения радиуса Земли. Сделана попытка долгосрочного прогнозирования вулканической и сейсмической активностей поясов сжатия Земли до 2020 года.

Показано влияние гравитационного поля планет Солнечной системы на сейсмические и вулканические проявления, приведены некоторые расчеты и предложен возможный механизм этих влияний.

Пожалуй, наиболее нестандартными, в данном труде, можно назвать результаты исследований, основанных на применении совершенно нового геофизического инструмента - торсионного детектора длиннопериодных гравитационных вариаций (ТД ДГВ) и основанной на его использовании станции прогнозирования землетрясений - «АТРОПАТЕНА».

Физический принцип АТРОПАТЕНЫ основан на непрерывной регистрации гравитационной постоянной в двух взаимно перпендикулярных направлениях с одновременной регистрацией ускорения силы тяжести. Причем, все три датчика (весы Кавендиша ориентированные в двух взаимно перпендикулярных направлениях и высокоточный гравиметр – сенсоры X,Y,Z) помещены в едином стеклянном корпусе, в котором поддерживается глубокий вакуум. Съем информации осуществляется с помощью сложных лазерных систем и оптических матриц. Так вот, этот прибор показал, что вариации в измеренных значениях гравитационной постоянной, измеренных в двух взаимно перпендикулярных направлениях, зачастую никак не коррелируют между собой, а порой, попадают в противофазу.

Этот факт является прямым подтверждением того, что измеренные вариации гравитационной постоянной, ни в коей мере, не отражают каких-либо временных изменений самой константы, а связаны с влиянием внешних гравитационных полей на весы Кавендиша. Было установлено, что вариации измеренных значений гравитационной постоянной регистрируются за 1-3 недели перед сильными удаленными землетрясениями и отражают, по всей видимости, прохождение под станцией «АТРОПАТЕНА» тектонических волн, предшествующих сильным землетрясениям. Причем, соотношение проявления гравитационных аномалий, записанных сенсорами X,Y,Z напрямую зависит от

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ориентации «АТРОПАТЕНЫ» по отношению к очагу будущего землетрясения.

Таким образом, по мнению авторов, можно подвести черту под спором, длившимся более полувека о природе регистрируемых многими учеными мира, вариациях в измеренных значениях гравитационной постоянной. Ответ, по мнению авторов исследований, найден – влияние на весы Кавендиша внешних гравитационных полей геодинамической природы.

Логическим продолжением результатов данных исследований является создание в 2008 году Глобальной Международной Сети станций прогнозирования землетрясений – ATROPATENA, принцип деятельности и структура которой детально описаны в книге.

В книге уделено внимание и такой насущной проблеме, как глобальные климатические изменения на нашей планете. Проведенные авторами сравнения графиков изменений средних температур Земли и извержений магматических вулканов поясов сжатия Земли показали их высокую корреляцию. На основе анализа этих графиков и некоторых других параметров, авторы выдвигают предположение, что все-таки, основной причиной глобальных климатических изменений является не техногенный, а природный фактор. Как известно, при извержениях вулканов в атмосферу выделяется огромное количество эндогенных газов, прежде всего CO_2 и CH_4 , которые ответственны, по мнению многих экспертов, за возникновение парникового эффекта и, как следствие, повышение среднегодовых температур на Земле. Высокий уровень корреляции между вулканической активностью и среднегодовыми температурами свидетельствует в пользу превалирующего влияния эндогенного фактора на глобальные климатические изменения.

INTRODUCTION

In this monograph the authors have made an attempt to consider in one context the different processes, which take place in the hard Earth, hydrosphere, atmosphere and magnetosphere in refraction through perception of the Earth as an element of the space, with all consequences.

The authors tried to trace the causal-effect relation between different processes on the Earth and in space.

Using the system approach during revealing the hidden periodicity on basis of applying the mathematical apparatus which includes both spectral analysis, and linear transformation of time series, the authors have determined the cyclicity in seismic and volcanic activity depending on their belonging to different geodynamic spheres – compression and expansion lines of the Earth and intra-plate zones. For the first time it was determined that 22-years cycles of seismic and volcanic activation of compression and expansion lines of the Earth are in the antiphase, and it in its turn testifies the non-simultaneity of the processes of compression and expansion of the Earth, which brings to periodical changes of its radius within some centimeters (Sh.F.Mehdiyev, V.Y.Khain, T.A.Ismayilzade, E.N.Khalilov, 1986).

Studying the solar-terrestrial interactions traces its roots back to the beginnings of origin of philosophical knowledge of humanity, giving a leading role in terrestrial events to the Sun. Meanwhile, the priority of scientific comprehension of these relations from the point of view of modern natural science is worthily belonged to A.L.Chijevskiy, who showed the leading role of solar activity, in particular, its 11-years cycles (Wolf numbers) in development of different processes of biological, social, physical-chemical and geological characters.

On basis of different correlation methods of researches, the authors of this work have shown the possibility of influence of solar activity on geodynamic processes, in particular, on volcanic and seismic activity. It is notable, that if in the periods of high solar activity, the activity of volcanoes and earthquakes of the compression lines of the Earth is intensified (in the zones of subduction and collision of lithospheric plates), then in the spheres of expansion of the Earth (in the zones of spreading) the seismic and volcanic activity is decreased till the minimum. This fact testifies the ambiguity of the influence of solar activity on geodynamic processes and also confirms the possibility of periodic movement of the radius of the Earth. They have

also made an attempt of long-term prognosis of volcanic and seismic activity of lines of compression of the Earth up to 2020.

There have been shown the influence of gravitational field of the planets of Solar system on seismic and volcanic development, have been given some calculations and there was proposed the possible mechanism of these influences.

Probably, the most non-standard in this work may be called the results of researches, based on applying the absolutely new geophysical instrument – the torsion detector of long-period gravitational variations (TD LGV) and the station of earthquake prognosis ATROPATENA, based on its using.

Physical principle of ATROPATENA has been based on uninterrupted registering the gravitational constant in two mutually perpendicular directions with simultaneous registration of acceleration of gravity. At that, all three sensors (Cavendish balance, oriented in two mutually perpendicular directions and high-accuracy gravimeter – sensors X, Y, Z) have been placed in one glass body, where the deep vacuum is kept. Information reading is carried out by means of complicated laser systems and optical matrices. So, this device has shown that the variations in the measured values of the gravitational constant, measured in two mutually perpendicular directions, often don't correlate between each other, but sometimes get into the anti-phase.

This fact is the direct confirmation of the fact that the measured variations of gravitational constant in no way reflect some time changes of the constant itself, but they are connected with the influence of external gravitational fields on Cavendish balance. It was determined that the variations of the measured values of gravitational constant are registered 1-3 weeks before strong distanced earthquakes and most likely reflect the passing of tectonic waves, preceded the strong earthquakes, under the station ATROPATENA. At that, the correlation of development of gravitational anomalies, recorded by the sensors X, Y, Z is directly depended on the orientation of ATROPATENA relative to the center of future earthquake.

So, according to the opinion of the authors, one may put an end to the dispute, which is going on more than a half of the century, about the nature of the registered by many scientists of the world, variations in the measured values of gravitational constant. The answer, according to the opinion of the authors of the researches, has been found: the influence of external gravitational fields of geodynamic nature on Cavendish balance.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

The logic continuation of the results of these researches is the creation in 2008 the Global International Network of the stations of earthquake prognosis ATROPATENA, the principle of activity and the structure of which have been described in the book in details.

In the book has been also given attention to such vital problem as global climatic changes on our planet. Carried out by the authors the comparisons of the graphs of changes the average temperatures of the Earth and eruptions of magmatic volcanoes of compression lines of the Earth, have shown their high correlation. On basis of the analysis of these graphs and some other parameters, the authors put forward the supposition that nevertheless, the main reason of global climatic changes is not the man-caused, but natural factor. As it is well known, during volcano eruptions, into the atmosphere is thrown out a great deal of endogenous gases, first of all, CO₂ and CH₄, which are responsible, according to the opinions of many experts, for appearing of the greenhouse effect, and, as a consequence, increasing the average annual temperatures on the Earth. High level of correlation between volcanic activity and average annual temperatures is evidence of the prevailing influence of endogenous factor on global climatic changes.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ГЛАВА 1. ЦИКЛИЧНОСТЬ И КОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

1.1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

И.Кеплер показал, как движутся планеты, но почему они движутся именно так? Какая движущая сила удерживает их на эллиптических орбитах вокруг Солнца и заставляет то увеличивать, то уменьшать скорость, как это следует из второго закона Кеплера?

В середине XVII в. в Англии работали трое выдающихся ученых: разносторонний ученый и экспериментатор Роберт Гук (1635-1703), архитектор, математик и астроном Кристофер Рен (1632-1723) и астроном, физик Эдмунд Галлей (1656-1742); последний, занимал должность королевского астронома и известен своими исследованиями комет.

Э.Галлей пришел к выводу, что сила притяжения изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния. Однако Галлей и его коллеги не смогли доказать математически, что из закона притяжения следует вывод о движении планет по эллиптическим орбитам.

В том же году Галлей отправился в Кембридж за консультациями к И. Ньютону. На вопрос Галлея, по какой траектории должна двигаться планета под действием силы, обратно пропорциональной квадрату расстояния от Солнца, Ньютон незамедлительно ответил, что такой траекторией является эллипс. Он это доказал математически.

Ньютон опубликовал свои результаты в трехтомной книге «Математические начала натуральной философии», вышедшей в свет в 1687 г. В книге Ньютон показал, что тело может совершать движение по кривой конического сечения (окружности, эллипсу, параболе и гиперболе), только в том случае, если на него действует сила, обратно пропорциональная квадрату расстояния и направленная к некоторой фиксированной точке.

Один из постулатов ньютонаской натуралистической философии состоял в признании абсолютного мирового времени. Ньютон писал в своей книге: «Абсолютное частное математическое время само по себе и по своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью» (Николсон, 1983).

Следовательно, систему отсчета можно рассматривать, как строго заданный способ измерения положения и времени. Инерциаль-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ной системой называется система отсчета, в которой тела, при отсутствии внешних воздействий, движутся равномерно и прямолинейно. Согласно Ньютону, инерциальная система отсчета должна находиться в состоянии покоя или равномерного движения по отношению к «абсолютному пространству».

Ньютон писал: «Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным». По его мнению «абсолютное пространство» обладает свойством лишь воздействовать на тела (оказывать сопротивление их ускорению), но на само это пространство материя действовать не может.

В 1872 г. Эрнст Мах высказал гипотезу, что свойство инерции не имеет ничего общего с «абсолютным пространством», а возникает как результат некоторого рода взаимодействия каждого отдельного тела сразу со всеми остальными массами во Вселенной.

Если бы в мире не было других масс, говорил Мах, то у изолированного тела не было бы инерции. Эта мысль противоречит взгляду Ньютона о том, что тело и в этом случае обладало бы инерцией, как результатом действия абсолютного пространства. А.Эйнштейн назвал гипотезу Маха – принципом Маха.

В 1905 г. Эйнштейн, в то время скромный служащий Швейцарского патентного бюро в Берне, опубликовал работу, посвященную частной теории относительности и окончательно разрушившую, шаткие основы классических представлений пространства и времени.

Одно из центральных положений частной теории относительности гласит: «ничего не может двигаться в пространстве быстрее света». Есть предположение, что возможны частицы с конечными значениями массы и энергии, которые движутся со скоростью, всегда превышающей скорость света, а по мере уменьшения их скорости, т.е. приближения ее к «световому барьера», их масса должна бесконечно возрастать. Эти предполагаемые частицы называют тахионами. Их существование остается предметом научных споров (Николсон, 1983).

Согласно частной теории относительности, никакую информацию нельзя передать быстрее скорости света. Если бы можно было информацию передавать быстрее скорости света, то мы узнавали бы о событиях, которые еще не происходили и могли бы их предотвратить. Тем самым был бы нарушен основополагающий принцип современного естествознания: причинно-следственная связь.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Частная теория относительности подорвала две главные основы ньютоновской теории: «пространство и время перестали быть абсолютными». Оказалось, что наблюдатели, движущиеся друг относительно друга с постоянной скоростью, близкой к скорости света, должны получать разные результаты при измерении времени и длины.

На Тбилисской конференции 1965 г. Рукманом и Юхвидином был предложен интересный проект по проверке специалистского отставания времени. Предлагалось сравнить показания двух атомных часов, которые в начальный момент были согласованы по частоте и фазе колебаний, а затем одни часы должны были поместить на движущемся искусственном спутнике Земли. При движении спутника со скоростью 8 км/сек для получения эффекта, заметно превышающего погрешности, требуется около 3-х суток. При этом отставание составит 97 мксек, тогда как погрешность можно свести до 1 мксек (Брагинский В.Б., 1965).

В 1916 г. А.Эйнштейн опубликовал свою общую теорию относительности. Общая теория относительности объединила принцип эквивалентности и представление об искривлении пространства - времени массивными телами.

Общая теория относительности в корне изменила наши представления о пространстве, времени, тяготении. Тяготение перестало быть силой, действующей на расстоянии, как в теории Ньютона, а оказалось тесно связанным с геометрией пространства и времени. Выяснилось, что тела не испытывают непосредственного воздействия гравитационных сил и их движение – это ответная реакция на кривизну пространства – времени. Любое изменение гравитационного поля какого-либо тела не передается мгновенно в любую точку пространства, а распространяется со скоростью света.

Считается, что G (гравитационная постоянная) всегда имеет одну и ту же величину, т.е. неизменна и абсолютна. Однако существуют гипотезы о возможности изменения значения G во времени.

Первым, кто подверг сомнению неизменность гравитационной постоянной G , был П.Дирак из Кембриджского университета. В 1937 г. им была высказана «гипотеза больших чисел», согласно которой, существуют определенные соотношения между ключевыми физическими величинами. К примеру, сила электростатического отталкивания между двумя электронами, относится к силе их гравитационного притяжения, как $10^{40}:1$. Отношение возраста Вселенной, оцениваемого в интер-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

вале $10^{17} - 10^{18}$ ко времени, которое требуется лучу света, чтобы пройти электрон в поперечнике, также равно 10^{40} :1 (Дирак П.М., 1979).

Существующие на сегодня астрономические наблюдения свидетельствуют о расширении Вселенной.

Итак, галактики удаляются друг от друга. Сколько будет длиться этот процесс, вечно? Или настанет время, когда скорость разбегания галактик начнет уменьшаться под действием силы притяжения и, в конечном счете, дойдет до нуля, после чего галактики начнут сближаться.

Если скорость галактики достаточно велика, то она будет продолжать свое движение вечно (открытая Вселенная), если же скорость галактики недостаточна, то она, в конце концов, уменьшится до нуля, после чего галактика будет двигаться к центру Вселенной (замкнутая Вселенная).

В случае, если Вселенная замкнута, то развитие ее будет подчиняться определенным циклам сжатия и расширения. Эта идея лежит в основе гипотезы пульсирующей Вселенной.

Будут ли в действительности все циклы равны по амплитуде? Если основываться на существующих физических законах, то амплитуда циклов, должна уменьшаться с каждым циклом, до полного затухания. Но почему мы должны считать, что развитие Вселенной подчиняется известным на сегодня законам физики? Скорее всего, законы развития Вселенной, в основном, пока еще не изведаны.

Если же Вселенная все же расширяется, то, что ее ожидает в будущем?

Дж.Б. Берроу из Оксфордского, и Ф.Типлер из Калифорнийского университетов считают, что в конечном итоге последней стадии существования материи окажется безбрежное море разряженного излучения, остывающего до конечной температуры.

Мысль о «тепловой смерти» Вселенной была высказана еще в 1854 г. Германом Гельмгольцем.

Один из основных вопросов космологии: открыта или замкнута наша Вселенная? В рамках модели Фридмана, основной путь, по которому пытаются решить эту проблему, сводится к измерению средней плотности ρ_0 вещества во Вселенной.

Если $\rho_0 > \rho_{oc}$, ($\rho_{oc} = 3/8 \pi$), $H_o^2/G \sim 10^{29} \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$, то Вселенная замкнута, если $\rho_0 < \rho_{oc}$, то – открыта.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

Существующие наблюдательные данные показывают, что $\rho_o \sim 0,1 \rho_{oc}$. Из-за существования значительных скрытых (от наблюдения) масс, возможно, что $\rho_o \sim \rho_{oc}$.

В отличие от Г.Гельмгольца, Дж.Б. Берроу, Ф.Типлера и других сторонников идеи «тепловой смерти» Вселенной, можно допустить, что пульсационный характер развития является основным свойством эволюции многих естественных систем, включая, как нашу планету, так и Вселенную в целом.

Рассматривая ограничения, которые накладывает гипотеза больших чисел на расширение Вселенной, Дирак заключил, что пульсирующие модели Вселенной исключаются. Они содержат максимальный размер Вселенной, и поскольку это соответствует очень большому числу, не зависящему от времени, Дирак счел пульсирующие модели противоречащими теории больших чисел. Дирак доказывал, что в соответствии с его теорией, любое замедляющееся расширение Вселенной запрещено гипотезой больших чисел. Если предположить, что Вселенная не сохраняет своих размеров, то возникает вопрос, насколько постоянна, в этом случае, гравитационная постоянная G . Согласно принципу Маха, инерция тела, есть результат влияния масс всех удаленных объектов Вселенной. Как отмечал в 50-х годах Д.Шама, такое влияние по своей природе является гравитационным взаимодействием. Следовательно, естественно ожидать ослабления этого взаимодействия по мере увеличения размеров Вселенной. Согласно принципу эквивалентности, гравитационная и инерционная массы обязательно должны быть пропорциональны, что означает увеличение G при сжатии Вселенной.

На основе приведенных соотношений было сделано предположение, что значение G должно изменяться обратно пропорционально возрасту Вселенной, т. е. с течением времени гравитационное взаимодействие должно было ослабевать.

Если придерживаться гипотезы пульсирующей Вселенной, то гравитационная постоянная, также как и радиус Вселенной, должна попеременно увеличиваться и уменьшаться. Так ли это на самом деле?

Даже в настоящее время, как это не парадоксально, в эпоху интенсивного освоения Космоса, наука не может однозначно ответить не только на этот вопрос, но и на вопрос о природе самого тяготения. Существуют ли элементарные частицы, не имеющие массы – гравитоны? Возможны ли гравитационные волны?

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

Согласно корпускулярной гипотезе гравитации, в пространстве с огромной скоростью движутся ультракосмические частицы – гравитоны, свободно проходящие через тела и теряющие при этом незначительную часть своего импульса сил. Если в пространстве имеется только одно тело, то оно подвергается всестороннему сжатию. В случае наличия в пространстве двух тел, между ними возникают силы притяжения. Это связано с тем, что поглощение импульса сил этими телами со стороны, обращенных друг к другу, будет меньше, чем с противоположных сторон. Тела в гравитационном вакууме создают неоднородность (поле) только в присутствии другого тела. Очевидно, что общее поле нескольких тел не равно сумме их отдельных полей, т.е. должно наблюдаться нечто подобное экранированию (Веселов, 1977).

К.Е.Веселов в развитие гипотезы о корпускулярной природе гравитационных волн отмечает, что «нарушение динамического равновесия обмена между вакуумом и телами, а следовательно, и неоднородность гравитационного вакуума, возникают только под действием внешних сил, совершающих работу, т.е. изменяющих скорость тела, либо относительное положение тел. Если этого не происходит, то при свободном движении планет и других тел никакого поглощения вакуума, роста массы и торможения не должно наблюдаться».

По мнению К.Е.Веселова, если рассматривать гравитационное поле, как свойство гравитационного вакуума, можно допустить изменение этих свойств во времени и в пространстве. Изменение солнечной активности, а следовательно, и корпускулярного излучения, может изменить плотность гравитационного вакуума и величину гравитационной постоянной.

Весьма интересные результаты за последние десятилетия получены при изучении неприливных изменений силы тяжести. Первые исследования по изучению неприливных изменений силы тяжести были начаты в Институте Физики Земли АН СССР в 1935 г. Толчком к началу этих работ послужили расхождения между повторными определениями силы тяжести на Кавказе и в Средней Азии, достигающие десятков мГал (Абакелия, 1936). Ю.Д. Буланже и П.Н.Парийским, были проведены повторные маятниковые измерения силы тяжести на Центральном Кавказе. В результате анализа, выполненного Н.Н.Парийским, было установлено, что эти расхождения, являются главным образом, результатом накопления ошибок измерений. Если же изменения силы тяжести во времени и существуют, то они не могут

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

превосходить нескольких десятых долей мГал в год (Ю.Д.Буланже, П.Н.Парийским 1972, 1984).

Во многих работах Барта дано теоретическое обоснование возможных изменений силы тяжести глобального характера. Он предполагал возможность перемещения ядра Земли относительно ее оболочек, при этом допускались изменения силы тяжести во времени до 0,5 мГал/год в районах больших аномалий. Однако, эти работы не получили ни теоретического, ни экспериментального подтверждения.

Расчеты, выполненные Н.Н.Парийским (Pariyskiy, 1982) показали, что если изменения силы тяжести связаны с процессами, вызывающими неравномерность вращения Земли, то они могут достигать первых десятков мкГал/год.

К концу 60-х годов в инструментальной гравиметрии произошел огромный скачок, связанный с созданием принципиально новых приборов – абсолютных лазерных баллистических гравиметров, обладающих весьма высокой точностью.

С 1967 г. А.Сакума в Севре стал систематически проводить измерения абсолютной величины силы тяжести своим стационарным баллистическим гравиметром. По оценкам А.Сакумы погрешность его измерений составляет единицы мкГал. Кривая наблюденных значений имеет четко выраженный минимум, соответствующий 1968 году (Веселов, 1977).

Изучения неприливных изменений силы тяжести, с советским абсолютным гравиметром ГАБЛ, были начаты в 1976 г. За истекшее время проведены многократные повторные определения на пункте Ледово в Новосибирске, в 1976, 1978 и 1980 г.г. – в Потсдаме, на пяти пунктах на Австралийском континенте, в Тасмании, Папуа-Новой Гвинеи, сделаны три измерения в Сингапуре, на двух пунктах в Финляндии.

Рассмотрим результаты повторных определений силы тяжести на пунктах Потсдам, Ледово, Новосибирск. В интервале времени с 1975 г. по 1978 г., когда наблюдались максимальные скорости изменений силы тяжести, изменения на этих пунктах оказались практически одинаковыми и равными, в среднем $-10,0 \pm 2,3$ мкГал/год (Буланже, 1984). Таким образом, изменения силы тяжести, полученные с помощью гравиметра ГАБЛ, наблюдались вдоль линии протяженностью 5 тыс. км, что впервые позволяет сделать вывод о глобальном характере, наблюдавшихся изменений силы тяжести.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

В Мексике между пунктами Такибая и Отель Женева, по измерениям, проведенным в 1949, 1955, 1967 и 1978 г.г., установлено изменение силы тяжести со средней скоростью до 60 мкГал/год. На Ашхабадском геодинамическом полигоне было уверенно зафиксировано изменение силы тяжести более 80 мкГал/год, вызванное изменением гидрологического режима глубинных вод в период подготовки землетрясения (Boulanger et al., 1981). Таким образом, по-видимому, можно достаточно уверенно говорить о периодических изменениях силы тяжести в различных регионах Земли. Как отмечают Д.Д. Иваненко и Б.Н. Фролов (1984), изменение силы тяжести на поверхности Земли может быть вызвано не только деформацией земного шара, но и непосредственно изменением величины гравитационной постоянной G в окрестности Земли.

Д.Д.Иваненко и В.Н.Фролов, опираясь на теорию изменения гравитационной постоянной Йордана-Бранса-Дикке, выделяют на основе современной теории гравитации, три причины изменения гравитационного поля вблизи Земли: возможные изменения гравитационной постоянной, в частности волнового типа; эффективное изменение гравитационной постоянной, обусловленное космологическими обстоятельствами; низкочастотные гравитационные волны.

В предыдущих разделах нами указывалось на возможность периодических изменений радиуса Земли. Как отмечает П.Н.Кропоткин (1984): «о кратковременных вариациях величины радиуса Земли (R) сейчас можно говорить достаточно определенно, так как хорошо изученные вариации угловой скорости вращения Земли вокруг своей оси обнаруживают явную корреляцию с вариациями ускорения силы тяжести». Итак, какое отношение имеют предполагаемые изменения гравитационной постоянной к земным катастрофам? П.Н.Кропоткин отмечает наличие корреляционной связи между вариациями угловой скорости вращения Земли, ускорением силы тяжести и годовой энергией землетрясений.

Как уже отмечалось, на основе изучения пространственно-временного распределения вулканической активности, нами сделан вывод о периодическом изменении радиуса и формы Земли. Многочисленные корреляционные исследования позволяют допустить, что причиной таких глобальных изменений могут быть космические факторы. Одним из таких факторов являются сверхдлинные гравитационные волны, обладающие гигантскими длинами волн и без конца прони-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

зывающие космическое пространство, излучаемые во время процессов астрономического масштаба во Вселенной. В последующих главах эта проблема будет раскрыта более детально.

1.2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОДХОДА К ПРОБЛЕМЕ

Изучению закономерностей современных проявлений вулканизма и сейсмичности посвящено много работ советских и зарубежных исследователей. Однако анализ этих процессов производился обособленно, в отрыве от изучения многих глубинных и космических факторов.

В основу настоящих исследований был положен следующий подход.

Вулканализм и сейсмичность, тектонические вертикальные и горизонтальные движения литосфера и ее составляющих, глубинное строение и энергетическое состояние земной коры, формирование и размещение месторождений полезных ископаемых, динамика флюидов и т.д., являются различными элементами общей системы, теснейшим образом взаимосвязанными между собой, а также с процессами в гидросфере, атмосфере и космосе.

Следовательно, только комплексный и объективный подход к проблеме изучения современной геодинамики позволит с наименьшими искажениями реальной картины взглянуть на процессы, происходящие на нашей планете, определить роль и место каждого из них в общей системе современной тектонической активности.

Основное внимание в работе уделено вулканализму и сейсмичности, как наиболее ярким проявлениям тектонической активности Земли, при этом сделана попытка связать эти процессы не только с глубинными факторами, но и с процессами в гидросфере, атмосфере и космосе. В этой связи установлены корреляционные связи между цикличностью вулканализма и сейсмичности, колебаниями уровня мирового океана, изменениями угловой скорости вращения Земли, вариациями абсолютных значений силы тяжести на больших территориях, солнечной активностью и некоторыми другими явлениями. Сделана попытка выявить степень взаимосвязи различных элементов единой динамической системы “твёрдая Земля – гидросфера – атмосфера – космос” и на этой основе разработать модель современной геодинамики Земли.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Главной мыслью, заложенной в основу модели современной геодинамики Земли, является понимание того, что нами рассмотрен всего лишь мгновенный временной срез в геологическом развитии Земли, высветивший целый ряд сложных взаимосвязей и процессов, недоступных выявлению при изучении их в геологических масштабах времени, в связи с их кратковременностью или же отсутствием оставляемых ими “фактических следов”.

Одним из важных тезисов, легших в основу исследований вулканической и сейсмической активности, явилось раздельное изучение извержений вулканов и землетрясений в зависимости от их приуроченности к тому или иному типу геодинамических поясов Земли.

Таким образом, все вулканы и землетрясения были нами разделены на четыре геодинамических типа – поясов сжатия Земли (“С”), океанских рифтовых зон (“ОР”), континентальных рифтовых зон (“КР”), океанских внутриплитовых зон (“ОВ”). В качестве самостоятельного типа нами исследовались грязевые вулканы (“ГР”). Такой подход к проблеме был осуществлен впервые. Как показали результаты исследований, цикличность в извержениях вулканов различных геодинамических типов смещена во времени.

Одним из наиболее важных выводов является то, что не только атмосфера и гидросфера находятся в постоянной динамике, но и “твёрдая Земля” подвержена значительно более сложным динамическим процессам и перестройке структуры, чем предполагалось, причем в коротких временных интервалах, сопоставимых с десятками и сотнями лет.

Об этом свидетельствуют и полученные в последние годы факты “исчезновения” зарегистрированных ранее сейсмических границ земной коры Berri M (1980), Щукин Ю.К.(1984), Краснопевцева Г.В. (1984) смещенные плоскости разломов земной коры на различных глубинных уровнях, приуроченность очагов землетрясений к внутриблоковым частям земной коры.

В частности, удалось установить, что геодинамические блоки земной коры неправомерно отождествлять с принятыми в геологии тектоническими блоками, т.к. они отражают лишь современное энергетическое и динамическое состояние литосферы. В пределах геодинамических блоков идентичны пространственно-временные закономерности проявлений вулканизма и сейсмичности и наблюдается одинаковое распределение тектонической энергии в объеме, частичным отра-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

жением которой является сейсмическая энергия. Кроме того, геодинамические блоки не являются “сквозными” для земной коры, а смещены на ее различных уровнях. Таким образом, блоковая структура на различных глубинах земной коры может существенно отличаться.

Проведенные исследования позволяют пересмотреть и некоторые взгляды на механизм очагов землетрясений. Полученные данные подтверждают результаты некоторых работ Гоцадзе О.Д. (1968), Егоркина Г.Е. (1980), Полетаев А.И. (1983), Чигарев Н.В. (1980) и позволяют прийти к выводу о приуроченности многих очагов сильных землетрясений к внутренним частям геодинамических блоков земной коры как в плане, так и по разрезу, что противоречит представлениям о связи всех очагов землетрясений с глубинными разломами. Сделано заключение о возможности приуроченности очагов к разломам только определенного порядка и характера, при этом предполагаются два типа землетрясений: I – землетрясения, являющиеся результатом подвижки вдоль разрыва; II – землетрясения, очаги которых приурочены к некоторому объему (по Г.П. Горшкову) и возникающие в результате разрядки в нем напряжений, в процессе которой образуется разрыв.

1.3.ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОСТЬ ДАННЫХ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ИССЛЕДОВАНИЯХ

Как известно, степень достоверности полученных результатов непосредственно зависит от представительности и корректности используемых данных, в связи с чем, этому вопросу в настоящей работе уделено большое внимание.

Данные об извержениях вулканов мира нами были взяты из каталога извержений вулканов мира (Гущенко Н.И., 1979), который в настоящее время является наиболее полным среди опубликованных международных каталогов. Классификация магматических вулканов на типы взята из работы Х. Раста (1982).

Данные об извержениях грязевых вулканов были взяты из каталога Якубов А.А. (1974) и работы Рахманов Р.Р. (1982), являющихся единственными работами, обобщающими извержения вулканов по Азербайджану и миру.

Данные о землетрясениях мира брались нами из каталога землетрясений мира Мирового центра данных (МЦД) – Б2, включающего каталоги землетрясений РДЕ за 1928-1981 г.г. и каталог землетрясений

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

Гутенберга-Рихтера с 1904 по 1952 г. На основе этих каталогов нами был составлен сводный каталог землетрясений мира с 1904 по 1981 г., охватывающий 117646 землетрясений.

Данные о сильных землетрясениях мира с магнитудой $M \geq 7$ с 1500 по 1981 годы брались из каталога, приведенного в работе Эйби Дж.А. (1982) и составленного на основе “Каталога разрушительных землетрясений” Джона Мильна.

Необходимо отметить, что за более поздние периоды времени, данные по извержениям вулканов и землетрясениям брались из Мирового Центра Данных - B2 и других Интернет источников.

Данные об извержениях магматических вулканов мира

Хотелось бы отметить, что систематизация данных об извержениях вулканов мира осуществлялась, начиная спрошлого века Гумбольдтом (Humboldt, 1824), Ляйеллем (Lyell, 1830), Фухса (Fuchs C.W.C., 1865), Меркали (Mersalli, 1907), Шнейдером (Schneider, 1911), Саппером (Sapper, 1917, 1927), Арльдтом (Arldt, 1918) и рядом других исследователей. Однако работы указанных авторов представляли собой краткие характеристики отдельных вулканов и групп вулканов и их извержений. Первые каталоги по извержениям вулканов начали публиковаться с 1951 года, когда вышла первая часть каталога по Индонезии. В последующем были опубликованы каталоги по извержениям вулканов отдельных регионов и в целом по миру. Нами был использован каталог извержений вулканов мира (Гущенко, 1979), являющийся на сегодняшний день наиболее представительным из всех опубликованных каталогов. В нем представлены данные о 933 вулканах мира, что на 253 вулкана больше по сравнению с числом вулканов, описанных в международных каталогах, опубликованных в Италии.

Все приведенные в каталоге вулканы мира были нами разделены на четыре геодинамических типа: вулканы поясов сжатия Земли («С»), вулканы океанских рифтовых зон («ОР»), вулканы континентальных рифтовых зон («КР»), вулканы океанские внутриплитные («ОВ»). Классификация была произведена по Х. Раству (1982).

Самая ранняя датировка извержения вулкана, приведенная в каталоге – 1500 г. до н.э. Последние даты извержений относятся к 1978 году. Общее количество извержений, отмеченных в каталоге, составляет 5150.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

Учитывая утерю информации об извержениях вулканов, повышающуюся с увеличением рассматриваемого временного периода, на-ми была произведена разбивка временного периода с 1500 по 1978 годы на два интервала: с 1500 по 1800 год и с 1800 по 1978 год. Естественно, что утеря информации за временной период с 1800 по 1978 годы значительно ниже, чем с 1500 по 1800 год, следовательно, эти два временных периода отличаются степенью достоверности. Поэтому рассмотрение извержений вулканов по каждому из указанных периодов времени производилось отдельно. Ниже приведена таблица 1 с данными об общем числе извержений вулканов мира различных геодинамических типов. Данные по извержениям вулканов и землетрясений брались из различных ИНТЕРНЕТ-сайтов, в том числе:

Каталоги:

1. Significant Earthquakes of the World
<http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqarchives/significant/>
2. Earthquakes data courtesy of the USGS NEIC
<http://www.iris.edu/seismon/>
3. Global Volcanism Program
www.volcano.si.edu
4. Bulletin of the Global Volcanism Network
5. USGS Volkano Hazards Program
<http://volcano.usgs.gov/>
6. Volcano World Eruptions
<http://volcanoworld.wordpress.com>
7. www.pnsn.org/INFO_GENERAL/volcanoes.html

Таблица 1

№ п.	Наименова- ние типа Вулканов	Количество вулканов	Количество зафиксированных извержений вулканов	
			C 1500 по 1800	C 1800 по 2000
1.	«С»	751	621	2115
2.	«OP»	90	88	123
3.	«KP»	71	-	93
4.	«OB»	17	35	115

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Данные об извержениях грязевых вулканов мира

Грязевые вулканы – явление более редкое и менее изученное по сравнению с магматическими вулканами. Принято считать грязевой вулканализм локальным проявлением геологических процессов, связанных с нефтегазообразованием. Около половины грязевых вулканов мира расположено в Азербайджане и в Южно-Каспийской впадине.

Данные по извержениям грязевых вулканов Азербайджана были обобщены в каталоге (1974), а затем - в работе Рахманова Р.Р. (1982) Сведения об извержениях грязевых вулканов в целом по миру были обобщены в каталоге, приведенном в работе Рахманова Р.Р. (1982).

В связи с тем, что грязевой вулканализм начал привлекать внимание ученых сравнительно недавно, а извержения грязевых вулканов не являются столь заметными событиями, как извержения магматических вулканов, то и сведения об этих извержениях охватывают сравнительно короткий промежуток времени. Поэтому нами рассматривались извержения грязевых вулканов мира с 1800 по 2000 годы. Общее число известных грязевых вулканов мира составляет около 500.

Данные о землетрясениях

Регулярные сейсмические наблюдения начались с 1900 года и ознаменовались выпуском целого ряда бюллетеней и каталогов: Бюллетеня постоянной центральной сейсмологической комиссии (БПЦСК), публиковавшегося в России в 1902-1908 г.г. под руководством Левицкого Г.В., бюллетеней отечественной сети сейсмических станций 1902-1912 и 1928-1973 г.г., ISS, бюллетеней BCIS и Сейсмологической службы США, индивидуальных бюллетеней зарубежных станций за 1900-1970 г.г. и др.

Данные о землетрясениях мира нами использовались по каталогу землетрясений мира Мирового центра данных (МЦД) – Б2, включающему каталог землетрясений РДЕ за 1928-2000 г.г., и каталогу землетрясений Гутенберга-Рихтера, 1904-1952 г.г. Общее число всех землетрясений в каталоге за период с 1904 по 1981 г.г. составляет более 200 тысяч событий.

Были также использованы данные о сильных землетрясениях мира с магнитудой ≥ 7 с 1500 по 2000 годы, причем данные об истори-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ческих сильных землетрясениях с 1500 по 1902 г. были взяты из каталога в книге, составленного на основе «Каталога разрушительных землетрясений» Джона Мильна. Данные о сильных землетрясениях с 1903 по 2000 годы брались на основе сопоставления сведений, приведенных в каталогах МЦД – Б2 и Сейсмологической Службы США.

2. ВУЛКАНИЗМ И СЕЙСМИЧНОСТЬ

2.1. ГДЕ И КАК СКОНЦЕНТРИРОВАНЫ ВУЛКАНЫ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ?

Анализ распространения вулканов мира показывает, что они расположены, в основном, в узких тектонически активных зонах Земли (рис.1).

Магматические вулканы делятся на два основных типа – вулканы зон субдукции (обозначим их вулканами типа С) и вулканы рифтовых зон (обозначим их вулканами типа Р).

К первому типу относятся вулканы зон субдукции и связанных с ними краев микроплит. Вулканизм этого типа является смешанным эксплозивно-эффузивным от основного до кислого, но преимущественно среднего состава. К нему относятся, например, все вулканы западного края Американского и восточного края Азиатского материков, а также прилежащих островных дуг, вулканы области Средиземного моря и т.д.

Ко второму типу относятся вулканы океанских и континентальных рифтовых зон. Это преимущественно толеитовый эфузивный подводный вулканизм срединно-океанских хребтов, а также вулканизм расположенных на них островов, таких как, например, Исландия или Азорские острова (океанские рифтовые вулканы). К этому типу также приурочены континентальные рифтовые вулканы, расположенные, например, в Красном море, в Восточной Африке и т.д. Обозначим океанские рифтовые вулканы – ОР, а континентальные рифтовые – КР.

Помимо вышеуказанных, известен еще один тип магматических вулканов – океанские внутримикроплитные вулканы (обозначим их вулканами типа ОВ). К ним относятся вулканы, расположенные во внутренних частях плит, такие, как, например, на Коморских и Гавайских островах.

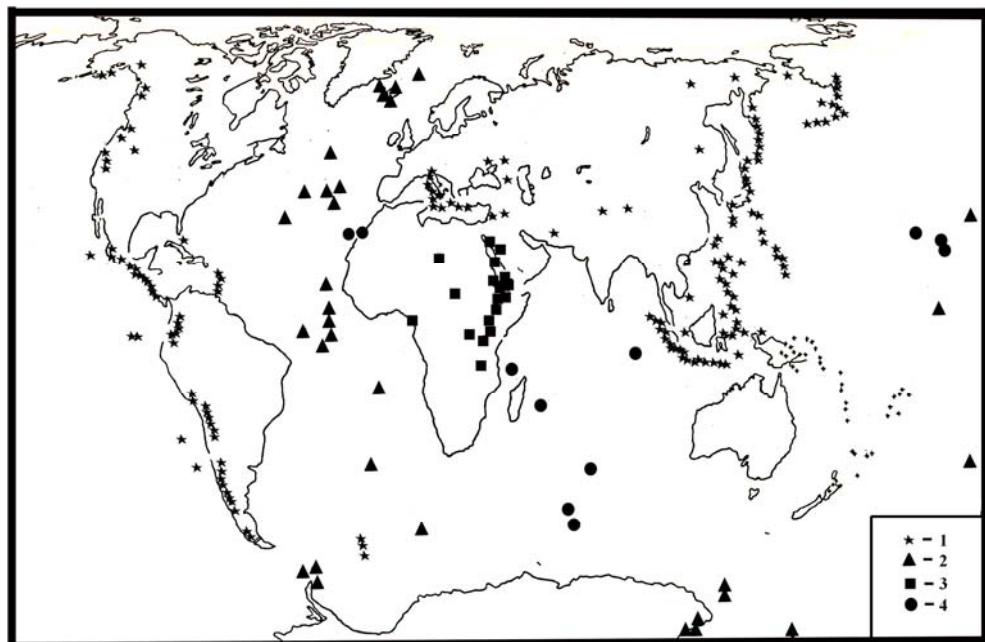


Рис.1. Схема расположения зон магматического вулканизма мира

1, 2, 3 и 4 – соответственно магматические вулканы поясов сжатия Земли, океанских рифтовых зон, континентальных рифтовых зон и океанские внутриплитные.

Ниже приводится перечень районов расположения магматических вулканов и их классификация, принятая по Х. Раству (1982).

Вулканы зон субдукции

1. Атлантический океан

Срединно-Атлантический хребет (OP)

Остров Ян-Майен

Исландия

Азорские острова

Острова Тристан-да-Кунья

Глубоковоные впадины (OB)

Канарские острова

Острова Зеленого Мыса

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

Островные дуги западной окраины (С)
Малые Антильские острова

2. Пояс складчатых сооружений Евразии (С)

Италия – Сицилия
Эгейское море
Полуостров Малая Азия, Армения, Иран

3. Африка – Аравийский полуостров

Аравийский полуостров
Красное море
Эфиопия
Восточная Африка
Центральная Африка
Западная Африка

4. Индийский океан (OB)

Коморские острова
Остров Реюньон
Остров Кергелен

5. Тихий океан

Гавайские острова
Остров Сан-Бенедикта
Острова Галапагос
Остров Хуан Фернандес

6. Тихоокеанский пояс (С)

Островные дуги Северой и северо-западной окраины
Аляска
Алеутские острова
Камчатка
Курильские острова
Япония
Бонин-Марианская дуга
Островные дуги и архипелаги юго-западной окраины
Филиппинские острова
Остров Новая Гвинея

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Остров Новая Британия
Острова Адмиралтейства
Соломоновы острова
Острова Санта-Крус
Острова Новые Гебриды
Острова Самоа
Острова Тонга
Остров Кермадек
Новая Зеландия
Острова Баррен
Остров Сумматра
Остров Кракатау
Остров Ява
Малые Зодские острова
Море Банда
Остров Целебес
Остров Сангихе
Остров Хальмахера
Восточная (тихоокеанская) окраина материка Америка
Северная Америка
Мексика
Коста-Рика
Никарагуа
Сальвадор
Гватемала
Колумбия
Эквадор
Перу, Боливия
Чили, Аргентина

7. Антарктида

Помимо магматических вулканов, выделяется еще один тип – грязевые вулканы. Продуктом извержения грязевых вулканов является брекчия.

На территории СНГ грязевой вулканизм развит в следующих районах: Азербайджан, Юго-Западная Туркмения, Грузия, Западная Кубань, Таманский и Керченский полуострова, остров Сахалин.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

За рубежом грязевые вулканы развиты в следующих регионах мира:

Венесуэла	Моян
Колумбия	Китай
Мексика	Япония
Перу	Новая Зеландия
Эквадор	Малайский архипелаг
Италия	Остров Тринидад
Румыния	Остров Суматра
Иран	Остров Ява
Пакистан	Остров Калимантан
Индия	Остров Тимор

Сравнение карты расположения грязевых вулканов мира с картой расположения границ литосферных плит привело к следующим выводам. Все грязевые вулканы мира расположены в пределах поясов сжатия Земли. Этот факт привел нас к выводу о неразрывной связи генезиса грязевых вулканов с этими зонами, что само по себе не вписывается в сложившиеся представления о локальности и автономности развития грязевых вулканов. Очевидно, грязевые вулканы так же, как и магматические вулканы типа С, отражают геодинамическую обстановку зон субдукции (рис. 2) Мехтиев Ш.Ф., Халилов Э.Н. (1984).

Изучению закономерностей пространственного распределения сейсмичности Земли посвящено много работ Гуттенберг Н.И. (1963), Гущенко Н.И. (1983), Беньоф Г. (1957, 1959), Белявский Н.А. (1981), Горшков Г.П. (1984), Ризниченко Ю.В. (1973, 1977) и др.

Ежегодно на нашей планете регистрируется около миллиона толчков, из которых 2-3 бывают катастрофическими планетарного характера с энергией около 1×10^{18} Дж, 15-20 – сильнейших регионального характера (1×10^{16} – 1×10^{17} Дж), 100-150 – сильных локального характера (1×10^{12} – 1×10^{14} Дж) и 5 – 7 тыс.- слабых местных (1×10^{12} – 1×10^{14} Дж). Глубины очагов землетрясений существенно варьируют от нескольких километров до 600-700 км. Однако, в целом, с увеличением глубины гипоцентров, частота землетрясений уменьшается. Эту особенность сейсмической активности Земли проследили Б. Гуттенберг и Ч. Рихтер (1965). В различных регионах преобладают различные значения глубин гипоцентров землетрясений, что зависит от тектониче-

ского строения региона. Так, большая часть сейсмической активности западного побережья США и Канады складывается из очагов землетрясений с глубинами гипоцентров 20-30 км. В то же время, южное побережье Мексики характеризуется наличием двух групп толчков – слабых мелкофокусных и сильных со средними значениями глубин, увеличивающимися в направлении от береговой линии вглубь континента Ломниц Ц., Роенблюд Э. (1981).

Анализ распространения землетрясений на Земле показывает, что они приурочены, в основном, к узким сейсмическим зонам. Наибольшей активностью характеризуется периферия Тихого океана, образующая Тихоокеанский сейсмический пояс. Значительное число очагов землетрясений сосредоточено в Средиземноморско-Индонезийском сейсмическом пояссе, протягивающемся от Гибралтара через Средиземное море, Малую Азию, Ближний Восток и Гималаи к островам Индонезии (рис.2).

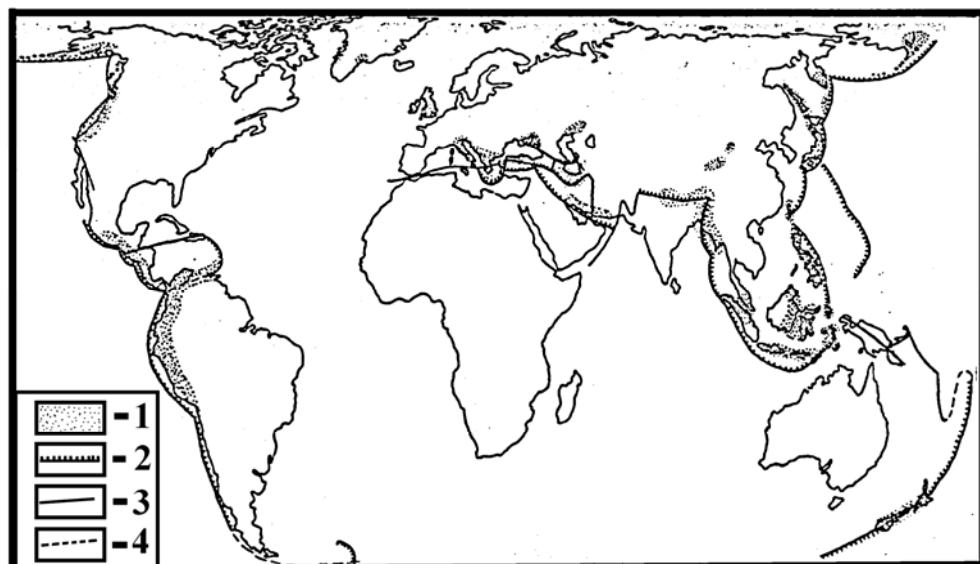


Рис.2. Схема расположения грязевых вулканов и зон субдукции мира.

1- зоны, осложненные грязевым вулканизмом; 2 – зоны субдукции;
3 – трансформные разломы; 4 – предполагаемые разломы.

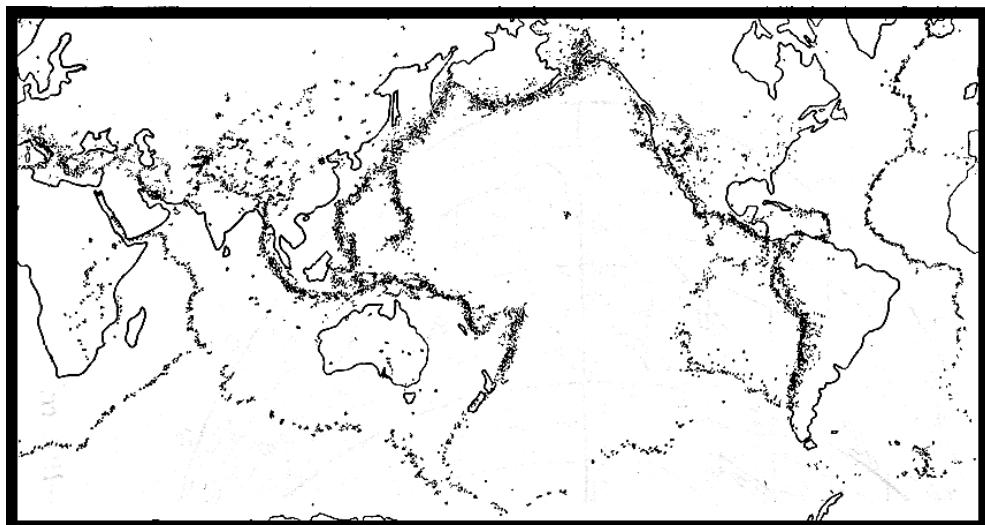


Рис.3. Карта эпицентров землетрясений мира.

В 1938 г. японским сейсмологом К. Вадати были впервые намечены по расположению очагов землетрясений, сверхглубинные разломы вдоль границ островных дуг и глубоководных желобов.

В 1946 г. русский петролог А.Н. Заварицкий установил закономерную приуроченность к ним очагов андезитовых вулканов.

В 1954 г. Хуго Беньофф опубликовал свою работу по выявлению пространственной структуры «фокальных зон» глубокофокусных землетрясений, после которой эти исследования получили наибольшую известность. Гипоцентры землетрясений вытягивались по наклонным (под углом 30, 45, 60 градусов) поверхностям (фокальным поверхностям), погружающимся в недра Земли. Эта область фокусов землетрясений, называемая зоной Заварицкого-Беньоффа, связывается с областью погружения океанской коры, прерывистое пододвигание которой и является причиной землетрясений (рис.3).

По современным данным литосфера состоит из семи крупных плит, ограниченных зонами спрединга, субдукции или сдвига: Тихоокеанская, Северо- и Южно-Американская, Индоаравийская, Африканская, Евразиатская, Антарктическая. Имеется несколько менее крупных плит, существование которых принимается многими исследователями: Кокос, Карибская, Аравийская, Филиппинская, Сомалийская и

др. Некоторое число других еще более мелких плит выделено на основе тектонических предпосылок в различных сложных регионах мира: Иране, Красном и Средиземном морях, Калифорнийском заливе, море Бисмарка в Каспийском море и т.п. (Рис. 3).

Лишь немногие из субдукционных или поддвиговых зон достигают глубин порядка 600-700 км: Тонга, Япония Чили, Индонезия, Филиппины, Новые Гебриды и Соломоновы острова (рис.4а). Другие зоны поддвига достигают меньших глубин. Около 80% землетрясений соответствуют субдукционным границам Тихоокеанской плиты и примыкающих к ней главных плит. Остальная часть сейсмической активности проявляется вдоль границ плит, протягивающихся в сложной последовательности от Гималаев в Центральную Азию и Китай, и далее к западу через Афганистан, Иран, Турцию и Средиземное море к Азорским островам. К таким границам можно также отнести фрагмент реликтовой зоны субдукции на Каспийском море и в восточной части Большого Кавказа (рис.4б и 4в). Менее 3% сейсмической энергии высвобождается в пределах срединно-океанских поднятий и во внутренних частях плит. Практически 99% всех землетрясений приурочено к границам плит (Ломниц Ц., Розенбллюд Э., 1981).

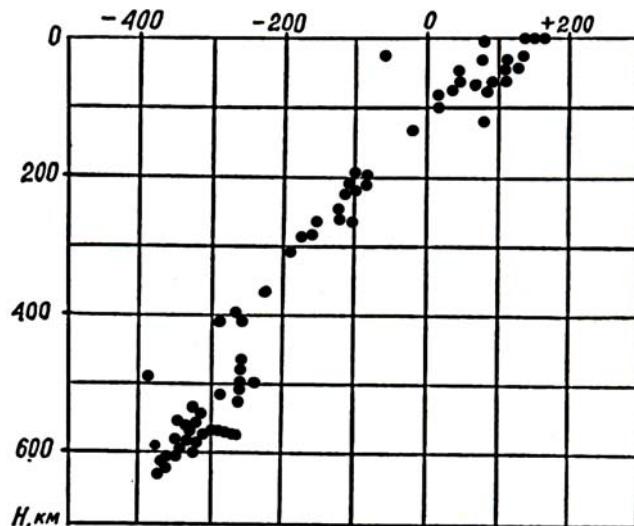


Рис.4 а. Гипоцентры землетрясений, произошедших в 1965 г. под дугой Тонга в юго-западной части Тихого океана Болт Б. (1981).

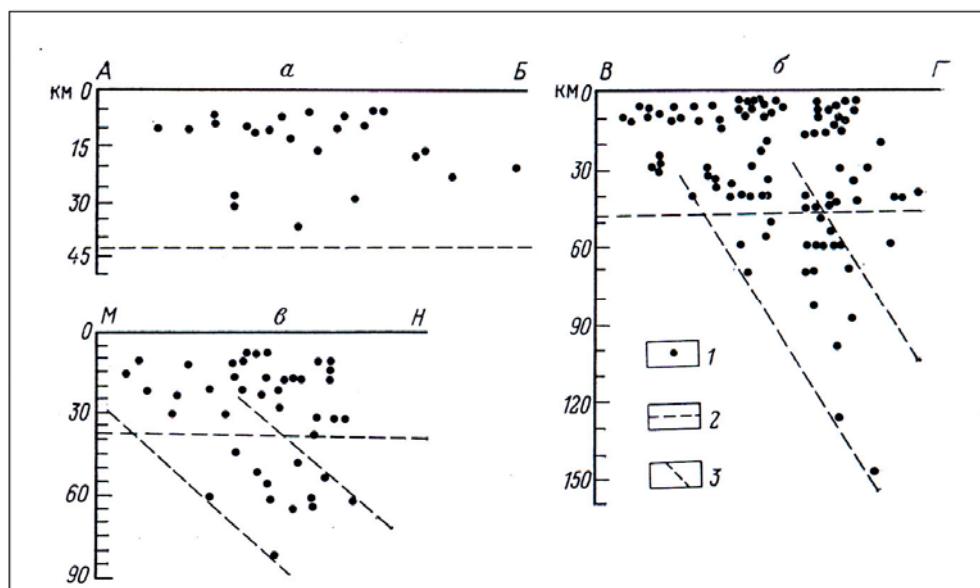


Рис.4, б. Профили через: а – Рионскую низменность; б – вкрест простирации восточной части Большого Кавказа; в – вкрест простирации Апшеронского порога на Каспии (Халилов Э.Н., Мехтиев Ш.Ф., Хайн В.Е., 1987).

1 – гипоцентры землетрясений; 2 – осредненная поверхность Мохо; 3 – зона Беньофа.

Обобщение результатов исследований, проведенных Л.М. Балакиной, А.А. Введенской, Л.А. Мишариной и Е.И. Широковой, на основе наблюдений над сильнейшими землетрясениями мира показывает, что ориентация главных осей в поле упругих напряжений Земли соответствует простирианию основных тектонических структур, и области однотипного состояния имеют планетарные размеры.

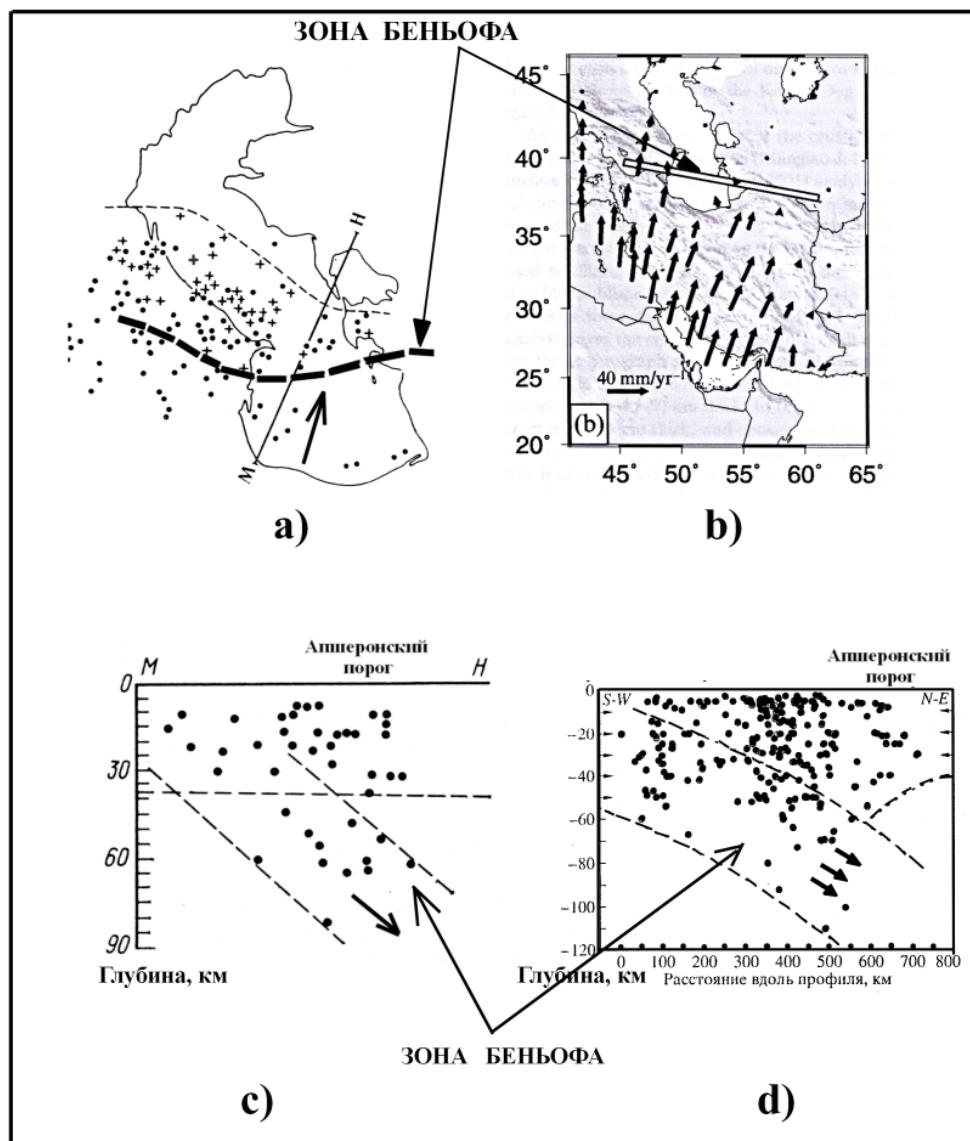


Рис.4 в. Схемы выявления зоны Беньофа на Каспии различными авторами.

а) – схема зоны Беньофа на Каспии, установленной Э.Н.Халиловым в 1982 г.;
 б) – схема зоны Беньофа на Каспии установленной James Jackson и др. в 2002 г.;
 в) – сейсмологический профиль с установленной зоной Беньофа (Халилов Э.Н., 1982; г) – сейсмологический профиль с установленной зоной Беньофа (Уломов В.И. и др., 1999).

Причем, все рифтовые зоны характеризуются напряжениями горизонтального растяжения, направленными вкрест простирания указанных тектонических элементов Балакина П.А. (1967), Мишарина Л.А. (1967).

2.1.1. МАГМАТИЧЕСКИЕ ВУЛКАНЫ

Как уже отмечалось, магматические вулканы в подавляющем большинстве расположены на границах литосферных плит, и, следовательно, их генезис непосредственно связан с процессами, происходящими в пределах рифтовых зон, зон субдукции и островных дуг.

Еще в 60-х годах прошлого столетия Г.Лояль (1866) писал: «Первичные причины вулканов и землетрясений, по большой части, одни и те же и должны иметь связь с выходом теплоты из внутренности Земли к поверхности».

Как отмечал С.А. Федотов (1964, 1966), «в глобальном смысле землетрясения и вулканы существуют совместно».

В то же время А.Е. Святловский (1971) писал: «Можно говорить лишь о сопряженности в выделении энергии в вулканическом и сейсмическом поясах, рассматривая их как два русла, по которым стремится энергия из глубин Земли на поверхность, но эти потоки не сливаются, хотя и лежат совсем рядом, причем для движения тепловой энергии к земной поверхности характерно ее вертикальное направление, в то время, как сейсмическая энергия получает разрядку в пояссе сжатия, наклонно уходящем под континент».

«О прямой связи между сейсмичностью и современным вулканализмом Курило-Камчатской складчатой области можно говорить лишь в том смысле, что они проявляются в одной и той же структурной зоне. При более детальном рассмотрении между ними устанавливается обратная зависимость» Горячев А.В. (1966). К такому же выводу приходит Г.П. Горшков в своей работе (1957).

Как отмечено в работе Г.П. Горшкова (1984), вулканические землетрясения обычно предваряют вулканическое извержение, постепенно частота их увеличивается, так что происходит непрерывное «дрожание» тела вулкана непосредственно перед извержением. В пространстве их эпицентры не уходят далеко от вулканического аппарата, их очаги очень не глубоки, иногда заполняя тело вулкана выше его

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

подножия. «Сейсмическая активность развивается постепенно, число и энергия землетрясений в процессе роя плавно возрастают, а извержение происходит на фоне максимального уровня сейсмической активности» В.М. Зобин (1979).

Теория тектоника литосферных плит внесла новые представления о генезисе магматических вулканов. Так, образование и деятельность магматических вулканов, в соответствии с тектоникой, плит непосредственно связываются с процессами спрединга и субдукции.

Авторы работы И.И. Абрамович (1984) путем расчетов получили достаточно простую аналитическую зависимость вулканической активности островных дуг от термических и динамических параметров зон субдукции. Вулканическая активность растет с увеличением скорости схождения плит и степени сжатия, но при достаточно большой величине скорости сходящихся плит, в силу возрастающего сжатия литосферы и сокращения ее проницаемости, вулканическая активность островных дуг начинает уменьшаться.

Считается, что области питания вулканов – магматические очаги располагаются в астеносфере. Так, по мнению Д. Шимозуру, в астеносфере имеется жидкая фаза (силикатный расплав), объем которой оценивается 11-15% от общего объема вещества астеносферы.

Если рассматривать вулканизм рифтовых зон, то в качестве классического примера можно привести Исландию, представляющую собой выступающую над океаном часть срединно-океанского хребта.

На основе данных сейсмологии установлено, что под вулканами Исландии имеется низкоскоростная зона, уходящая на глубину до 250 км.

Источники магматического питания в зонах субдукции располагаются на больших глубинах. Так, аномально низкие значения сейсмических волн соответствуют фокальной зоне, расположенной под Курильской островной дугой.

Х. Раст (1972) предлагает классифицировать магматические вулканы по геодинамическим признакам на следующие типы:

1. Вулканизм океанских рифтовых зон

Преимущественно толеитовый эфузивный подводный вулканизм срединно-океанских хребтов, а также вулканизм расположенных на них островов, таких как, например, Исландия или Азорские о-ва.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

2. Океанский внутриплитный вулканизм

Преимущественно эффузивный толеитовый, до щелочно-базальтового, подводный вулканизм океанских бассейнов (подводные горы, гайоты и т.д.), а также вулканизм островов, удаленных от рифтовых зон, как например, Гавайи, острова Зеленого Мыса, Кергелен.

3. Вулканизм зон субдукции и связанных с ними краев плит

Смешанный эксплозивно-эффузивный вулканизм от основного до кислого, но, преимущественно, среднего состава. Примеры: все вулканы западного края Американского и восточного края Азиатского материков, а также прилежащих островных дуг («Тихоокеанский огненный пояс»), вулканы области Средиземного моря.

4. Материковый рифтовый вулканизм

Смешанный эксплозивно-эффузивный вулканизм, щелочно-базальтовый с высоким содержанием фонодитовой или трахитовой составляющей. Примеры: вулканы грабенов Восточной Африки, гора Камерун.

Вулканы зон субдукции генетически связаны с процессом субдукции.

Вулканизм океанских рифтовых зон по современным представлениям генетически связан с процессом разрастания океанского дна (спрединга). Вулканы океанских рифтовых зон расположены в планетарных поясах растяжения литосферы.

Океанский внутриплитный вулканизм связан с внутренними частями литосферных плит в пределах земной коры океанского типа. Океанские внутриплитные цепи вулканов отличаются от срединно-океанических хребтов своей асейсмичностью. Они широко распространены в Тихом, Индийском, Атлантическом океанах. В западной части Тихого океана они приурочены к цепи архипелагов Самоа – Маршалова – Каролинского – Кука - Тубуаи - Туамоту. В центральной – к подводному вулканическому хребту Императорских гор, который продолжается в Гавайском архипелаге и в цепи Полинезийских Спорад (острова Лайн). Генезис океанских внутриплитных вулканов до сих пор до конца не выяснен, однако имеется ряд гипотез, объясняющих их происхождение, наиболее популярной из которых является гипотеза горячих точек Т. Вильсона, предложенная им в 1963 г.

Континентальный рифтовый вулканизм генетически связывается с процессом зарождения зон спрединга и, так же как и океанский рифтовый вулканизм, отражает процессы растяжения литосферы. Как

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

отмечает Х.Раст (1972), не может быть никаких сомнений, что Восточно-Африканские грабены непосредственно связаны с рифтами срединно-океанских хребтов. Хотя эти континентальные рифты и являются непосредственным продолжением срединно-океанских, они, однако, принципиально отличаются от последних тем, что продукты вулканизма в них не являются толеитовыми, а крайне изменчивы по составу.

2.1.2. ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЫ

Грязевой вулканизм на протяжении многих лет привлекает внимание ученых. Грязевые вулканы находятся в тектонически активных областях нашей планеты. Примечательно, что в Кавказско-Копетдагском регионе расположено более половины всех грязевых вулканов мира.

Исследованием грязевых вулканов занималось несколько поколений геологов, начиная со времен Г.В. Абиха (1848).

В двадцатом столетии грязевые вулканы изучали И.М. Губкин, С.А. Ковалевский, С.Ф. Федоров, П.П. Авдусин, А.А. Ягубов, Ш.Ф. Мехтиев, А.А. Али-заде, Г.А. Ахмедов, В.А. Горин, З.А. Буниат-заде, П.Н. Кропоткин, Б.М. Валяев, С.Г. Салаев, Д.А. Агаларова, А.Л. Путкарадзе, Г.Т. Овнатанов, Ф.Г. Дадашев, М.М. Зейналов, А.К. Алиев, Н.О. Назаров, Р.Р. Рахманов, В.С. Мелик-Пашаев, Н.Ю. Халилов, М.Г. Агабеков, А.В. Зайцев, М.К. Калинко, И.М. Сирык, Е.Ф. Шнюков, Т.П. Эбралидзе и др.

В геологическую литературу термин «грязевой вулкан» вошел благодаря работам Г.В. Абиха, крупнейшего исследователя геологии Кавказа. Г.В. Абих пришел к выводу, что для проявления грязевого вулканизма на поверхности Земли тепло дает магма; обломочную породу для сопочной брекции – зона разлома; воду – море; газ – битуминозные породы; импульсы для начала грязевулканической деятельности – землетрясения. Грязевые вулканы, по Г.В. Абиху, образовались по тем же законам динамики, что и магматические вулканы. Впоследствии эту идею развил С.А. Ковалевский, который считал, что грязевой вулканизм представляет собой эмбриональную форму магматических вулканов. Наиболее обстоятельно исследовавший грязевые вулканы И.М. Губкин и его последователи П.П. Авдусин, С.Ф. Федоров, А.А. Ягубов и др. считали, что грязевые вулканы связаны с нефтяными месторождениями. В частности, И.М. Губкин подчеркивал, что диапиро-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

вая структура, нефтяное месторождение и грязевой вулканизм – это триединая сущность единого целостного процесса геологического развития области погружения и опускания Кавказского хребта. При этом он отмечал, что грязевые вулканы, как правило, приурочены к осям антиклинальных поднятий.

Согласно представлениям этого ученого, к акчагыльскому времени в области развития диапировых складок обособление зон высокого и более низкого давления ушло настолько далеко, что пластичные глинистые массы, находившиеся под огромным давлением, двинулись в зоны слабого давления – в купола складок. Началось формирование диапировых структур путем выдавливания этих масс вверх, к ядрам складок, подток газа и воды, а потом и нефти. Размягчая породы ядра, вода под давлением газа поднималась вверх и выходила в виде газирующих источников на вершинах диапировых структур. Если приток газа не успевал компенсироваться его оттоком и накапливался в ядре, то давление здесь доходило до громадных величин. Создавшееся напряжение разряжалось взрывом и извержением газа, который, вырываясь наружу, мощной струей увлекал с собой куски разрушенного взрывом ядра и боковых пород.

По описанию очевидцев, извержение начинается внезапно с подземного гула или громоподобного грохота и через некоторое время после этого происходит выброс грязевулканической брекции, состоящей из глинистой массы с обломками пород разного стратиграфического возраста, которая стекает по склонам вулкана.

В большинстве случаев газ самовозгорается с образованием столба пламени в несколько сот метров (от 200-300 до 1000 м) высоты. Ряд исследователей: А.М.Керимов, Н.Ю.Халилов, Э.С.Балаев, Э.Н.Халилов (1986), связывают генезис грязевых вулканов и диапировых структур с наличием в недрах земной коры аномально высоких пластовых (АВПД) и поровых (АВПоД) давлений. В соответствии с этим, авторы подразделяют грязевые вулканы на два генетически различных типа - газо-грязевые вулканы и собственно-грязевые вулканы, при этом газо-грязевые вулканы связываются с аномально высокими пластовыми давлениями, вызываемыми скоплением газа (рис.5), а собственно-грязевые вулканы связываются с аномально высокими поровыми давлениями мощных толщ пластичных глинистых масс (рис.6). Вулканы второго генетического типа встречаются редко, однако нали-

чие их свидетельствует о том, что механизм образования и проявления грязевых вулканов не всегда связан с деятельностью газов.

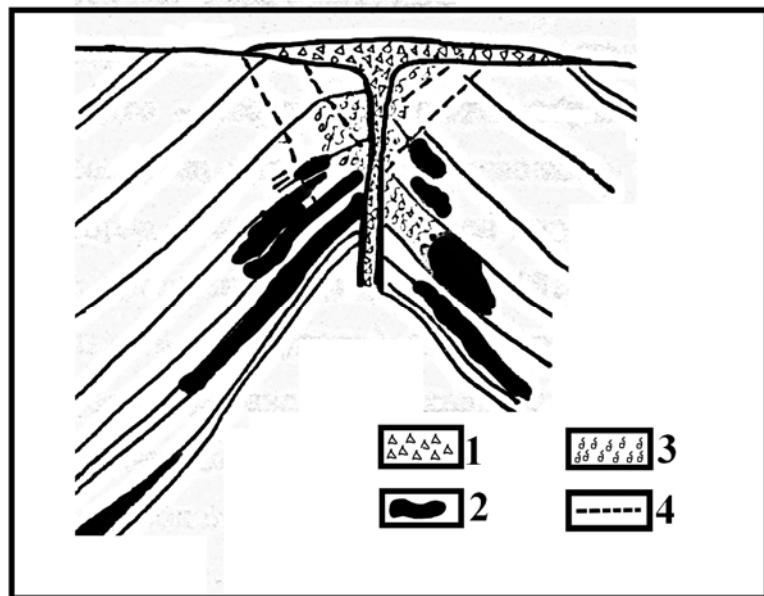


Рис.5. Геологический профиль через газо-грязевой вулкан Локбатан (по А.А. Ягубову) / первый генетический тип /.

1 – грязевулканическая брекчия; 2 – нефтяная залежь;
3 – газовая залежь; 4 – тектонические нарушения.

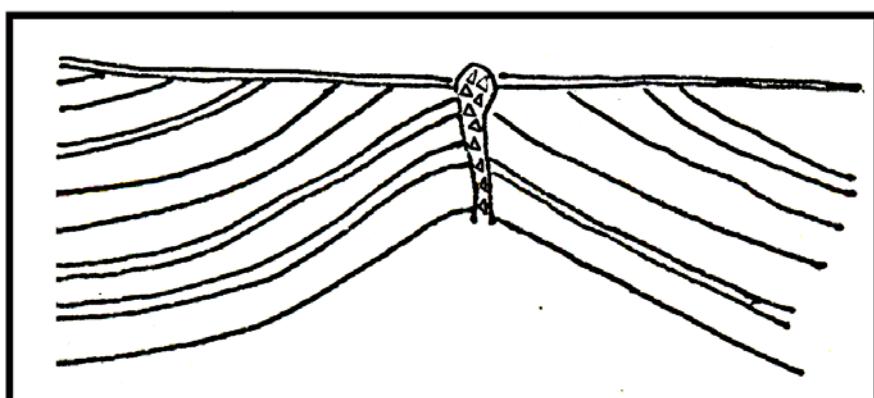


Рис.6. Геологический профиль через собственно-грязевой вулкан Бузовнинская сопка (по А.А. Ягубову) – второй генетический тип.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

К числу таких вулканов относятся Хамамдаг, Котурдаг, Бузовны, Кумани и др. Извержение их сопровождается выжиманием на дневную поверхность брекчированных жидкотвердых глинистых образований, а на шельфе Каспийского бассейна приводит к образованию небольших островов и банок, которые быстро размываются морскими водами.

Некоторые ученые (Ш.Ф. Мехтиев, П.Н. Кропоткин, Б.М. Валяев, И.А. Лагунова) связывают генезис грязевых вулканов с процессами дегазации верхней мантии (1976, 1981). В подтверждение своих доводов вышеуказанные исследователи приводят анализы химического и изотопного состава брекчии, вод и газов грязевых вулканов. В работах Ш.Ф.Мехтиева (1976) и П.Н. Кропоткина (1981) указывается, что брекчия и воды активных грязевых вулканов сильно обогащены литием и бором, вынесенным из глубинных слоев Земли. Кроме того, исследования газов позволили установить в них повсеместное присутствие двуокиси углерода, аргона и гелия, а в ряде вулканов и паров ртути.

Таким образом, становится очевидным, что генезис грязевых вулканов, так же, как и вопрос происхождения нефти, все еще остается предметом споров в геологической науке.

Теория тектоники литосферных плит позволяет с принципиально новых позиций подойти к проблеме генезиса грязевых вулканов и диапировых складок.

Все исследователи грязевого вулканизма считают одним из необходимых условий для образования грязевых вулканов большую мощность осадочного слоя А.А.Ягубов (1978). Другим условием является значительная дислоцированность складок, нарушенных разрывами. Третьим необходимым условием, по мнению ряда исследователей А.М.Керимова, Н.Ю.Халилова, Э.Н.Халилова (1986), следует считать наличие в недрах зон аномально высоких пластовых (АВПД) и поровых (АВПоД) давлений.

На четвертом условии следует остановиться несколько подробнее. Этим условием является повышенная сейсмичность.

На связь извержений грязевых вулканов с землетрясениями указывал еще Г.В. Абих. Впоследствии связь грязевого вулканизма с сейсмичностью упоминалась в работах А.А. Ягубова, А.А. Алиева и др.

Так, например, через 10-15 минут после Шемахинского (1902 г.) землетрясения произошло извержение вулкана Шихзагирлы, а извер-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

жение грязевого вулкана Голубицкого на Тамани совпало с подземными толчками в г. Екатеринограде (ныне г.Краснодар). В 1927 г. извержение Джая-Тепе произошло одновременно с крымским землетрясением. Таких примеров можно привести множество. Однако существует мнение, что в районах развития грязевулканических очагов, обычно, сейсмическая активность значительно слабее (до 3-4 баллов), чем за пределами этих районов (до 5-7 баллов). Это объясняется тем, что грязевые вулканы как бы снимают напряжения в земной коре А.А.Ягубов (1978). Так, Р.А. Агамирзоев на примере Кобыстанской области пришел к выводу, что грязевые вулканы, а точнее пластичные глинистые массы, питающие их, гасят упругую энергию землетрясений, являясь своего рода «амортизатором» сейсмических толчков.

Проведенные Э.Н.Халиловым (1990) исследования позволяют сделать вывод, что все без исключения грязевые вулканы расположены в зонах повышенной сейсмичности. Примечательно, что подавляющее большинство этих зон характеризуются наличием глубокофокусных (подкоровых) землетрясений.

Сравнение карты грязевых вулканов мира с картой сейсмических поясов привело к поразительным результатам. Практически все грязевые вулканы расположились вдоль сейсмических поясов, причем тех поясов, которые отражают зоны субдукции (зоны Заваричского-Беньофа).

Все известные зоны с аномально высокими пластовыми давлениями также совпали с зонами Заваричского-Беньофа (Э.Н.Халилов, 1990).

Глобальные геодинамические пояса АВПД выделяются своей высокой сейсмичностью К.А. Аникеев (1975, 1977), вулканизмом, интенсивными изостатическими аномалиями, разбуханием, разуплотнением и расплавлением вещества астеносферы, высокими тепловыми потоками, высокой гидротермальной активностью.

Исходя из вышеуказанного, можно сделать вывод, что высокая сейсмичность также является основным условием для образования грязевых вулканов.

Зоны субдукции характеризуются всеми четырьмя указанными условиями, необходимыми и достаточными для образования грязевых вулканов и диапировых складок.

Зоны субдукции характеризуются аномально большими мощностями осадочного слоя. Так, например, в Тихом океане выделяются две

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

биполярно расположенные зоны с минимальными скоростями седиментации 1-3 мм/1000 лет, которые соответствуют положению северной и южной аридных зон, в то время, как по экватору вытянута гумидная зона, в пределах которой скорости седиментации возрастают до 10-30 мм/ 1000 лет.

Исходя из мощности осадочного слоя Южно-Каспийской впадины, скорость осадконакопления здесь доходит до 6000 мм/1000 лет В.Ф.Горбачев (1979).

Рассмотрим механизм осадконакопления в зонах субдукции при тех же скоростях седиментации.

Известно, что средняя мощность осадочного слоя на дне океанов составляет около 600-800 м. При погружении океанской коры под материковую, в зоне субдукции, соскабливается большая часть осадков, скапливаясь в глубоководном желобе.

При погружении 500 км океанской коры с осадочным слоем мощностью 700 м, утолщение его за счет соскабливания и сжатия в зоне субдукции будет составлять около 8 км. Если же учесть неровности края материковой плиты, то можно допустить срезание отдельными ее частями большего или меньшего количества осадков и, следовательно, варьирующее в определенных пределах утолщение осадочного слоя в разных частях глубоководного желоба. Сжатие осадков в глубоководных желобах сопровождается складкообразованием и многочисленными разрывами. Подобным механизмом осадконакопления можно объяснить аномально большую мощность осадочного слоя в глубоководных желобах зон субдукции. Рассмотренная выше модель основана на предположении однородности слоя. Если же принять во внимание многослойность и сложность строения среды, то картина значительно усложняется. Если даже упустить из внимания различие физико-механических свойств, то очевидно, что мощность более толстых слоев будет расти при сжатии значительно быстрее мощности тонких слоев, залегающих над толстыми, а это в свою очередь приведет к прорыканию толстыми слоями тонких (рис.7). С образованием диапировых структур или собственно-грязевых вулканов. В глубоководном желобе соскабливается и сжимается слой осадков, но при этом осадконакопление продолжается, вследствие чего, более молодые слои оказываются значительно менее уплотненными, чем низкозалегающие. Поэтому в то время, как нижележащие уплотненные слои изменяют объем при сжатии незначительно, более молодые слои имеют возможность еще и уп-

лотниться, вследствие чего их мощность растет значительно медленнее.

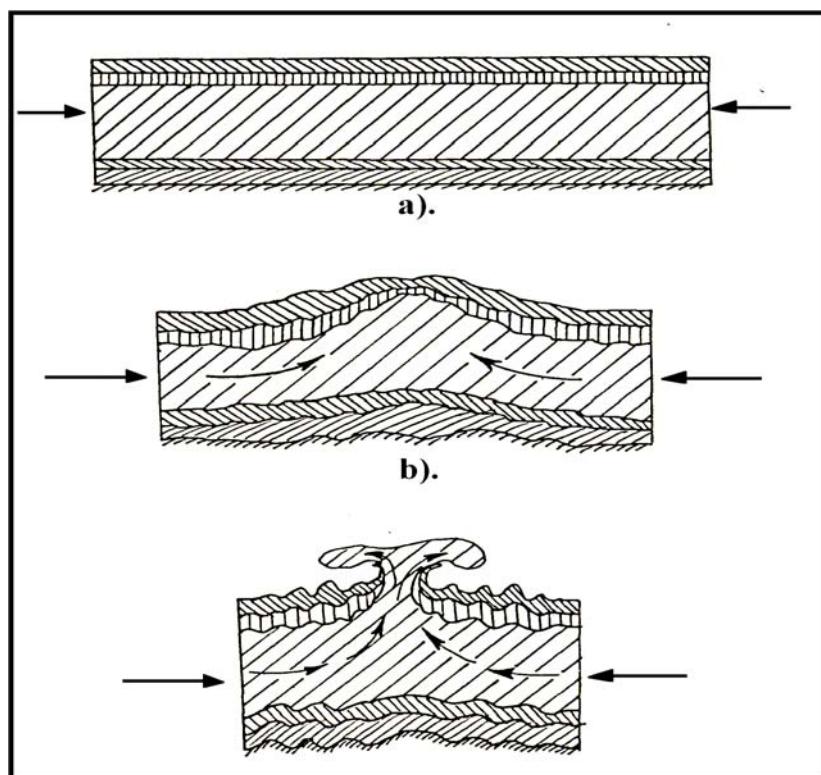


Рис.7. Механизм образования собственно-грязевых вулканов и диапиро-вых структур.

а) начальная стадия сжатия многослойного пласта, в разрезе которого имеется мощный вязко-пластичный слой; б) утолщение и деформация слоев в результате сжатия; в) разрыв вышележащих тонких слоев вследствие опережения роста мощности вязко-пластичного слоя, выпирание вязко-пластичной массы на поверхность и образование собственно-грязевого вулкана.

Таким образом, нижележащие слои, опережая в росте более молодые слои, прорывают их, образуя диапиро-вые структуры. Если эти слои представляют собой неуплотненные глинистые толщи, то, прорывая вышележащие, они выжимаются на поверхность, образуя собственно-грязевые вулканы. В том случае, когда сжимаются пласти-

коллекторы, насыщенные флюидами, это приводит к повышению аномально высоких пластовых давлений, а сейсмические волны, возникающие при землетрясениях, служат толчком к нарушению сложившегося гидродинамического равновесия и разрыву сплошности пород, что в свою очередь вызывает разрядку напряжений с образованием газо-грязевых вулканов (Э.Н.Халилов, 1990).

Наличие грязевых вулканов и диапировых структур в Кавказско-Копетдагском регионе может быть объяснено с помощью рассмотренного механизма. В пользу вышеизложенной модели говорит и тот факт, что грязевые вулканы в Каспийском регионе расположены вдоль выявленной зоны субдукции (рис.8) (Э.Н.Халилов, 1987).

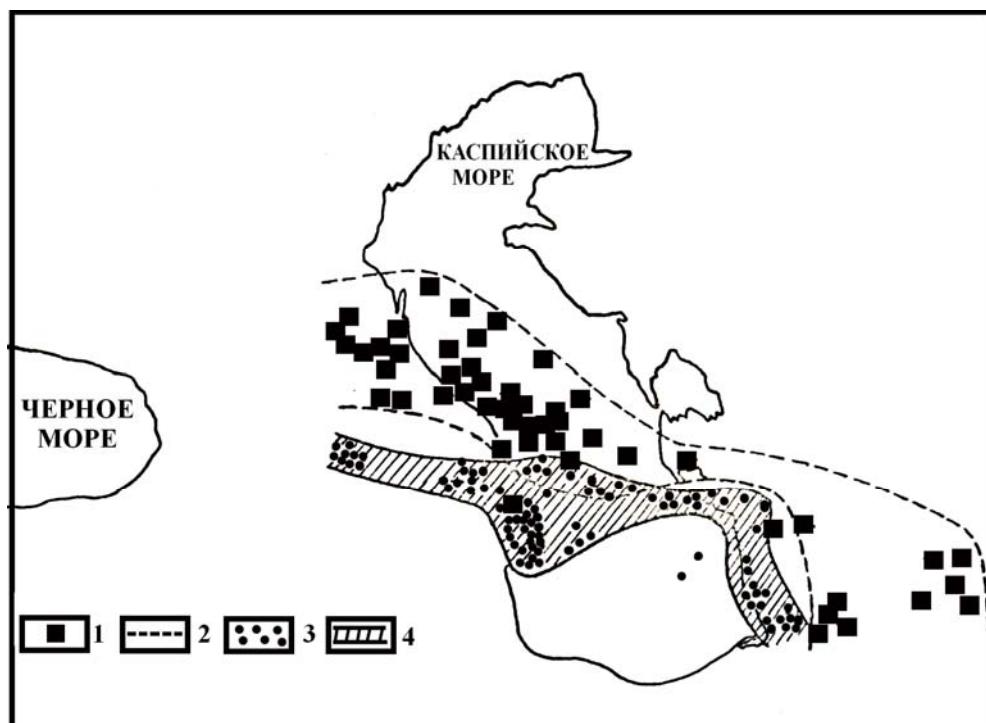


Рис.8. Схема расположения грязевых вулканов и эпицентров глубокофокусных землетрясений сейсмофокальной плоскости Кавказско-Копетдагского региона

1- Эпицентры глубокофокусных землетрясений (с глубиной гипоцентров - 40 км и более); 2 – зона расположения эпицентров глубокофокусных землетрясений; 3 – грязевые вулканы; 4 – зона распространения грязевых вулканов.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Впервые на наличие диапировых структур на Апшеронском полуострове указал П.Е. Воларович в 1909 г. В 1914 г. И.М. Губкин установил наличие диапировых структур в районах северо-западного Апшерона; почти одновременно с ним Н.И. Ушайкин подобные складки отметил на юго-западе Апшерона. Наиболее полно и глубоко вопросы диапиризма получили освещение в работе И.М. Губкина по тектонике Юго-Восточного Кавказа.

Так, В.С. Котов на материалах по месторождениям Краснодарского края пришел к заключению, что в регионально-водоносных комплексах АВПД вообще не могут сформироваться, так как во всех случаях скорость оттока вод с избытком компенсирует возможное повышение пластового давления.

Таким образом, существование АВПД в тех глинистых толщах, где отток вод значительно опережает осадконакопление и возможное повышение порового давления, АВПД возникает вследствие одновременного сжатия этих пластов в зонах субдукции.

Из выше изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Для образования грязевых вулканов и диапировых структур необходимы и достаточны четыре условия:
 - а) большая мощность осадочного слоя;
 - б) значительная дислоцированность складок, нарушенных разломами;
 - в) наличие в недрах АВПД и АВПод;
 - г) высокая сейсмическая активность.
2. Наиболее благоприятными для образования грязевых вулканов и диапировых структур являются зоны субдукции, характеризующиеся всеми четырьмя условиями.
3. Развитие грязевых вулканов и диапировых структур в Каспийском регионе необходимо рассматривать как следствие субдукционного взаимодействия литосферных плит.

2.2. ЦИКЛИЧНОСТЬ В ПРОЯВЛЕНИЯХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

A. Современная вулканическая активность

Изучением особенностей современной вулканической активности отдельных регионов и Земли в целом занимались различные иссле-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

дователи. На основании статистических исследований изменения числа извержений вулканов Мира с 1901 года по 1964 год В.И. Влодавец выделил четыре крупных цикла активизации вулканов с периодами от 11 до 19 лет (В.И. Влодавец, 1966).

В работе А.Н. Земцова (1985) на основании спектрального анализа временных рядов извержений вулканов Мира, по данным каталогов Н.И. Гущенко (1979) и T.Simkin (1981), сделана попытка выявления скрытой периодичности. За период с 1900 по 1970 г.г. отмечено наличие 22-летнего цикла вулканической активности. На существование 22-летнего цикла вулканической активности указывали также в своих работах Г.П. Тамразян и Е.В. Максимов (1963).

Надо отметить, что в работах Г.П. Тамразяна и Е.В. Максимова (1955, 1963), делается попытка, выявления циклов активизации грязевых вулканов Азербайджана. В частности, отмечается наличие 1-2 летних, 11-летних, 22-летних, 50-летних, 60-летних и 80 летних циклов.

Такое большое число выделенных циклов, на наш взгляд, связано с несовершенством применяемого математического аппарата, основанного лишь на сглаживании исходных временных рядов скользящими трехлетними интервалами. Ранее, попытки выявления закономерностей в извержениях грязевых вулканов были сделаны в работах В.А. Горина (1952), С.А. Ковалевского (1940), Н.В. Малиновского (1943).

Так, Н.В. Малиновский (1943) обращал внимание на одинаковые периоды времени между двумя последовательностями извержений двух пар вулканов: Булла-Лось – 47 лет, Глиняный и Кумани – 66 лет. В.А. Горин (1952) отметил перемещение активности грязевых вулканов по площади с поочередным охватом северных и южных участков области своего распространения.

Впоследствии закономерности в активности грязевых вулканов Азербайджана изучались в работах Я.А. Гаджиева (1985), В.А. Горина (1971), Р.Р. Рахманова (1982).

Закономерности в извержениях грязевых вулканов Мира были рассмотрены впервые в работах Ш.Ф. Мехтиева, Э.Н. Халилова (1984, 1985, 1986, 1987, 1988), В.Е. Хайна, Т.А. Исмаил-заде (1986).

В работе Н.И. Гущенко (1985) отмечено наличие определенной цикличности в извержениях магматических вулканов. Автором работы выделяются циклы с периодами: 1 год, 5-6 лет, 23 года, 60-90 лет и 180

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

лет. На основе проведенных исследований делается долгосрочный прогноз вулканической активности до 2312 года (Гущенко, 1985).

И.И. Гущенко был проведен статистический анализ извержений вулканов, как в целом по Миру, так и по широтным поясам (1983). В работе сделана попытка оценить энергию извержений вулканов. В качестве вспомогательной оценочной единицы вулканической активности (ЕВА) был использован период покоя вулкана перед извержением, подсчитанный в годах от конца предыдущего извержения. ЕВА равна одному году покоя вулкана перед извержением.

Установлено существование определенной зависимости между количеством извергнутого материала и периодом покоя вулкана: чем длительнее период покоя, тем больше количество извергнутого материала. По уровню вулканической активности в течение XIX-XX вв. выделено семь широтных поясов, устойчивых во времени. По размещению голоценовых вулканов Гущенко И.И. выделено девять поясов активности от 88^0 с.ш. до 88^0 ю.ш. Центр каждого из поясов характеризуется сгущением числа вулканов, большой частотой извержений и большей энергией извержений при пересчете на один условно действующий вулкан (1983).

Ряд зарубежных исследователей (Chance A., Kelly P.M., 1979) сделали попытку установить закономерности в извержениях вулканов по изменениям концентрации вулканической пыли в атмосфере.

Однако такой подход, на наш взгляд, не только не позволяет установить самостоятельную закономерность в активизации различных геодинамических типов вулканов, но и искажает пространственную картину вулканической активности, что связано с перемещением воздушных масс в атмосфере. Проводя исследования вулканической активности, М. Рампино выделил цикличность в извержениях вулканов с периодом 18,6 лет (1985).

Советские и зарубежные исследователи также делали попытки выявления связи между солнечной активностью и периодичностью извержений вулканов Ш.Ф.Мехтиев, Э.Н.Халилов (1984, 1985), Я.А. Гаджиев (1985), Г.П. Тамразян (1963). Более подробно этот вопрос будет рассмотрен в следующих разделах.

Б. Современная сейсмическая активность

Сейсмичность так же, как и вулканизм, является наиболее чутким индикатором изменения современной тектонической активности

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

различных регионов Земли. Изучение пространственно-временных закономерностей в проявлениях современной сейсмической активности позволяет решать, как проблемы прикладного значения, например, прогноза землетрясений, сейсмического районирования, проектирования сейсмостойкого строительства, так и теоретические, например, выяснения степени взаимосвязи процессов сейсмичности, вулканизма, изменения угловой скорости вращения Земли, солнечной активности, структуры земной коры с целью выяснения общей картины геодинамики.

Одной из наиболее ранних работ, в которой отмечена определенная цикличность в землетрясениях, является каталог землетрясений Российской империи (1893), составленный И.В. Мушкетовым и А. Орловым. Так, в работе (1893) отмечено, что «все имеющиеся сведения, по-видимому, указывают на тот весьма любопытный факт, что существуют особенные эпохи, весьма обильные сильными и разрушительными землетрясениями почти на всей поверхности Земли. Таким образом, например, в 1778, 1821, 1822 и 1868 г.г. они в большом количестве следуют одно за другим в течение весьма короткого промежутка времени, причем обнаруживается как бы правильная периодичность между эпохами максимума».

2.3. ПРОСТРАНСТВЕННО – ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВУЛКАНИЗМА И СЕЙСМИЧНОСТИ

2.3.1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Изучение геологических, геофизических и космологических процессов в пространстве и во времени требует применения специального математического аппарата, включающего элементы теории вероятностей, математической статистики и математического моделирования. Одной из наиболее распространенных черт природных явлений является периодичность. Однако, обычно временные ряды, отражающие изменение во времени того или иного процесса, характеризуются наличием существенного “шума”. В результате этого, выявление скрытой периодичности в геологических, геофизических и космологических процессах является сложной и важной задачей. В ряде случаев, задача

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

выявления скрытой периодичности осложняется тем, что анализируемый временной ряд имеет длину, сравнимую с периодом одной из предполагаемых компонент.

Выявление скрытой периодичности может производиться двумя различными методами – посредством линейного преобразования исходного ряда, например методом усреднения процесса за пробный период или методом скользящей средней, либо корреляционными методами выявления скрытых периодичностей В.Н. Деч (1985), Э.Н.Халилов (1986, 1987).

При обработке статистической информации об извержениях вулканов и землетрясениях необходимо учитывать, что массив данной информации (генеральная совокупность) представляет собой большую стохастическую систему. Развитие стохастических систем, как известно, подчиняется вероятностным законам. Это значит, что прослеживаемые тенденции сопровождаются случайными отклонениями в ту или иную сторону от общего тренда. Это объясняется тем, что на рассматриваемые процессы в большей или меньшей степени оказывают влияние огромное множество факторов, как земных, так и космических. К ним относятся: изменение тектонической активности Земли, вызванное внутренними физико-химическими процессами; расположение Земли в различных участках галактической орбиты; расположение планет относительно Земли и Солнца; лунно-солнечные приливы; солнечная активность и т.д. Поэтому, графики изменения во времени реальных чисел рассматриваемых параметров, представляет собой ломаную линию со значительными резкими колебаниями, на фоне которых прослеживается общий тренд.

Как уже было отмечено выше, ошибки в определении исследуемых параметров, например, количества извержений вулканов или землетрясений, носят некоррелированный, стохастический характер. Тогда они, как и всякий шум, могут быть отфильтрованы простым линейным преобразованием исходного ряда.

Преобразованием такого типа является, например, сглаживание исходного ряда последовательно τ – летными, φ – летними и т.п. скользящими средними. Под термином “сглаживание τ – летними скользящими средними” здесь и далее понимается процедура усреднения членов некоторого ряда $x(i)$ за пробный период $\tau = n + 1$ (n – четное), в результате чего образуется ряд:

$$X \tau (j) = \frac{1}{n+1} \sum_{i=j-n/2}^{j+n/2} (Xi) \quad (2.1.)$$

Частотная характеристика линейного преобразования (2.1) для достаточно большого набора $x(i)$ имеет вид:

$$R(\tau(T)) = \frac{T}{\pi r} \sin \frac{\pi r}{T} \quad (2.2.)$$

Линейное преобразование достаточно эффективно подавляет в исходном процессе все гармоники с периодом $T \leq \tau$.

Полученный ряд $X\tau(j)$ можно далее сгладить φ -летними скользящими средними ($\varphi = m + 1$, где m – четное), в результате чего образуется ряд:

$$X(\tau, r(l)) = \frac{1}{m+1} \sum_{j=l-m/2}^{l+m/2} X(\tau(j)) \quad (2.3.)$$

Коэффициент ослабления гармонической компоненты с периодом T в этом случае определяется как произведение $R_T(T) \cdot R_\varphi(T)$.

Таким образом, линейное преобразование (2.1) позволяет выделить из рассматриваемого процесса низкочастотную часть спектра.

Так, в работах, для выявления скрытой периодичности в характере извержений различных геодинамических типов вулканов и землетрясений, производилась фильтрация высокочастотного шума, путем линейного преобразования методом скользящих средних, описанным выше. Для этого были использованы различные фильтры с разными интервалами сглаживания и различным числом интервалов в варианте сглаживания.

После обработки каждого варианта, производится корреляция между различными сглаженными временными рядами с определением коэффициента корреляции. Затем осуществляется расчет в следующем варианте, с последующим определением коэффициента корреляции между полученными результатами в данном варианте и результатами в предыдущем варианте. Величина окна сглаживания и числа последовательных сглаживаний увеличивается в каждом последующем варианте.

Таким образом, сравнивая результаты сглаживания в каждом последующем варианте с предыдущим, можно судить об эффективности фильтрации «шумов» по увеличению коэффициента корреляции.

Казалось бы, что коэффициент корреляции, по мере возрастания величины окна и числа последовательного сглаживания, должен постоянно увеличиваться.

Однако, как показали исследования, по достижении определенного значения, коэффициент корреляции становится практически неизменным, а при дальнейшем увеличении величины окна сглаживания и числа последовательных сглаживаний, коэффициент корреляции начинает уменьшаться. Это свидетельствует о том, что тот вариант сглаживания, при котором коэффициент корреляции имеет максимальные значения, является наиболее оптимальным и позволяющим установить истинный (устойчивый) характер анализируемого процесса (рис.9).

Необходимо отметить, что в методах вскрытия периодичностей период искомой гармоники не известен, а определяется в процессе исследования.

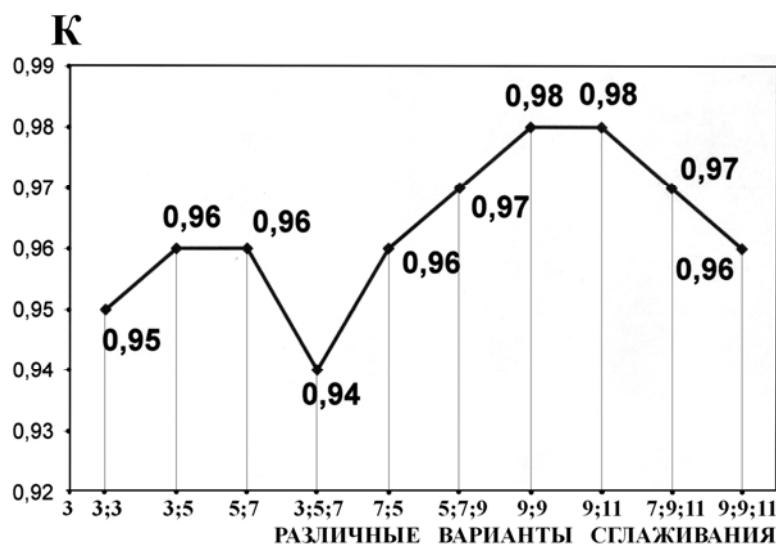


Рис.9. График зависимости величины коэффициента корреляции от величины окна сглаживания и числа последовательных сглаживаний методом скользящей средней.

K – коэффициент корреляции между предыдущим и последующим вариантами сглаживаний; По оси абсцисс указаны варианты последовательных сглаживаний методом скользящей средней.

Более того, процесс представляется в виде не периодической, а скорее всего, почти периодической функции времени. Тем самым методы вскрытия периодичностей, по существу, позволяют решить проблему представления процесса в виде почти периодической функции.

Проблема вскрытия периодичностей, считается решенной только, если найдены параметры периодической компоненты. Поэтому решение задачи выделения периодической функции $S(t)$ из исходного процесса $X(t)$ еще не решает полностью задачи. Если же такое выделение осуществлено достаточно полно, т.е. в преобразованном ряде исходная периодическая компонента выражена очень четко, так что можно считать $X^{(I)}(t) \approx S(t)$, то задача определения параметров сводится к обычному гармоническому анализу периодической функции.

С другой стороны, задача определения параметров, может быть решена с помощью, так называемого периодограммного анализа, впервые рассмотренного Стоком (1877). Эти же идеи лежат в основе методики, разработанной Ланцюшом.

Одновременно с линейным преобразованием исходных временных рядов методом скользящей средней, целесообразно анализировать временные ряды спектральными методами.

Как уже указывалось, анализируемый процесс всегда задается на некотором конечном интервале $(-L, L)$, и результат корреляционного преобразования не точно совпадает с корреляционной функцией. Построение преобразования Фурье от $X^{(I)}(t)$ дает лишь оценку спектральной плотности М.Г.Серебренников (1965).

Если анализируемый процесс $X(t)$ действительно является чисто полигармоническим, т.е.:

$$X(t) = \sum_{j=1}^v A_j \cos w_j t \quad (2.4.)$$

то такая оценка является достаточно хорошей при большой продолжительности интервала обработки.

Рассмотрим вопрос об эффективности выявления скрытых периодичностей указанным методом при наличии “шумовой” компоненты. Построение приемлемых оценок при этом существенно осложняет-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

ся, в связи с тем, что наличие $X(t)$ сколь угодно близких гармонических компонент приводит к тому, что условие

$$|w_i - w_j| \geq a \quad (2.5.)$$

при конечном « a » не выполняется и амплитуда любой гармоники в $X^{(l)}(t)$ является результатом наложения других гармоник. Кроме того, наложение бесконечно малых гармоник, содержащихся в $n(t)$ может привести к появлению в $U_l^*(w)$ пиков конечной высоты, трудно отличимых от пиков, даваемых непосредственно выявленными гармониками М.Г.Серебренников (1965).

В том случае, когда в силу исходных физических соображений неясно, действительно ли процесс $X(t)$ содержит чисто гармонические компоненты, появление в $U_l^*(w)$ пиков конечной высоты, еще не дает достаточных оснований для утверждения о существовании таких гармоник М.Г.Серебренников (1965).

Как указано в работе М.Г.Серебренникова (1965), флюктуационный характер несглаженных оценок спектральной плотности вызывает определенные трудности при выявлении скрытых периодичностей, поскольку «шумовая» компонента с непрерывным спектром может дать флюктуации, неотличимые на первый взгляд, от пиков, вызываемых наличием гармонических компонент. С другой стороны, сглаживание флюктуаций приводит к сглаживанию пиков. Таким образом, появляется необходимость различения пиков, вызываемых наличием только «шумовой» компоненты, от пиков, отражающих наличие гармоник. В то же время, эта проблема может быть решена при определенных и достаточно ограниченных предположениях о характере «шумовой» компоненты.

Проблема различения пиков в периодограмме заключается, фактически, в решении вопроса: содержит ли исследуемый процесс действительно гармоническую компоненту с некоторой частотой или же наложение случайных факторов привело к появлению в данном участке реализации компоненты, со свойствами, близкими к такой же гармонической функции.

Не останавливаясь подробно на сущности метода максимальной энтропии ММЭ, отметим, что в настоящее время на наш взгляд, он является наиболее простым и распространенным в различных областях

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

науки и техники при исследованиях полигармонических процессов В.Н. Деч (1985), В.М. Киселев (1980).

Дж. Бург в 1967 году предложил рекурсивный метод решения системы уравнений, входящих в матрицу автокорреляций, используемой в ММЭ.

Использование ММЭ для анализа временных рядов, как указано в работе Н.М. Ротанова (1982), целесообразно по той причине, что он дает возможность выявить скрытые периодичности, оценивая наиболее точно их частоты, и на реализации ограниченной длины разделить, близкие по частоте, пики в спектре, что нельзя получить обычным спектральным методом.

Приведенные в работе В.Ф.Писаренко (1973) результаты исследований показали, что ММЭ, во многих случаях обладает большой разрешающей способностью и минимальным смещением по частоте.

В то же время, при использовании ММЭ возникают проблемы, связанные со смещением в спектральных линиях, появлением неустойчивости, выбором оптимальной длины фильтра. Изучение этих вопросов проводилось, как на модельных В.Ф.Писаренко (1973), так и на геофизических полях Н.М.Ротанова (1982). Нахождение параметра авторегрессии M (длины фильтра) является чрезвычайно важным, как для ММЭ, так и для классических методов вычисления спектральной плотности и в настоящее время этот вопрос остается открытым Т.Ультрич (1976).

В то же время, модельные расчеты В.Шен (1974) показывают, что слишком малое M приводит к пересглаженному, а слишком большое – к неустойчивому спектру. Установлено Т.Ультрич (1976), что M не должно быть больше $N/2$.

Ряд исследователей считает, что спектр будет корректным, если $N/5 < M < N/2$. Автор работы В.Ф. Писаренко (1973) приходит к выводу, что M должно быть в пределах $(0,3-0,5)N$.

Следующим важным вопросом при спектральном анализе временных рядов является влияние на полученные результаты длины исходного ряда N . Как отмечено в работе Н.М. Ротанова (1982), точнее всего получаются результаты при большей длине ряда и хуже при меньшей.

Обычно, при использовании методов спектрального анализа выделяют тренд, т.к. считается, что его содержание в данных наблюдений вносит в оценки корреляционных функций и спектральных плотностей

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

определенные искажения. В частности, недостоверными могут оказаться оценки спектральных плотностей на больших периодах, сравнимых с длительностью рассматриваемого временного интервала. Кроме того, изучение тренда, само по себе, интересно для оценки амплитуд вариаций на определенных временных периодах, больших рассматриваемого интервала.

Для аппроксимации временных изменений поля в работе Р. Курие (1973) использовал полином первой степени, а в работе В. Коуртилот (1976) - полином второй степени.

Основную роль играет не аппроксимация гладкой части изменений поля полиномом, а степень полинома. Для ее определения можно воспользоваться методом конечных разностей в работе М.Кедал (1976).

В процессе определения степени полинома, описывающего гладкую часть временного ряда, необходимо исключить возможность искажения оставшейся части, представляющей колебания относительно тренда.

Проведенные нами исследования временных рядов извержений вулканов показали, что удаление линейного тренда оказывает влияние на получаемый результат при применении ММЭ лишь в том случае, когда выделяемые гармоники сопоставимы с длиной исходного ряда. В случае же, когда длина исходного ряда значительно превышает периоды выделяемых гармоник, удаление тренда практически не оказывает на получаемые результаты никакого влияния, лишь несколько меняя значения амплитуд спектров. Кроме того, как справедливо указано в работе В.М. Кисилева (1980), при удалении тренда не всегда ясно, что удаляется, а это может привести и к искажению результата.

Как указывалось выше, при выявлении скрытой периодичности в исходном процессе спектральными методами, необходимо хотя бы иметь представление, в каких временных интервалах возможно выделение гармоник. Это важно, прежде всего, для выбора длины исходного временного ряда, т.к. длина ряда должна превышать периоды выделяемых гармоник, а длина фильтра, при расчете спектра методом максимальной энтропии, должна находиться в пределах 20-50% от длины исходного ряда В.М. Кисилев (1980).

Поэтому, методика установления скрытой периодичности заключалась в следующем: сначала производилось сглаживание исходного временного ряда извержений вулканов и землетрясений методом

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

скользящей средней при различных окнах сглаживания и различном числе последовательных сглаживаний. Затем выявлялся устойчивый характер исходного процесса, после чего определялись примерные периоды гармоник, составляющих этот процесс.

Зная примерные ряды гармоник, составляющих исходный процесс, длина ряда устанавливается значительно превышающей периоды этих гармоник (*в 3 - 5 раз*).

Необходимо также отметить, что изменение длины фильтра в пределах от 20% до 50% длины исходного ряда, также оказывает определенную роль на полученные результаты. В связи с этим, в программе оценки спектральной плотности методом максимальной энтропии на основе алгоритма Бурга предусмотрено изменение длины фильтра с заданным шагом. То есть, рассчитывается спектр при длине фильтра 20% от N , затем 25% от N , 30% от N (где N – длина ряда) и т.д. до 50% от N , с заданным шагом 5%. Шаг может меняться в зависимости от необходимости. Таким образом, имея рассчитанные спектры при всех возможных вариантах длины фильтра, можно исследовать характер изменения формы спектра и установить его характерные особенности, устойчиво сохраняющиеся при большинстве вариантов длины фильтра.

Как видно, применяемый нами принцип органично связал метод скользящей средней с *ММЭ*, что позволило повысить эффективность обоих методов при их совокупном применении.

Кроме того, метод скользящей средней позволяет рассмотреть динамику процесса в реальном масштабе времени, т.е. выделить периоды повышенной и пониженной вулканической (сейсмической) активности, приуроченные к конкретным датам. Этого не позволяет сделать спектральный метод. Между тем, спектральный метод (*ММЭ*) позволяет выделить более точно гармоники, составляющие данный процесс, а также те гармоники, которые могут выпасть из поля зрения исследователя или же могут быть сглажены в процессе линейного преобразования методом скользящей средней.

Необходимо иметь в виду также тот важный факт, что ни линейное преобразование *MCC*, ни спектральный метод *ММЭ* в отдельности не позволяют однозначно утверждать достоверность установленных гармоник. В то же время, применение обоих методов в совокупности (*MCC* и *ММЭ*) позволяет взаимно проверить результаты, полученные каждым из них в отдельности, и в случае идентичности этих

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

результатов, можно утверждать, что установленные гармоники достоверны.

2.3.2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВЛЕНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

К сожалению, во многих случаях, применение методов математической статистики и математического анализа временных рядов слишком формализовано, что не позволяет выявлять истинные причинно-следственные связи и, зачастую приводит к ошибкам в оценке степени взаимосвязи тех или иных процессов.

Практически все реальные природные процессы и, прежде всего, геологические, космологические и космогеологические при взаимовлиянии, смешены во времени относительно друг друга. Поэтому при выявлении взаимосвязи в реальных природных процессах, первичной задачей является не только выявление уровня корреляции между собой этих процессов, но и определение причинно-следственной связи между ними. Для примера можно привести влияние солнечной активности на сейсмичность Земли. Прежде всего, необходимо логически установить, что первично в этом взаимодействии: сейсмическая или солнечная активность. Естественно было бы предположить, что солнечная активность первична и именно она может оказывать влияние на сейсмическую активность, а не наоборот. Такая логика продиктована разницей в масштабах энергетического проявления этих двух процессов, в которых выделяющаяся солнечная энергия несопоставимо превышает сейсмическую энергию Земли. Следовательно, при рассмотрении взаимосвязи этих двух процессов, необходимо учитывать первичность солнечной активности, как в самой системе этого взаимодействия, так и во временном аспекте, т.е. сначала повышается солнечная активность, а затем, спустя некоторое время - сейсмическая активность Земли.

В данном случае, промежуточным процессом между моментом повышения солнечной активности и повышением сейсмической активности, приводящим к запаздыванию сейсмической активности по отношению к солнечной, является увеличение напряженного состояния земной коры.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

В качестве другого примера можно привести взаимосвязь активности магматических вулканов рифтовых зон (типа R), отражающих геодинамическую активизацию поясов растяжения и, как следствие, увеличение радиуса Земли и графика вариаций длительности земных суток. В работе проведен анализ взаимосвязи этих графиков, показавший запаздывание увеличения длительности суток по отношению к активизации вулканов типа R .

На рис.10 показан фрагмент сопоставления графиков вариаций длительности земных суток и активности магматических вулканов типа R .

Прямые $1,2\dots n$ наглядно демонстрируют степень запаздывания максимумов циклов вариаций длительности суток, относительно максимумов активности вулканов типа R . Отрезки, обозначенные a , b , c показывают время запаздывания максимумов циклов одного процесса относительно другого. Как видно из рис.10 время запаздывания максимумов циклов вариаций длительности суток, относительно максимумов активности вулканов типа R составляет, в среднем, 6-7 лет.

Запаздывание циклов графика вариаций длительности суток по отношению к циклам графика активности вулканов типа R можно объяснить инертностью событий, т.е. временем, проходящим от момента повышения активизации вулканов до действительного изменения радиуса Земли, влияющего на момент инерции планеты и, как следствие, на длительность земных суток.

Визуальный и графический анализ сопоставления графиков активности вулканов типа R и вариаций длительности суток, показал их высокое сходство, при учете смещения во времени одного из них относительно другого. Между тем, оценка корреляции между собой рассматриваемых графиков, не позволила выявить удовлетворительной взаимосвязи и показала коэффициент корреляции: $\kappa = 0,34$.

Следовательно, простое корреляционное сопоставление временных рядов, отражающих два различных физических процесса, может не показать высокую корреляцию, из-за смещения во времени этих процессов. В этом случае, предлагается сначала произвести спектральный анализ и убедиться в наличии идентичных гармоник в обоих процессах.

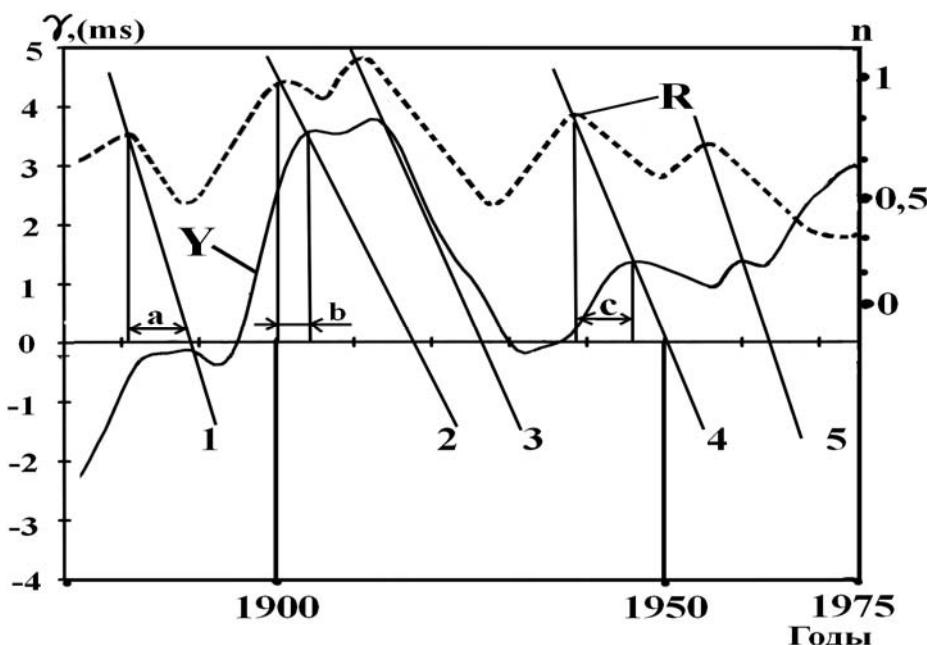


Рис.10. Фрагмент сопоставления графиков вариаций длительности земных суток и активности магматических вулканов типа R.

R – график активности вулканов типа R ;

Y – график вариаций длительности земных суток; Ось n – число извержений вулканов типа R ; Ось $\gamma, (ms)$ – изменения длительности суток в ms ; $1, 2, \dots, n$ – прямые соединяющие максимумы циклов активности магматических вулканов типа R и циклов вариаций длительности суток; a, b, c – отрезки времени показывающие разницу во времени между максимумами циклов активности вулканов типа R и вариаций длительности суток.

На следующем этапе могут быть применены линейные методы обработки временных рядов, например метод скользящей средней, позволяющие выявить цикличность и исследовать этот процесс в реальном масштабе времени. В этом случае устанавливаются годы (месяцы) максимальных и минимальных значений циклов активности в обоих процессах и оценивается среднее значение разницы во времени между максимумами (минимумами) в циклах обоих процессов, вычисляется среднее значение для всех циклов, которое принимается за время запаздывания одного процесса относительно другого, с учетом особенностей причинно-следственной связи. После этого, для осуществления

корреляционного анализа, временные ряды, путем указанного временного смещения, условно приводятся к единой оси времени. Это осуществляется посредством совмещения экстремальных значений (максимумов или минимумов) одного процесса (причины) с другим (следствием), после чего производится вычисление коэффициента корреляции между ними, как это показано на рис.11.

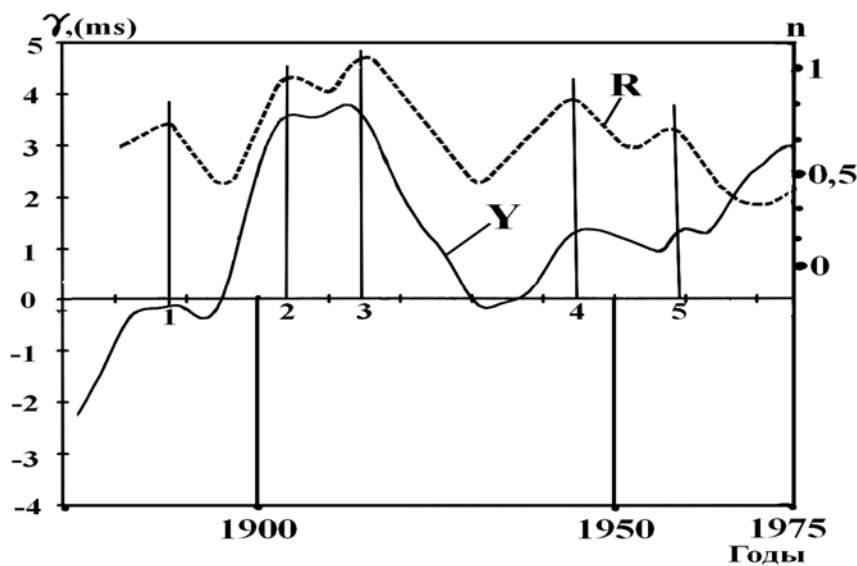


Рис.11. Фрагмент сопоставления графиков вариаций длительности земных суток и активности магматических вулканов типа R (после приведения максимумов циклов на обоих графиках к единным моментам времени). R – график активности вулканов типа R; Y – график вариаций длительности земных суток; Ось n – число извержений вулканов типа R; Ось γ (ms) – изменения длительности суток в ms; 1,2....n - прямые соединяющие максимумы циклов активности магматических вулканов типа R и циклов вариаций длительности суток.

Как видно из рис.11 максимумы циклов активности вулканов типа R совмещены по времени с максимумами циклов вариаций длительности суток. Вычисление коэффициента корреляции, произведенное после этой процедуры позволило получить высокую корреляцию с $\kappa = 0,76$.

В этом случае, удается установить реальную степень взаимосвязи процессов, за вычетом временной разницы рассматриваемой причиной и ее следствием. В рассмотреном примере, между моментом повышения активности вулканов типа R и временем увеличения длитель-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ности суток, (повышением угловой скорости вращения Земли) существуют промежуточные процессы. В данном случае, промежуточным процессом является увеличение радиуса Земли, приводящее к изменению момента инерции Земли и, как следствие, замедлению ее вращения.

2.3.3. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ РАЗЛИЧИЙ ВОЛНОВЫХ И ЦИКЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В принципе, выявление скрытых периодичностей, в определенной степени решает задачу анализа волновых процессов во временных рядах. Между тем, в этом вопросе имеется принципиальная особенность, не позволяющая с помощью одних и тех же математических методов объективно оценивать различные процессы периодического характера. Это связано, прежде всего, с принципиальным отличием физической сути циклических и волновых процессов в природе. Хотя волновые процессы можно, при определенных условиях, рассматривать как циклические, нами будет показана принципиальная разница в физическом механизме волновых и циклических процессов.

Если циклические процессы обычно отражают повышение и понижение определенных параметров (числа землетрясений, извержений вулканов, солнечных пятен, сейсмической энергии), то волновой процесс, по своей сути, означает смену знака выделяющейся энергии в рассматриваемом процессе с положительного на отрицательный и, наоборот. В отличие от циклических процессов, волновые процессы несут равную по величине, но противоположную по знаку энергию. Например, электромагнитные, акустические или гравитационные волны.

Таким образом, оба полупериода волны, как положительный, так и отрицательный, несут в себе равную энергию, вызывающую соответствующую реакцию среды на эти процессы. Между тем, в циклических процессах, максимум цикла, означает максимальное количество привносимой в систему энергии, а минимум циклов – минимальное. В циклических процессах мы имеем дело с процессами, обладающими только положительной составляющей. Естественно, что не может быть выделено отрицательное количество сейсмической энергии, также как и произойти отрицательное число землетрясений и извержений вулканов. Поэтому, рассматривая и анализируя, порой волновые процессы, в

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

качестве циклических, исследователи неверно трактуют полученные результаты и упускают из вида физический смысл механизма того или иного процесса.

Если гравитационную волну, рассматривать, как циклический процесс, то мы будем заведомо считать, что максимум энергии выделяется в максимальных значениях циклов, а минимум, соответственно, в минимальных. Между тем, как известно, гравитационная волна, даже физически оказывает на тела противоположные по знаку квадрупольные воздействия. При этом, проходя через тело, она вытягивает его вдоль направления своего распространения и сжимает в перпендикулярном направлении, затем, наоборот, укорачивает его по направлению движения и, расширяет перпендикулярно ему. Следовательно, оба полупериода гравитационной волны несут равную энергию.

Если при анализе циклических процессов нет необходимости построения трендов, позволяющих выделять средние значения процесса, то в волновых процессах, построение тренда просто необходимо, чтобы выделить положительные и отрицательные полупериоды волны. Физический механизм воздействия волновых процессов совершенно иной. Так, если в циклических процессах говоря о наличии их взаимовлияния, обычно опираются на степень их корреляции (положительной или отрицательной), и при высоком коэффициенте корреляции делают вывод о возможной взаимосвязи этих процессов, то в волновых процессах, все обстоит иначе. При волновом процессе, наличие корреляции между волновым и циклическим процессом, не может быть оценено во всех случаях путем определения коэффициента корреляции, так как при воздействии волнового процесса на циклический, во втором, может наблюдаться удвоение частоты. Это связано с тем, что оба полупериода волны несут равную энергию. Например, если рассматривать воздействие гравитационной волны на сейсмическую активность, то можно говорить об удвоении частоты сейсмической активности, так как изменение формы Земли в противоположных направлениях, вызванное разными полупериодами гравитационной волны, приведет в обоих случаях к повышению напряжений в земной коре и, соответственно, к повышению сейсмической активности.

Нами дается следующая трактовка физической сути волнового и циклического процессов с точки зрения их основных отличительных особенностей.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

Волновым является физический процесс, сопровождающийся знакопеременными отклонениями физической величины от условно нулевого (среднего) значения, в котором равные по амплитуде положительные и отрицательные отклонения являются равнозначными по энергии, но противоположными по знаку.

Циклическим является физический процесс, сопровождаемый периодически сменяющимся повышением и понижением физической величины одного знака относительно нулевого (минимального) значения.

Ниже приводится таблица 2 с приведенными примерами природных процессов волнового и циклического характеров.

Таблица 2

№ п.п.	Наименование природных циклических процессов	Наименование природных волновых процессов
1	Солнечная активность	Электромагнитные, сейсмические, акустические излучения.
2	Колебания уровней морей и океанов	Квадрупольное знакопеременное изменение метрических параметров тел в поле проходящей гравитационной волны.
3	Сейсмическая активность	Лунно-солнечные приливы и отливы
4	Вулканическая активность	Знакопеременные вертикальные тектонические движения
5	Периодичность в проявлении цунами	Периодические изменения радиуса Земли
6	Вариации выпадения метео-осадков	Вариации длительности земных суток
7	Процесс седиментации	Знакопеременные вариации напряженного состояния земной коры (сжатие-растяжение)

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

2.3.4. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ИЗВЕРЖЕНИЯХ ВУЛКАНОВ МИРА

Различными исследователями делались неоднократные попытки выявления периодичности как грязевых Г.П. Тамразян (1958), В.А. Горин (1971); Я.А. Гаджиев (1985); Р.Р. Рахманов (1982) и др., так и магматических В.И. Влодовиц (1966); И.И. Гущенко (1985); Chance A., Kelly (1979); М.Рампина (1985); Цирель С.В. и др. вулканов. При этом рассматривались либо вулканы отдельных регионов Земли, либо все магматические вулканы без учета их классификаций по геодинамическим типам А.Н. Земцов (1985). Оба подхода не позволили выявить объективность существующей закономерности в пространственно-временном распределении извержений вулканов, так как в первом случае деятельность вулканов отражает лишь локальные периоды тектонической активности отдельных регионов, а во втором случае прозрения активности различных типов вулканов накладываются друг на друга, тем самым, искажая истину.

Кроме того, согласно существующим представлениям, магматические и грязевые вулканы не связаны между собой генезисом и отражают различные геологические процессы, причем грязевой вулканизм связывается с локальными процессами, присущими конкретным регионам.

В предыдущих разделах нами было показано, что грязевые вулканы пространственно связаны с планетарными поясами сжатия Земли. Представляет большой интерес изучение изменений грязевулканической активности во времени.

Как указывалось выше, магматические вулканы делятся на четыре геодинамических типа: поясов сжатия Земли (тип «С»), океанских рифтовых зон (тип «ОР»), континентальных рифтовых зон (тип «КР»), океанский внутриплитный (тип «ОВ»). Вулканы разных геодинамических типов отличаются не только пространственным расположением, но и продуктами извержений. Так, если вулканизм поясов сжатия Земли является преимущественно андезитовым, то вулканизм поясов растяжения – базальтовым.

Вулканизм океанских рифтовых зон – это преимущественно толеитовый эфузивный вулканизм (например, Исландия, Азорские острова), тогда как вулканизм поясов сжатия Земли – это смешанный эксплозивно-эфузивный от основного до кислого, но преимущественно,

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

среднего состава (например, вулканы западного края Американского и восточного края Азиатского материков, а также прилегающих островных дуг, вулканизм Средиземного моря и т.д.).

Океанский внутриплитный вулканализм преимущественно эфузивный толеитовый до щелочно-базальтового (например, вулканы Гавайских островов, островов Зеленого мыса, Канарских островов). Континентальный рифтовый вулканализм является смешанным эксплозивно-эфузивным, щелочно-базальтовым с высоким содержанием фонолитовой или трахитовой составляющей (например, вулканы Восточной Африки и Красного моря).

Таким образом, различие в продуктах извержений вулканов разных геодинамических типов еще раз свидетельствует о необходимости раздельного изучения активизации каждого геодинамического типа вулканов.

В основу настоящих исследований лег принцип раздельного изучения каждого геодинамического типа вулканов. В таком аспекте проблема рассматривается впервые. Применяя описанную ранее методику, нами были выявлены скрытые периодичности в извержениях различных геодинамических типов вулканов.

На графике активности вулканов типа «С» (рис. 12) отчетливо выделились шесть циклов активизации длительностью в среднем 22 - 25 лет, попарно сгруппированные в три крупные цикла, каждый длительностью в среднем 45 - 50 лет. Каждый последующий сдвоенный цикл по абсолютной амплитуде выше предыдущего.

Ниже приводится график активности магматических вулканов типа С за период времени с 1800 по 2000 гг., построенный путем последовательного сглаживания временного ряда извержений вулканов 9 и 11-летними скользящими средними.

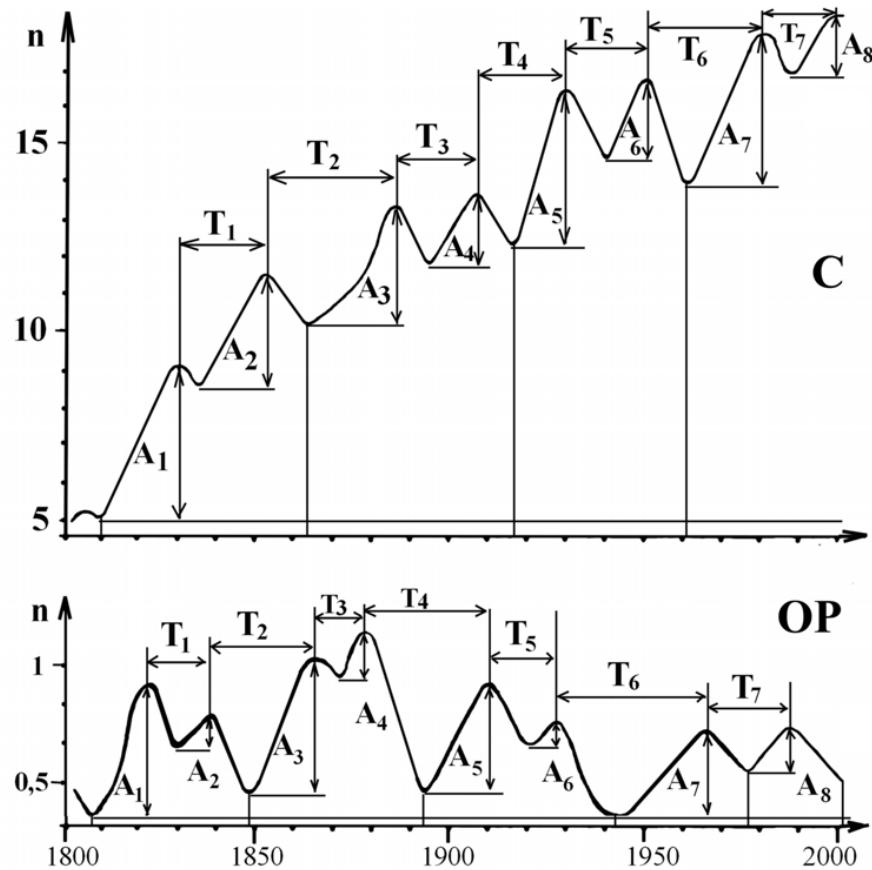


Рис.12. Графики активности магматических вулканов поясов сжатия Земли С и океанских рифтовых вулканов ОР с 1800 по 2000 годы.

$T_1 \dots T_n$ – периоды времени между максимумами циклов вулканической активности; $A_1 \dots A_n$ – относительные амплитуды циклов вулканической активности; n – число извержений вулканов;

Как видно из рис.12, закономерность в активности извержений вулканов типа С, полностью сохраняется и для всего рассматриваемого периода.

Для повышения достоверности выявленных циклов активизации нами была рассчитана периодограмма для извержений вулканов типа С методом максимальной энтропии на основе алгоритма Бурга.

На рис.12 показана периодограмма извержений вулканов типа С за период с 1800 по 2000 годы. Как видно из периодограммы, наиболее ярко выражена гармоника с периодом 22 года, представляющая собой усредненный период циклов вулканической активизации, выявленных на рис.13. В то же время, наличие менее выраженной гармоники 29 лет также указывает на то, что установленные периоды циклов варьируют в определенных пределах.

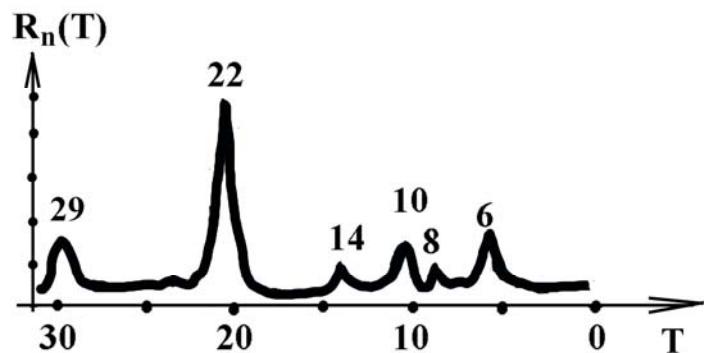


Рис.13. Периодограмма извержений вулканов типа С за период с 1800 по 2000 годы.

T – период, годы.

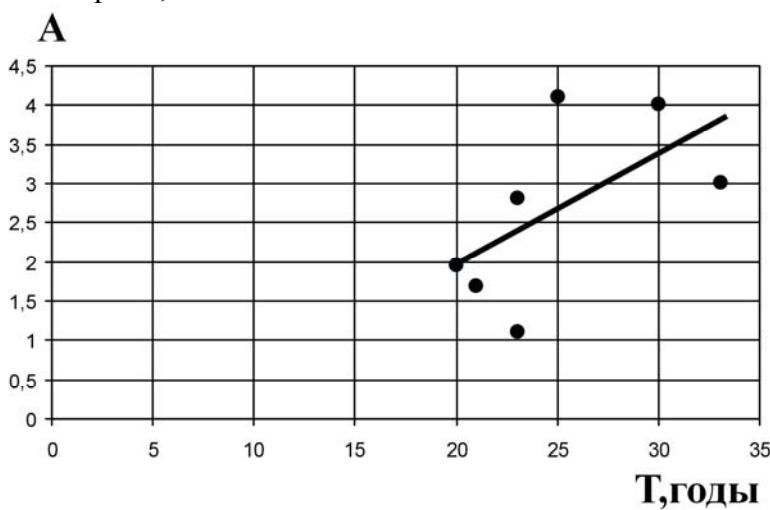


Рис.14. График зависимости периода между максимумами циклов вулканической активности T и относительной амплитудой последующего цикла активизации A .

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Так, на рис.14 приведен график зависимости периодов времени циклов активизации вулканов от относительных амплитуд следующих после них циклов активизации. Как видно из графика, чем длительнее период вулканического затишья, тем выше амплитуда последующей вулканической активности.

В таблице 3 приведены значения периодов между максимумами циклов вулканической активности (вулканического затишья) T и относительной амплитуды последующих циклов активизации A . Как видно из таблицы, значения, как T , так и A попеременно возрастают и убывают.

Таблица 3

Период, T	23	33	21	25	20	23	30
Амплитуда	2,8	3,02	1,67	4,11	1,96	1,1	4

Для наглядности вышеуказанной закономерности, нами был построен график зависимости периодов вулканического затишья от порядкового номера этих периодов, по возрастающей, рис.15. Как видно из графика, на нем совершенно однозначно выявились цикличность, отражающая попеременное возрастание и убывание периодов вулканического затишья.

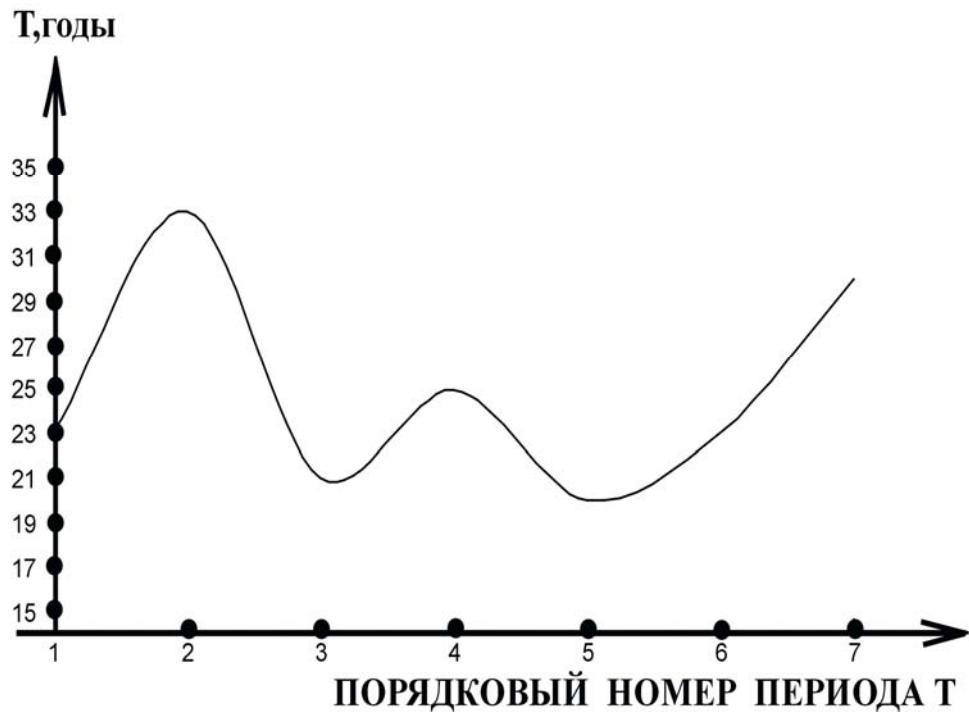


Рис.15. График зависимости периода вулканического затишья T от порядкового номера периода.

Аналогично вышеописанному графику, был составлен график зависимости относительных амплитуд циклов вулканической активности от порядкового номера относительных амплитуд, по возрастающей, рис.16. Как видно из графика, на нем также четко отображается циклический характер периодического увеличения и уменьшения значения относительных амплитуд циклов вулканической активности.

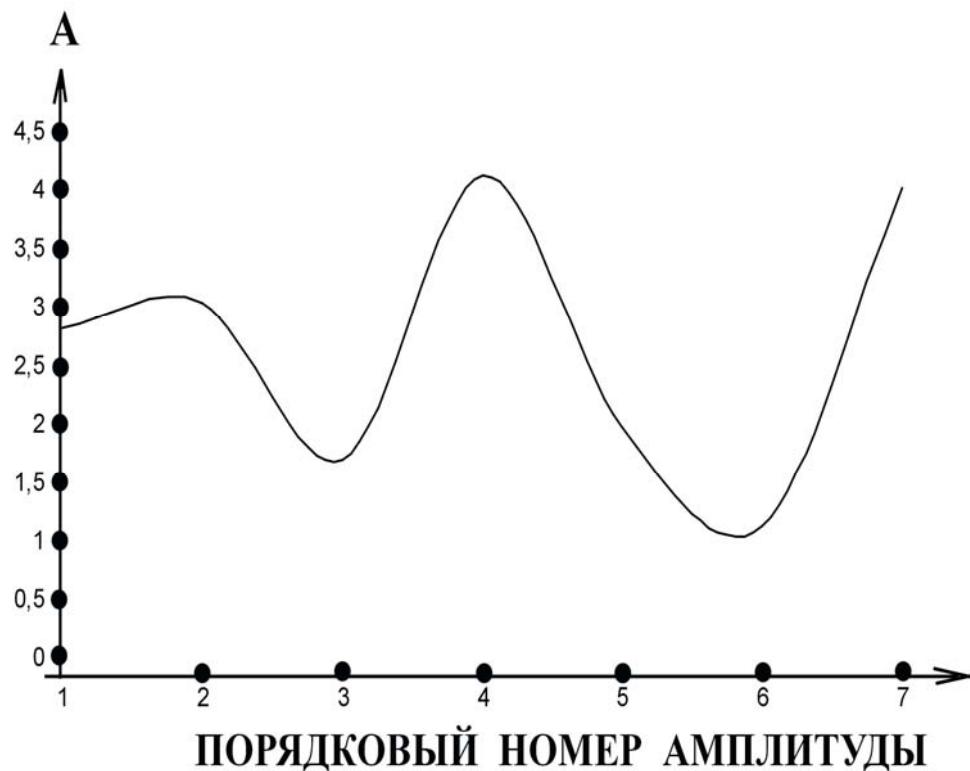


Рис.16. График зависимости относительных амплитуд циклов вулканической активности от порядкового номера амплитуды.

Таким образом, приведенные результаты исследований подтверждают основное положение научного открытия (Диплом № 239) о том, что степень активизации вулканов поясов сжатия Земли, также как и промежутки времени между максимумами вулканической активности, попеременно возрастают и убывают, при этом амплитуда циклов вулканической активности прямо пропорциональна периоду вулканического затишья предшествующему данному циклу рис.16.

В активизации вулканов типа «Гр» (рис.18) также отчетливо выделились три крупных цикла длительностью в среднем 44-45 лет, каждый из которых состоит из двух малых циклов продолжительностью в среднем 22 года, разделенных относительно неглубокими минимумами. Причем, также как и на графике активности вулканов типа

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

«С», здесь каждый последующий сдвоенный цикл по абсолютной амплитуде выше предыдущего.

Рассмотрим теперь график активности вулканов типа «ОР» (рис.12) На графике также выделились три крупных цикла продолжительностью в среднем 48 лет, содержащие два малых цикла, каждый продолжительностью в среднем 24 года. В отличие от вулканов типов «С» и «Гр», здесь II цикл (сдвоенный) выше I и III (сдвоенных) по абсолютной амплитуде, тогда как последние имеют применено одинаковую абсолютную амплитуду.

Для более детального анализа рассмотрим соотношение периодов амплитуд. Из таблицы 4 видно, что значения относительных амплитуд (An , An' An''), характеризующих степень активизации вулканов (типов «С», «Гр», «ОР») в каждом цикле, также как и промежутки времени между максимумами циклов (T_n , T_n' , T_n''), попеременно возрастают и убывают.

Таблица 4

№ п	Вулканы типа «С»		Вулканы типа «Гр»		Вулканы типа «ОР»	
	T (годы)	An	T (годы)	An'	T (годы)	An''
1	23	2,8	17	0,82	15	0,67
2	33	3,02	25	0,14	28	0,15
3	21	1,67	17	1,67	12	0,65
4	25	4,11	27	0,84	32	0,21
5	20	1,96	15	1,76	18	0,55
6	23	1,1	-	0,18	-	0,15

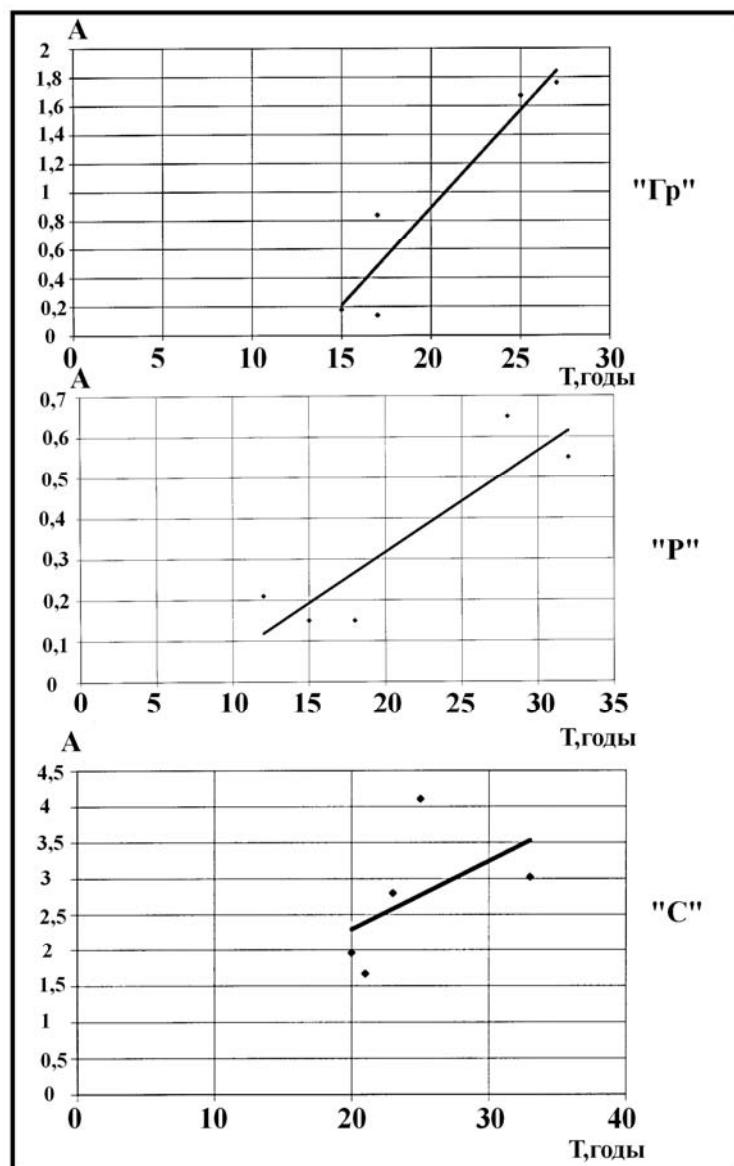


Рис.17. График зависимости периода между максимумами циклов вулканической активности T и относительной амплитудой последующего цикла активизации A для вулканов типов Гр, Р и С.

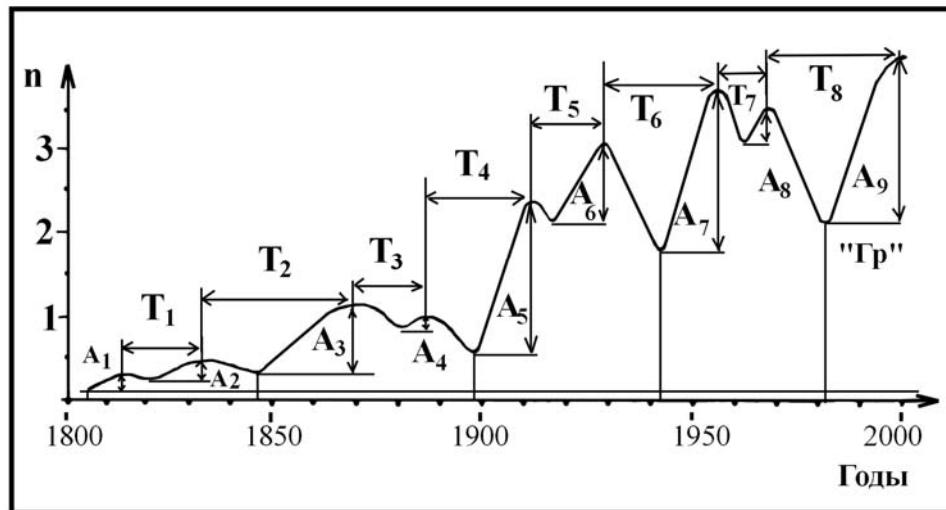


Рис.18. График активности вулканов типа «Гр».
T₁–T₈ – периоды между циклами активизации вулканов;
A₁–A₉ – относительные амплитуды циклов активизации.

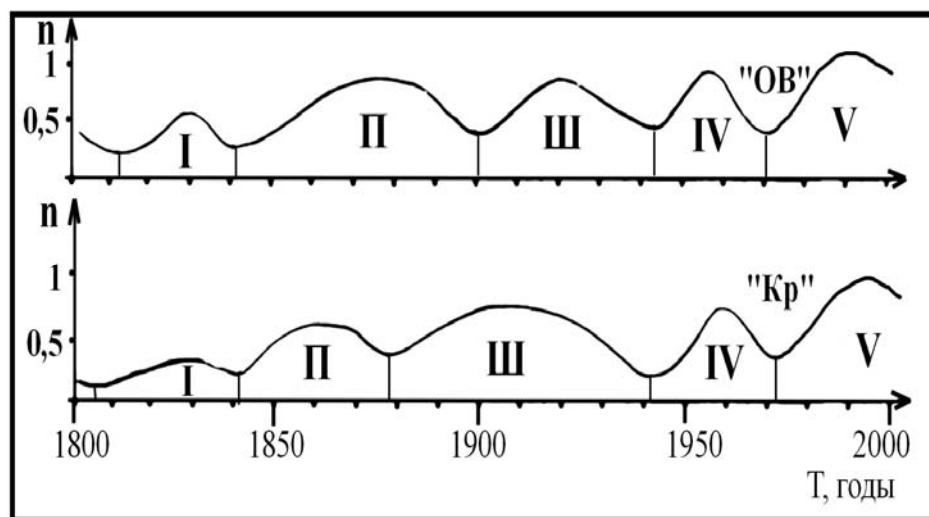


Рис.19. Графики активности вулканов типа ОВ и КР.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Активность вулканов типов «ОВ» и «КР» имеет идентичный характер, причем оба геодинамических типа вулканов имеют четыре цикла активизации за период времени с 1800 до 2000 гг. Примечательно также, что I и IV циклы активизации вулканов обоих типов совпадают во времени (рис. 19).

Выявление описанной выше периодичности извержений вулканов производилось посредством линейного преобразования исходного ряда.

Для проверки достоверности выявленных закономерностей в извержениях вулканов нами был произведен расчет спектральной плотности методом максимальной энтропии для активности каждого геодинамического типа вулканов. Для этой цели на основе алгоритма Бурга была составлена компьютерная программа, по которой были рассчитаны спектральные плотности извержений вулканов (рис.20).

Большую важность при оценке функции спектральной плотности с использованием метода максимальной энтропии, имеет выбор оптимального числа рекурсий (длины фильтра). Считается, что при реализации алгоритма Бурга оптимальным является число рекурсий, составляющее, примерно, 20-50% от числа членов анализируемого ряда.

Методика расчета спектральной плотности была описана ранее и заключалась в следующем. По составленной программе рассчитывались спектры извержений каждого геодинамического типа вулканов в отдельности. При этом наиболее сложной задачей явился выбор оптимального числа рекурсий (длины фильтра) для каждого типа вулканов. С этой целью начальная длина фильтра была взята постоянной и равной 15, а конечная длина менялась от 50 до 95 с шагом изменения длины фильтра, равным 5.

Таким образом, для каждого геодинамического типа вулканов было рассчитано 10 вариантов спектра при разных значениях длины фильтра. Полученные спектры тщательно анализировались и выбирались те варианты длины фильтра, при которых спектр носил устойчивый характер, а основные его элементы сохранялись и при других вариантах длины фильтра.

Таким образом, достигалась максимальная объективность при расчетах спектров извержений каждого геодинамического типа вулканов.

Полученные периодограммы с целью фильтрации незначительных флюктуаций сглаживались 7-летними скользящими средними.

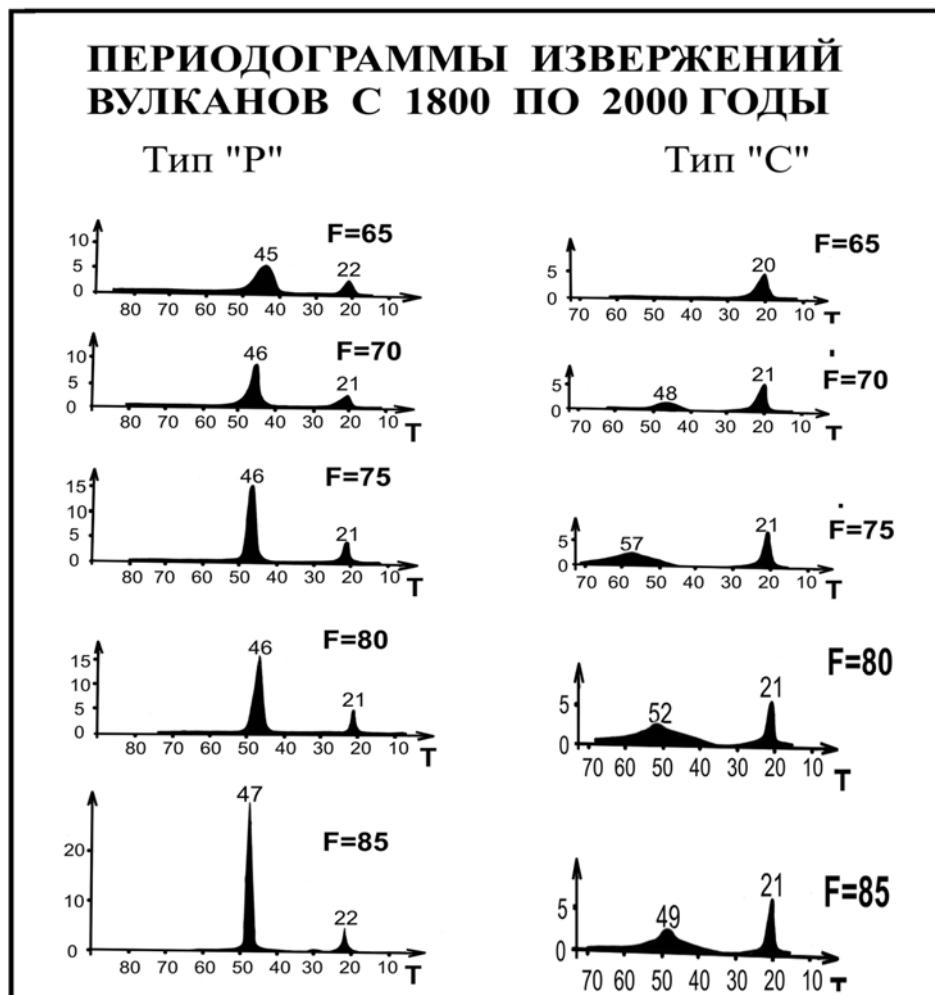


Рис.20. Периодограммы извержений вулканов типов С и Р рассчитанные методом максимальной энтропии при различных длинах фильтра.

На рис. 20 приведены спектры вулканов типов «С» и «Р». Тип «Р» является обобщенным для океанских и континентальных рифтовых вулканов и отражает геодинамические процессы в поясах растяжения Земли в целом. Как видно из рис. 20, на всех спектрах отчетливо выделились две гармоники периодом – 46-52 года и 21-22 года.

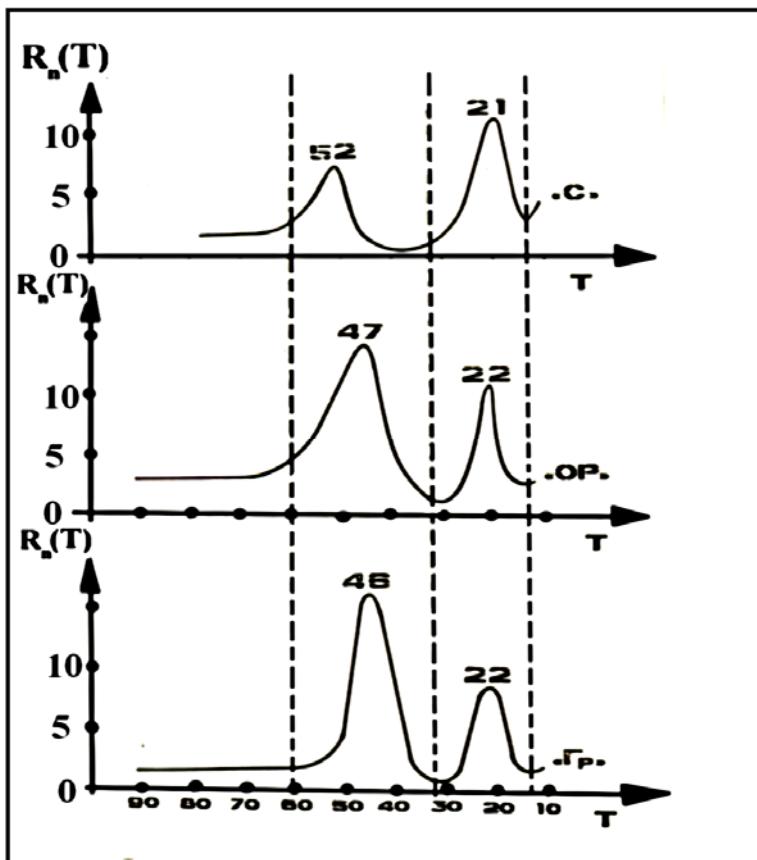


Рис.21. Периодограммы извержений вулканов типов «С», «ОР» и «Гр» с 1800 по 2000 гг.

В то же время, при сравнении периодограмм вулканов типов «С», «ОР» и «ГР» была выявлена высокая корреляция, рис.21.

Условно назовем гармонику периодом 46-52 года гармоникой первого порядка, а гармонику 21-22 года – второго порядка. Эти гармоники нами были выделены при линейном преобразовании исходного ряда.

Сравнение всех спектров не оставляет сомнений в идентичности характера цикличности извержений вулканов типов «С» и «Р».

Были также рассчитаны и построены спектры извержений вулканов типов «ОВ» и «КР». На рис. 22 в извержениях вулканов типов

«ОВ» и «КР» выделены гармоники с периодами соответственно 42 и 52 года.

Периоды выделенных гармоник в спектрах обоих типов вулканов имеют один порядок, а сходство их форм свидетельствует об идентичности характеров активности вулканов.

Таким образом, анализ спектральных плотностей данных извержений вулканов подтвердил установленную закономерность постстранственно-временного распределения извержений вулканов.

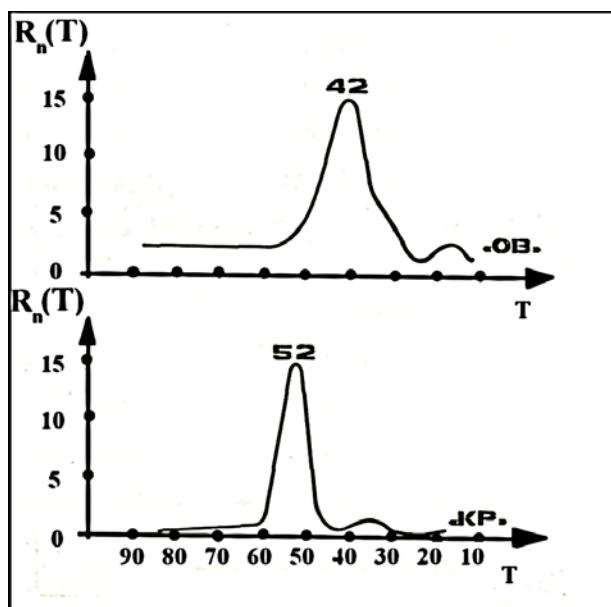


Рис.22. Периодограммы извержений вулканов типов «ОВ» и «КР» с 1800 по 2000 гг.

Как указывалось в предыдущих разделах, расчет спектральной плотности извержений вулканов каждого геодинамического типа в отдельности производился по специальной методике. Методика заключалась в том, что периодограммы рассчитывались при всех объективно возможных вариантах длины фильтра, что позволяло исключить необъективность либо случайность результата при расчете спектральных плотностей и выявлении скрытых периодичностей. На рис.20 показаны периодограммы извержений вулканов типов «С» и «Р» с 1800 по 2000 годы, рассчитанные при различной длине фильтра. Приведенные периодограммы не сглаживались, а тренд при расчетах не удалялся. Как

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

видно из рис. 22, для вулканов всех типов при изменении длины фильтра ($\Delta\Phi$) от 60 до 80 с шагом 5 происходит уменьшение ширины спектров и увеличение их амплитуды, т.е. периодограмма становится более четкой, причем значение гармоники 22 года не меняется при разной длине фильтра вплоть до $\Delta\Phi$ -75, а значение гармоники 44 года при $\Delta\Phi$ -70 и $\Delta\Phi$ -75 становится равным 46-48 годам, тогда как при $\Delta\Phi$ -80 принимает значение 46-52 года.

Для извержений вулканов типа «С» при $\Delta\Phi$ -65 четко выявляется гармоника в 20 лет, затем при $\Delta\Phi$ -70 появляется гармоника 48 лет с незначительной амплитудой, а первая смещается на 1 год (21 г), при дальнейшем увеличении длины фильтра происходят смещения значений второй гармоники (48 лет) в большую или меньшую сторону от 48 до 57 лет. Гармоника с периодом 21 год при изменении длины фильтра от 70 до 100 остается постоянной, меняется только форма спектра – увеличивается его амплитуда и уменьшается ширина. Наиболее четкие формы принимает периодограмма при $\Delta\Phi$ -90, при этом четко выявляются две гармоники – 21 год и 52 года.

Для извержений вулканов типа «Р» при всех значениях длины фильтра совершенно отчетливо выявляются две гармоники – 21-22 года и 45-46 лет, причем по мере увеличения длины фильтра от 65 до 85 ширина спектров уменьшается, а амплитуда увеличивается. Наиболее четкая картина наблюдается при $\Delta\Phi$ -75 и $\Delta\Phi$ -80.

Как видно из приведенных данных, используемая в настоящей работе методика анализа периодограмм позволяет с максимально возможной объективностью выявлять скрытую периодичность в извержениях всех геодинамических типов вулканов.

При расчетах спектров тренды не удалялись в связи с тем, что, как справедливо отмечено в работе В.М. Киселева (1980), возможна неоднозначность результата при удалении линейного тренда, так как не всегда ясно, что в действительности удаляется.

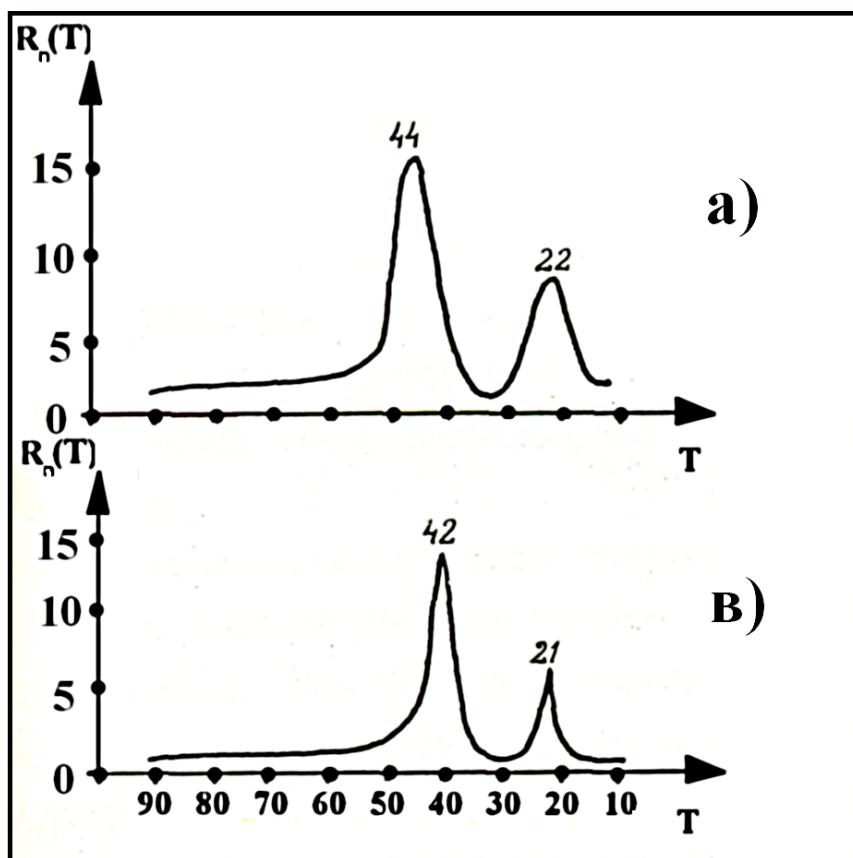


Рис.23. Периодограммы извержений вулканов типа «Гр»
 а) до удаления прямолинейного тренда; б) после удаления
 прямолинейного тренда.

Кроме того, как показали проведенные нами расчеты, удаление прямолинейного тренда не оказывает существенного влияния на полученные результаты – меняется лишь амплитуда спектров и на 1-2 года смещаются периоды гармоник (рис. 23). Вместе с тем, как известно, метод ММЭ является наиболее эффективным, когда периоды выделяемых гармоник значительно меньше длины ряда, в этом случае снятие тренда не оказывает существенного влияния на полученные результаты, что имеет место и в наших исследованиях.

С целью проверки того, насколько установленная цикличность в извержениях различных геодинамических типов вулканов сохраняется

и в отдельных регионах – составных частях этих типов вулканов, нами были проведены следующие исследования.

Извержения вулканов типа «С» исследовались с 1800 по 2000 годы самостоятельно по каждому из регионов.

На рис. 24 показаны периодограммы извержений вулканов типа «С» по каждому из вышеперечисленных регионов, рассчитанные по вышеописанной методике ММЭ. На всех периодограммах отчетливо выделялись две гармоники – первого порядка с периодом 39-55 лет и второго порядка с периодом 21-28 лет. (табл. 5).

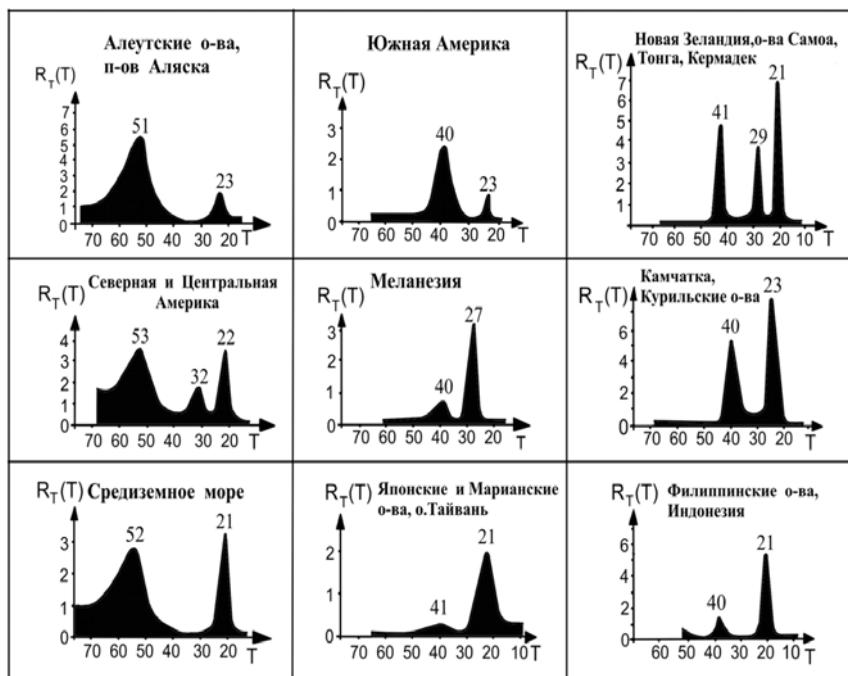


Рис.24. Периодограммы извержений вулканов типа «С» для различных вулканических регионов.

Наибольшую схожесть по величине периодов гармоник первого и второго порядка проявляют периодограммы извержений вулканов регионов №№ 2, 3 и 6, а также регионов №№ 1, 4, 5, 7, 8, 9. В вулканических регионах № 3 и № 8, помимо двух основных гармоник, менее интенсивно проявляются гармоники 32 года и 29 лет, которые не выявляются в извержениях вулканов других регионов и, по нашему мнению, являются случайными.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

Таблица 5

№ п	Наименование вулканического региона	Величина периодов гар- моник (годы)		
		1-го поряд- ка	2-го порядка	Про- чие
1	Южная Америка	39	23	-
2	Алеутские острова, полуостров Аляска	53	23	-
3	Северная Америка, Центральная Америка	54	22	32
4	Японские и Марианские острова, о. Тай- вань	41	23	-
5	Филиппинские острова, Индо- незия	39	21	-
6	Средиземное море	55	21	-
7	Камчатка, Курильские острова	40	25	-
8	Острова Самоа, Тонга, Кермадек, Новая Зеландия	41	21	29
9	Меланезия	40	28	-
	В среднем	45	23	30,5

Как видно из таблицы № 5 и рис. 24 из девяти рассмотренных регионов в 7 регионах гармоники II порядка имеют период 21-23 года, в одном регионе № 7 (Камчатка, Курильские острова) – 25 лет и в регионе № 9 (Меланезия) – 28 лет.

Таким образом, как видно из результатов проведенных исследований, в извержениях вулканов типа «С» всех вулканических регионов выявлены две гармоники – первого порядка с периодом в среднем 44 - 45 лет и второго порядка с периодом в среднем 22 - 23 года, что подтверждает сделанный вывод о наличии подобной цикличности в целом для извержений вулканов геодинамического типа «С».

Проведение объективных и статистически корректных исследований вулканической активности по отдельным регионам других типов вулканов не представляется правомерным в связи со сравнительной малочисленностью вулканов типов «ОР», «ОВ», «КР», «Гр».

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

С целью проверки достоверности и объективности установленных закономерностей извержений вулканов для различных интервалов времени, нами были дополнительно проведены следующие исследования. Для вулканов типа «С» был проанализирован временной ряд извержений с 1500 по 1800 годы путем линейного преобразования исходного ряда методом скользящей средней (МСС).

Сглаживание реальных чисел извержений вулканов производилось при различных интервалах сглаживания, причем было использовано десять вариантов сглаживания: 3; 3-3; 3-5; 5-6; 5-7-9; 3-5-7; 9-9; 7-9-11 (где значение числа в каждом варианте сглаживания – есть величина интервала усреднения).

После каждого варианта сглаживания полученные результаты анализировались, причем для каждого геодинамического типа вулканов определялся коэффициент корреляции между последующим и предыдущим вариантом, тем самым оценивалась степень эффективности подавления высокочастотных составляющих и степень изменения характера результатов в зависимости от величин интервалов сглаживания и их числа.

Коэффициенты корреляции между результатами сглаживания в вариантах: 5-7-9; 9-9; 9-11 находятся в пределах 0,98-0,99. Это свидетельствует о том, что дальнейшая фильтрация не приведет к изменениям в полученных результатах.

На рис. 25 показан график активности вулканов типа «С» с 1500 по 1800 годы, построенный по дважды скользящим девятилеткам.

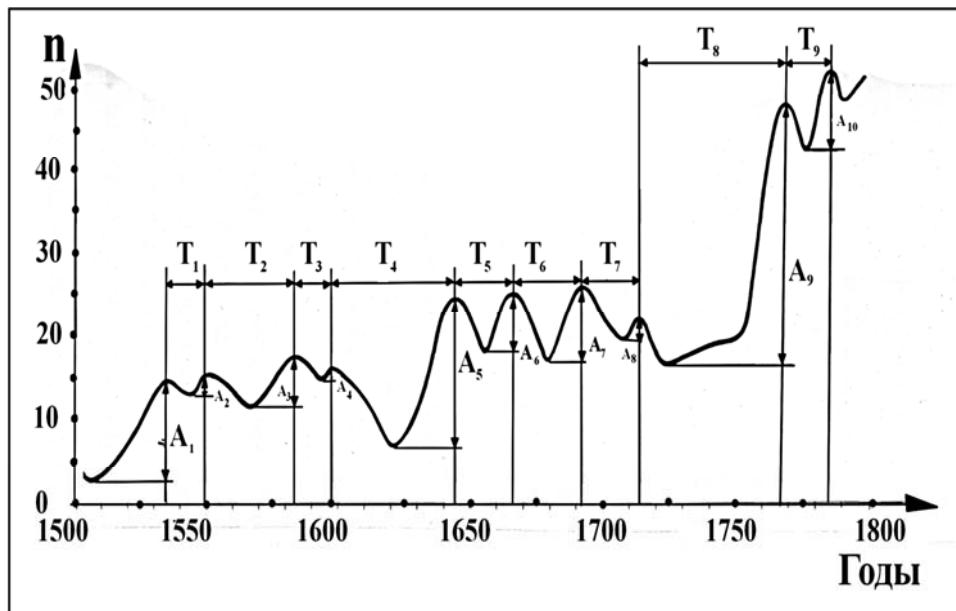


Рис.25. График активности вулканов типа «С» с 1500 по 1800 годы

Как видно из графика, отчетливо выявляются циклы с периодами 22-27 лет, попарно сгруппированные в более крупные циклы с периодом 45-55 лет, причем время между максимумами циклов вулканической активности, также как и степень активизации вулканов A_n возрастают и убывают (табл. 6).

Таблица 6

№№ пп	A_n	T_n (годы)
1	1,15	14
2	0,3	35
3	0,46	14
4	0,07	46
5	1,60	22
6	0,60	26
7	1,65	22
8	0,08	54
9	3,9	16
10	0,92	

Для наглядности в таблице 6 приведены значения соотношений относительных амплитуд и промежутков времени между максимумами вулканической активности, вычисленные по формулам:

$$\frac{A_{n-1}}{A_n} - 1 \quad \frac{T_{n-1}}{T_n} - 1 \quad (2.5)$$

где T_n - промежуток времени между максимумами вулканической активности; A_n - относительные амплитуды циклов активизации.

На рис.26. приведено графическое изображение данных таблицы 7. Как видно из графика, попеременное чередование положительных и отрицательных значений вычисленных соотношений свидетельствует о том, что характер цикличности извержений вулканов типа «С» за период с 1500 по 1800 годы полностью совпадает с таковым за период времени с 1800 по 2000 годы. Следовательно, установленный характер цикличности извержений вулканов типа «С», описанный ранее за период с 1800 по 2000 годы, сохраняется и в более ранние годы, а в общей сложности, в течение рассмотренных 500 (с 1500 по 2000 годы) лет, что свидетельствует о достоверности сделанных выводов.

Таблица 7

№№ пп	Вулканы типа «С»	
	$(A_{n-1}/A_n) - 1$	$(T_{n-1}/T_n) - 1$
1	2,83	- 0,60
2	- 0,35	1,5
3	5,57	-0,69
4	- 0,96	1,09
5	1,67	- 0,15
6	- 0,64	0,18
7	20,6	- 0,59
8	- 0,97	2,38
9	2,36	

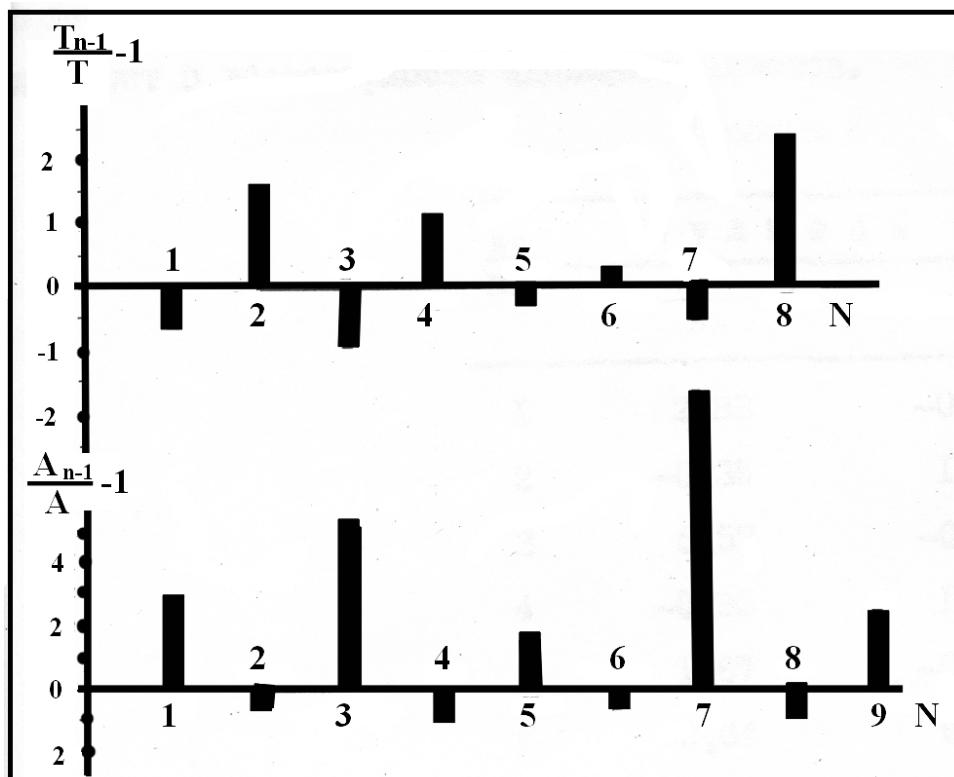


Рис.26. Графическое изображение данных таблицы 7.

Исследование методом скользящей средней временных рядов извержений вулканов других типов («ОР», «КР», «Гр», «ОВ») с 1500 по 2000 годы не будет являться корректным в связи с их малочисленностью и неполнотой данных по их извержениям в указанный период времени.

При незначительном количестве вулканов указанных типов утеря информации об их извержениях за ранний период (с 1500 по 2000 годы) может составить ощутимую долю от общего числа извержений, что окажет весьма существенное влияние на статистическую достоверность и корректность сделанных выводов.

В тоже время количество вулканов типа «С» велико, расположены они, в основном, в населенных в рассматриваемое историческое время районах, что позволяет утверждать, что утеря информации об их

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

извержениях с 1500 по 1800 годы не столь велика по сравнению с общим числом их извержений и не оказывает существенного влияния при изучении характера их активности как стохастического процесса.

В то же время для оценки справедливости установленных пространственно-временных закономерностей извержений вулканов для любых отрезков времени нами были проведены дополнительные исследования, суть которых заключалась в следующем.

Временные ряды извержений всех типов вулканов были нами разбиты на отрезки времени продолжительностью не менее 100 лет, при этом для вулканов типа «С» был исследован временной ряд извержений общей продолжительностью с 1500 по 2000 годы, для вулканов типов «КР», «ОВ», «Гр» с 1800 по 2000 годы, для вулканов типа «ОР» с 1700 по 2000 годы.

Рассмотрим периодограммный анализ извержений вулканов типа «С» за различные интервалы времени. Так, изучаемый период времени с 1500 по 2000 годы был условно разбит на интервалы времени продолжительностью 100 лет (1500-1600, 1600-1700, 1700-1800, 1800-2000 гг.), причем последний изучаемый интервал времени равен 200 годам.

Выбор величины изучаемых интервалов времени (не менее 100 лет) объясняется тем, что метод максимальной энтропии эффективен только при значительной длине ряда, превышающей периоды выделяемых гармоник не менее, чем в 2 раза, причем чем больше длина ряда, тем выше эффективность ММЭ.

В то же время ММЭ эффективно работает только в том случае, если длина фильтра составляет 20-50% от числа членов анализируемого ряда, т.е. при длине ряда 100 лет длина фильтра наиболее эффективна в пределах от 20 до 50, при этом выделяемые нами гармоники также имеют периоды в промежуток от 20 до 50 лет. Меньшая длина временного ряда (менее 100 лет) не позволит выделить в извержениях вулканов гармоники 1-го порядка.

В таблице 8 приведены результаты периодограммного анализа извержений вулканов типов «С» и «Р» за различные интервалы времени. Как видно из рис. 27, временной ряд извержений вулканов типа «С» был разбит на пять интервалов.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

Таблица 8

Тип вулканов	№ пп	Интервал Времени (годы)	Величина периодов выделенных гармоник (годы)	
			I порядка	II порядка
«С»	1	1500-1600	53	22
	2	1600-1700	45	27
	3	1700-1800	39	22
	4	1800-1900	51	20
	5	1800-2000	52	21
В среднем			48 лет	22 года
«Р»	1	1700-1800	46	29
	2	1800-1900	44	21
	3	1800-2000	47	22
	4	1500-1800	46	29

В извержениях каждого из пяти интервалов были выделены гармоники первого порядка – 39-53 года (в среднем 48 лет) и второго порядка - 20-27 лет (в среднем 22 года).

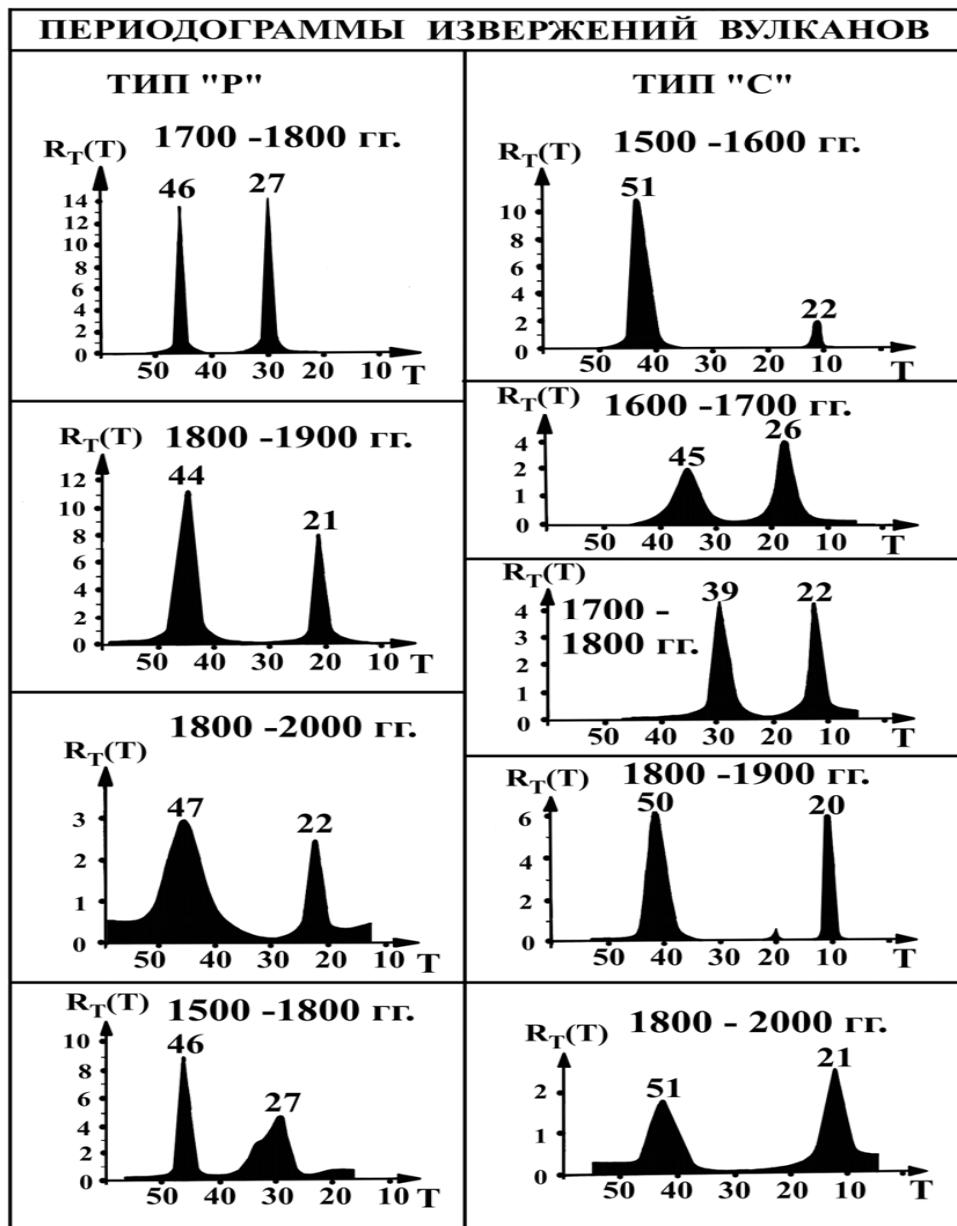


Рис.27. Периодограммы извержений вулканов типов «Р» и «С» за различные интервалы времени.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Временной ряд извержений вулканов типа «Р» был разбит на четыре интервала, причем два изучаемых интервала имеют продолжительность по 100 лет (1700-1800 гг. и 1800-1900 гг.), один временной интервал продолжительностью 200 лет (1800-2000 гг.) и один временной интервал – 300 лет (1500-1800 гг.). В извержениях вулканов типа «Р» всех изучаемых интервалов времени были выявлены две гармоники – первого порядка с периодом 44-47 лет (в среднем – 46 лет) и второго порядка – 21-29 лет (в среднем 25 лет).

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что выявленные в извержениях вулканов типов «С» и «Р» гармоники первого и второго порядков справедливы для различных интервалов времени, что подтверждает достоверность ранее сделанных выводов.

Проведенные нами дополнительные исследования позволили прийти к следующим основным выводам:

1. Установленная закономерность пространственно-временного распределения извержений вулканов справедлива и для отдельных вулканических регионов в зависимости от их приуроченности к тому или иному геодинамическому типу.

2. Установленная закономерность в извержениях вулканов сохраняется независимо от выбора исследуемого интервала времени.

Установленную закономерность в пространственно-временном распределении извержений вулканов можно объяснить следующим образом.

В период активизации океанского рифтогенеза повышается активность вулканов типа «ОР», при этом по обе стороны от рифтовых зон океанская литосфера подвергается сильному сжатию. Волна сжатия перемещается от рифтовых зон к противоположным границам плит, после которых повышается тектоническая активность поясов сжатия Земли. Это, в свою очередь, приводит к повышению активности вулканов «С» и «Гр». Однако, если для активизации вулканов типа «С» необходимо достаточно длительное воздействие сжатия, чтобы произвести тектонические подвижки в литосфере (которая на континентах имеет огромную мощность) и спровоцировать извержение, то для вулканов типа «Гр», связанных непосредственно с зонами АВПД в осадочной толще, сравнительно незначительные тектонические подвижки в верхних слоях литосферы могут вызвать повышение АВПД и

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

извержения грязевых вулканов. Этим можно объяснить смещением по фазе графиков активности вулканов типов «С» и «Гр».

Континентальный рифтовый вулканизм отражает процесс растяжения континентальной литосферы Земли. Однако, если в океанских поясах рифтогенеза происходит растяжение тонкой литосферы, чутко реагирующей на сравнительно незначительные напряжения, то в континентальных рифтовых зонах осуществляется растяжение и разрыв мощной континентальной литосферы. В связи с этим, естественно, что процесс континентального рифтогенеза является более инертным и литосфера реагирует только на значительные напряжения, что накладывает свой отпечаток на характер цикличности вулканов типа "КР", в которой отражаются только крупные циклы активизации.

Что касается вулканов типа «ОВ», то об их образовании и деятельности в настоящее время наиболее популярной является гипотеза горячих точек, мантийных плюмов. Эта гипотеза была сформулирована более 40 лет назад Т. Вильсоном (Wilson J. T., 1963 г.) и в настоящее время продолжает разрабатываться.

Выявленная цикличность в деятельности вулканов типа «ОВ» позволяет сделать вывод о непосредственной связи внутриплитного вулканизма с глобальными геологическими процессами, воздействующими на активизацию вулканов других типов, в частности, на активизацию континентального рифтового вулканизма.

Отсутствие более мелких циклов в активности вулканов типа «ОВ» можно объяснить также инертностью наиболее стабильных участков литосферы – внутренних частей плит, в результате чего происходит как бы естественное сглаживание влияния тектонических процессов на извержения вулканов типа «ОВ».

Установленная закономерность пространственно-временного распределения извержений вулканов вносит существенные изменения в существующие представления о вулканической активности Земли и закономерностях глобальных геодинамических процессов.

Открытие данной закономерности позволяет пересмотреть существующие представления о глобальных геодинамических процессах, в частности, о процессах растяжения и сжатия литосферы и их влиянии на изменения угловой скорости вращения Земли, о механизмах накопления и разрядки напряжений в тектонически активных зонах, о связи деятельности грязевых вулканов с глобальными геодинамическими

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

процессами и соотношениях деятельности различных типов вулканов и т.д.

Растяжение и сжатие литосферы, безусловно, оказывают влияние на многие геологические и космические процессы, в частности, на изменение угловой скорости вращения Земли.

Установление настоящей закономерности показало, что грязевой вулканизм, связан с глобальными геодинамическими процессами и по характеру периодичности сходен с магматическими вулканизмом поясов сжатия Земли. Этот вывод вкорне меняет сложившиеся представления о локальности проявлений грязевых вулканов.

Кроме того, установлено, что магматические вулканы океанских рифтовых зон, поясов сжатия Земли и грязевые вулканы обнаруживают идентичную периодичность извержений.

В то же время, активность магматических вулканов континентальных рифтовых зон и океанских внутриплитных также имеет идентичный характер, что противоречит сложившимся представлениям, согласно которым океанские и континентальные рифтовые вулканы должны иметь идентичный характер периодичности, так как и те, и другие связаны с процессами рифтогенеза, тогда как деятельность океанских внутриплитных вулканов должна носить сугубо локальный характер.

Установленная закономерность позволила выяснить, что степень активизации вулканов океанских рифтовых зон, поясов сжатия Земли и грязевых вулканов пропорциональна времени вулканического «затишья», т.е. чем больше время между максимумами активизации вулканов, тем выше степень последующей активизации.

Этот вывод имеет чрезвычайно важное значение и может быть использован для прогнозирования вулканической активности.

2.3.5. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ПРОЯВЛЕНИЯХ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Изучением закономерностей проявлений современной сейсмической активности Земли занимались многие исследователи. Х.Беньофф впервые построил кумулятивные кривые высвобождающейся энергии деформации за определенный период времени для неглубоких землетрясений всего земного шара (рис. 28) Х. Беньофф (1951, 1955). Он оп-

ределил, что корень квадратный энергии, выделяемой при землетрясении, пропорционален высвобождающейся при этом деформации.

Б.Гутенбергом и Рихтером (1954) получены уравнения, связывающие магнитуды землетрясений с их повторяемостью:

$$\lambda = \alpha \cdot e^{-\beta \mu} \quad (2.6)$$

где: λ – среднее число землетрясений на единицу объема в единицу времени, имеющих магнитуду, превышающую M ; α и β – региональные константы α широко варьирует от точки к точке, а β получают при обработке данных землетрясений и этот параметр зависит от способности горных пород к локальному разрушению.

Из вероятностных моделей сеймичности наиболее часто применяется модель Пуассона (Л. Естеева 1981), основанная на предположении, что землетрясения происходят во времени в соответствии с пуассоновским процессом и что все M (магнитуды) независимы и одинаково распределены. Следовательно, вероятность того, что в течение интервала времени $(0, t)$ произойдет N землетрясений с магнитудой, превышающей M , равна

$$P_N = (\exp(-\nu_M t) \cdot (\nu_M t)^N) / N! \quad (2.7)$$

где ν_M – среднее число превышающей магнитуды M в данном объеме.

Так, С. Мей (1960) была построена кривая суммарной высвобожденной сейсмической энергии с 466 г. до настоящего времени для региона Кансю и Северного Китая. Это период, для которого информация о крупных землетрясениях является наиболее полной.

Сейсмическая активность в течение первого и последнего отрезков этого периода высока, но в течение 800 лет в период от 200 г. до 1000 г. н.э. сильные толчки почти полностью отсутствовали.

Как отметил О.Д. Гоцадзе (1973), если ограничиться рассмотрением одной сейсмогенной зоны, то для нее должны быть характерны и признаки периодичности «процесса накопления и высвобождения энергии деформации земной коры».

В своих работах А.Г. Гамбурцев и др. попытались выявить определенные циклы в современной сейсмичности Земли. Так, исследуя сейсмическую активность Фенноскандии и Кавказа, они установили наличие ритмов с периодами 2-3 года, 5-6 лет, 10-11 лет, 20 и 30 лет.

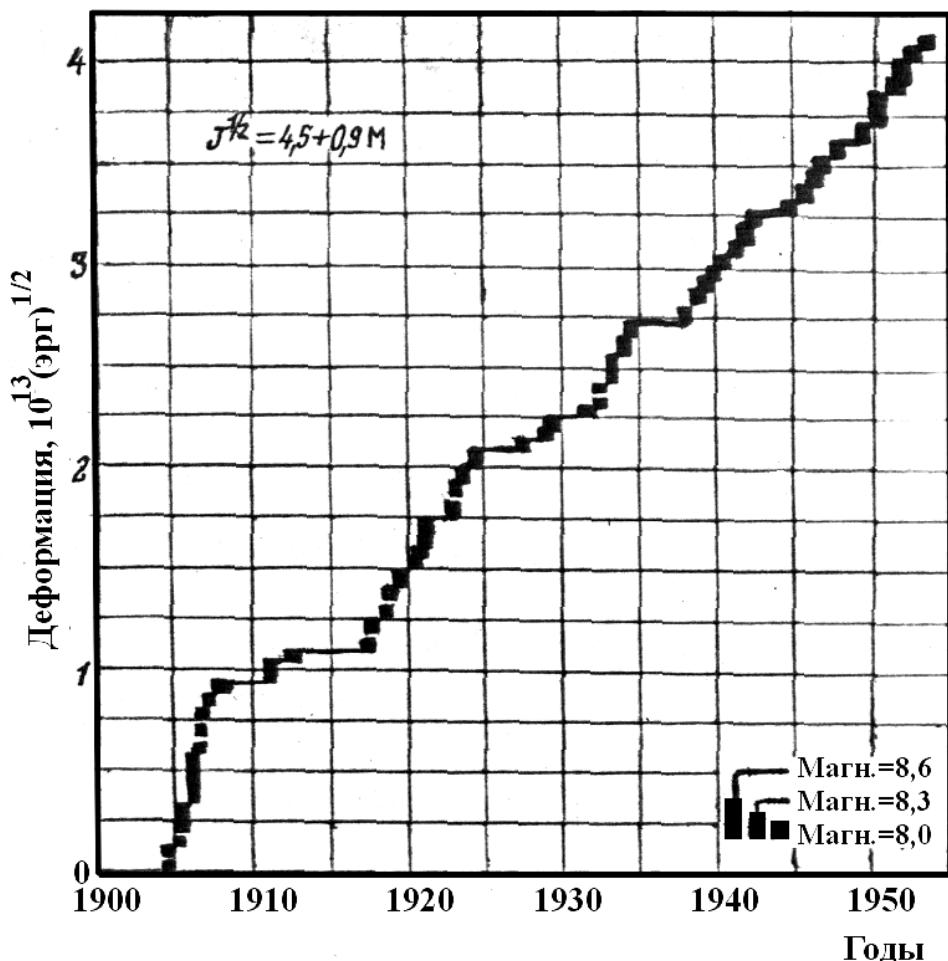


Рис.28. Высвобожденная деформация при неглубоких землетрясениях (в глобальном масштабе) по Беньофиу (1955).

Примечательно, что ритмы с периодами 10-11 лет и 20 лет подтверждают, ранее опубликованные нами исследования по выявлению циклов вулканической и сейсмической активностей.

В то же время, наличие выявленных А.Г. Гамбурцевым и др. ритмов с периодами 2 мес., 5 мес., 8 мес., 1 год, 2-3 года, 5-6 лет, и 8-9 лет, на наш взгляд, несколько сомнительно, и, по всей видимости, связано с особенностями выборов фильтров и других параметров при спектральном анализе временных рядов.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

По результатам спектрально-временного анализа Кондорская Н.В. и др. (2002) установили сейсмические режимы для Кавказа и окружающей территории. В частности, ими было обнаружено, что перед сильным землетрясением имеет место уменьшение суммарно выделившейся энергии и периода ее вариаций. Были выделены циклы с периодами: 5-10 лет; 2,5 -3 года; 0,9 -1,5 года; 8, 5, 4, 2, 3 – мес.

На наш взгляд, выделение такого большого числа циклов с близкими периодами может быть связано с наличием в полученном результате большой доли шумовой составляющей.

Нами были проведены исследования пространственно-временных особенностей распределения современной сейсмичности Земли, в основу которых положены следующие принципы. Все землетрясения были классифицированы на четыре геодинамических типа, по аналогии с вулканами, в зависимости от их приуроченности к тем или иным планетарным геодинамическим зонам: землетрясения поясов сжатия земли («С»); землетрясения океанские внутриплитные («ОВ»); землетрясения океанские рифтовые («ОР»); землетрясения континентальные рифтовые («КР»).

Каждый из указанных типов землетрясений отличается не только пространственной приуроченностью к различным геодинамическим зонам, но и своим механизмом. Так, в поясах сжатия Земли происходят землетрясения, очаги которых связаны с напряжениями горизонтального сжатия, оси которых направлены перпендикулярно к основным структурным элементам региона П.М Балакина (1967). В то же время, в очагах океанских и континентальных рифтовых землетрясений преобладают напряжения растяжения, оси которых направлены также перпендикулярно к основным структурным элементам земной коры (рифтам). Очаги землетрясений внутриплитных зон связаны с разными типами напряжений, включая сдвиговые, связанные, например, с трансформными разломами.

Проводимые нами исследования условно можно разделить на два этапа. На первом этапе использовались инструментальные данные о землетрясениях Земли с магнитудой < 7 , приведенные в каталоге землетрясений Мирового центра данных – Б2, составленного на основе каталогов Гутенберга-Рихтера и данных сейсмических служб США и СССР за период времени с 1902 по 1981 годы.

Для более позднего периода времени (до 2000 г) использовались каталоги МЦД и других источников, описанных в предыдущих разделах.

В процессе исследований была составлена программа выборки координат землетрясений из каталогов по заданным квадратам.

Ниже приведена таблица 9, в которой приведены значения координат угловых точек заданных квадратов для различных геодинамических типов землетрясений.

На рис. 29 показана карта с выделенными нами по границам координатной сетки геодинамическими зонами. Ограничение выделенных геодинамических зон линиями координатной сетки продиктовано необходимостью облегчения компьютерной обработки данных.

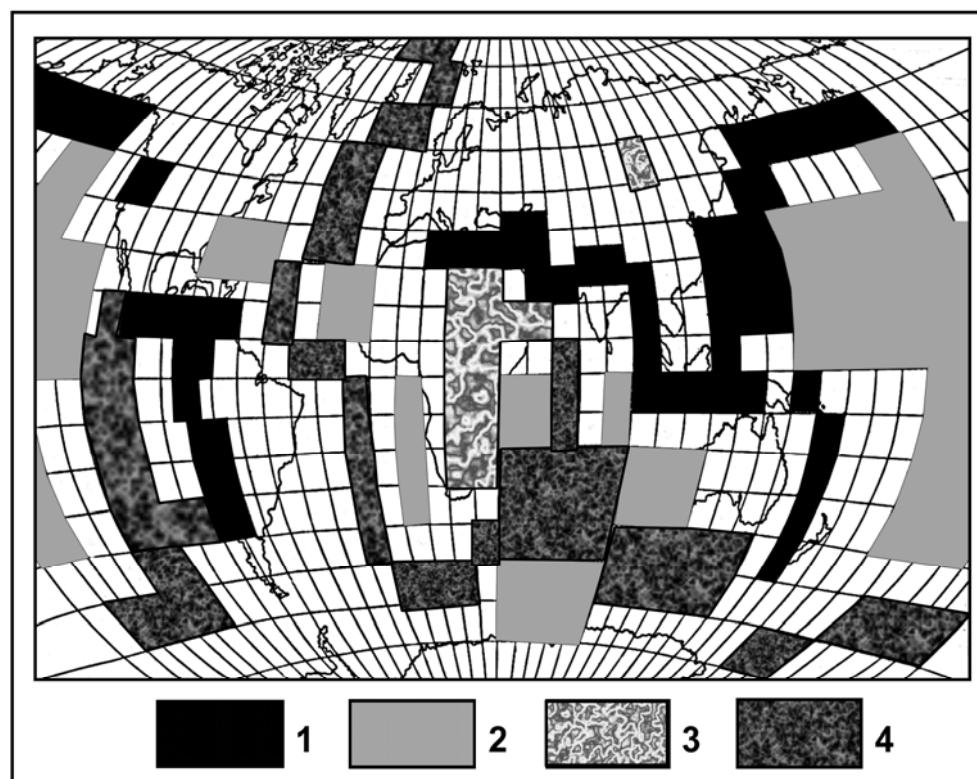


Рис.29. Карта геодинамических зон Земли.

1 – зоны сжатия Земли – тип С; 2 – океанские внутриплитные зоны – тип ОВ; 3 – континентальные рифтовые зоны – тип КР; 4 – океанские рифтовые зоны – тип ОР.

Надо отметить, что выборка землетрясений с $M < 7$ объясняется тем, что как показал анализ каталога землетрясений мира, подавляющее большинство землетрясений с $M \geq 7$ (более 90%) происходят в поясах сжатия Земли, на остальные же геодинамические пояса Земли приходится большое число землетрясений с $M < 7$. Таким образом, чтобы произвести статистический анализ землетрясений типов «ОР», «КР» и «ОВ», необходимо было использовать данные землетрясений с $M < 7$.

По описанной ранее методике, методом максимальной энтропии на основе алгоритма Бурга были рассчитаны периодограммы (спектральная плотность) для каждого геодинамического типа землетрясений за период времени с 1902 по 2000 годы.

Анализ спектральной плотности землетрясений различных геодинамических типов позволил выявить ряд особенностей.

**Значения координат угловых точек квадратов,
по которым производилась выборка землетрясений мира**

1. Землетрясения типа «С»

Таблица 9

№№ кв.		Координаты угловых точек квадрата			
		1	2	3	4
1	широта	60 с.ш.	60 с.ш.	50 с.ш.	50 с.ш.
	долгота	150 в.д.	180	180	150 в.д.
2	широта	60 с.ш.	60 с.ш.	50 с.ш.	50 с.ш.
	долгота	180	140 з.д.	140 з.д.	180
3	широта	50 с.ш.	50 с.ш.	40 с.ш.	40 с.ш.
	долгота	140 в.д.	160 в.д.	160 в.д.	140 в.д.
4	широта	40 с.ш.	40 с.ш.	10 с.ш.	10 с.ш.
	долгота	130 в.д.	150 в.д.	150 в.д.	130 в.д.
5	широта	40 с.ш.	40 с.ш.	0	0
	долгота	120 в.д.	130 в.д.	130 в.д.	120 в.д.
6	широта	0	0	10 ю.ш.	10 ю.ш.
	долгота	90 в.д.	140 в.д.	140 в.д.	90 в.д.
7	широта	30 с.ш.	30 с.ш.	0	0
	долгота	90 в.д.	100 в.д.	100 в.д.	90 в.д.
8	широта	35 с.ш.	35 с.ш.	25 с.ш.	25 с.ш.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Постранственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

	долгота	70 в.д.	90 в.д.	90 в.д.	70 в.д.
9	широта	30 с.ш.	30 с.ш.	20 с.ш.	20 с.ш.
	долгота	50 в.д.	70 в.д.	70 в.д.	50 в.д.
10	широта	45 с.ш.	45 с.ш.	30 с.ш.	30 с.ш.
	долгота	40 в.д.	60 в.д.	60 в.д.	40 в.д.
11	широта	10 ю.ш.	10 ю.ш.	50 ю.ш.	50 ю.ш.
	долгота	160 в.д.	170 в.д.	170 в.д.	160 в.д.
12	широта	0	0	10 ю.ш.	10 ю.ш.
	долгота	150 в.д.	160 в.д.	160 в.д.	150 в.д.
13	широта	50 с.ш.	50 с.ш.	40 с.ш.	40 с.ш.
	долгота	125 з.д.	110 з.д.	110 з.д.	125 з.д.
14	широта	20 с.ш.	20 с.ш.	10 с.ш.	10 с.ш.
	долгота	105 з.д.	60 з.д.	60 з.д.	105 з.д.
15	широта	10 с.ш.	10 с.ш.	0	0
	долгота	85 з.д.	70 з.д.	70 з.д.	85 з.д.
16	широта	0	0	10 ю.ш.	10 ю.ш.
	долгота	85 з.д.	75 з.д.	75 з.д.	85 з.д.
17	широта	10 ю.ш.	10 ю.ш.	40 ю.ш.	40 ю.ш.
	долгота	80 з.д.	65 з.д.	65 з.д.	80 з.д.
18	широта	40 с.ш.	40 с.ш.	30 с.ш.	30 с.ш.
	долгота	10 в.д.	40 в.д.	40 в.д.	10 в.д.

2. Землетрясения типа «ОР»

Таблица 10

№№ кв.		Координаты угловых точек квадрата			
		1	2	3	4
1	широта	20 с.ш.	20 с.ш.	10 с.ш.	10 с.ш.
	долгота	115 з.д.	105 з.д.	105 з.д.	115 з.д.
2	широта	10 с.ш.	10 с.ш.	0	0
	долгота	120 з.д.	100 з.д.	100 з.д.	120 з.д.
3	широта	0	0	60 ю.ш.	60 ю.ш.
	долгота	120 з.д.	100 з.д.	100 з.д.	120 з.д.
4	широта	30 ю.ш.	30 ю.ш.	40 ю.ш.	40 ю.ш.
	долгота	100 з.д.	80 з.д.	80 з.д.	100 з.д.
5	широта	50 ю.ш.	50 ю.ш.	60 ю.ш.	60 ю.ш.
	долгота	10 з.д.	0	0	10 з.д.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Постранственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

6	широта	50 ю.ш.	50 ю.ш.	60 ю.ш.	60 ю.ш.
	долгота	0	30 в.д.	30 в.д.	0
7	широта	40 ю.ш.	40 ю.ш.	50 ю.ш.	50 ю.ш.
	долгота	30 в.д.	40 в.д.	40 в.д.	30 в.д.
8	широта	0	0	50 ю.ш.	50 ю.ш.
	долгота	20 з.д.	10 з.д.	10 з.д.	20 з.д.
9	широта	10 с.ш.	10 с.ш.	0	0
	долгота	40 з.д.	20 з.д.	20 з.д.	40 з.д.
10	широта	30 с.ш.	30 с.ш.	10 с.ш.	10 с.ш.
	долгота	50 з.д.	40 з.д.	40 з.д.	50 з.д.
11	широта	60 с.ш.	60 с.ш.	30 с.ш.	30 с.ш.
	долгота	40 з.д.	20 з.д.	20 з.д.	40 з.д.
12	широта	70 с.ш.	70 с.ш.	60 с.ш.	60 с.ш.
	долгота	30 з.д.	0	0	30 з.д.
13	широта	80 с.ш.	80 с.ш.	70 с.ш.	70 с.ш.
	долгота	10 з.д.	0	0	10 з.д.
14	широта	80 с.ш.	80 с.ш.	70 с.ш.	70 с.ш.
	долгота	0	10 в.д.	10 в.д.	0
15	широта	90 с.ш.	90 с.ш.	80 с.ш.	80 с.ш.
	долгота	0	40 в.д.	40 в.д.	0
16	широта	20 ю.ш.	20 ю.ш.	50 ю.ш.	50 ю.ш.
	долгота	40 в.д.	90 в.д.	90 в.д.	40 в.д.
17	широта	0	0	20 ю.ш.	20 ю.ш.
	долгота	60 в.д.	70 в.д.	70 в.д.	60 в.д.
18	широта	10 с.ш.	10 с.ш.	0	0
	долгота	60 в.д.	70 в.д.	70 в.д.	60 в.д.
19	широта	40 ю.ш.	40 ю.ш.	60 ю.ш.	60 ю.ш.
	долгота	90 в.д.	150 в.д.	150 в.д.	90 в.д.
20	широта	60 ю.ш.	60 ю.ш.	70 ю.ш.	70 ю.ш.
	долгота	160 в.д.	180	180	160 ю.ш.
21	широта	60 ю.ш.	60 ю.ш.	70 ю.ш.	70 ю.ш.
	долгота	180	150 з.д.	150 з.д.	180
22	широта	50 ю.ш.	50 ю.ш.	60 ю.ш.	60 ю.ш.
	долгота	150 з.д.	100 з.д.	100 з.д.	150 з.д.

3. Землетрясения типа «КР»

Таблица 11

№№ кв.		Координаты угловых точек квадрата			
		1	2	3	4
1	широта	60 с.ш.	60 с.ш.	50 с.ш.	50 с.ш.
	долгота	100 в.д.	110 в.д.	110 в.д.	100 в.д.
2	широта	20 с.ш.	20 с.ш.	10 с.ш.	10 с.ш.
	долгота	40 в.д.	60 в.д.	60 в.д.	40 в.д.
3	широта	30 с.ш.	30 с.ш.	0	0
	долгота	20 в.д.	40 в.д.	40 в.д.	20 в.д.
4	широта	0	0	30 ю.ш.	30 ю.ш.
	Долгота	20 в.д.	40 в.д.	40 в.д.	20 в.д.

4. Землетрясения типа «ОВ»

Таблица 12

№№ кв.		Координаты угловых точек квадрата			
		1	2	3	4
1	широта	50 с.ш.	50 с.ш.	0	0
	долгота	160 з.д.	140 з.д.	140 з.д.	160 з.д.
2	широта	0	0	40 ю.ш.	40 ю.ш.
	долгота	160 з.д.	140 з.д.	140 з.д.	160 з.д.
3	широта	30 с.ш.	30 с.ш.	0	0
	долгота	140 з.д.	120 з.д.	120 з.д.	140 з.д.
4	широта	0	0	40 ю.ш.	40 ю.ш.
	долгота	140 з.д.	120 з.д.	120 з.д.	140 з.д.
5	широта	40 с.ш.	40 с.ш.	25 с.ш.	25 с.ш.
	долгота	80 з.д.	50 з.д.	50 з.д.	80 з.д.
6	широта	30 с.ш.	30 с.ш.	10 с.ш.	10 с.ш.
	долгота	30 з.д.	10 з.д.	10 з.д.	30 з.д.
7	широта	0	0	40 ю.ш.	40 ю.ш.
	долгота	0	10 в.д.	10 в.д.	0
8	широта	50 ю.ш.	50 ю.ш.	70 ю.ш.	70 ю.ш.
	долгота	40 в.д.	90 в.д.	90 в.д.	40 в.д.
9	широта	0	0	20 ю.ш.	20 ю.ш.
	долгота	40 в.д.	60 в.д.	60 в.д.	40 в.д.
10	широта	0	0	20 ю.ш.	20 ю.ш.

	долгота	80 в.д.	90 в.д.	90 в.д.	80 в.д.
11	широта	20 ю.ш.	20 ю.ш.	40 ю.ш.	40 ю.ш.
	долгота	90 в.д.	120 в.д.	120 в.д.	90 в.д.
12	широта	40 с.ш.	40 с.ш.	0	0
	долгота	180 з.д.	160 з.д.	160 з.д.	180 з.д.
13	широта	40 с.ш.	40 с.ш.	0	0
	долгота	160 в.д.	180	180	160 в.д.

Таким образом, как видно из полученных результатов, гармоники, выявленные в сейсмической активности землетрясений с $M < 7$, соответствуют таковым в вулканической активности. При этом необходимо учесть, что из общего количества землетрясений на Земле на долю слабых землетрясений с $M < 7$ приходится более 95%. Между тем, как известно, более 90% сейсмической энергии выделяется при сильных землетрясениях с $M \geq 7$. Поэтому представило большой интерес изучение закономерностей проявлений сильных землетрясений.

На основании каталогов землетрясений была произведена выборка землетрясений с $M \geq 7$ с 1600 по 2000 годы, причем с 1902 по 2000 годы использовались также данные по магнитудам сильных землетрясений. Был произведен периодограммный анализ числа сильных землетрясений типа «С» за интервалы времени с 1600 по 1900 годы и с 1600 по 2000 годы.

На рис.29 показаны периодограммы (спектральные плотности) землетрясений типов «С», «КР», «ОВ» и «ОР», вычисленные при различной длине фильтра ($\Delta F = 60; 65; 70$).

Нетрудно заметить, что на всех без исключения периодограммах ярко выделилась гармоника с периодом в среднем 45-47 лет. Между тем на периодограммах землетрясений типов «С» и «ОР» менее отчетливо, но достаточно однозначно выделяется гармоника в 29 лет при всех вариантах длины фильтра. В периодограммах землетрясений типов «КР» и «ОВ» гармоника в 29-30 лет выявляется менее однозначно и лишь при длине фильтра $\Delta F = 70$.

На рис.30 показаны периодограммы числа сильных землетрясений с $M \geq 7$. Высокое сходство периодограмм за оба интервала указывает на устойчивость и достоверность полученных результатов вне зависимости от длины временного ряда выбранного периода времени.

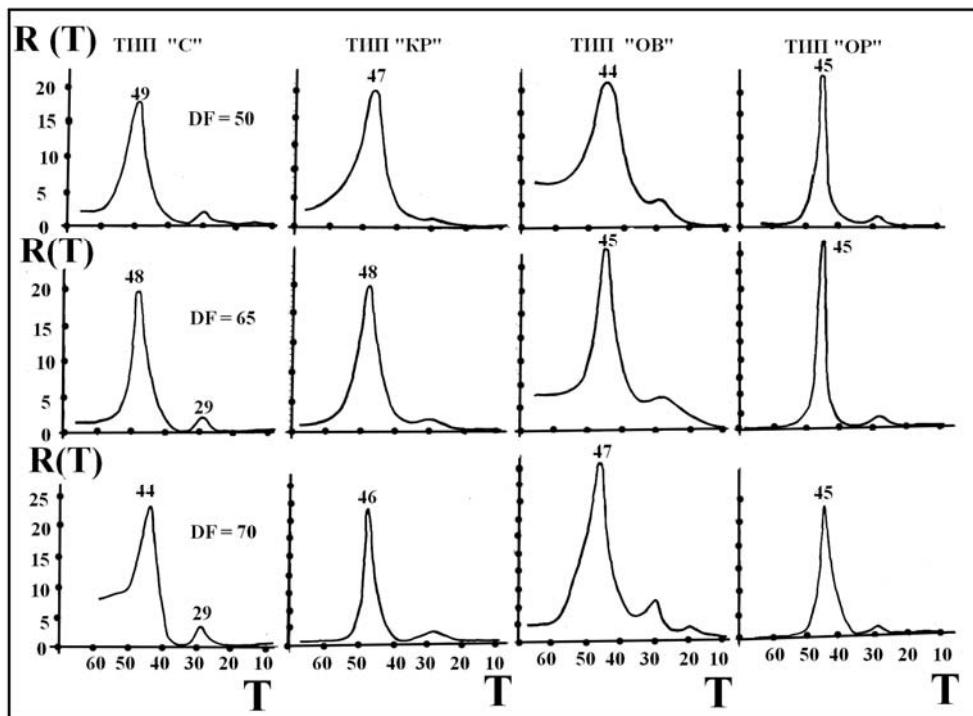


Рис.30. Периодограммы сейсмической активности для землетрясений типов «С», «КР», «ОВ» и «ОР» с $M < 7$, за период с 1902 по 2000 годы. ДФ = 60 – 70 длина фильтра, при которой рассчитывались периодограммы.

Как видно, на периодограммах отчетливо выделились три гармоники с периодами 45 лет, 33 года и 22 года, причем гармоника 33 года является более интенсивной, чем 45 лет и 22 года.

В то же время были рассчитаны периодограммы числа землетрясений и выделившейся энергии Е за период времени с 1902 по 2000 годы. Как видно из периодограмм, отчетливо выделены две гармоники с периодами, в среднем 44-45 и 20-22 лет.

На наш взгляд, появление гармоники 33 года при изучении числа землетрясений за длительный интервал времени с 1600 по 2000 годы является следствием погрешностей самого метода, который, как указывалось выше, менее эффективен, как при слишком малой длине временных рядов, так и при слишком большой длине временного ряда по отношению к периодам выделяемых гармоник.

Таким образом, как видно, для сильных землетрясений также характерна периодичность, содержащая гармоники 45 лет и 22 года.

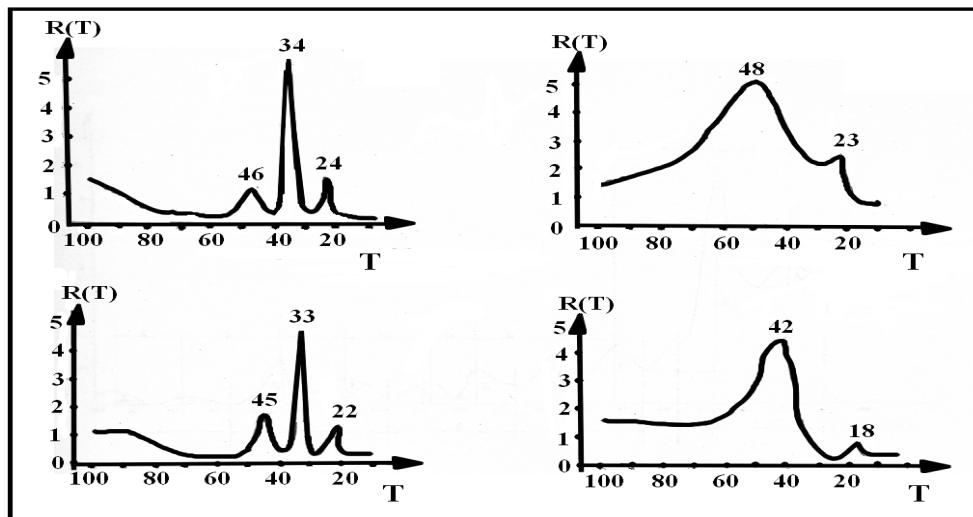


Рис.31. Периодограммы сейсмической активности для землетрясений типа «С» с $M \geq 7$ (более высокочастотные гармоники не показаны).

N – количество землетрясений; E – энергия землетрясений

Представляет интерес изучение распределения сейсмической активности в реальном масштабе времени. На рис. 31 приведен график сейсмической активности землетрясений типа «С» с $M \geq 7$. На графике представлено сглаженное число землетрясений во времени.

Как видно, отчетливо выделяются циклы повышенной сейсмической активности с периодами 22-28 лет, попарно сгруппированные и образующие более крупные циклы с периодами 45-55 лет.

В таблице 13 приведены значения периодов времени между максимумами сейсмической активности и относительных амплитуд циклов активизации.

Таблица 13

№№ пп	Величина периода цикла Т (годы)	Значение относительной амплитуды А
1	34	0,2
2	47	0,1
3	31	0,7
4	41	0,2
5	25	0,3
6	36	0,4
7	32	0,55
8	48	0,5
9	36	3,1
10		0,35

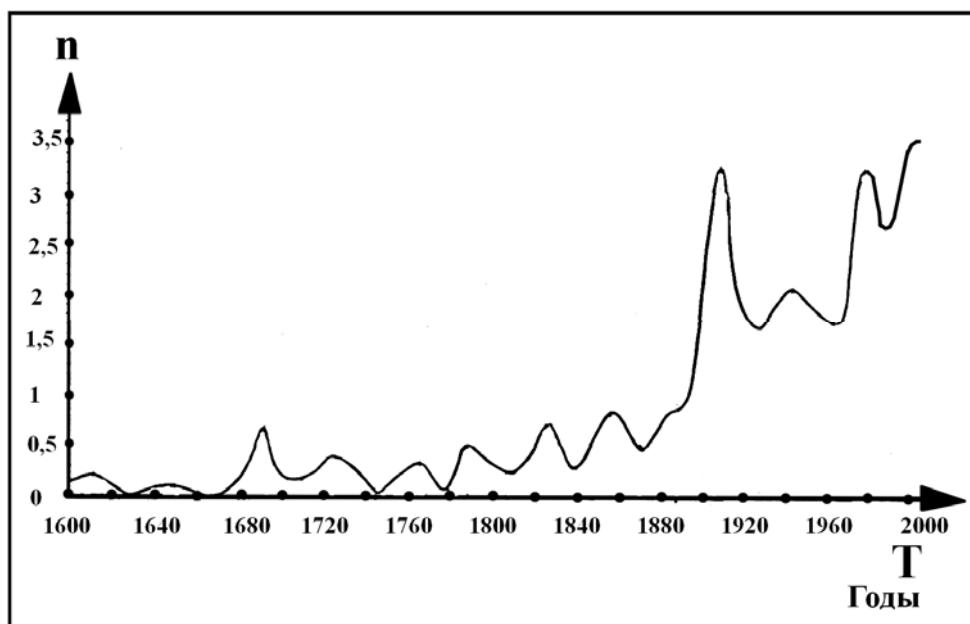


Рис.32. График сейсмической активности землетрясений типа «С» с $M \geq 7$, за период времени с 1600 по 2000 годы.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

Для наглядности, на рис. 32 приведены графики, отражающие соотношения периодов и относительных амплитуд циклов сейсмической активности, определенные по следующим формулам:

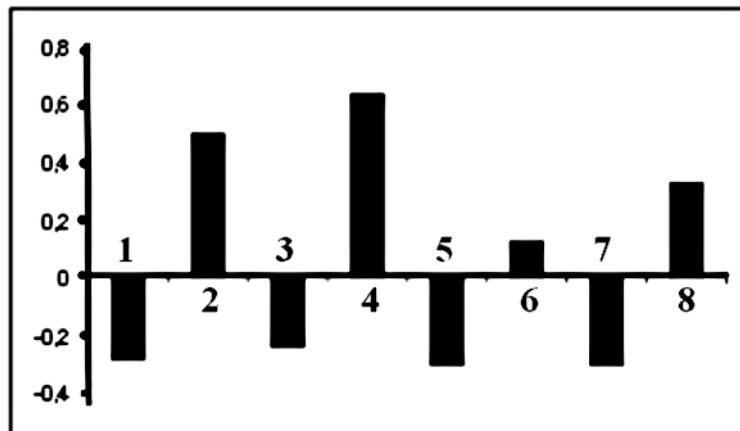
$$\frac{T_{n-1}}{T_n} - 1 \quad \frac{A_{n-1}}{A_n} - 1 \quad (2.8)$$

где: T_n – период между максимумами циклов сейсмической активности; A_n – относительная амплитуда циклов сейсмической активности.

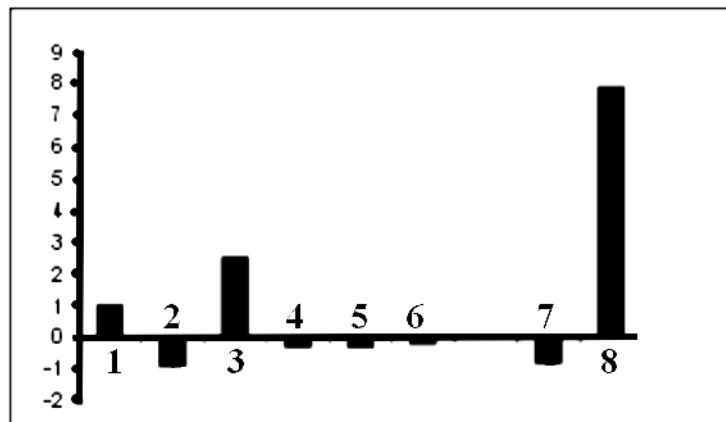
Чередование положительных и отрицательных частей графиков наглядно показывает попеременное возрастание и убывание периодов между максимумами сейсмической активности и относительных амплитуд циклов сейсмической активности. В таблице 14 приведены значения соотношений T_n и A_n .

Таблица 14

№№ п.п.	$T_{n-1}/T_n - 1$	$A_{n-1}/A_n - 1$
1	- 0,28	1
2	0,5	- 0,9
3	- 0,24	2,5
4	0,64	- 0,3
5	- 0,3	- 0,3
6	0,13	- 0,21
7	- 0,3	0,01
8	0,33	- 0,8
9		7,9



а).



в).

Рис.33. Графики, отражающие соотношения периодов и относительных амплитуд циклов сейсмической активности для землетрясений типа «С».

(а) – график соотношений между периодами циклов сейсмической активности;

(б) – график соотношений относительных амплитуд циклов сейсмической активности.

Таким образом, на основании изучения пространственно-временных закономерностей современной сейсмичности Земли нами сделаны следующие выводы:

- сейсмическая активность различных геодинамических поясов Земли обладает цикличностью, содержащей циклы с периодами в среднем 22 года и 45 лет;

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

- цикличность сейсмической активности по характеру совпадает с таковой вулканической активности;
- в проявлениях сейсмической активности установлена следующая закономерность: периоды времени между максимумами сейсмической активности, так же как и относительные амплитуды циклов активизации попеременно возрастают и убывают, то есть чем больше период сейсмического затишья, тем выше степень последующей активизации сейсмичности. Эта же закономерность наблюдается и в вулканических проявлениях;
- цикличность сильных землетрясений с $M \geq 7$ совпадает по характеру с таковой слабых землетрясений с $M < 7$.

2.4. ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ДРУГИХ КОСМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

2.4.1. ВЗАИМОСВЯЗЬ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С КОСМИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

Периодичность землетрясений часто связывается с различными как эндогенными, так и экзогенными факторами. На наш взгляд, исследования по выявлению связей между периодичностью сейсмической активности и различными факторами можно разделить на пять основных направлений:

Связь периодичности землетрясений с:

1. Лунно-солнечными приливами;
2. Солнечной активностью;
3. Чандлеровскими колебаниями;
4. Изменением скорости вращения Земли;
5. Атмосферными и другими процессами.

Помимо вышеуказанных, нам хотелось бы выделить еще один важный фактор, правомерность которого находит все больше подтверждений. Это положение Земли относительно других планет Солнечной

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

системы, так же как и Солнечной системы в целом, на Галактической орбите.

Связь периодичности землетрясений с лунно-солнечными приливами

Изучению связи между периодичностью землетрясений и лунно-солнечными приливами посвящено наибольшее число работ А.И. Елькин, Л.А. Латынина (1985), П.С. Матвеев (1961), М.В. Стлас (1963), Д.Р. Вадву (1973), Л.А.Коттон (1926), Т.Х. Хиаттон (1975), П.Хедервари (1964), Л.Кнопов (1870), К.Нагасава (1973), А.Рийал (1966, 1968), М.Симпсон (1975), И.Ф.Симпсон (1967), Б.Д. Зетлер (1969) и др.

А.И. Елькин рассматривает возможность влияния лунно-солнечных приливов на скорость процесса тектонических движений земной коры и как следствие на возникновение землетрясений. На связь землетрясений с лунно-солнечными приливами указывает в ряде работ Г.П. Тамразян (1958, 1972). В работе Л.А. Латынина (1985) предлагаются изучать приливные деформации в зонах сейсмоактивных разломов с целью прогноза землетрясений. В частности отмечается, что если в результате процессов, подготавливающих землетрясение, упругие характеристики зоны разлома изменяются, это приводит к изменению интенсивности приливной волны.

П.С. Матвеев и В.Г. Голубицкий, проводя статистические исследования влияния приливообразующих сил Луны и Солнца на частоту землетрясений Закавказья, дают оценку зависимости частоты землетрясений от смены фаз Луны и от смены времени года. В то же время отмечается отсутствие статистической связи между приливным влиянием Солнца и частотой землетрясений.

В работе М.В. Стласа (1963) приведен обзор работ по исследованиям связей сейсмичности и вулканизма с различными космическими процессами, в том числе лунно-солнечными приливами.

Так, Д.Р. Вадву (1973) на основании изучения высвобожденной энергии землетрясений за 65 лет приходит к заключению о влиянии расположения Нептуна и Урана по отношению к Земле, а также лунно-солнечных приливов на сейсмическую активность.

На незначительное влияние лунно-солнечных приливов на возникновение землетрясений указывает М.А.Гугenheim (1961). Ряд авто-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ров Т.Х. Хиаттон (1975), П.Хедервари (1964) считают, что приливы являются спусковым механизмом разрядки напряжений в недрах Земли. Отмечается также возможность применения зависимостей между сейсмичностью и приливными явлениями для прогноза землетрясений.

В работе К.Нагасава (1973) на основании изучения землетрясений Японии с 1926 по 1970 гг. установлено, что для землетрясений с $M \geq 6$ наблюдается возрастание частоты более чем на 30% во время первой и последней четвертей Луны.

Авторы работы А. Риал (1966, 1968) указывают на возможность возбуждения микроземлетрясений земными приливами. В работе М.Симпсон (1975), И.Ф.Симпсон (1967), предлагается физический механизм влияния на период повторяемости землетрясений лунно-солнечных приливов, связанный с пересечением плоскости эклиптики с нормалью к плоскости разлома при землетрясениях. Слабая корреляция землетрясений юго-запада США и Тонга со временем лунно-солнечных приливов отмечена в работе Т.Симкин (1981), по данным землетрясений за 1966 г.

В работах Н.П. Булатовой выдвигается интересная идея влияния положений Солнца и Луны на широтное распределение сейсмичности Земли (Н.П. Булатова, 2005).

Рядом исследователей (Н.Н.Володичев, А.Н.Подорольский, Б.В.Левин, Вл.А.Подорольский, 2001) была установлена корреляция появления крупных землетрясений со временем фаз новолуния и полнолуния. Так, они пришли к выводу, что крупные серии землетрясений, эпицентры которых расположены на широтах $>40^{\circ}\text{N}$ и $>10^{\circ}\text{S}$, начинаются, как правило, в дни, отстоящие от времени фаз новолуния или полнолуния не более чем на 3 дня. К сожалению, авторы не сделали попытки рассмотреть механизм данного явления.

Связь периодичности землетрясений с солнечной активностью

Изучению связи периодичности землетрясений с солнечной активностью также посвящено много работ: Г.Я. Васильева (1975), О.В.Лусманашвили (1972, 1977, 1973), А.Сува (1971), А.Д. Ситинский (1961, 1963, 1966, 1973), П.М. Сычев (1964), Р.Э.Тагиев (1985), В.Д.Талалаев (1980), Д. Тарлинг, М.Тарлинг (1973) и др. Различные авторы выдвигают существенно отличающиеся друг от друга физические механизмы этой связи. Однако мы не будем здесь подробно оста-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

навливаться на этом вопросе, так как ему будет посвящен самостоятельный раздел.

Связь периодичности землетрясений с чандлеровскими колебаниями

Ряд исследователей связывают вариации сейсмической активности с влиянием чандлеровских колебаний полюса Земли: Т.Окуда (1973), П.Пинес (1973), С.К.Рункорн (1970), С.А.Витин (1974).

Так, в работе Т.Окуда (1973) установлена хорошая корреляция между временем возникновения сильных землетрясений с $M \geq 8$, происходящих в Тихом океане вблизи северо-восточной части Японских островов и в Охотском море и изменениями положения полюса. Сделано предположение, что изменения положения полюса могут приводить к движениям земной коры и перемещению океанских масс, что вызывает перераспределение напряжений в земной коре, приводящее к сильным землетрясениям. На связь сильных землетрясений с чандлеровскими движениями также указывают авторы работ С.К.Рункорн (1970), С.А.Витин (1974).

В работе П.Пинес (1973) предполагается, что переход упругой энергии в чандлеровские колебания служит спусковым механизмом для землетрясений. Примерно такой же точки зрения придерживаются авторы работ С.К.Рункорн (1970), С.А.Витин (1974).

В С.К.Рункорн (1970) предполагается, что возникающие при чандлеровских движениях напряжения в нижней мантии служат триггерным механизмом для землетрясений, что и объясняет их корреляцию с движением полюсов. Приведенные С.А.Витиным (1974) исследования по сопоставлению количества выделившейся при сильных землетрясениях энергии с суточным дрейфом полюсов с 1900 по 1970 годы позволило сделать вывод о высокой корреляции между двумя диаграммами (за исключением катастрофического землетрясения в Сан-Франциско 1906 года и Чилийского землетрясения 1960 года).

Однако большинство исследователей придерживается обратной точки зрения на механизм связи землетрясений с чандлеровскими колебаниями. Они считают, что сильные землетрясения сами являются одной из основных причин, вызывающих колебания полюса Л.Мансинха (1969), Р.И.Миерсон (1970).

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

Как известно, сильные землетрясения производят существенные смещения масс в коре и в мантии. На основании этого факта делается предположение, что связанные с землетрясениями смещения масс приводят к изменениям тензора инерции Земли, вызывающим чандлеровские колебания. К близким выводам приходят также О'Коннели и А.Дзевонский. Лишь на основе анализа сильных землетрясений с 1901 по 1970 гг. установлена корреляция между периодами сейсмической активности и возмущениями в амплитудах чандлеровских колебаний. Наибольшие изменения амплитуд чандлеровских колебаний наблюдались в 1901-1910 гг. с максимумом в 1954 г., наименьшие – в 1910-1920 гг.

Исследуя корреляционную связь между изменениями в амплитуде чандлеровских колебаний и сейсмичностью Земли за период с 1918 по 1962 гг., Р.И.Миерсон (1970) установил отчетливую зависимость между числом глубоких и промежуточных землетрясений и движением полюса. В то же время корреляция амплитуды нутации с числом землетрясений с $M > 7,5$ является слабой Р.И.Миерсон (1970).

Между тем существует ряд работ Ф.А. Пахлен (1973) Р.А. Хеирбич (1970), Х.Кономори (1976) в которых опровергается либо подвергается сомнению связь землетрясений с чандлеровскими движениями. Так, в работе Ф.А. Пахлен (1973) оценивается мощность чандлеровских колебаний, которые могли возбудиться при землетрясениях, произошедших с 1904 по 1964 гг. Показано, что вклад землетрясений явно недостаточен для того, чтобы возбудить чандлеровские колебания с амплитудой, определенной из астрономических наблюдений. Кроме того, оценка кумулятивного эффекта серии сильных землетрясений на движение полюса показывает, что максимально возможный эффект объясняет лишь 12% наблюданной амплитуды чандлеровской нутации, влияние атмосферных флюктуаций более значительно. Статистический анализ связи между изломами хода полюса и сильными землетрясениями с применением методов динамического программирования, проведенный авторами Р.А. Хеирбич (1970), показывает, что имеется лишь незначительная и весьма ненадежная корреляция между этими явлениями.

В работе Х.Кономори (1976) отмечается, что оценка сейсмического момента M_0 землетрясений по магнитуде M_S , измеренная на периоде 20 с, достигает насыщения и перестает быть мерой энергии или момента землетрясений. Из-за этой ошибки энергия землетрясений

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

сильно завышается. На самом же деле, прямой эффект землетрясений на порядок меньше того, который мог бы объяснить колебания Чандлера.

Связь периодичности землетрясений с изменениями скорости вращения Земли

На возможную связь периодичности сейсмической активности с вариациями угловой скорости вращения Земли указывали многие исследователи: М.В. Стлас (1962), Г.П. Тамразян (1972). Так, М.В. Стлас (1962) считал, что энергия вращения Земли играет большую роль в геотектонических процессах, в нарушении целостности земной коры, сопровождаемой сильными землетрясениями и вулканической деятельностью. В работе Д.Л. Андерсон (1974) на материале наблюдений с начала XIX в. до настоящего времени установлена корреляция между графиками изменения скорости вращения Земли и графиком, показывающим энергию землетрясений, просуммированную за каждые 5 лет рассматриваемого интервала времени. В начале XX века было отмечено увеличение энергии землетрясений, совпавшее с замедлением вращения Земли.

П.Н. Кропоткин и Ю.А. Трапезников (1963), на основе изучения корреляции между изменениями скорости вращения Земли и суммарной энергией землетрясений, пришли к выводу о тесной связи этих процессов.

Связь периодичности землетрясений с атмосферными и другими процессами

Определенное внимание исследователями уделяется возможности выявления связи между атмосферными процессами и сейсмичностью: Я.Г. Бирфельд (1974), М.П. Зарайский (1975), С.И. Зубков (1975). В работе Я.Г. Бирфельда (1974) показано существование единой колебательной системы Земли, охватывающей твердое тело Земли (ядро, мантия, земная кора), атмосферу и ионосферу. Важную роль в возбуждении колебаний Земли и неравномерностей ее вращения, в работе отводится сейсмичности. Указано на возможность воздействия сейсмич-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ности Земли через посредство акустических волн на состояние ионосферы. Учитывая высокую чувствительность ионосферы к сейсмоакустическим колебаниям, Я.Г. Бирфельд (1974) предлагает использовать ионосферные явления для прогнозирования землетрясений.

М.П.Зарайский и С.И.Зубков (1975), изучая последовательность афтершоков Сочинского землетрясения 4.12.1970 г., обнаружили приуроченность большинства очагов к определенному времени суток. Так, обнаружена околополуденная концентрация с максимумами около 12 и 16 часов фоновых землетрясений с $K \leq 9$. Высказано предположение, что в основе выявленной закономерности лежит триггерное воздействие Солнца на напряженное состояние областей подготовки землетрясений.

Надо отметить, что высказываются также предположения о влиянии на сезонную периодичность землетрясений возможных вариаций гравитационной постоянной G . Так, проведя статистические исследования данных о частоте землетрясений по различным месяцам года (с 1904 по 1965 гг.) П.Н. Кропоткин и А.Е. Люстих выявили сезонную периодичность. По мнению авторов, вероятной причиной периодичности является изменение радиуса Земли, связанное с релятивистскими изменениями активной гравитационной массы Земли (1974).

Исследования японских ученых К.Моди (1969) также позволили установить сезонную неравномерность в распределении землетрясений Восточной Японии. Оказалось, что слабые землетрясения распределены равномерно. Землетрясения же с $M \geq 7,5$ сконцентрированы в определенных интервалах года. К близкому выводу приходит автор Т. Утсу (1971).

Китайские исследователи Ю. Чин-янг и др. (1974) на примере сейсмически активных регионов Китая установили, что влияние сезонных вариаций вращения Земли на распределение во времени землетрясений зависит от строения данного региона.

Таким образом, краткий анализ существующих исследований по выявлению связи землетрясений с различными космическими и геологическими процессами и факторами привел нас к следующим выводам:

1. Практически каждый из авторов, пытающийся установить связь между землетрясениями и различными процессами, рассматривает эту связь в отрыве от других процессов, тем самым, отдавая предпочтение выбранному им фактору, как основному.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

2. Выводы различных исследователей противоречивы, так как говоря о связях землетрясений с другими процессами, в общей системе стохастической информации выбираются те гармоники, которые более всего подходят для объяснения выбранной автором модели механизма взаимосвязи. Это связано, на наш взгляд, с несовершенством методологических подходов и применяемого при выявлении скрытых периодичностей математического аппарата. Как известно, применяя в методах выявления скрытых периодичностей те или иные фильтры, подавляющие гармоники определенных частот, можно выделить гармоники, отражающие помехи, подавив при этом полезный сигнал. Эти аспекты более подробно были рассмотрены в предыдущих разделах.

3. На наш взгляд, на общий ход геодинамических событий, отражением которых являются как извержения вулканов, так и землетрясения, оказывают влияние, в той или иной степени, все вышеперечисленные земные и космические факторы, включая лунно-солнечные приливы, солнечную активность, чандлеровские колебания, неравномерность суточного вращения Земли, атмосферные явления, расположение планет. Причем, как нам представляется, связь эта не односторонняя, а взаимная. Каждый из указанных процессов также в определенной степени испытывает влияние других процессов и, в свою очередь, сам оказывает на них определенное влияние. Кроме того, каждый из процессов обладает самостоятельной периодичностью, отличной от периодичности других процессов. Таким образом, огромное множество факторов, определенным образом влияющих друг на друга, образуют сложнейшую систему. Эта система подчиняется определенным закономерностям своих проявлений, образующимся в результате наложения взаимовлияния различных факторов. В этой результирующей системе могут появиться периодичности, никак не связанные с каким-либо из ее элементов в отдельности, но являющиеся следствием наложения различных факторов.

2.4.2. СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

Наиболее активным из всех космических объектов, действующих на нашу планету, является Солнце. Даже приблизительные оценки показывают, что запасов термоядерного топлива в недрах Солнца достаточно для того, чтобы поддерживать его физическое со-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

стояние неизменным в течение 10^{11} лет. Солнце ежегодно излучает энергию, равную 3×10^{33} кал, являясь источником полного электромагнитного излучения и межпланетного облака плазмы, быстрых электронов, солнечных космических лучей и т.д.

Наибольшая энергия теряется Солнцем в виде волнового излучения Ю.И. Витинский (1972, 1973, 1983), О.Г. Шамина (1981). Полный поток энергии, излучаемый Солнцем в пространство, определяется экспериментально, исходя из потока энергии, приходящего на единицу площади земной поверхности и называется солнечной постоянной (солнечная постоянная в среднем равна 1,95 кал/см²·мин), или около 1360 Вт/м², Е.А. Макарова (1972), причем полный поток лучистой энергии равен $3,8 \times 10^{26}$ Дж/с. Масса Солнца равна $M = 1,9891 \times 10^{30}$ кг. Средняя плотность Солнца равна $1,41 \times 10^{30}$ кг/м³, причем от центра до расстояния $r = 0,8R$ Солнце содержит 0,99 своей массы, поэтому вблизи поверхности ($r = 0,995R$) его плотность составляет всего 2×10^{-2} кг/м³. Считается, что температура в центре Солнца равна $13,6 \times 10^6$ К, плотность – 98×10^4 кг/м³, давление – 2×10^{16} Па Витинский (1976), Макарова (1972), И.В. Ковалевский (1976). Из недр Солнца к поверхности тепловая энергия переносится двумя путями – электромагнитным излучением и конвекцией. В верхних слоях, на глубине 10^8 м от поверхности, энергия переносится, в основном, конвективным путем. Сверху конвективная зона ограничивается фотосферой толщиной 4×10^5 м, с температурой 6000 К. Слой над фотосферой называют хромосферой, над которой расположена солнечная корона с температурой 10^6 К. В солнечной короне и верхней хромосфере образуются рентгеновское излучение и радиоизлучение В.М. Кселев (1980). Признаком усиления солнечной активности служит появление на его поверхности солнечных пятен. В 1908 году Хейл обнаружил, что пятна обладают магнитным полем, напряженность которого достигает 2000 - 4000 гаусс, в то время как напряженность общего магнитного поля Солнца не превышает один гаусс А.Л. Чижевский (1968). Пятна в начале солнечного цикла появляются на широтах 30^0 - 40^0 , смещаясь затем к экватору с юга и с севера, достигая максимального числа около 10^0 - 20^0 , после чего число пятен уменьшается В.М. Кселев (1980).

Как показывают результаты исследований, продолжительность дрейфа солнечных пятен к экватору равна, примерно, 11 годам. В конце каждого 11-летнего цикла меридиональное поле у полюсов меняет свою полярность. Таким образом, магнитный цикл Солнца равен

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

22 годам. Факт изменения числа солнечных пятен со средней периодичностью 11 лет был установлен в середине прошлого столетия Г. Швабе и Р. Вольфом. Г. Бэбкок и Р. Лейтон (1961), (1969) предложили модель, объясняющую наличие 22-летнего магнитного солнечного цикла. По их мнению, всплытие магнитной силовой трубы к поверхности фотосферы сопровождается появлением вначале одного пятна – ведущего, а затем – второго. В соседних 11-летних циклах полярность ведущих пятен имеет разный знак.

Одним из наиболее распространенных индексов солнечной активности является относительное число солнечных пятен. Р. Вольф предложил определять индекс солнечной активности по следующей формуле:

$$W = k (10g + f) \quad (2.9)$$

где **W** – число Вольфа; **g** – число групп пятен на видимом солнечном диске; **f** – число пятен (включая ядра и поры) во всех группах. Значение коэффициента **k** зависит от многих факторов, включая особенности методики наблюдений, условий видимости в момент наблюдения, индивидуальных особенностей наблюдателя и др.

Другим индексом солнечной активности является суммарная площадь солнечных пятен, исправленная за перспективное сокращение по формуле:

где **S** – площадь 1-го пятна; $\theta = \arcsin(r_i/R)$; **R** – радиус видимого

$$S = \sum_i S_i S_{ec} \theta_i \quad (2.10)$$

солнечного диска; r_i – расстояние от его центра до рассматриваемого пятна.

Между **S** и **W** существует статистическая связь с коэффициентом корреляции +0,85 В.М. Кселев (1980). Уравнение регрессии **S** и **W** имеет вид Ю.И. Витинский (1976):

$$S = 16,7 W \quad (2.11)$$

Существует еще несколько индексов солнечной активности, рассмотренных в работе Ю.И. Витинского (1973).

На рис. 34 приведен график изменений чисел Вольфа с 1749 г. по 2000 г.

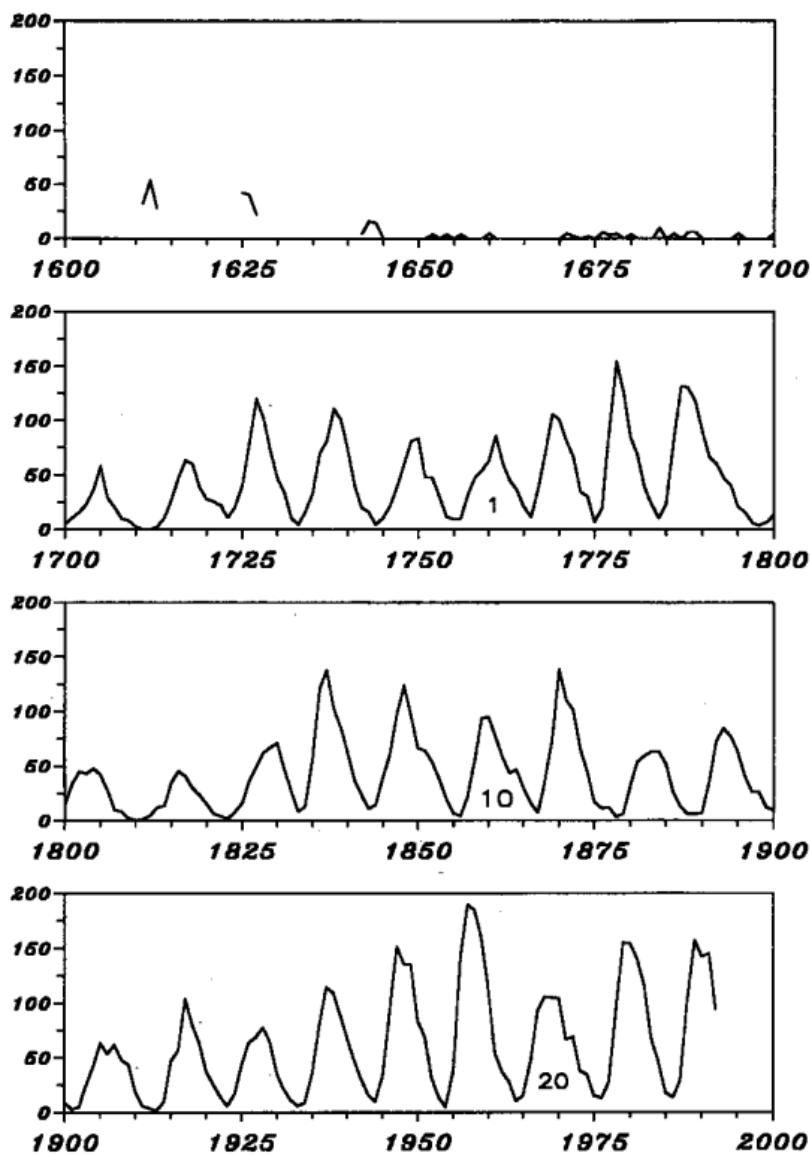


Рис. 34. График изменения чисел Вольфа (W).

Общепринята нумерация одиннадцатилетних циклов солнечной активности, в которой нулевой номер присвоен 11-летнему циклу с максимальным значением в 1750 году. Средняя продолжительность 11-летнего цикла считается равной 11,1 года. Однако длительность 11-летнего цикла существенно варьирует в реальности, причем при определении по эпохам минимумов период циклов варьирует от 9,0 до 13,6 лет, а по эпохам максимумов от 7,3 до 17,1 года Ю.И. Витинский (1976).

На рис. 35 показан спектр изменений чисел Вольфа с 1749 года по 1974 год по данным работы В.М. Киселева (1980). В спектре отчетливо выделяются гармоники с периодами 8,3; 9,8; 10,8; 25,6; 87,0. Спектральный анализ чисел Вольфа методом максимальной энтропии позволил обнаружить более тонкую структуру 11-летнего цикла в работе Х.Р. Радоски (1975). Как видно, наиболее отчетливо в спектре выделяется 11-летний цикл и менее надежно 22-летний, соответствующий гармонике 25,6 года.

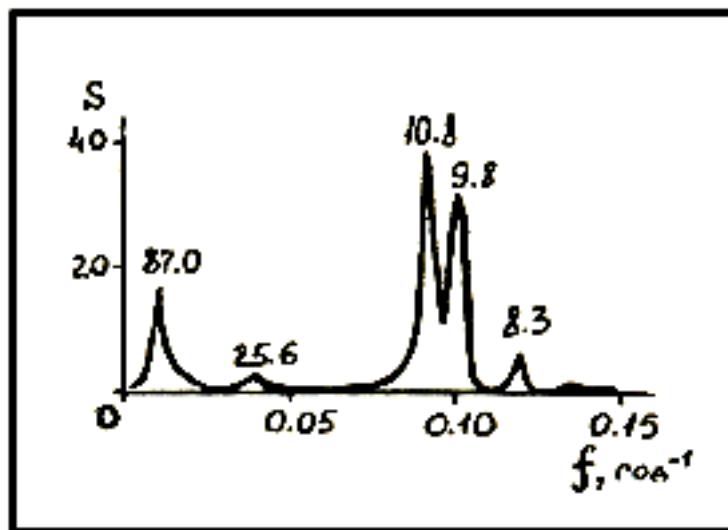


Рис.35. Спектр изменений чисел Вольфа (W)

В работах Н.С.Джалилова, В.Н. Ораевского предложен физический механизм, с помощью которого циклическая активность Солнца рассматривается, как проявление собственных колебаний всего Солнца. В частности, показано, что между центром Солнца и основанием

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

конвективной зоны образуется своеобразный резонатор для низкочастотных вихревых волн типа Россби. В плоскости меридиана эти волны образуются между экватором и средними широтами. Учеными найден набор собственных частот этого резонатора, который содержит 11-22-летние периоды (Н.С.Джалилов, В.Н.Ораевский, 2000).

В то же время, если наличие 11-летних и 22-летних циклов солнечной активности признано многими исследователями, то циклы с более длительными периодами вызывают много споров. Это связано с ненадежностью данных наблюдений за солнечной активностью на глубину более чем 200 лет.

Д.Шове на основе анализа исторических сведений о наблюдениях солнечных пятен и полярных сияний приводит данные, позволяющие качественно судить об изменениях солнечной активности за последние 2000 лет, Ю.И. Витинский (1973). Данные Д. Шове подтверждают реальность наличия в изменениях чисел Вольфа цикла с периодом 80-90 лет, а также позволяют выделить цикл со средней продолжительностью 554 года, Ю.И. Витинский (1976).

Попытка установить такую характеристику солнечной активности, в которой не преобладала бы 11-летняя цикличность, была сделана А. Стойко и Н. Стойко (1969). Ими были использованы для характеристики солнечной активности значения площади коротко живущих солнечных пятен W_1 , изменения которых за время с 1900 по 1963 гг. были сопоставлены с вариациями суточного вращения Земли (рис.35). Эти два явления коррелируются с $K = (+08); (+09)$.

Накопленный обширный экспериментальный и теоретический материал о закономерностях проявлений солнечной активности позволяет провести статистические сопоставления отдельных проявлений тектонической активности Земли с параметрами солнечной активности.

В последние десятилетия стало очевидным, что значимость влияния Солнечной активности на земные процессы значительно обширнее и глубже, чем ранее представлялось. Так Владимирский Б.М. (2002) в своей работе пытается, на наш взгляд, вполне правомерно, увязать многие высокочувствительные физические и химические процессы на Земле с влиянием различных компонентов солнечной активности. Приводятся интересные примеры влияния гелиосферных параметров на техногенные процессы.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

2.4.3. ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНОВ

Попытки выявления статистической связи между солнечной активностью и вулканическими проявлениями были сделаны в ряде работ А.И. Абдурахманов (1976), Н.К. Булин (1982), Я.А. Гаджиев (1985), Ш.Ф.Мехтиев, Э.Н. Халилов (1984, 1985), С.В. Цирель (2002).

Так, А.И. Абдурахманов (1976), П.П. Фирстов и В.А. Широков высказали предположение о связи вулканических извержений с 11-летней цикличностью солнечной активности. По мнению авторов, годы, неблагоприятные для извержений вулканов, лежат в окрестности максимума солнечной активности, тогда как наиболее благоприятные для извержений годы лежат вблизи минимума солнечной активности, в основном, в середине и конце спада солнечных циклов А.И. Абдурахманов (1976).

Б.М. Валяев и др. на основе изучения деятельности грязевого вулкана Ахтала (Грузия) пришли к выводу о существовании статистически достоверной связи активности грязевого вулкана Ахтала с солнечной активностью, Н.К. Булин (1982).

Однако результаты этих исследований отражают активность грязевых вулканов лишь только одного небольшого района нашей планеты. Представляет определенный интерес выявление связи между деятельностью грязевых вулканов мира и солнечной активностью, которая в большей степени отразит специфику солнечно-земных связей.

Для выявления возможной связи между солнечной активностью и деятельностью грязевых вулканов мира, нами были проанализированы данные об извержениях крупнейших грязевых вулканов мира и построен график, характеризующий изменение грязевулканической активности во времени. При построении использованы данные более 300 извержений вулканов мира.

Сопоставление построенного графика грязевулканической активности с числами Вольфа, характеризующими 11-летний цикл солнечной активности, показало, что 9-12-летние периоды грязевулканической активности, в основном, совпали с 11-летними циклами солнечной активности (рис. 36).

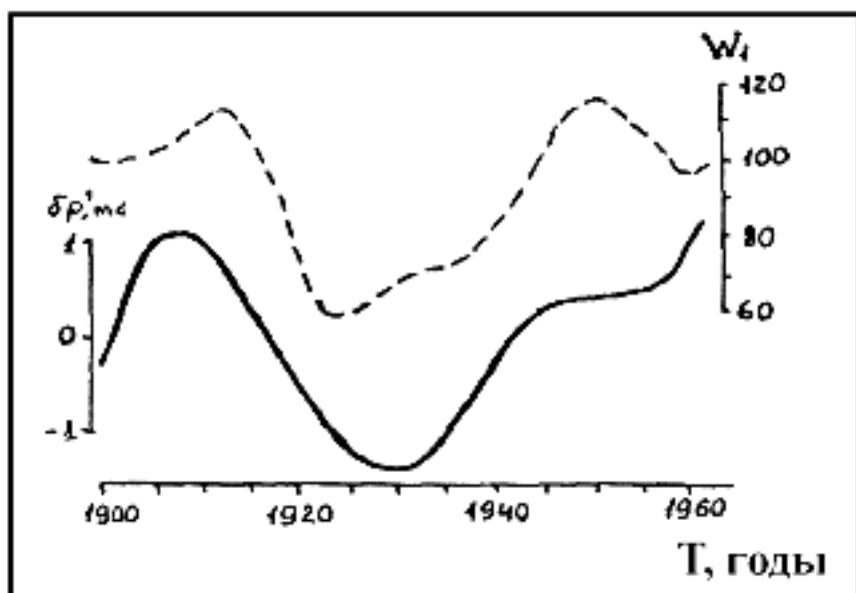


Рис. 36. Изменение длительности суток с исключенным линейным трендом (сплошная линия) и чисел короткоживущих солнечных пятен (пунктирная линия) по данным работы А.Стойка (1969).

Таким образом, повышению солнечной активности соответствует повышение активности грязевых вулканов мира Ш.Ф.Мехтиев, Э.Н.Халилов (1984, 1985).

Как было указано в предыдущем разделе, все грязевые вулканы расположены в зонах Заварицкого-Беньофа и, следовательно, отражают деятельность процессов субдукции, т.е. повышению солнечной активности соответствует активизация процессов субдукции.

Как отмечалось выше, попытка выявить связь между активностью Солнца и деятельностью магматических вулканов, была сделана рядом ученых. Однако при этом не учитывалось, что вулканы делятся на геодинамичные типы, и каждый тип вулканов отражает деятельность различных процессов: вулканы типа С – характеризуют процессы сжатия Земли (за счет субдукции); вулканы типа Р – характеризуют процессы растяжения Земли (за счет спрединга). Таким образом, делая выводы о периодах активизации вулканов на основе общего графика активизации для всех типов вулканов, исследователи исходят из предположения одновременности вулканов, исследователи исходят из

предположения одновременности процессов сжатия и расширения Земли, вследствие чего сохраняется неизменным и радиус.

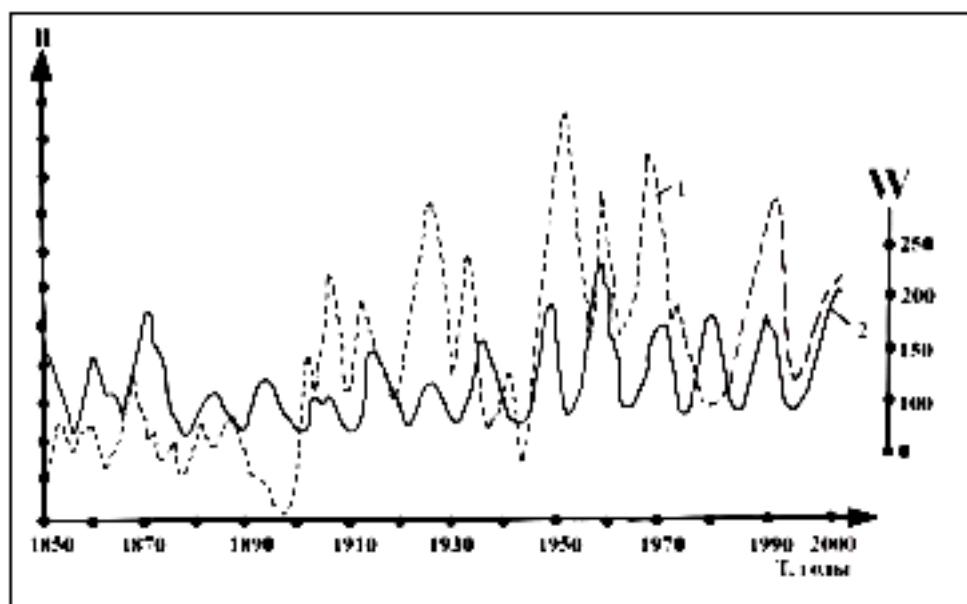


Рис.37. Сопоставление графиков солнечной и грязевулканической активности.

I – график грязевулканической активности;
II- график солнечной активности (числа Вольфа)
n - усредненное число извержений.

Для выяснения наиболее объективной картины в деятельности магматических вулканов были составлены графики в отдельности для вулканов типов С и Р.

Каталоги извержений магматических вулканов мира насчитывают около 1000 действующих вулканов. Независимо от системы сбора информации об извержениях этих вулканов не существует гарантии того, что за практически обозримый срок в каталогах отобрана вся имеющаяся информация об извержениях вулканов мира. Потери информации неизбежны, но в общем случае они носят случайный характер.

Для того, чтобы максимально сократить влияние возможных потерь информации, были отобраны данные об извержениях вулканов

за относительно короткий промежуток времени (с 1850 г. по 2000 г.), тогда как в каталогах приведены данные по извержениям вулканов с 1500 года до нашей эры по настоящее время.

Изучение активности магматических вулканов типа С позволило выявить определенную периодичность в их извержениях. Наиболее отчетливо выделились 9-15 – летние циклы повышенной активности магматических вулканов.

Как видно из рис. 38, периоды повышенной активности вулканов типа С в основном совпадают с 11 – летними периодами повышенной активности Солнца. В то же время, сопоставление графика активности вулканов типа Р с графиком солнечной активности привело нас к противоположным заключениям. С увеличением солнечной активности понижается активность вулканов типа Р (рис. 39).

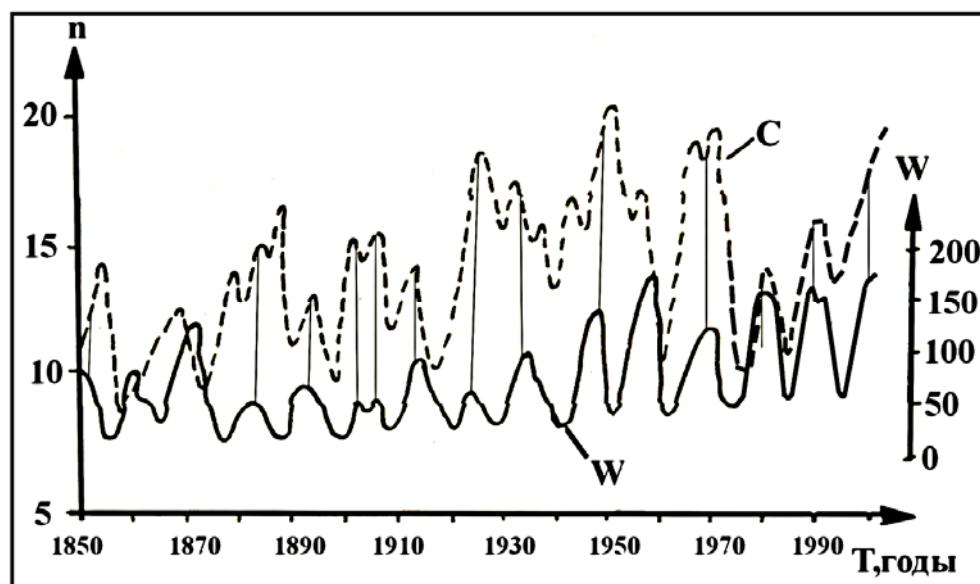


Рис.38. Сопоставление графиков активности вулканов типа «С» и солнечной активности.

I – график активности вулканов типа «С»;
II – график солнечной активности.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что в периоды повышения солнечной активности повышается активность вулканов, характерных для зон субдукции, тогда как в периоды понижения солнечной активности увеличивается активность вулканов рифтовых

зон, что должно вызывать периодическое изменение радиуса Земли. Результаты исследований позволяют предположить, что периоды сжатия Земли (за счет субдукции) сменяются периодами расширения (за счет спрединга).

Таким образом, исследования активности вулканов, проведенные нами с использованием линейного преобразования исходного ряда числа извержений вулканов посредством скользящего среднего, позволили установить, в среднем, 11 – летнюю цикличность активности в различных геодинамических типах вулканов. При этом цикличности вулканов типа “С” и грязевых вулканов смещены по фазе относительно циклов активизации вулканов типа “Р”.

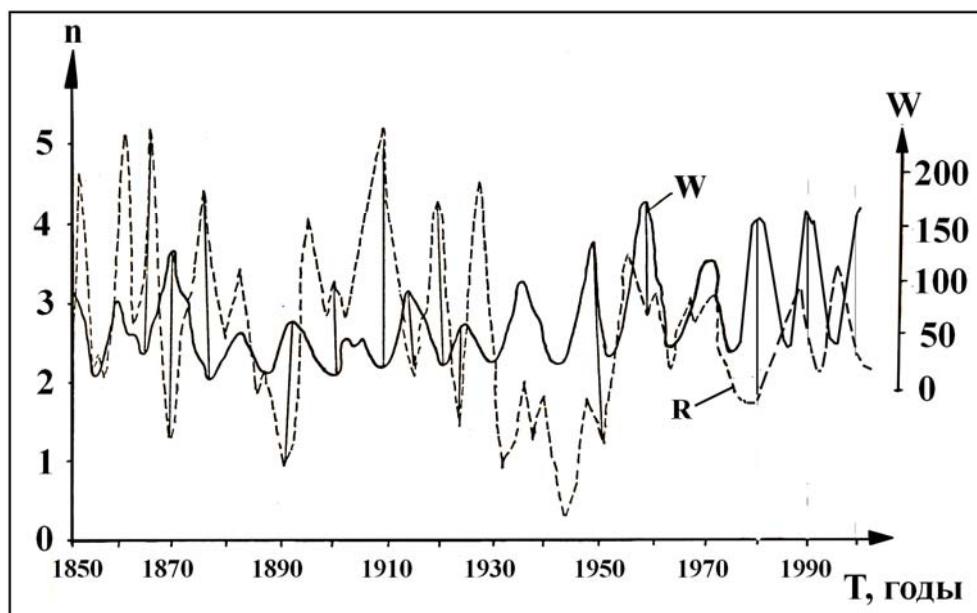


Рис. 39. Сопоставление графиков активности вулканов типа «Р» и солнечной активности.

R – график активности вулканов типа «Р»;
W – график солнечной активности.

Однако, как укачивалось выше, что использование метода скользящих средних для выявления циклов активизации вулканов обладает рядом существенных недостатков. Так, каждый вариант сглаживания отфильтровывает циклы с периодами, длительность которых меньше

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

или равна длине интервала сглаживания. Следовательно, для полного анализа стохастических процессов и выявления периодов различной длительности необходимо использование большого числа вариантов сглаживания с различной длиной интервалов сглаживания. Более эффективным для проведения такого рода анализа является нелинейное преобразование исходного ряда, например, методами Ланцоша или максимальной энтропии.

Нами были оценены функции спектральных плотностей извержений различных типов вулканов, а также чисел Вольфа. Проведенные расчеты привели к интересным результатам. В извержениях всех геодинамических типов вулканов были выявлены циклы активизации, сходные с циклами солнечной активности. В таблице 15 приведены периоды циклов активизации вулканов и чисел Вольфа.

Таким образом, выявлены единые циклы в деятельности всех типов вулканов и солнечной активности с периодами 5-6 лет, 8-9 лет, 10-12 лет, 14-15 лет и 22 года.

На рис. 40 отчетливо видно сходство в циклах активизации различных геодинамических типов вулканов и солнечной активности, при этом в числах Вольфа наиболее ярко выделяются 11 – летние циклы, в активизации вулканов типа “С” – циклы длительностью 6, 10 и 22 года, вулканов типа “Р” – 15-летние и 22-летние циклы и в активизации грязевых вулканов – 9 - летние и 22 - летние циклы активизации.

Таблица 15

№ пп	Периоды циклов активизации (в годах)			
	числа Вольфа	Извержения вулканов типа “С”	Извержения грязевых вулканов	Извержения вулканов типа “Р”
1	5,6	6	6	5
2	8,4	8	9	9
3	11,2	10	12	11
4	14	14	14	15
5	22	22	22	22

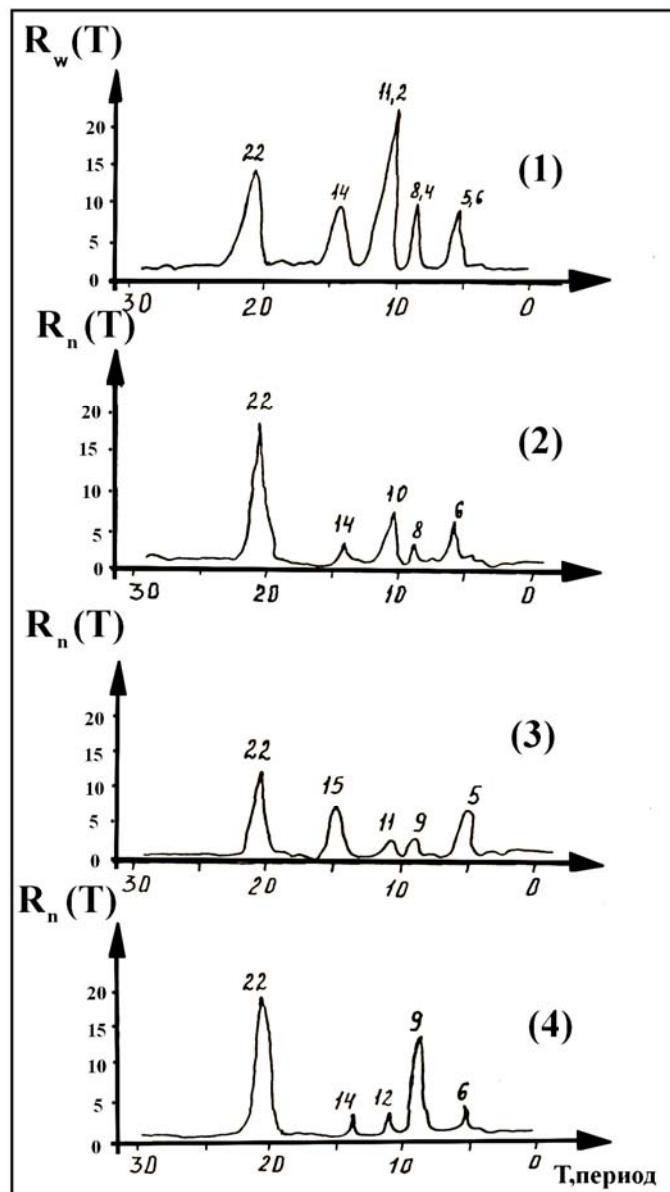


Рис. 40. Периодограммы извержений вулканов и изменений чисел Вольфа.

(1) – периодограмма изменений чисел Вольфа;
 (2), (3), (4) – периодограммы извержений вулканов,
 соответственно, типов «С», «Р» и «Гр».

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Как видно, 22-летние циклы наиболее ярко проявляются во всех геодинамических типах вулканов и, по-видимому, генетически связаны между собой влиянием единого фактора, которым, возможно, является 22-летний цикл солнечной активности.

Таким образом, периодограммный анализ извержений вулканов и солнечной активности позволил более детально разобраться в их циклах, дополнительно выявить циклы с различными периодами.

Можно ли назвать случайным сходство циклов в солнечной активности и извержениях различных геодинамических типов вулканов? На наш взгляд - нет. Конечно, вполне возможно, что некоторые из выявленных циклов связаны с сугубо эндогенными глобальными процессами. Тем не менее, по нашему мнению, наиболее характерные для солнечной активности 11-летний и 22-летний циклы оказывают непосредственное влияние на ход земных процессов, в том числе на вулканизм и сейсмичность. Один из возможных механизмов влияния солнечной активности на геодинамические процессы описывается нами ниже.

Во время повышения солнечной активности резко усиливаются корпускулярное излучение и напряженность магнитного поля Солнца, индуцирующие колыцевые токи в различных слоях Земли, в частности, в литосфере и астеносфере. Возникшие в результате повышения солнечной активности токи в астеносфере вызывают нагрев мантии, увеличение ее пластичности и, как следствие, ускорение конвективных потоков. Ускорение конвективных потоков приводит к ускорению спрединга, а увеличение температуры мантии к ее тепловому расширению, при этом расширение Земли происходит за счет спрединга. В периоды понижения солнечной активности величина колыцевых токов, индуцируемых в мантии, уменьшается, вследствие чего происходит ее остывание и сжатие Земли сопровождается процессом субдукции в зонах Заварицкого-Беньофа. Разница во времени от момента повышения солнечной активности до ускорения процесса спрединга составляет не менее 5-7 лет, что связано с протеканием ряда процессов, начиная с возникновения колыцевых токов и кончая повышением температуры мантии, что обуславливается тепловой инерцией пород мантии. Указанный промежуток времени способствует запаздыванию пульсации Земли на пол-периода относительно 11-летних циклов солнечной активности. Это приводит к тому, что процесс спрединга активизируется

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

во время спада солнечной активности, тогда как процесс субдукции активизируется во время повышения солнечной активности.

Таким образом, результаты вышеописанных исследований позволяют предположить, что периодичность активности Солнца оказывает воздействие на периодичность геодинамических процессов.

2.4.4. ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Установление статистической связи между временем активизации вулканов и солнечной активностью позволяет предположить наличие подобной связи и между солнечной активностью и сейсмичностью Земли. Предпосылкой к такому предположению является общеизвестный факт наличия геодинамической и корреляционной связи между вулканизмом и сейсмичностью.

Как следует из результатов вышеописанных исследований, солнечная активность оказывает различное влияние на активизацию извержений вулканов рифтовых зон, отражающих активность процессов растяжения литосферы и на активизацию вулканов поясов сжатия Земли. Как известно, пояса сжатия и растяжения литосферы Земли также характеризуются высокой сейсмичностью, что предопределяет, по-видимому, такую же связь сейсмичности с солнечной активностью.

Изучению статистических связей между параметрами солнечной и сейсмической активности посвящено ряд работ: Ю.Д. Буланже (1984), Г.Я. Васильева (1975), Ю.Д. Калинин (1973, 1974), О.В. Лусманашвили (1972, 1973), В.Д. Талалаев (1980), А.Д. Сытинский (1963-1998), П.М. Сычев (1964) и зарубежных исследователей: И.К. Грибин (1974), Ф.А. Макадов (1973), И.Ф. Симпсон (1968), И.В. Ананьев, А.О. Фадеев (2002) и др.

Г.Я. Васильева и В.И. Кожанчиков на основании исследования около 2000 землетрясений различных регионов Земли за период одного цикла солнечной активности с 1962 по 1973 гг. пришли к выводу, что число поверхностных землетрясений увеличивается с усилением солнечной активности, а число глубокофокусных – уменьшается в эпоху максимума солнечной активности. Сейсмическая активность для всех землетрясений, как в годы максимума, так и минимума солнечной активности на 10-30% выше, когда планета пересекает проекцию галак-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

тического магнитного поля на плоскость эклиптики. Утверждается, что землетрясения имеют электромагнитную природу и связаны со структурой магнитосферы Г.Я. Васильева (1975). В работе Ю.Д. Буланже (1984) сопоставляется число землетрясений в сейсмоактивных зонах СССР с солнечной активностью, на основе чего также предполагается наличие связи между этими явлениями. Ю.Д. Калинин, сопоставляя данные о землетрясениях за периоды 1897-1958 гг. и 1963-1968 гг. с солнечной активностью, отмечает, что области повышенной сейсмической активности последовательно появляются внутри 11-летнего солнечного цикла на географических широтах, все более удаленных от северного полюса. Предполагается влияние на сейсмическую активность солнечного ветра Ю.Д. Калинин (1973).

В последующей работе Ю.Д. Калинин (1974), развивая предложенную гипотезу, указывает, что изменения солнечной активности обусловливают нерегулярные колебания угловой скорости вращения Земли, что в свою очередь влияет на сейсмическую активность.

В работе О.В. Лусманашвили (1972), отмечается возможность влияния активности Солнца на распределение землетрясений Кавказа. Рассматривая землетрясения Кавказа с 1900 по 1970 гг., О.В. Лурсманашвили приходит к выводу, что существует тесная связь, с одной стороны, между сейсмической активностью Кавказа и колебанием уровня Каспийского моря и, с другой стороны, между изменением уровня моря и активностью Солнца. Сравнение спектров активности Солнца и повторяемости сильных землетрясений Кавказа показало их высокое сходство О.В. Лусманашвили (1972, 1973).

А.Д. Сытинский в ряде работ (1963- 1998), П.М. Сычев (1964), В.Д. Талалаев (1980) так же пытается установить связь сейсмичности Земли с солнечной активностью. Ими, в частности, отмечается, что общая сейсмичность Земли, выраженная через суммарную энергию землетрясений и число катастрофических землетрясений за год, зависит от фазы 11-летнего солнечного цикла. Наиболее высокая сейсмическая активность соответствует эпохам максимума и минимума 11-летнего солнечного цикла. Указано также, что землетрясения главным образом происходят через 2-3 дня после прохождения активной области через центральный солнечный меридиан. В работе А.Д. Сытинского (1973) отмечено, что связь сейсмичности с солнечной активностью осуществляется через общепланетарные атмосферные процессы. Механизм зависимости состоит в том, что в связи с усилением солнечной

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

активности происходит возмущение квазистационарного состояния атмосферы, приводящее к перераспределению массы атмосферы по земному шару, т.е. к перемещению центра тяжести системы Земля – атмосфера, и, следовательно, к нарушению фигуры Земли.

Так, А.Д. Сытинский (1998) отмечает, что полученная им ранее зависимость сейсмичности от 11-летнего цикла была проверена и подтверждена опытным прогнозированием общей сейсмичности Земли и отдельных ее регионов. Были предсказаны максимумы сейсмической активности Земли за период с 1963 по 1995 гг. В своих работах И.В. Ананьев и А.О. Фаддеев (2002) приходят к выводу о наличии корреляционной связи между вариациями сейсмической активности, средними годовыми температурами на поверхности Земли и солнечной активностью. Между тем, они рассматривают эту связь, как возможное обоснование влияния солнечной активности, как на среднегодовые температуры, так и на сейсмическую активность.

Проблема изучения связи сейсмичности с солнечной активностью посвящен также ряд работ зарубежных исследователей: И.К. Грибин (1974), Ф.А. Макадов (1973), И.Ф. Симпсон (1968).

Так, в работе И.К. Грибин (1974) рассматриваются причины возникновения разрушительного землетрясения в районе разлома Сан-Андреас в Калифорнии в 1982 году. В качестве причин, которые являются его спусковым механизмом, отмечается противостояние основных планет Солнечной системы и увеличение солнечной активности с периодом в 11 лет. О влиянии 11-летнего цикла солнечной активности на сейсмичность Земли отмечено также в работе Ф.А. Макадов (1973). В работе И.Ф. Симпсон (1968) солнечная активность рассматривается в качестве спускового механизма к разрядке напряжений в недрах Земли.

В работе В.М. Ляихера отмечено, что ход изменений среднего интервала между сильными землетрясениями согласуется с изменениями длины солнечного цикла. В частности отмечается, что в вариациях солнечной активности наблюдается квазипериодическая компонента с периодом, примерно 60-100 лет. Обнаруженная корреляция между солнечной активностью и частотой сильных землетрясений позволяет утверждать, что и локальные характеристики сейсмичности, определяемые на ограниченном во времени статистическом материале, могут изменяться во времени примерно с той же периодичностью, что и сглаженные длины солнечных циклов. Между тем необходимо отметить, что существуют также работы, в которых опровергается возмож-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ность связи с солнечной активностью сейсмичности Земли. Так, Ван-Жиль, проведя анализ более чем 20000 слабых землетрясений, произошедших с 1910 по 1945 годы, отметил отсутствие связи между солнечной активностью и сейсмичностью. С целью выявления возможной связи солнечной активности с процессами сейсмичности Земли, нами были проведены следующие исследования. Был произведен спектральный анализ временных рядов землетрясений различных геодинамических типов: тип “С”, тип “ОР”, тип “КР” и тип “ОВ”.

Надо отметить, что производилось раздельное изучение периодичности слабых землетрясений ($M < 7$) и сильных землетрясений с $M \geq 7$ (99% землетрясений с $M \geq 7$) происходит в поясах сжатия земли, в связи с чем, изучение периодичности сильных землетрясений производилось только для типа “С”.

Спектральный анализ временных рядов землетрясений производился методом максимальной энтропии, при этом длина фильтров выбиралась с учетом необходимости изучения высокочастотной составляющей спектра (с $T \leq 30$). Результаты изучения спектральных особенностей временных рядов землетрясений с $M \geq 7$ показали, что большая часть гармоник в спектрах землетрясений и чисел Вольфа совпадает. Из рис. 41 видно, что характерными в спектрах являются гармоники с $T = 18-22$ года, 10 - 11 лет и 8 лет.

Надо отметить, что в спектре, охватывающем временной ряд землетрясений с 1600 по 2000 годы, указанные гармоники выявлены более четко, чем в таковом за 1902-2000 годы. Это объясняется нами спецификой применяемой методики, эффективность которой увеличивается при увеличении длины исходного ряда.

Как видно из приведенных спектров, наиболее четко в них проявляется 22-летняя и 11-летняя цикличности.

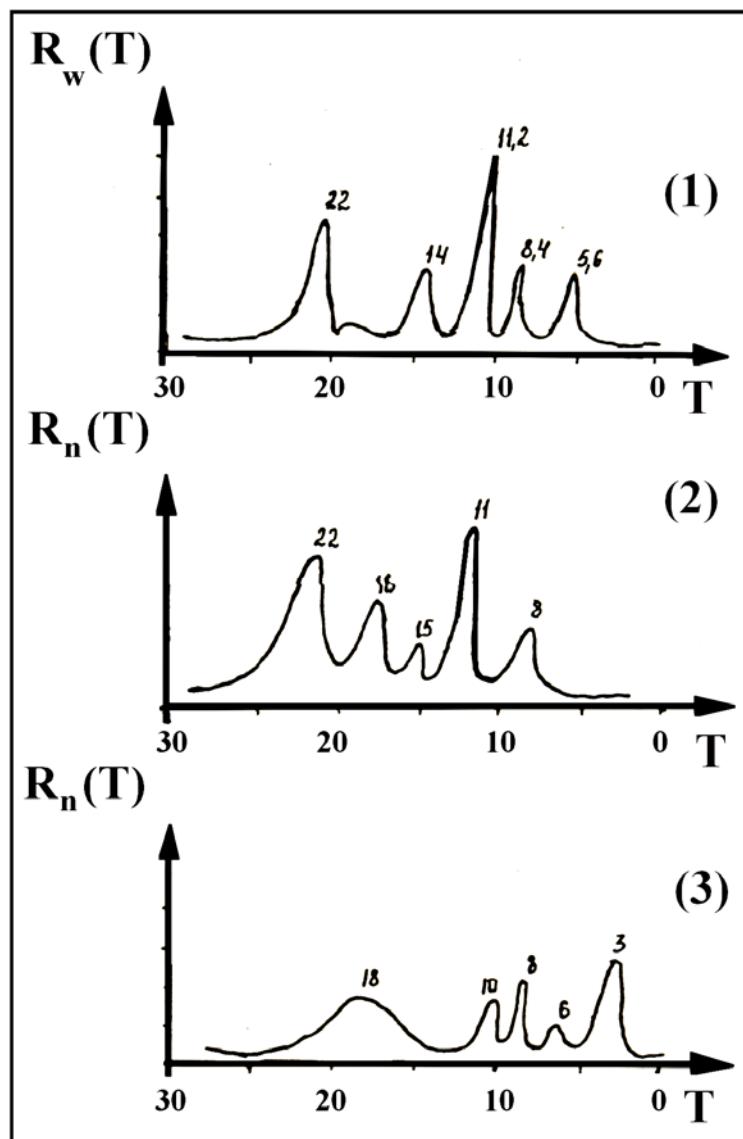


Рис. 41. Периодограммы изменений чисел Вольфа и сейсмической активности (для землетрясений типа “С”)

(1)- периодограмма изменений чисел Вольфа; (2)-периодограмма изменений сейсмической активности для землетрясений с $M \geq 7$, за период времени с 1600 по 2000 гг.; (3)-периодограмма изменений во времени выделившейся сейсмической энергии землетрясений типа «С» с $M \geq 7$, за период времени с 1902 по 2000 гг.

В таблице 16 приведены периоды гармоник чисел Вольфа и землетрясений с $M \geq 7$.

Интересные результаты также получены при изучении спектров землетрясений с $M < 7$. Большое число слабых землетрясений позволило произвести статистически объективную обработку данных по землетрясениям всех геодинамических типов: “С”, “ОР”, “ОВ”, “КР” за период с 1902 по 2000 годы.

Таблица 16

№№ пп	Периоды циклов активизации		
	Числа Вольфа	Землетрясения типа “С” с $M \geq 7$	
		1600 – 2000 го- ды	1902 – 2000 годы
1	5,6	-	6
2	8,4	8	8
3	11,2	11	10
4	14	15	-
5	22	22	18

На рис.42 показано сравнение спектров землетрясений типов “С” и “ОР” с графиком солнечной активности. Как видно, близкими в спектре являются гармоники с $T = 5, 11-12, 13-14, 22-27$. Гармоника с $T = 8$ проявляется лишь в спектре землетрясений типа “С”. Сравнение спектров землетрясений типов “КР” и “ОВ” со спектром солнечной активности (рис. 42) показало также наличие ряда сходных гармоник: 7-9 лет, 9-12 лет, 19-22 года. В спектре землетрясений типа “КР” не проявляется 5-летняя гармоника, а в спектре землетрясений типа “ОВ” – 14-летняя.

В то же время можно заметить сходство между спектрами землетрясений типов “С” и “ОР” (рис.42), а также “ОВ” и “КР” (рис.43). Между тем, спектры землетрясений типов “С” и “ОР” менее сходны с таковыми типов “КР” и “ОВ”.

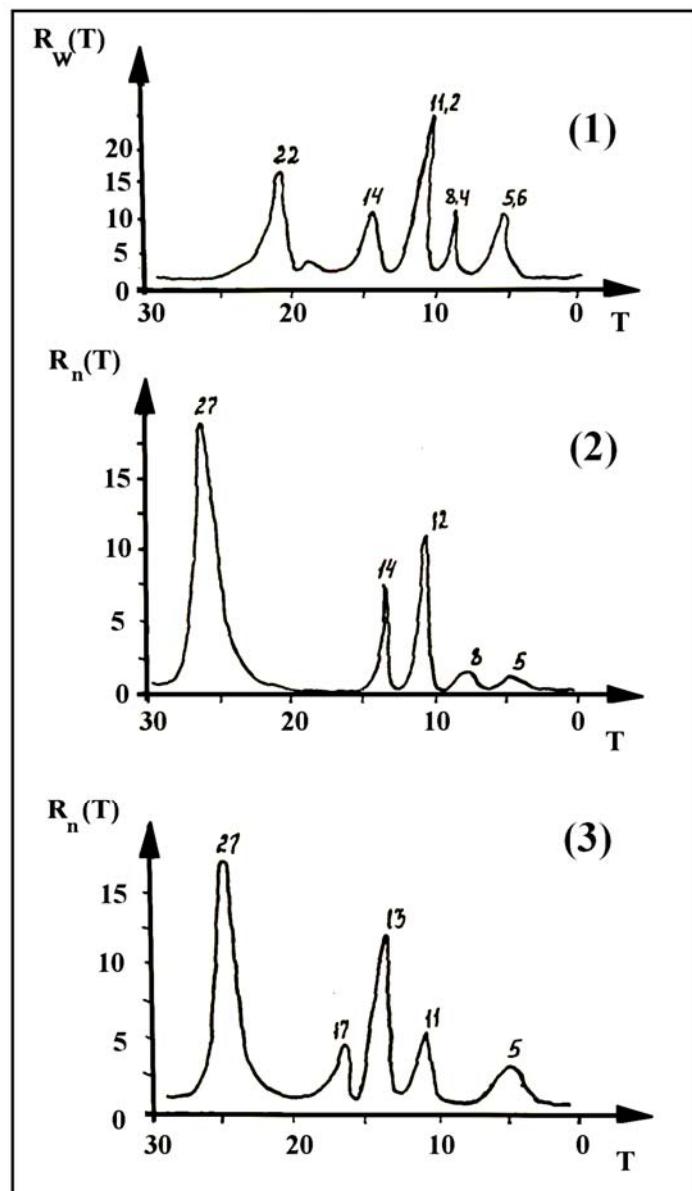


Рис. 42. Периодограммы изменений чисел Вольфа и сейсмической активности.

(1) – периодограмма изменений чисел Вольфа;
 (2), (3) – периодограммы сейсмической активности, для землетрясений, соответственно, типов «С» и «OP» с $M < 7$, за период времени с 1902 по 2000 гг.

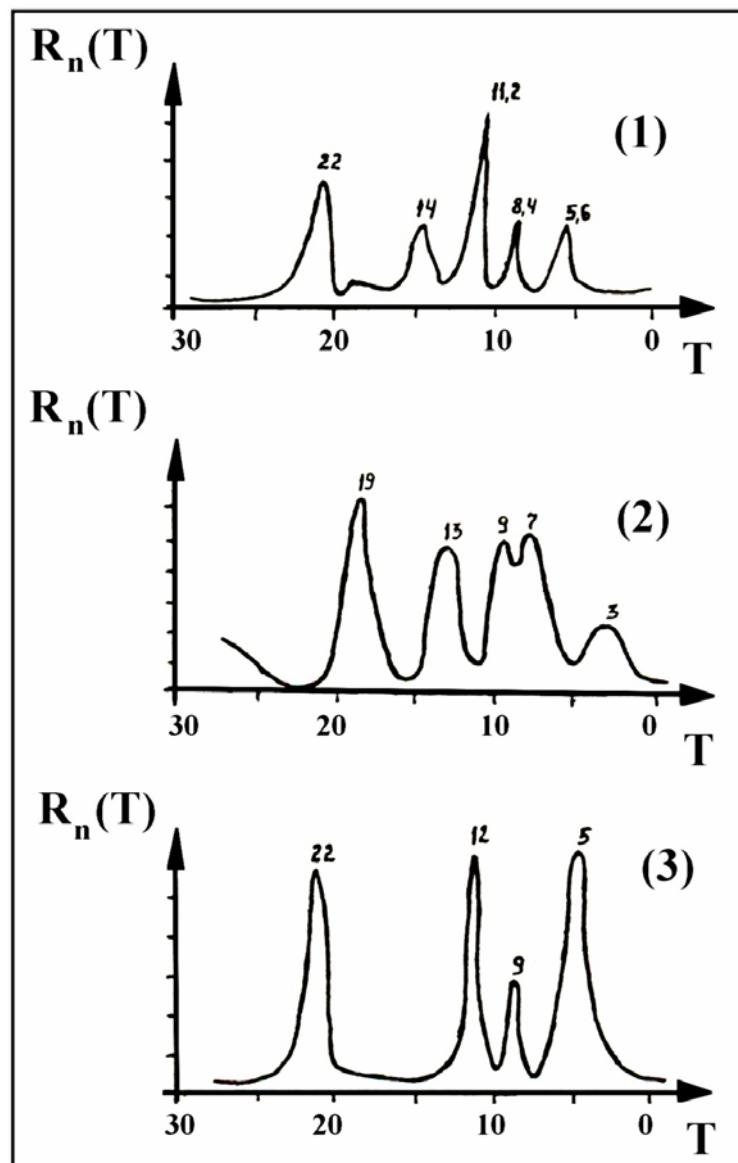


Рис.43. Периодограммы изменений чисел Вольфа и сейсмической активности. (1) – периодограмма изменений чисел Вольфа; (2), (3) – периодограммы сейсмической активности, для землетрясений, соответственно, типов «КР» и «ОВ» с $M < 7$, за период времени с 1902 по 2000 гг.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

Идентичная закономерность наблюдалась и в низкочастотных спектрах извержений вулканов, при этом в характере извержений вулканов типов “С” и “ОР” проявлялось высокое сходство, тогда как спектры извержений вулканов типов “ОВ” и “КР” также были идентичными.

В таблице 17 приведены периоды гармоник в числах Вольфа и в извержениях вулканов типов “С”, “ОР”, “КР” и “ОВ”.

Таблица 17

№ пп	Периоды циклов активизации				
	Числа Вольфа	Тип “С”	Тип “ОР”	Тип “КР”	Тип “ОВ”
1	5,6	5	5	-	5
2	8,4	8	-	7	9
3	11,2	12	11	9	12
4	14	14	13	13	-
5	22	27	27	19	22

Представляет определенный интерес сопоставление графиков активности сильных землетрясений (с $M \geq 7$) и чисел Вольфа. Это позволит изучить процесс связи сейсмичности с солнечной активностью в реальном масштабе времени.

На наш взгляд, неправомерным является упрощенное понимание связи тектонических процессов с солнечной активностью. Известно, что солнечная активность влияет на климатические процессы, изменения уровня мирового океана, в свою очередь, влияющие на энергетическое состояние литосферы и мантии и, как следствие, на тектонические процессы. Так, Г.С.Иванов-Холодный отмечает, что инициированные солнечной активностью процессы ионизации ионосферы имеют разный характер в зависимости от высоты. Была предложена теория расчета степени влияния Солнечных вспышек на процессы ионизации различных слоев ионосферы. В то же время отмечается, что механизм влияния солнечной активности на геофизические процессы весьма многогранен и требует пристального многостороннего исследования (Иванов-Холодный, 2000).

Важно понимание того, что само понятие солнечной активности весьма сложно и многогранно, поэтому остановимся чуть подробнее на процессах происходящих на Солнце в этот период.

Как было отмечено выше, интервалы между соседними минимумами солнечной активности составляют от 8 до 14 лет, а в среднем 11.1 г. (**закон Швабе – Вольфа**). В начале цикла пятен на Солнце почти совсем нет. Потом за 3 – 7 лет их количество увеличивается до максимального значения числа Вольфа $W \sim 50 - 200$. После этого в течение 5–10 лет значения W снова уменьшаются до минимума. С учетом чередования в соседних циклах последовательности магнитной полярности пятен биполярных групп (**закон Хейла**) физически более обоснован 22-летний цикл солнечной активности (**цикл Андерсона, 1939**). Имеются данные о существовании более продолжительных циклов: 35-летнего (**цикл Брюкнера, 1890**), векового (80 – 130 лет) и еще более длительных.

В конце XX в. выяснилось, что в солнечной активности присутствует **квазидвухлетний период**, типичный для ряда геофизических явлений. Одним из основных показателей солнечной активности являются солнечные пятна. На рис.44. показана магнитограмма активного солнца с хорошо видными солнечными пятнами и структура пятен.

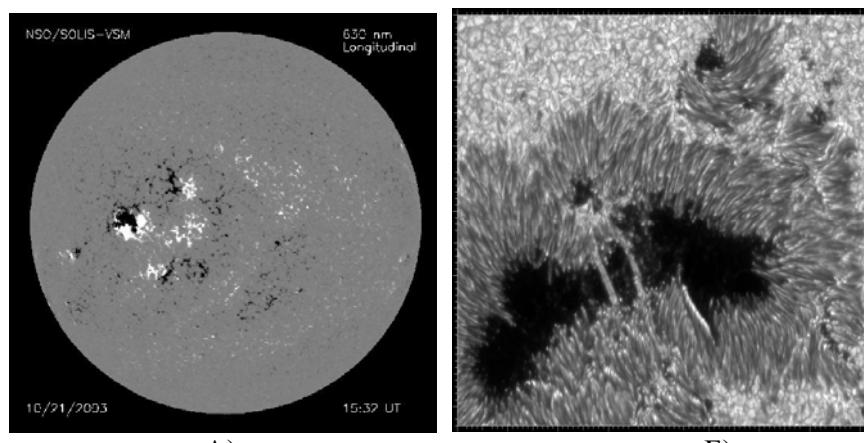


Рис.44. Магнитограмма активного солнца (А) и структура солнечного пятна (Б). www.kosmofizika.ru/ucheba/sun_act.htm

(А) - Белые (S) и черные (N) области различные полярности нескольких групп пятен. Серый фон слабые поля атмосферы.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

По нашему мнению, чрезвычайно важен сам факт наличия в тектонических процессах циклов, сопоставимых с периодами солнечной активности. Если же учесть сложность взаимосвязей и инертность многих физических и химических процессов, то смещение одних циклов относительно других во времени становится очевидным.

ВЫВОДЫ

Необходимо отметить, что в процессе детального анализа высокочастотных составляющих спектров временных рядов извержений вулканов и землетрясений, вычисленных также при различных длинах фильтра, выяснилось следующее:

1. Наиболее устойчивыми высоко частотными составляющими спектров являются гармоники с $T \approx 22\text{-}24$ года и $T \approx 10\text{-}12$ лет.
2. При изучении спектров распределения извержений вулканов во времени установлено:
 - а) Высокочастотные составляющие извержений вулканов типов “С”, “Р” и “Гр” сходны между собой, а также со спектром чисел Вольфа, при этом периоды гармоник в различных спектрах отличаются, в среднем, не более чем на 1 год;
 - б) Однозначно на всех спектрах извержений вулканов и чисел Вольфа выделена гармоника с $T = 22$ года.
3. Изучение спектров распределения числа землетрясений во времени показало следующее:
 - а) В спектрах сильных (с $M \geq 7$) и слабых (с $M \leq 7$) землетрясений однозначно выделяются лишь гармоники с $T \approx 20\text{-}23$ года;
 - б) В спектрах землетрясений с $M \geq 7$ и чисел Вольфа также выявлены сходные гармоники с $T \approx 10\text{-}11$ лет и с $T \approx 8$ лет;
 - в) Спектральный анализ временных рядов слабых землетрясений показал, что наиболее близким характером спектров обладают землетрясения типов “КР” и “ОВ”. Эти результаты согласуются с выявленными закономерностями в извержениях вулканов, особенно в низкочастотных составляющих спектров (с $T \geq 20$);
 - г) Спектры временных рядов слабых землетрясений содержат гармоники с периодами, характерными для спектра солнечной активности: $T \approx 22\text{-}24$, $T \approx 12\text{-}14$, $T \approx 10\text{-}12$, $T \approx 5$.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Проведенные исследования позволяют нам предположить различное влияние 11-летних и 22-летних циклов солнечной активности на проявления современной тектонической активности Земли, в поясах сжатия и растяжения Земли отражением которой являются извержения вулканов и землетрясения.

2.5. ДОЛГОСРОЧНЫЕ ПРОГНОЗЫ

Выявление цикличностей в сейсмической и вулканической активностях и их корреляционных связей с солнечной активностью и другими космическими процессами имеет важное значение для понимания взаимодействия различных космических и геодинамических факторов и создания единой концептуальной системы космо-земных взаимодействий.

Весьма интересной является попытка прогнозирования очередного 24 цикла солнечной активности. Для любых прогнозов, прежде всего, создаются модели процессов, на основе которых осуществляются их прогнозирование на будущее. Наиболее точную модель зарождения солнечных пятен разработала в 2004 году группа ученых, работающая под руководством доктора Маусуми Дикпати из Национального Центра атмосферных исследований США (NCAR). По их расчетам, магнитные структуры, формирующие пятна, зарождаются в районе экватора Солнца. Там они «впечатываются» в плазму и вместе с ней движутся к полюсам. Достигнув полюса, плазма погружается вовнутрь звезды на глубину, порядка, 200 тыс. км. Оттуда, она начинает течь обратно к экватору со скоростью 1 м/сек. Один такой круг соответствует циклу солнечной активности – 17-22 года. Свою модель исследователи назвали «моделью динамо-транспортировки магнитного потока». Сейчас мы находимся в начале 24-го 11-летнего солнечного цикла. Заложив в модель данные о 22-х предшествующих 23-му циклу, ученые просчитали, каким должен стать 23-й цикл. Результат совпал с тем, что мы наблюдаем, на 98%. Проверив, таким образом, свою модель, исследователи в начале 2006 года рассчитали 24-й цикл солнечной активности, пик которого придется на 2012 год. Прогнозируется, что 24-й цикл солнечной активности будет в 1,5 раза мощнее предыдущего 23-го (<http://www.wdcb.ru/stp/Cic23w.doc>).

Ниже приводится прогнозный график солнечной активности, составленный авторами на основе анализа существующих предшествующих данных и прогнозов американских исследователей.

На графике 45 видно, что в 2012 году ожидается не только пик 24-го, особенно мощного, 11-летнего цикла солнечной активности, но и пик четвертого 75-85 (80) – летнего цикла (F).

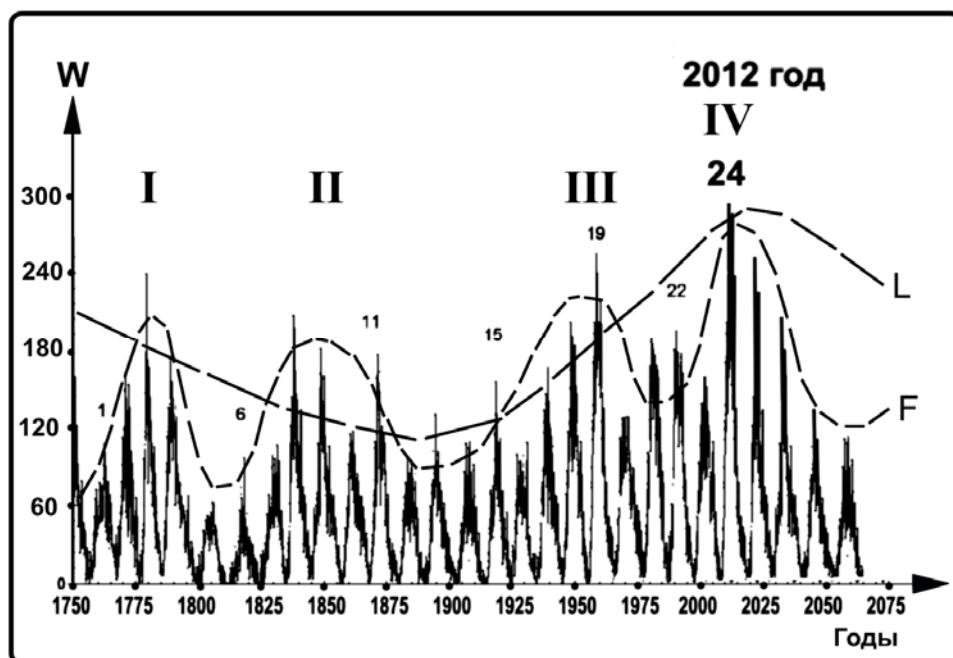


Рис.45 Прогнозный график солнечной активности.

Этот цикл показан в виде огибающей максимумов 11-летних циклов солнечной активности. Как видно из графика, на этот период приходится также максимум еще одного, более крупного, предположительно, 300-летнего цикла солнечной активности (L), фрагмент которого также показан на графике. Амплитуда 24 цикла завышена авторами на 20% по сравнению с прогнозами NCAR, что объясняется своеобразным резонансом в результате наложения циклов трех порядков.

Между тем, исследование закономерностей в цикличности вулканизма и сейсмичности позволяет решить не менее важную практическую задачу – осуществление долгосрочного прогноза активности вулканов и землетрясений. Поэтому, нам представляется весьма интересным и важным осуществление подобного долгосрочного прогноза на

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

основе результатов масштабной и кропотливой работы по изучению пространственно-временных закономерностей современных проявлений вулканизма и сейсмичности.

На рис.46, приведены прогнозные графики до 2018 года, как солнечной активности, так и сейсмической и вулканической активностей поясов сжатия Земли. Как видно из рисунка, нами использована в качестве показателя солнечной активности не кривая чисел Вольфа, а график изменений во времени солнечной постоянной, так как именно эта характеристика имеет энергетическое выражение:

(<http://www.kosmofizika.ru/ucheba/sun/564.jpg>

<http://www.kosmofizika.ru/ucheba/sun/68.jpg>).

Между тем, необходимо отметить, что солнечная постоянная имеет высокую корреляцию с числами Вольфа, что вполне логично.

Даже визуальное сравнение графиков позволяет заметить их высокое сходство и некоторое запаздывание во времени циклов сейсмической и вулканической активности поясов сжатия Земли по отношению к солнечной активности. Время запаздывания варьирует от 1,5 лет до 2-х лет. Обоснование механизма такого запаздывания было приведено в предыдущих разделах, в частности, в разделе 2.4.2.

Начиная с 2008 года приведены прогнозные части графиков, которые составлены на основании использования предшествующих, стабильно сохраняющихся длительное время, закономерностей, в частности, установленных циклов повышенной активности рассматриваемых процессов.

На всех трех графиках показан очередной цикл активности, равный, по своему периоду, в среднем, 11-12 годам. Как видно из графика, максимум цикла повышенной солнечной активности приходится на 2012 год. Между тем, максимумы циклов вулканической и сейсмической активностей поясов сжатия Земли приходятся на 2012 – 2015 годы, учитывая наблюдаемое ранее смещение во времени.

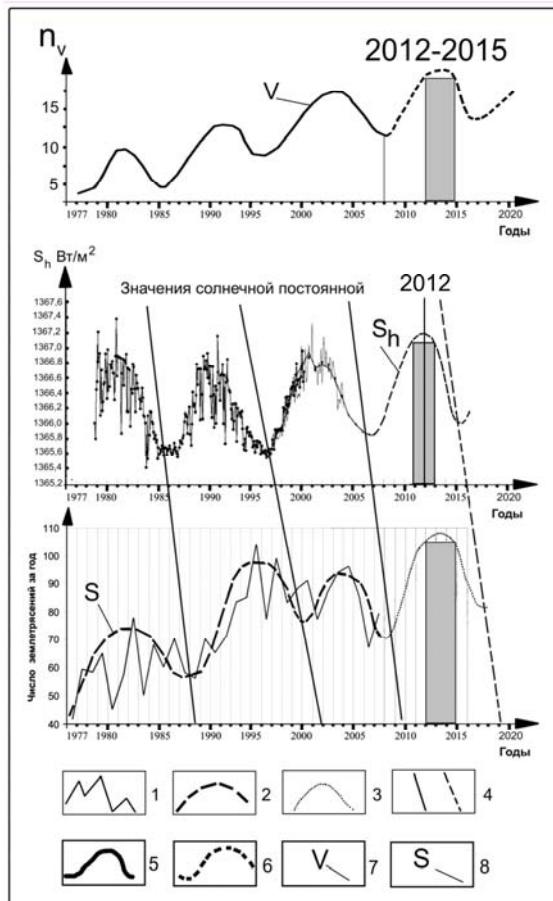


Рис.46 Прогнозные графики солнечной активности, сейсмической и вулканической активностей поясов сжатия Земли.

- 1 – график реальных чисел землетрясений поясов сжатия Земли с $M \geq 5$;
- 2 – огибающий график сейсмической активности поясов сжатия Земли с $M \geq 5$;
- 3 – прогнозная часть графика сейсмической активности поясов сжатия Земли;
- 4 – прямые соединяющие минимальные значения солнечной и сейсмической активностей и демонстрирующие запаздывающие сейсмической активности по отношению к солнечной;
- 5 – график вулканической активности поясов сжатия Земли;
- 6 - прогнозная часть графика вулканической активности поясов сжатия Земли;
- 7 - обозначение графика вулканической активности;
- 8 – обозначение графика сейсмической активности.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Более длительный период активности вулканизма и сейсмичности (4 года), по сравнению с солнечной активностью, объясняется, с одной стороны достаточной инертностью геодинамических процессов, а с другой - влиянием, помимо солнечной активности, целого ряда других факторов, как эндогенного, так и космического характера.

3. О ВОЗМОЖНОМ ВЛИЯНИИ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЗЕМЛИ

О возможности влияния гравитационных волн на деформацию Земли и геодинамические процессы, можно судить на основе проведения определенных аналогий, например, влияния лунно-солнечных приливов, а также гравитационного воздействия других планет Солнечной системы, на природные процессы.

Изучению связи между периодичностью землетрясений и лунно-солнечными приливами посвящено наибольшее число исследований: П.С. Матвеева и В.Г. Голубицкого (1961), М.В. Столова и П.Г. Нестеренко (1963), Б.В. Ермакова и др. (1984), Л.А. Латынина и С.Д. Ризаева (1985), L.A. Cotton (1928), D.P. Bagby (1973), M.A. Gougenheim (1961), P. Hedervari (1964), L. Knopoff (1964), I.F. Simpson (1967), A. Ryall (1968), B.D. Zeltler (1969), S. Shilen (1972), K. Nagasawa (1973), Th.H. Heaton (1975).

Всеми вышеперечисленными исследователями, делается вывод, о существовании физической связи между лунно-солнечными приливами и сейсмической активностью Земли. Различаются лишь оценки, относительно степени этого влияния.

А.И.Елькин рассматривает возможность влияния лунно-солнечных приливов на скорость процесса тектонических движений земной коры и, как следствие, на возникновение землетрясений. В работе Л.А. Латынина и С.Д. Ризаева предлагается изучать приливные деформации в зонах сейсмоактивных разломов с целью прогноза землетрясений. В частности отмечается, что если в результате процессов, подготовливающих землетрясение, упругие характеристики зоны разлома изменяются, это приводит к изменению интенсивности приливной волны.

Привлекает внимание несколько нестандартный подход Н.П. Булатовой к проблеме влияния положений Солнца и Луны на широт-

ное распределение сейсмичности Земли. В частности, ею обнаружены аномально высокие значения сейсмичности в узких полосах широт, соответствующих по своему положению границам внешнегого ядра с мантией и внутренним ядром, спроектированным на поверхность Земли по направлениям, перпендикулярным оси вращения Земли. Полученные результаты показали, что Солнце и Луна, при своем пространственно-временном движении создают сложную модуляцию в тонкой структуре сейсмичности, проявляющейся в гистограммах и спектрах распределения сейсмичности по широте (Булатова, 2005).

П.С.Матвеев и В.Г.Голубицкий проводя статистические исследования влияния приливообразующих сил Луны и Солнца на частоту землетрясений Закавказья, дают оценку зависимости частоты землетрясений от смены фаз Луны и от смены времени года. В то же время, ими исключается статистически достоверная связь между солнечными приливами и частотой землетрясений.

D.P. Bagby на основании изучения величины высвобожденной энергии за 65 лет, приходит к заключению о влиянии расположения Нептуна и Урана по отношению к Земле, а также лунно-солнечных приливов на сейсмическую активность.

Ряд авторов (Th.H. Heaton, L. Knopoff, I.F. Simpson) считают, что приливы являются спусковым механизмом разрядки напряжений в недрах Земли. Ими также отмечается возможность применения зависимостей между сейсмичностью и приливными явлениями для прогноза землетрясений.

K. Nagasawa на основании изучения землетрясений Японии с 1926 по 1970 гг. установил, что для землетрясений с $M > 6$ наблюдается нарастание частоты более чем на 30% во время первой и последней четвертей Луны.

A. Ryall и другие, указывают на возможность возбуждения микроземлетрясений земными приливами.

I.F. Simpson предлагает к рассмотрению физический механизм влияния на период повторяемости землетрясений лунно-солнечных приливов, связанный с пересечением плоскости эклиптики с нормалью к плоскости разлома при землетрясениях (1967, 1968).

В своих работах В.М. Федоров приходит к ряду интересных выводов: во-первых, он впервые пришел к интересному выводу о возможной связи вулканической активности с положением Земли на своей орбите (Федоров, 2001); во-вторых, исследователь приходит к заклю-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

чению, что приливное действие Луны, Солнца и ближайших планет Солнечной системы вызывает деформацию литосферы, влияющую на изменения угловой скорости вращения Земли и хронологическую структуру и вероятностные характеристики вулканических извержений (Федоров, 2005).

Безусловно, для более глубокого анализа, воздействия гравитационных полей планет Солнечной системы на природные процессы Земли необходимо осмыслить возможный физический механизм этого процесса.

Рассмотрим этот процесс на примере Луны, гравитационное воздействие на Землю, которой хорошо изучено рис.47. Итак, в поле гравитационного потенциала, передача момента количества движения от планеты к спутнику, должна уравновешиваться моментом вращения, обусловленным влиянием спутника на планету. Если бы приливная реакция спутника на планету была бы мгновенной, то полный момент вращения оказался бы равным нулю, поскольку приливный горб был бы всегда симметричен относительно линии планета - спутник.

Между тем, в силу неабсолютной упругости и диссипации энергии, будет иметь место фазовый сдвиг ψ . Так как $\omega_{nl} > \omega_{cn}$, максимальный приливный горб у планеты отстает от линии планета – спутник. Спутник, в свою очередь, создает противодействующий момент, стремящийся замедлить вращение планеты. В то же время, воздействие горба на спутник, создает равный по величине, но противоположный по направлению момент вращения, вызывающий увеличение энергии и момента количества движения спутника.

Энергия вращения, затрачиваемая спутником на торможение Земли, составляет величину $2,8 \cdot 10^{19}$ эрг/с. Для сравнения: Земля получает от Солнца энергию $1,7 \cdot 10^{24}$ эрг/с, мощность атмосферной циркуляции оценивается $2,4 \cdot 10^{22}$ эрг/с, энерговыделение во время мощных магнитных бурь составляет около 10^{19} эрг/с.

Расчеты показывают, что основная часть замедления вращения Земли, составляющая около 3,5 мс за столетие, обусловлена океаническими приливами (на самом деле замедление составляет около 2 мс, поскольку одновременно происходит ускорение вращения Земли, примерно на 1,5 мс за столетие, причины которого, до настоящего времени, не выяснены).

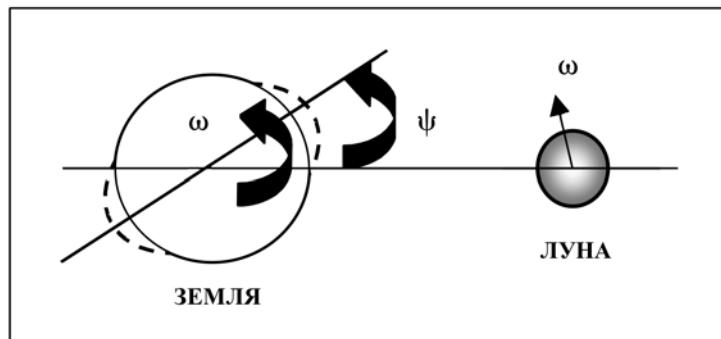


Рис. 47. Схема запаздывания приливного горба, возникающего у Земли под влиянием гравитационного поля Луны. ω_{pl} – частота вращения планеты вокруг своей оси; ω_{cn} – частота вращения спутника вокруг планеты.

Из-за того, что Земля вращается вокруг своей оси быстрее, чем Луна обращается вокруг Земли, приливный выступ (горб) выносится вращением Земли вперед относительно линии центров Земли и Луны. Наоборот, если бы Земля вращалась медленнее обращения Луны, то приливный горб, отставал. Максимальная деформация, в результате лунных приливов в данной точке возникает позже, чем максимальное напряжение, направленное вдоль линии центров (Марков, 1986). Земные приливы запаздывают на угол $\approx 2 \div 4^\circ$.

Максимальная амплитуда приливного горба составляет несколько десятков см (Жарков, 1983).

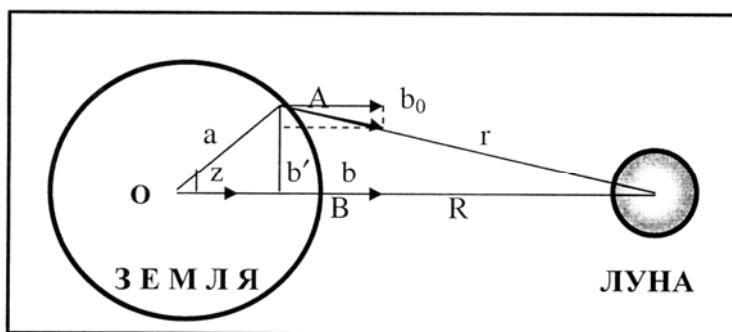


Рис. 48. Приливная сила в точках *A* и *B* (Жарков, 1983).

Приливообразующий потенциал W_t в произвольной точке А, расположенной на поверхности Земли, имеет вид:

$$W_t = \frac{GM}{R} \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{a}{R} \right)^n P_n(\cos z), \quad 3.1$$

где G – гравитационная постоянная, M – масса возмущающего тела (в данном случае, масса Луны), a – средний радиус Земли, R – расстояние между центрами масс Земли и Луны, z – угол АОВ, $P_n(z)$ – полиномы Лежандра. Поскольку отношение: a/R весьма мало ($\sim 1/60$), в общей формуле достаточно удержать всего один член с $n = 2$. Изменение ускорения силы тяжести на поверхности Земли в точке B , лежащей на линии центров Земля-Луна, (где $z = 0$) из-за приливообразующей силы равно (Жарков В.Н., 1983):

$$\Delta g_t = \frac{dW_t}{da} = \frac{2GM_{\text{Л}}a}{R^3} P_2(1) = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ см/с}^2 = 0,11 \text{ мГал} \quad 3.2$$

где Δg_t – изменение ускорения силы тяжести; $M_{\text{Л}}$ – масса Луны.

Для количественной характеристики отклика твердой Земли на прилив, Ляв в 1909 г. ввел два безразмерных параметра k и h - числа Лява. Число k - равно отношению дополнительного потенциала, возникающего из-за приливной деформации Земли, к приливообразующему потенциальному на поверхности Земли; число h - отношению высоты земного прилива к высоте соответствующего статического океанического прилива на абсолютно твердой Земле (т.е. к высоте подъема эквипотенциальной поверхности абсолютно твердой Земли под действием приливообразующего потенциала).

Значения чисел Лява для полусуточных или суточных волн равны:

$$k = 0,301; h = 0,609$$

Рассмотрев механизм приливообразования вызванного Луной в твердой Земле, попытаемся оценить изменение ускорения силы тяже-

сти в результате влияния гравитационного поля Марса в период его максимального приближения к Земле на расстояние 55,7 млн. км, которое состоялось 27-28 августа 2003 г.

На рис.49 показана схема взаимодействия Земли и Марса, где R – расстояние от центра Земли до центра Марса, r – расстояние от центра Марса до поверхности Земли.

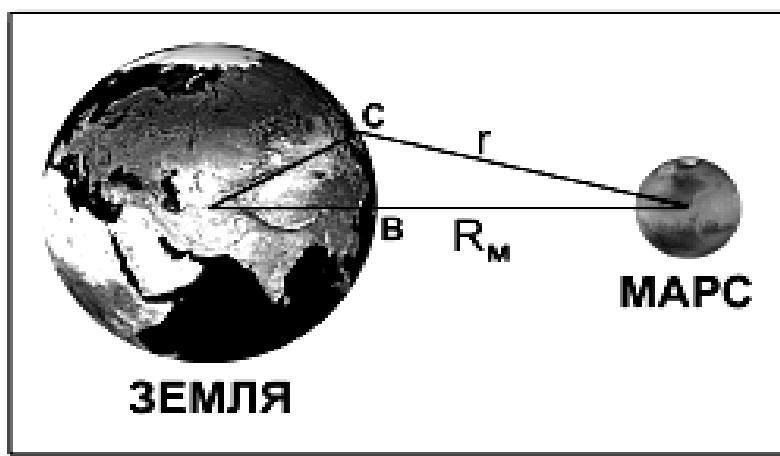


Рис. 49. Схема гравитационного взаимодействия Земли и Марса.

Определим изменение ускорения силы тяжести на поверхности Земли в точке B , лежащей на линии центров Земля-Луна, где $z = 0$.

$$\Delta g_t = \frac{2GM_M a}{R^3} = \frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-8} \cdot 6,4 \cdot 10^{26} \cdot 6,37 \cdot 10^8}{(56 \cdot 10^{12})^3} = \\ = 3,1 \cdot 10^{-12} \text{ см} / \text{с}^2 (\text{Гал}) = 0,31 \cdot 10^{-7} \text{ мГал}$$

3.3

где G – гравитационная постоянная; M_M – масса Марса ($6,4 \cdot 10^{26}$ гп); a – радиус Земли ($6,37 \cdot 10^8$ см); R - минимальное расстояние от Земли до Марса ($56 \cdot 10^{12}$ см).

Таким образом, исходя из полученного результата, можно сделать вывод о том, что изменение ускорения силы тяжести под влиянием гравитационного поля Марса составляет $0,31 \cdot 10^{-7}$ мГал, что может привести, по предварительным оценкам, к изменению эксцентриситета в твердой Земле, всего лишь на сотые доли миллиметра. Между тем, в атмосфере, как в более динамичной среде, деформация может иметь более значительные последствия, в особенности, в верхних слоях атмосферы, где влияние гравитационного поля Земли ослабляется пропорционально квадрату расстояния. В результате этого, воздействие гравитационного поля Марса на верхние слои атмосферы должны быть более ощутимыми, что может привести к нарушению существующего баланса в циркуляции атмосферы и, как следствие, к различным атмосферным аномалиям, выраженным в климатических изменениях и в виде природных катаклизмов – сильных ураганов, тайфунов, наводнений и т.д. Между тем, нарушение атмосферной циркуляции, в свою очередь, оказывает влияние на процессы в геосфере и гидросфере. Изменения зон повышенных и пониженных давлений в атмосфере играют не последнюю роль, в качестве спускового крючка, в активизации землетрясений и извержений вулканов.

Так, Марс, сближается с Землей, примерно, каждые два года. Из-за эксцентриситета орбиты Марса, его расстояние от Земли, в момент противостояния, может меняться от 56 до 100 млн. км. Противостояние, при которых расстояние до Марса не превышает 60 млн. км, принято называть великими. В период великих противостояний Марс находится вблизи перигелия. Если соединить перигелий орбиты Марса с Солнцем прямой линией, то она пересечет орбиту Земли в той точке, которую Земля проходит, обычно, в период от конца июля до начала сентября. Например, в 2003 г. это произошло 28 августа. Великие противостояния следуют с интервалом 15 или 17 лет. Между тем, самые великие противостояния, при которых Марс подходит к Земле на расстояние, около 56 млн. км происходят, примерно, раз в 60 тыс. лет. Таким образом, противостояние Марса, которое произошло 28 августа 2003 года относится к самым великим. Между Землей и Марсом расстояние составило, всего около 55,7 миллионов километров, тогда как, обычно, он бывает от Земли на расстоянии около 400 миллионов километров.

В момент приближения Марса, его легко разглядеть и сфотографировать даже с помощью небольших телескопов, рис.50.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

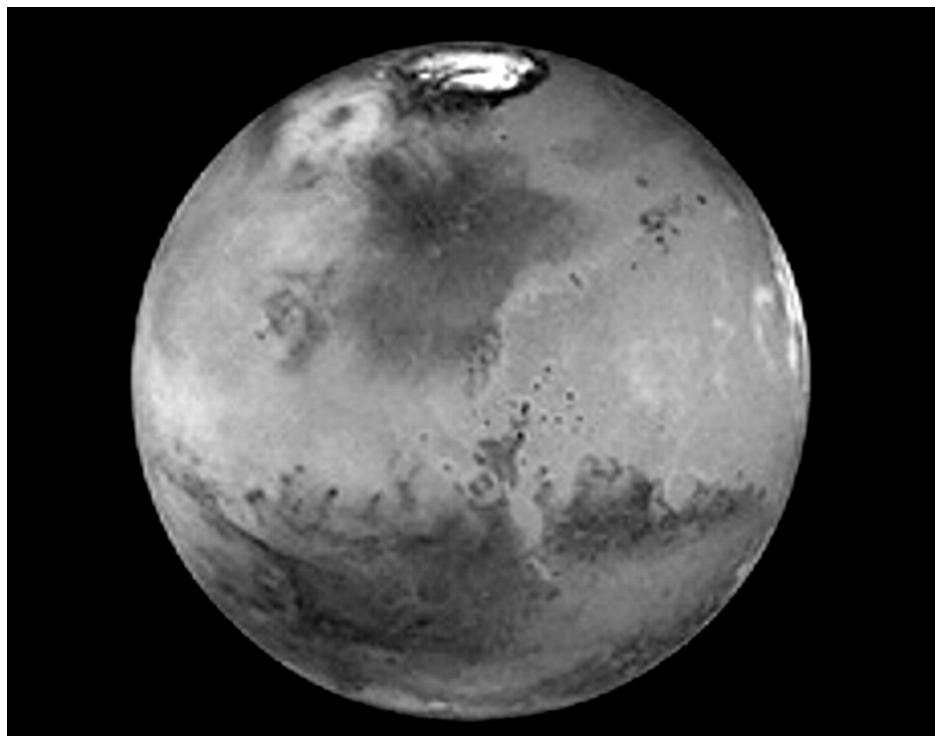


Рис.50. Фотография Марса.
<http://www.kao.re.kr/space/Solar%20system/image/mars.jpg>

Исторически сложилось мнение, что приближение Марса к Земле вызывает различные беды - засухи или, наоборот, наводнения, ураганы, тайфуны, землетрясения. Но наука должна основываться на проверенных фактах. Интересно, что и сейчас существует немало различных толкований весьма детальных фотографий поверхности Марса. Некоторые энтузиасты, по-прежнему, склонны мистифицировать Марс, разглядывая на его поверхности пирамиды или причудливые изображения, напоминающие лица людей, рис.51.

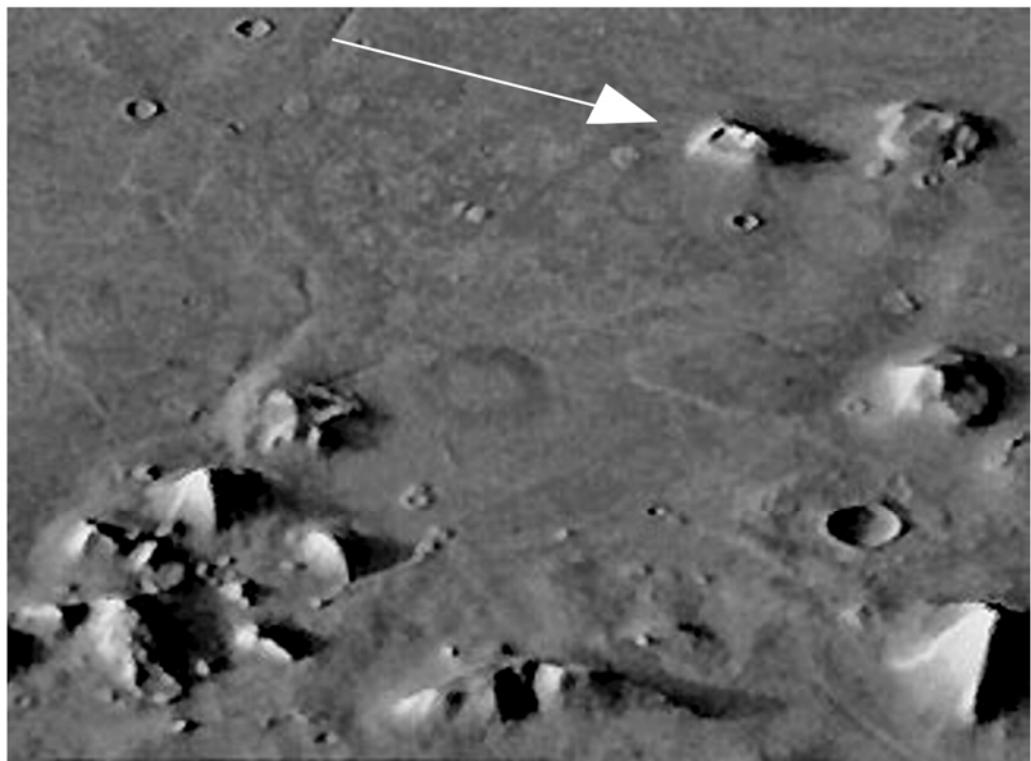


Рис.51. Детальная фотография поверхности Марса, на которой хорошо видны причудливые природные образования похожие на пирамиды и даже на лицо человека. <http://unexplained.chat.ru/mars/cityandface2.jpg>

Между тем, хочется напомнить, что и на Земле достаточно много причудливых форм в рельефе, в которых, при хорошей фантазии и желании, можно разглядеть лица людей и изображения животных. Ведь именно так и рождались многие древние легенды и мифы. Что же касается правильных форм образований, напоминающих пирамиды, то и на Земле немало подобных структур, например, в Гималаях, которые, кстати, тоже пытаются мистифицировать. Эти формы придала геологическим образованиям природа в результате эрозии и других процессов.

Нам хотелось бы остановиться на двух моментах: первый - исторический. Если существует поверье, что Марс приносит беды, то нельзя голословно отметать эту информацию. Лучше во всем разо-

браться с точки зрения современной науки. Как говорится, «нет дыма без огня». Почему катастрофы приписывают именно Марсу, а не другим планетам, несмотря на то, что периодически происходят парады планет или сближения с Землей других планет Солнечной системы.

Второй аспект – физический. Марс, одна из планет солнечной системы, взаимодействующая со всеми другими Планетами своим гравитационным полем. Его приближение к Земле почти в семь раз, не может бесследно пройти для геофизических и метеорологических процессов.

Мы хотели бы акцентировать внимание читателей на конкретных фактах. Приведем несколько самых ярких примеров природных катастроф с июля по сентябрь 2003 года, когда Марс был в зоне максимального гравитационного взаимодействия с Землей.

Начавшийся 23 июля над Филиппинами чудовищный тайфун «Имбудо», унесший жизни 17 человек и оставивший без крова 11 тысяч человек, 24 июля пронесся по южному побережью Китая, нанеся огромный ущерб. В поперечнике ураган достигал 800 км, а его скорость, в порывах, составляла 160 км/час.

12 августа пронесшийся над Ростовом ураган разрушил 5 поселков, а 03 сентября на юге Китая бушевал мощнейший тайфун, «Дуцзюань», унесший жизни более 30 человек.

Мощный тайфун Майеми, двигавшийся со стороны Японии, где погиб 1 человек и около сотни было ранено, достиг Кореи поздно вечером 12 сентября. Согласно данным метеорологов, максимальная скорость ветра, внутри тайфуна, достигала 60 м/сек. Вихрь разрушил все, что попалось на его пути. Рухнули на Землю несколько гигантских подъемных кранов, на берег был выброшен пришвартованный к порту океанский лайнер, множество кораблей было потоплено. Сотни зданий было уничтожено, около 10 тысяч человек осталось без крова.

18 сентября восточного побережья США достиг ураган «Изабель», скорость ветра которого достигала 40 метров в секунду. Множество погибших и раненых, прервано авиаобращение, закрыты 19 аэропортов, более 2 миллионов потребителей в штатах Северная Каролина и Вирджиния остались без электричества. Президентом США эти штаты были объявлены зоной бедствия.

29 сентября сильнейший ураган, пронесшийся над Украиной, оставил без света всю Западную Украину.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Список можно было бы существенно увеличить, но думаем, что и этих примеров достаточно. По статистике, с июля по конец сентября, в мире произошло вдвое больше ураганов и тайфунов, чем за аналогичные периоды прошлых лет.

Значительное повышение сейсмической активности на всей планете, было отмечено со второй половины сентября 2003 г.

Так, 17 сентября происходит землетрясение в Чили магнитудой $M=6,1$; 21 сентября с $M=6,7$ на юге Бирмы; 22 сентября с $M = 6,5$ землетрясение в Доминиканской Республике; 24 сентября с $M = 5,2$ в Турции; 25 сентября два сильных землетрясения с магнитудами - 8 и 7 в Японии; 27 сентября сильные землетрясения с $M = 7,5$ и 6,5 в Южной Сибири.

Наконец, 24 сентября, одновременно начинается серия сильнейших извержений группы вулканов на Камчатке – сначала Карымского, а затем, 26 сентября и Безымянного, 30 сентября два землетрясения с $M = 6,5$ и 6 в Новой Зеландии, 01 октября землетрясение на Алтае с $M = 6,6$.

Как видно из краткого обзора, наблюдается ярко выраженная аномально высокая активность, как атмосферных, так и геологических катализмов. Степень активности, атмосферных проявлений энергетики планеты (тайфуны, ураганы), и геологических (землетрясения, вулканы) превышает фоновые значения, примерно в 2,5 – 3 раза. Между тем, не трудно заметить, что сначала активизируются атмосферные процессы, а затем, когда уже наблюдается спад степени их активности, начинается активизация геодинамических процессов.

Приближение Марса к Земле - это не мгновенный, а постепенный процесс, следовательно, и усиление его гравитационного влияния на Землю происходит постепенно. Если Марс приблизился к Земле в 7-мь раз, то, исходя из закона всемирного тяготения, гравитационная сила Марса, действующая на Землю, увеличилась, в этот период, в 49 раз!

Что же при этом происходит? Как известно, гравитационное поле, в отличие от магнитного и электрического, действует на тела и пространство по-особенному. Т.е., при приближении Марса к Земле, ее форма начинает деформироваться – Земля начинает вытягиваться с противоположных сторон по линии, соединяющей центры Земли и Марса и сжиматься в перпендикулярном направлении.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Однако, этому процессу подвержена не только твердая составляющая Земли, но и атмосфера, а также гидросфера (Мировой океан). Причем, атмосфера, являясь менее плотной и более мобильной и чуткой, к внешним воздействиям, средой, начинает реагировать на приближение Марса значительно раньше. Именно поэтому, атмосферные аномалии, выразившиеся в виде тайфунов и ураганов, начали проявляться значительно раньше, еще в июле 2003 года. Гравитационное поле Марса нарушило существующий баланс атмосферной циркуляции. Более того, если бы мы смогли увидеть атмосферу Земли из космоса, то можно было бы заметить, как деформирована ее форма под действием поля гравитации Марса.

Земная кора является твердой средой, и процессы, протекающие в ней, более инертны. Гравитационное поле Марса привело к перераспределению энергии в земной коре и нарушило геодинамический баланс, добавив в общую «энергетическую копилку» и свою немалую долю. Это вывело из состояния равновесия очаги землетрясений, напряжения в которых находились на критическом уровне. Таким образом, проведя предварительные общие оценки возможности влияния гравитационного поля планет Солнечной системы, на примере Луны и Марса, на климатические и геодинамические процессы, мы приходим к следующим выводам:

Наибольшее влияние на формирование атмосферного и геодинамического режима планеты, оказывает воздействие гравитационного поля Луны. В то же время, гравитационное взаимодействие Земли и Луны представляет собой, с точки зрения энергообмена, единую систему, формирующую естественные ритмы климатических и геодинамических процессов. Взаимное влияние, как Земли на Луну, так и обратный процесс, необходимо рассматривать, как часть естественного сосуществования двух элементов единой системы. Поэтому, взаимные деформации Земли и Луны, под действием приливных сил, вызывающие цикличность атмосферных и сейсмических процессов, так же естественны, как и смена дня и ночи или времен года.

Как показали расчеты, с точки зрения мгновенного выделения энергии, приближение Марса не является столь выдающимся событием. Но если учесть, что эта часть гравитационной энергии привносила в общую энергетику Земли в течение нескольких месяцев (период приближения и удаления Марса), то привнесенная часть энергии значительно возрастет и превысит энергию, привносимую Луной во время

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

приливов. Т.е. если лунные приливы не вносят дополнительную энергию в систему Земля-Луна, то марсианский прилив, длящийся несколько месяцев, привносит в систему Земля-Луна дополнительную порцию значительной энергии.

Этот процесс можно рассматривать, как своеобразную «накачку» атмосферы и твердой Земли гравитационной энергией, привнесенной Марсом, что может стать причиной нарушения сложившегося энергетического баланса системы Солнце – Земля – Луна, в первую очередь, нарушение циркуляции в атмосфере Земли, которое, в свою очередь, вызывает нарушение хода естественных геодинамических процессов. Именно этим можно объяснить тот факт, что атмосферные процессы начинают реагировать на приближение Марса раньше, после чего начинаются геологические катаклизмы.

В принципе, гравитационное взаимодействие Марса с Землей в периоды великих противостояний, также, как и других планет, представляют собой один из элементов функционирования Солнечной системы. Эти процессы происходят с определенной периодичностью, но с большим периодом, по сравнению с длительностью человеческой жизни, в связи с чем, они психологически воспринимаются, как артефакты. Если бы лунные приливы в океане, происходили с периодичностью 50 или 100 лет, то они воспринимались бы как глобальные природные катаклизмы, при которых затапливаются колоссальные площади суши. Но, океанские приливы никого не пугают, а воспринимаются, как естественный элемент бытия.

Поэтому, при рассмотрении природных катастроф, немалое значение имеет фактор чисто психологического восприятия того или иного природного явления, по отношению к жизнедеятельности людей.

Так, например, если процесс затопления территории растянут во времени, по сравнению с длительностью человеческой жизни, то он не будет восприниматься в качестве природного катаклизма, несмотря на то, что его масштабы, могут быть значительно больше, чем при быстром затоплении. В то же время, с геологической точки зрения, процесс длительного, но более масштабного затопления, может быть рассмотрен, в качестве, глобальной природной катастрофы.

В качестве примера можно привести некий природный катаклизм, выразившийся в изменении климата и вызвавший гибель динозавров и многих других форм жизни на всей планете в меловой период. В последующем, на Земле сформировались новые, близкие к нам, фор-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

мы жизни. Таким образом, в это время, действительно произошла некая глобальная катастрофа, вызвавшая серьезные изменения в биосфере Земли. Человечество не может знать, является ли данный этап жизни на Земле, периодом очередного катаклизма, растянутого во времени или нет. В связи с этим, понятие природной катастрофы, должно быть привязано к фактору продолжительности человеческой жизни, по отношению к которой, то или иное явление, может быть рассмотрено, в качестве катастрофического. Данная проблема имеет психологическую и философскую основу.

В то же время, на наш взгляд, отклонения в климатических и геологических процессах, вызванные приближением Марса, с точки зрения масштабов, имеют хоть и выраженное, для восприятия людей, проявление, но локальный характер, с точки зрения геологической масштабности. Так, этот процесс, может отражаться в смещении и некотором увеличении амплитуды трехмесячных циклов сейсмической активности, по масштабам проявления, занимающим, один из самых низших звеньев в иерархии циклов данного процесса. Можно отметить, что в сейсмической активности, нами были выделены двухнедельные циклы.

3.1. НЕОБЫЧНЫЕ ГРАВИТАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ И НОВЫЕ ПОДХОДЫ К КРАТКОСРОЧНОМУ ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

3.2. ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ

Исследованиям вариаций измеренных значений гравитационной постоянной было посвящено много работ, среди которых особо хотелось бы выделить исследования Измайлова В.П., Каагиоза О.В. и Пархомова А.Г. (1999 г.). На наш взгляд, особая ценность этих исследований заключается в их целенаправленности на мониторинг G в течение достаточно длительного периода времени. Другим важным фактором является высокая корректность проводимых измерений гравитационной постоянной, обусловленная не только серьезно продуманной методологической и инструментальной базой эксперимента, но и тем, что замеры проводились на протяжении всего периода мониторинга одним и тем же прибором, без изменения его местоположения и ориен-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

тации. Последнее замечание может показаться странным, так как, на гравитационную постоянную и, даже на вариации ее измеренных значений, по логике, ориентация весов Кавендиша не должна оказывать никакого влияния. Между тем, приведенные ниже результаты, не совсем обычного, эксперимента, показывают обратное.

Учитывая наличие в космическом пространстве множества различных факторов, возмущающих кривизну пространственно-временного континуума, таких как гравитационные волны, движение планет, звезд, галактик по своим орбитам, мощных гравитационных неоднородностей порождаемых черными дырами, можно предположить влияние этих возмущений на гравитационное взаимодействие больших и малых масс в весах Кавендиша.

Для регистрации возможных влияний внешних факторов, влияющих на изменения метрики кривизны пространства, в Научно-исследовательском институте прогнозирования и изучения землетрясений (НИИ ПриИЗ г.Баку) был изобретен, разработан, изготовлен и введен в действие детектор длиннопериодных гравитационных вариаций, позволяющий измерять вариации гравитационного поля в трех взаимно перпендикулярных направлениях - X,Y,Z (Халилов Э.Н., 2004).

3.3. ТОРСИОННЫЙ ДЕТЕКТОР ДЛИННОПЕРИОДНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВАРИАЦИЙ «ATROPATENA»

Физический принцип данного детектора, условно названного «Торсионный детектор длиннопериодных гравитационных вариаций (ТД ДГВ)» был запатентован, на него была также оформлена международная заявка РСТ (Khalilov E.N. Method for recording low-frequency gravity waves and device for the measurement thereof. WO 2005/003818 A1. 13.01.2005).

Прибор представляет собой замкнутую и изолированную от внешней среды систему сенсоров, использующих физический принцип «Весов Кавендиша», в которых подвешены на нитях вместо одного - два коромысла с малыми массами на концах, причем эти коромысла расположены взаимно перпендикулярно. Между малыми массами, размещенными на концах двух коромысел, на равном удалении от них размещены большие массы (рис.52).

Кроме того, имеется и третий измерительный датчик – пробная масса, подвешенная на специальном подпружиненном рычажке и имеющая возможность вертикальных смещений при изменении относительных значений ускорения силы тяжести Δg Земли. Вариации Δg обусловлены появлением локальных гравитационных аномалий, которые могут быть вызваны изменением плотности толщи горных пород под прибором в результате изменения их напряженного состояния и, как следствие, плотности, а следовательно и их массы.

На рис.52 схематически показано устройство ТД ДГВ.

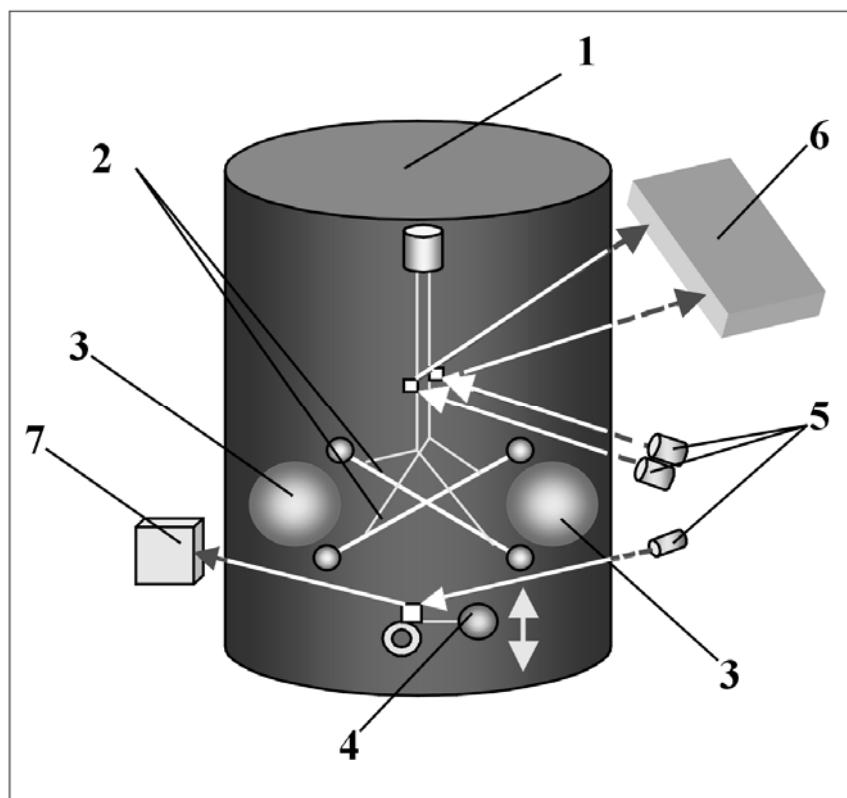


Рис.52. Схема конструкции ТД ДГВ - ATROPATENA.

1 – стеклянный корпус детектора; 2 – коромысла с малыми массами на концах; 3 – большие массы; 4 – пробная масса, подвешенная на подпружиненном рычажке; 5 – лазерные излучатели; 6 – чувствительная оптическая матрица для горизонтальных сенсоров; 7 – чувствительная оптическая матрица для вертикального сенсора.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Как видно из схемы, на коромыслах с массами и на рычажке вертикального датчика имеются миниатюрные зеркальца, на которые направлены три лазерных луча. Отразившись от зеркалец, лучи попадают на чувствительные оптические матрицы, где происходит преобразование оптического сигнала от лазерной метки в электрические сигналы и их передача в аналогово-цифровой преобразователь с последующей передачей цифрового сигнала в специальный блок компьютера с последующей записью в специальном формате. Разработанное в НИИ ПриИЗ программное обеспечение позволяет автоматически записывать информацию в виде отдельных файлов за определенный период времени, устанавливаемый оператором. Например, каждые сутки может быть записан один файл, после чего файл автоматически записывается без прерывания записи. В процессе записи может производиться обработка и анализ записи в реальном масштабе времени.

Вся чувствительная система помещена в специальный, изолированный от внешней среды, стеклянный корпус, в котором создан и постоянно поддерживается глубокий вакуум. Вакуум поддерживается с помощью двух вакуумных насосов – насоса создания первичного вакуума и насоса для создания глубокого вакуума. После создания глубокого вакуума величиной 10^{-4} , насос для глубокого вакуума переходит в режим постоянного поддержания установленной величины вакуума.

В разных областях чувствительной системы установлены датчики температуры с точностью до $0,1\text{C}^{\circ}$, которые выведены на блок контроля температуры системы. Блок контроля температуры осуществляет температурную стабилизацию системы с точностью до 1C° .

Вакуумный корпус с чувствительной системой, для исключения механических воздействий и лучшей теплоизоляции, помещен в прозрачный пластмассовый корпус, позволяющий визуально наблюдать за работой системы.

Параллельно с указанными сенсорами, в детекторе также предусмотрена цифровая сейсмическая станция с использованием трехкомпонентного сейсмоприемника типа СМЗ, информация от которого также передается на компьютер и непрерывно записывается по трем каналам X, Y, Z. Запись сейсмограммы по трем каналам также производится непрерывно в цифровом виде и позволяет производить ее обработку и анализ в реальном масштабе времени.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Регистрация сейсмических колебаний необходима, чтобы исключить возможное влияние этих колебаний на дестабилизацию чувствительной системы детектора и появление ложных аномалий, вызванных сейсмическими процессами.

Необходимо отметить, что применение компьютерных технологий позволило полностью изолировать детектор в отдельном помещении и работать с ним по локальной сети без входа операторов в помещение. Дистанционное управление детектором и съем информации минимизирует внешние воздействия на чувствительную систему. Система имеет также доступ посредством сети ИНТЕРНЕТ.

Все элементы чувствительной системы выполнены из неметаллических материалов, что исключает воздействие на эти элементы магнитного поля и электромагнитных излучений. В то же время, поддержание в корпусе чувствительной системы глубокого вакуума, исключает воздействие на систему конвективных потоков воздуха, которые могли бы возникнуть в результате температурных неоднородностей разных частей системы. Полный комплект детектора ТД ДГВ составляет станцию прогнозирования землетрясений ATROPATENA, размещенную в здании НИИ ПриИЗ в г.Баку. Станция была частично введена в действие в сентябре 2005 г., при этом непрерывная запись велась только по одному вертикальному каналу Z. С апреля 2007 г. станция была полностью введена в действие, что позволило получить высококачественную информацию о вариациях гравитационного поля во времени по трем осям – X,Y,Z, а также записанную параллельно сейсмологическую информацию с помощью широкополосной цифровой сейсмической станции Tethys-SD, также разработанной и изготовленной в НИИ ПриИЗ.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*



Рис. 53. Фотография Торсионного Детектора Длиннопериодных Гравитационных Вариаций (ТД ДГВ - ATROPATENA), расположенного на станции прогнозирования землетрясений НИИ прогнозирования и изучения землетрясений (г. Баку).

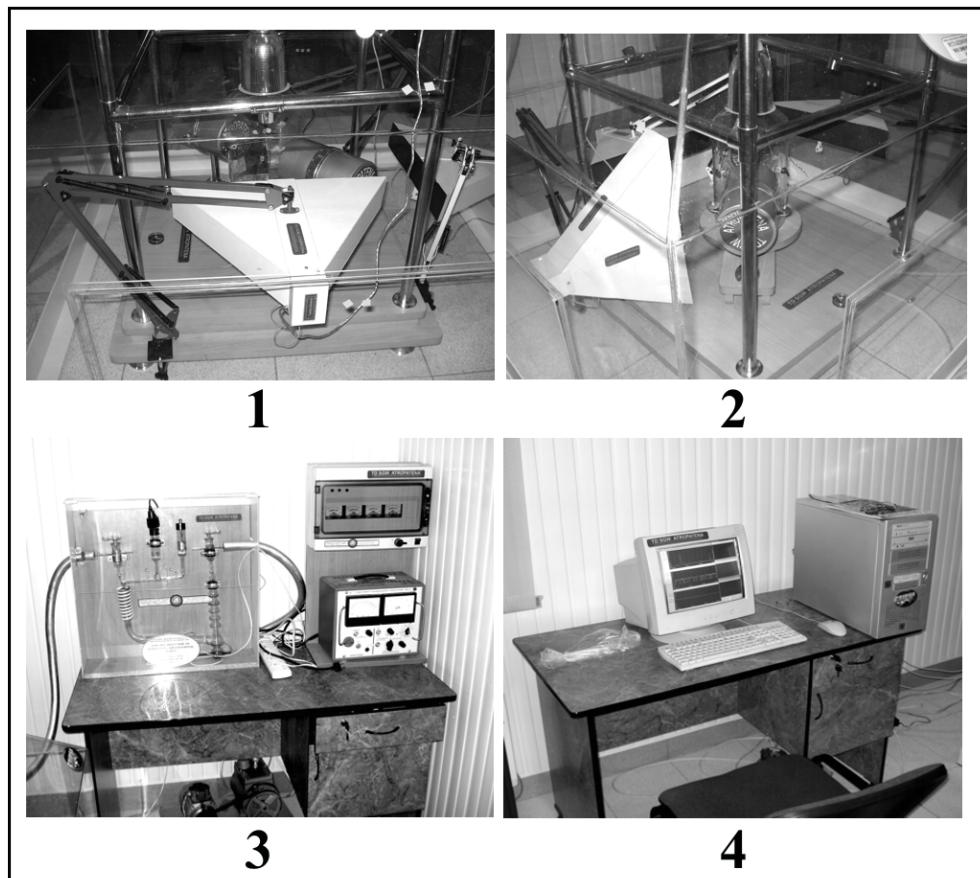


Рис. 54. Отдельные элементы ТД ДГВ:

- 1 – один из двух лазерных сенсоров горизонтальных перемещений коромысла с малыми массами; 2 – лазерный сенсор вертикальных смещений пробной массы;
- 3 – блок создания и автоматизированного содерхания глубокого вакуума в стеклянном корпусе чувствительной системы детектора и контроля температуры;
- 4 - Многоканальная регистрирующая система с выводом информации на монитор и возможностью обработки данных в режиме записи в реальном масштабе времени.

3.4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ТОРСИОННОГО ДЕТЕКТОРА ДЛИННОПЕРИОДНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВАРИАЦИЙ «ATROPATENA» И ИХ ВОЗМОЖНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

С сентября 2006 г по апрель 2007 г. торсионный детектор ДГВ работал в режиме записи только одного канала – Z. С апреля 2007 года станция ATROPATENA была полностью введена в действие, при этом непрерывная запись производилась по всем трем каналам – X,Y,Z.

Ниже приводятся результаты интерпретации непрерывной записи ТД ДГВ в течение 9 месяцев, с 01 апреля по 31 декабря 2007 г.

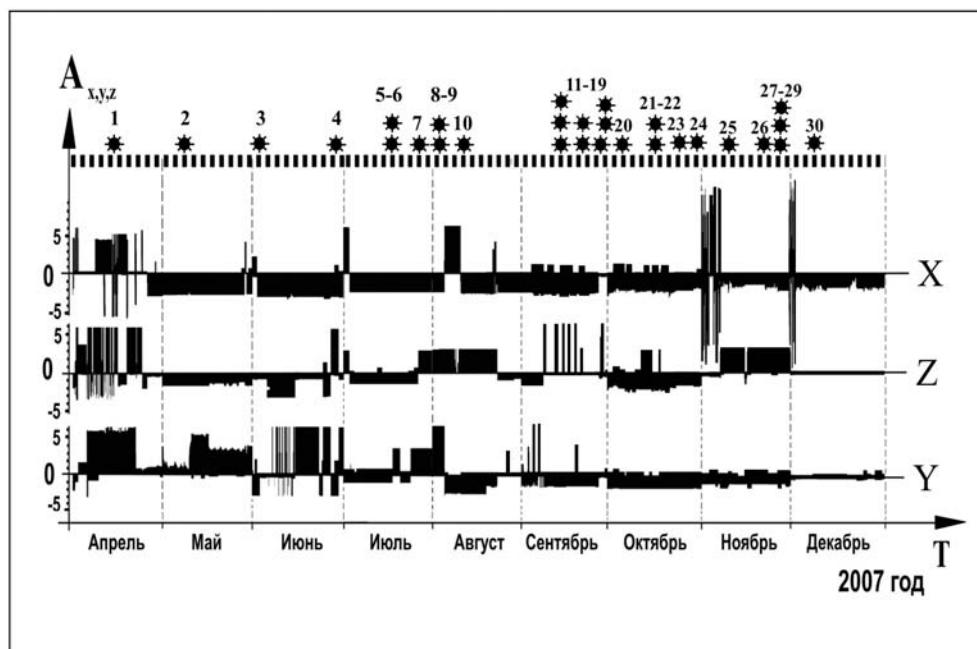


Рис.55. График (гравитограмма) зарегистрированных вариаций гравитационного поля по осям X,Y,Z с помощью торсионного детектора ATROPATENA.

А x,y,z - безразмерный индекс, характеризующий амплитуду отклонения коромысел с малыми грузами по осям X и Y, а также вертикальные отклонения пробной массы, отражающее вариации ускорения силы тяжести по оси Z. Т – ось времени.

1

– сильные землетрясения: цифра сверху обозначает порядковый номер землетрясения по каталогу (Таблица 18).

На рис.55. показаны графики вариаций гравитационного поля, зарегистрированных тремя непрерывно записывающими сенсорами, два из которых (X,Y) - фактически регистрируют значение гравитационной постоянной G в двух взаимно перпендикулярных направлениях, а третий (Z) – регистрирует вариации во времени ускорения силы тяжести Δg , причем, экспериментальным путем удалось установить цену деления сенсора Z в миллигалах (мГал). По аналогии с сейсмограммой, назовем непрерывную запись гравитационного поля в трех взаимно перпендикулярных направлениях – гравитограммой. С точки зрения современных представлений фундаментальной физики, безусловно, регистрация гравитационной постоянной с помощью весов Кавендиша, ориентированных во взаимно перпендикулярных направлениях, является бессмысленным, ибо, как известно из классической физики, G является константой не зависимо от ориентации взаимодействующих масс. Но это в идеальном случае, когда пространство находится в однородном гравитационном поле. Между тем, если учесть, что в реальной среде гравитационное поле является неоднородным и подвержено пространственно-временным возмущениям различного характера, начиная от влияния гравитационных волн космического происхождения, приливных сил Солнца и планет Солнечной системы и кончая геофизическими и тектоническими процессами в глубинных недрах Земли, то измерение G при различной ориентации весов Кавендиша может дать интересные и, весьма неожиданные, результаты.

Даже поверхностный взгляд на представленный график позволяет заметить ярко выраженные закономерности в записях всех трех сенсоров.

Необходимо отметить, что результаты анализа гравитограмм, позволили нам прийти к выводу, что детектор ATROPATENA зарегистрировал гравитационные возмущения, имеющие корреляционную связь с крупными сейсмическими событиями, произошедшими за рассматриваемый промежуток времени в пределах восточного полушария.

По всей видимости, это связаны с географическим расположением станции ATROPATENA.

В Таблице 18 приведены данные о сильных землетрясениях, произошедших в восточном полушарии Земли с 01 апреля по 31 декабря 2007 г.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Постранственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Таблица 18

№ п	Дата	Время (часы, минуты, сек)	Географические координаты		Глу- би- на	M	Наимен. местности
			Широ- та	Долгота			
1.	15.04	03 19 30.3	34.807N	136.239E	16D	5.1	Western Honshu, Japan
2.	06.05	21 11 52.5	19.401 S	179.354 W	676 D	6.5	Fiji region
3.	02.06	21 34 57.7	23.028N	101.052E	5G	6.1	Yunnan, China
4.	28.06	02 52 09.6	7.969 S	154.630E	10G	6.7	Bougainville region, Papua New GUINEA
5.	16.07	01 13 22.3	37.535N	138.446 E	12G	6.6	NEAR THE WEST COAST Of HONSHU, Japan
6.	16.07	14 17 37.3	36.808 N	134.850E	350 D	6.8	Sea of Japan
7.	26.07	05 40 16.1	2.872 N	127.464E	25 G	6.9	Molucca sea
8.	01.08	17 08 51.4	15.595 S	167.680E	120 G	7.2	Vanuatu
9.	02.08	02 37 42.3	47.116 N	141.798 E	5G	6.2	Tatar strait, Russia
10.	08.08	17 05 04.9	5.859S	107.419E	280 G	7.5	Java, Indonesia
11.	12.09	11 10 26.8	4.438S	101.367E	34G	8.4	Southern Sumatra, Indonesia
12.	12.09	23 49 03.7	2.625 S	100.841E	35 G	7.9	Kepulavan mentawai

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

							region, In-donesia
13.	13.09	03 35 28.7	2.130 S	99.627 E	22 G	7.0	Kepulavan mentawai region, In-donesia
14.	20.09	08 31 14.4	1.999S	100.141E	30G	6.7	Southern Sumatra, Indonesia
15.	26.09	12 36 26.8	4.990 S	153.500E	40G	6.7	New Ireland Region, Papua new Guinea
16.	28.09	13 38 59.5	22.004N	142.651E	276	7.4	Volcano Islands, Japan region
17.	30.09	02 08 30.1	10.454 N	145.718E	14G	6.9	South of Mariana Island
18.	30.09	05 23 34.0	49.271S	164.115E	10G	7.4	Auckland Islands, New Zealand region
19.	30.09	09 47 51.9	49.138S	164.110E	18G	6.6	Auckland Islands, New Zealand region
20.	05.10	07 17 52.8	25.189S	179.459E	509	6.5	South of the Fiji Islands
21.	15.10	12 29 36.0	44.785S	167.583E	26D	6.8	South Island of New Zealand
22.	16.10	21 05 43.2	25.775S	179.530 E	509 D	6.6	South of the Fiji Is-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Постранственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

							lands
23.	24.10	21 02 50.4	3.896S	101.017E	20G	6.8	Southern Sumatra, Indonesia
24.	31.10	03 30 17.6	18.896N	145.363E	223 D	7.2	Pagan Region, Northern Mariana Islands
25.	10.11	01 13 29.3	51.777S	161.318E	10G	7.3	Nort of Macquarte Island
26.	22.11	08 48 27.5	5.762S	147.122E	53 G	6.7	Eastern New Guinea Reg, Papua new Guinea
27.	25.11	16 02 20.0	8.258S	118.343E	53	6.5	Sumbawa Region, Indonesia
28.	25.11	19 53 08.8	8.181S	118.494E	35 G	6.5	Sumbawa Region, Indonesia
29.	27.11	11 49 58.1	10.990 S	162.225E	16G	6.6	Solomon Islands
30.	09.12	07 28 19.6	26.057S	177.518 W	143	7.8	South of the Fiji Islands

Необходимо отметить, что вариации измеренных значений гравитационной постоянной G по осям X и Y отражаются в третьем знаке после запятой. При этом, надо принять во внимание, что сближение малых масс в весах Кавендиша с большими массами по осям X и Y соответствует положительным значениям на гравитограмме, а удаление - отрицательным.

На гравитограмме отчетливо наблюдается, что всем сильным землетрясениям восточного полушария предшествуют зарегистриро-

ванные вариации гравитационного поля, причем, что самое интересное, сенсоры регистрируют эти вариации не одновременно, а с определенным смещением во времени. Так, ярко выраженные гравитационные аномалии имеют явно выраженные смещения во времени в апреле, июне-июле, июле-августе, сентябре, октябре-ноябре, ноябре-декабре. Примечательно, что сначала всплеск вариации гравитационного поля регистрируется сенсором Y, затем Z и, в завершении сенсором X. В среднем, время запаздывания гравитационных возмущений от сенсора Y к сенсору Z, также, как и от Z к X составляет 5-8 дней. Примечательно, что от апреля к концу 2007 г. наблюдается повышение сейсмической активности с несколькими ярко выраженными циклами: первый с середины июля до середины августа, второй с 11 сентября до 5 октября, третий с 20 по 31 октября и третий с 10 по 29 ноября.

Проведем более детальный анализ записей детектора ATROPATENA, начиная с апреля 2007 г. Как видно из гравитограммы (рис.56.), 15 апреля 2007 г. в районе Западного Хоншу Японии произошло землетрясение с магнитудой 5,1. С 01 апреля вертикальный сенсор Z начал регистрировать вариации ускорения силы тяжести, как в отрицательную, так и в положительную стороны, примерно на величину $\pm 0,2$ - $0,3$ мГал. Со 2 апреля процесс принял более однозначный характер, при этом значение силы тяжести несколько снизилось до 0,2 мГал и держалось на этом уровне до 04 сентября. С 6 апреля значение силы тяжести увеличилось до 0,3 мГал и держалось на этом уровне вплоть до 15 апреля. 6 мая в районе Фуджи происходит сильное землетрясение с магнитудой 6,5.

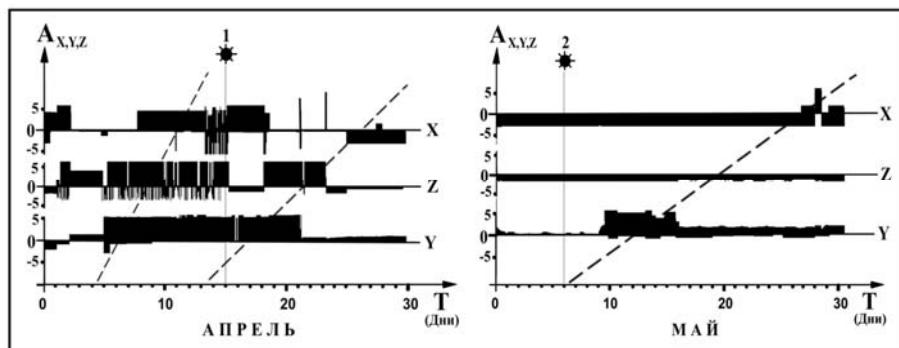


Рис.56. Гравитограммы за апрель и май 2007 г.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

С 5 апреля сенсор Y начал активизироваться и в течение 15 часов записывал попеременные отклонения, как в положительную, так и в отрицательную сторону. С 6 апреля значение сенсора Y сместилось в положительную сторону на 5 условных единиц и держалось на этом уровне вплоть до 16 апреля.

С 8 апреля, с запаздыванием на 3 дня по отношению к сенсору Y, начал активизироваться сенсор X, сместившись в положительную сторону на 5 единиц. Судя по характеру записи можно сделать предположение, что имеется определенное смещение во времени в записях сенсоров: 5 апреля повышаются значения сенсора Y на 5 единиц, через сутки – 6 апреля повышается значение сенсора Z и через трое суток 8 апреля повышается значение сенсора Z. Примечательно, что за двое суток до толчка, резко увеличивается активность сенсора X, который начинает колебаться с достаточно высокой частотой 9-14 минут, как в положительную (на 5 единиц), так и в отрицательную (на 6 единиц) стороны. Как видно из гравитограммы, после Японского землетрясения №1 - 15 апреля, примерно через сутки сенсор Y возвращается к фоновому значению и держится на этом уровне в течение 3 часов, сенсор Z также возвращается к фоновому значению, сохраняясь на этом уровне вплоть до 18 апреля, а сенсор X стабилизируется на уровне положительного значения 5 единиц, также до 18 апреля.

Как видно из короткого анализа гравитограммы, зафиксировано некоторое запаздывание в проявлениях гравитационных возмущений от сенсора Y к сенсору Z на одни сутки и от Z к X на трое суток. Запись, отражающую процесс разрядки напряжений в литосфере, условно можно разделить на три составляющие - за десять дней до толчка, за двое суток до толчка и после толчка, в течение трех суток.

С 16 апреля начинается очередная активизация сенсора Y с повышением значения на 5 единиц, 18 апреля активизируется сенсор Z с повышением значения, также на 5 единиц и, 25 апреля активизируется сенсор X сместившись в отрицательную сторону на 3 единицы. Таким образом, с момента начала регистрации гравитационных возмущений 16 апреля до начала толчка проходит 20 дней, при этом запаздывание активизации сенсора Z по отношению к сенсору Y составляет трое суток, а сенсора X по отношению к Z - 7 суток. С момента активизации сенсора X (25 апреля) до начала землетрясения проходит 11 суток. 21 апреля сенсор Y стабилизируется и возвращается к фоновому значению, 23 апреля стабилизируется сенсор Z и 30 апреля возвращается к

фоновому значению сенсор X. Таким образом, за 6 суток до землетрясения все три сенсора стабилизируются возвратившись к фоновым значениям. Только к 9 мая начал активизироваться сенсор Y увеличив значение на 5 единиц. Эта положительная аномалия с небольшими колебаниями продолжается до 16 мая, после чего сенсор принимает фоновое значение. Сенсор X в течение мая не проявляет активности превышающей фоновое значение, тогда как сенсор X начиная с 27 мая регистрирует положительную аномалию амплитудой 3 единицы, которая увеличивается до 5 единиц 28 мая и затем резко падает 29 мая до -3 единиц. С 29 до 31 мая сенсор X колебался от +2 до -3 единиц, возвратившись к фоновому значению к 02 июня.

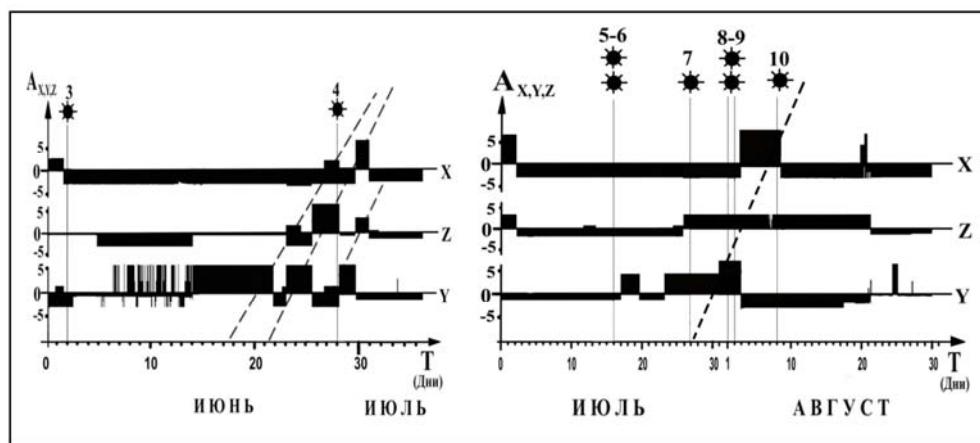


Рис.57. Гравитограммы за июнь-август 2007 г.

02 июня в районе Юннань в Китае произошло ощутимое землетрясение №3 с магнитудой 6,1. Как видно из гравитограммы, после этого землетрясения все три сенсора стабилизируются возвращаясь к фоновому значению и сохраняя его вплоть до 07 июня. 07 июня наблюдается определенная активность сенсора Y, имеющего периодические нестабильные колебания в положительную сторону на 5 единиц. Начиная с 15 июня сенсор Y регистрирует устойчивую положительную аномалию с амплитудой 5 единиц вплоть до 21 июня, после чего, с 21 на 22 июня положительная аномалия сменяется на отрицательную с амплитудой -3 единицы, которая длится до 23 июня. 23 июня опять наблюдается смена знака аномалии, регистрируемой сенсором Y до 5

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

единиц. Одновременно начинает активизироваться сенсор Z колебляясь в положительную и отрицательную область с амплитудами (+2) и (-3).

С 25 на 26 июня происходит опять смена знаков, при этом сенсор Y регистрирует отрицательную аномалию с амплитудой 3 единицы, а сенсор X - положительную аномалию с амплитудой 6 единиц, причем в этом режиме сенсоры работают вплоть до 28 июня. В то же время 27 июня начинается незначительная активизация сенсора X с амплитудой 2 единицы. Таким образом, мы наблюдаем последовательную, со смещением во времени на 5-6 суток, активизацию сенсоров Y, Z, а затем X.

С 23 июня сенсор Y начинает регистрировать очередную положительную аномалию с амплитудой 5 единиц, 26 июня сенсор Z также начинает регистрировать аналогичную аномалию и, наконец, 29 июня начинает регистрировать положительную аномалию с амплитудой 6 единиц сенсор X. Опять мы наблюдаем последовательное смещение во времени на трое суток, в записях положительных аномалий сенсоров Y, Z и X. С 28 июня наблюдается очередная активизация сенсоров Y и Z со смещением во времени на двое суток. 16 июля в Японии происходит два сильных землетрясения (№5 и №6 по таблице 18) с магнитудами 6,6 и 6,8. Таким образом, этим землетрясениям, предшествовала запись трех групп положительных и отрицательных аномалий, при этом, во всех случаях, аномалии зарегистрированные сенсорами Y, Z и X имели, соответственно, последовательные смещения во времени относительно друг друга с периодом, в среднем, 3-5 суток и общим периодом запаздывания от начала записи аномалий сенсором Y до начала записи аномалий сенсором X, около 8-9 суток.

С 17 июля наблюдается запись первой в июле положительной аномалии сенсором Y, а с 23 июля регистрируется вторая положительная интенсивная аномалия. С 26 июля активизируется сенсор Z и с 02 августа сенсор X. В этот период происходит серия сильных землетрясений (№7-№10 по таблице 18) с магнитудой 6,8-7,5. Как видно из гравитограммы, этим землетрясениям также предшествуют записи аномалий, причем, в очередной раз фиксируется смещение во времени этих аномалий на записях сенсоров Y, Z и X с периодом запаздывания 3 - 6 суток. Таким образом, общий период запаздывания аномалии записанной сенсором X относительно аномалии записанной сенсором Y составляет около 9 суток.

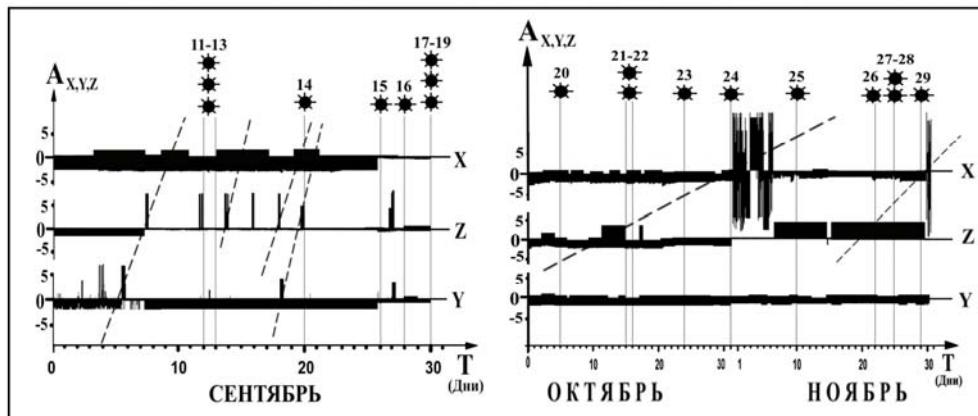


Рис.58. Гравитограммы за сентябрь-ноябрь 2007 г.

Гравитограмма за сентябрь 2007 г. отличается наличием серии относительно коротких аномальных положительных импульсов на всех трех сенсорах с периодами 6-12 часов, предшествующих сильнейшим землетрясениям в Индонезии (№11-№13), произошедших 12 сентября (M8,4; M7,9) и 13 сентября (M7,0). Примечательно, что землетрясениям предшествовали интенсивные импульсы записанные сенсорами Y и Z с амплитудой 6-7 ед., при этом сенсором X были записаны аномалии более длительные, но с меньшими амплитудами – 2 ед. Общее время запаздывания начала записей аномалий сенсором Y относительно сенсора X составляет около 5-6 суток.

02, 04 и 06 сентября сенсор Y записывает ярко выраженные высоко амплитудные положительные импульсы (амплитуда 7-8 ед.). С 12 до 27 сентября активизируется сенсор Z и записывает шесть относительно коротких (с периодом 5-10 часов), но высоко амплитудных (7-8 ед.) гравитационных импульсов.

Как видно на гравитограмме, в очередной раз фиксируется запаздывание по времени между записанными аномалиями сенсорами Y, Z и X с общим периодом запаздывания около 5 суток.

20 сентября произошло очередное сильное землетрясение в Индонезии (о.Суматра) с M6,7. Как видим, этому землетрясению также предшествовала запись ряда интенсивных гравитационных импульсов записанных всеми тремя сенсорами. Между тем, на наш взгляд, серия из шести интенсивных гравитационных импульсов записанных сенсором Z отражала подготовку целой серии сильных землетрясений (№14-№19).

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

05 октября произошло сильное землетрясение (№20) в районе о-вов Фуджи с M6,5 и, по нашему мнению, ему предшествовало два гравитационных интенсивных импульса, зарегистрированных сенсорами Y и Z 27 сентября.

15 и 16 октября в районах Новой Зеландии и о-вов Фунджи опять произошло два землетрясения с M6,8 и M6,6, которым предшествовала запись гравитационной аномалии сенсором Z с 11 по 15 октября. Землетрясения №23 и №24 в районах Индонезии и Марианских о-вов, по всей видимости, отражаются коротким гравитационным импульсом с амплитудой 5 ед. зарегистрированным 17-18 октября.

С 31 октября по 07 ноября регистрируются необычно интенсивные аномалии сенсором X, отличительной особенностью которых является не только их чрезвычайно высокая амплитуда (12-15 ед.), но и колебания с данной амплитудой, как в положительную, так и в отрицательную сторону, причем периоды этих импульсов колеблятся от 1 часа до 5-10 часов. Через 3 дня после стабилизации сенсора X, 10 ноября происходит сильное землетрясение №25 с M7,3. Между тем, это только начало интенсивных сейсмических событий. С 22 по 27 ноября происходит четыре сильных землетрясения (№26 - №29) с магнитудами 6,5-6,7. Таким образом, гравитационная аномалия сверхвысокой интенсивности и необычного характера записанная сенсором X с 31 октября по 07 ноября 2007 г. являлась, на наш взгляд, предвестником пяти сильных землетрясений, произошедших с 10 по 27 ноября, произошедших в районе юго-восточной Азии. Примечательно, что, несмотря на запись, столь интенсивной аномалии сенсором X, сенсоры Y и Z не зарегистрировали заметной активности в вариациях гравитационного поля. Не исключено, что это связано с высокой избирательной способностью сенсоров по отношению к направлению источника гравитационных аномалий.

30 ноября наблюдается очередная активизация сенсора X, причем сенсором опять записаны очень интенсивные аномальные импульсы гравитационного поля с амплитудой 15-17 ед., как в положительную, так и в отрицательную область.

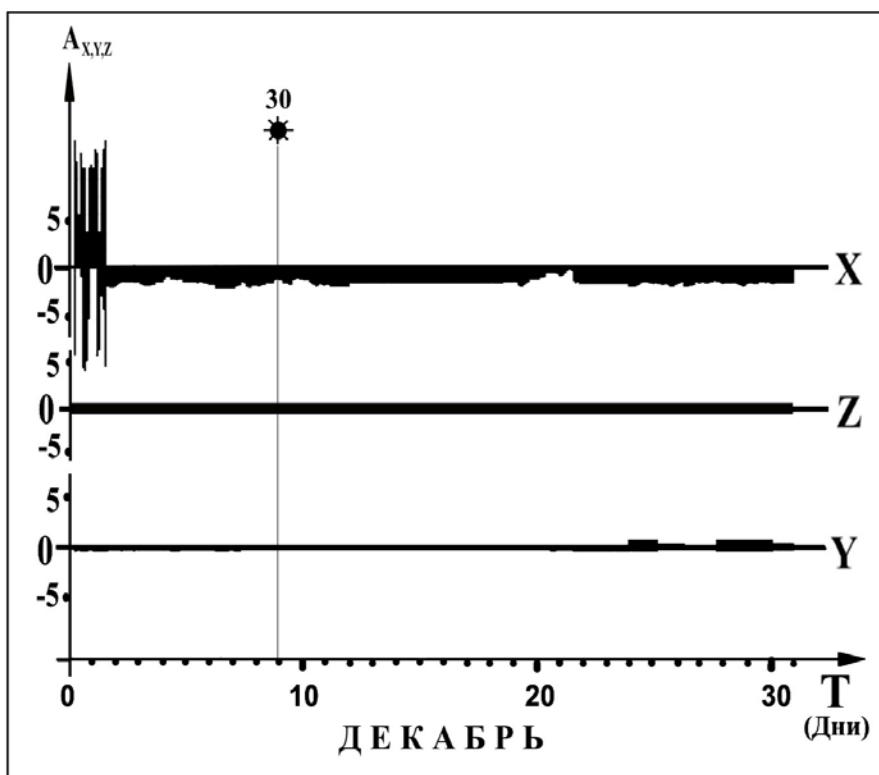


Рис.59. Гравитограмма за декабрь 2007 г.

Эта интенсивная аномалия продолжает проявляться и в начале декабря и регистрируется вплоть до конца 02 декабря, после чего сенсор X стабилизируется и сохраняет фоновое значение вплоть до конца декабря. 09 декабря происходит очень сильное землетрясение №30 в районе о-вов Фуджи с М7,8. Таким образом, при определении предвестника этого землетрясения трудно ошибиться. На гравитограмме явно видно, что этому землетрясению предшествует запись сенсора X интенсивной гравитационной аномалии с 30 ноября по 02 декабря. В данном случае, также не отмечено активности других сенсоров. Надо отметить, что направление на регион землетрясения то же, что и при предыдущих пяти толчках.

Завершая данный короткий анализ гравитограмм с апреля по конец декабря 2007 г. мы хотели бы сконцентрировать внимание читателя на том, что нами продемонстрирована только общая, достаточно поверхностная интерпретация записей гравитограмм. Для разработки

серьезных основ методики прогнозирования землетрясений на основе гравитограмм, требуется их более скрупулезное изучение. Гравитограммы содержат огромную информацию для размышления и изучения и, на наш взгляд, их детальное изучение позволит пролить свет на многие вопросы геологии и геофизики, остающиеся пока без ответов.

Для примера, приводим более развернутую запись гравитограммы за 5 апреля.

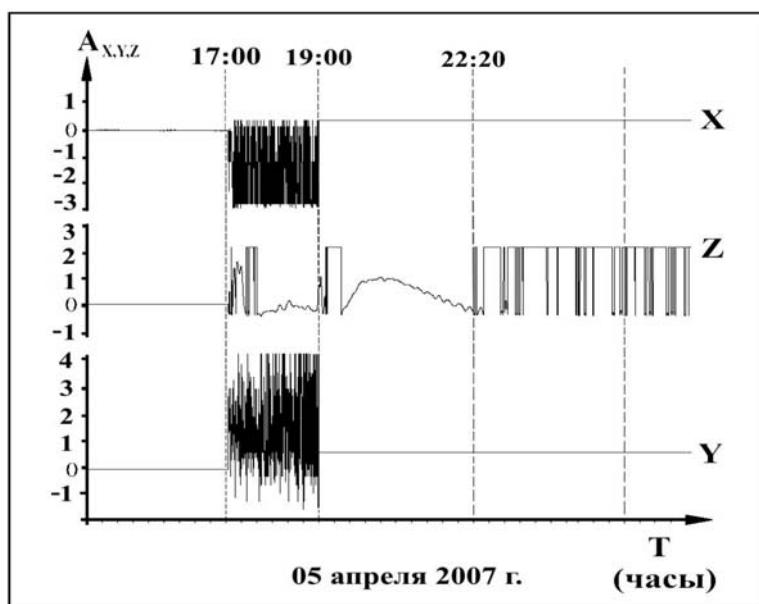


Рис.60. Гравитограмма за 05 апреля 2007 г.

Как видно из гравитограммы за 05 апреля, с 17:00 до 19:00 часов наблюдается активная запись гравитационных аномалий, имеющих амплитуду -3 (сенсор X) и +4 (сенсор Y), при этом сенсор Z проявляет незначительную активность. Между тем, с 19:00 по 22:00 сенсор Z записывает гравитационную аномалию, резко отличающуюся по форме от записанных до этого сигналов сенсорами Y и X. При этом, сенсоры Y и Z не проявляют никакой активности до конца записи. Между тем сенсор Z продолжает записывать импульсные сигналы до конца записи. Сразу хотим исключить возникающее при рассмотрении записей впечатление, что сенсоры Y и X записали микросейсмы или колебания от далеких землетрясений. Дело в том, что период единичного колебания в приведенной пачке импульсов составляет 4-12 минут. Возможно,

эти записи отражают модуляции сейсмического шума, но тогда эти модуляции могут нести в себе важную информацию о масштабных геодинамических процессах.

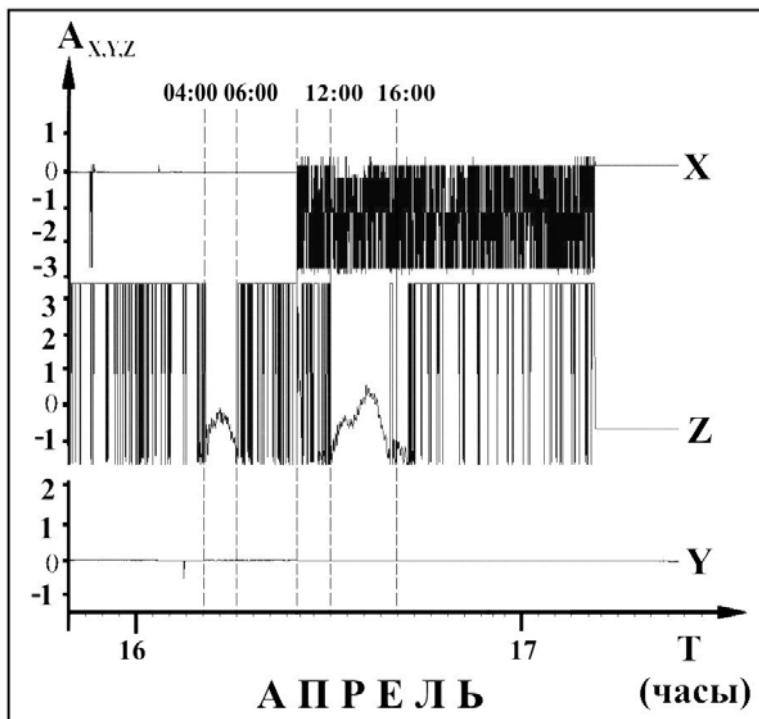


Рис.61. Гравитограмма за 16-17 апреля 2007 г.

Вторая гравитограмма за 16-17 апреля приведена для того, чтобы показать, что записанные необычные гравитационные аномалии за 05 апреля не являются случайными, а периодически повторяются в различные промежутки времени. В частности, достаточно интересно, что пачки импульсов записанные сенсором Z дважды прерываются ясно выраженными низкочастотными аномалиями, первая из которых записана 16 апреля с 04:00 до 06:00 и имеет период 2 часа, а вторая с 12:00 до 16:00 и имеет период 4 часа.

Во всяком случае, более детальное изучение гравитограмм, на наш взгляд, предоставит исследователям большую пищу для дальнейших размышлений и возможных открытий.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

ГЛАВА 4. ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ДЛИНОПЕРИОДНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВАРИАЦИЙ

4.1. ОТРАЖЕНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ВОЛН В ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЯХ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Результаты детального анализа записей торсионного детектора ДГВ наводят на мысль о том, что столь необычное пространственно-временное распределение вариаций гравитационного поля, отражает прохождение под регистрирующей станцией так называемых тектонических волн, называемых, порой, деформационными, литосферными или волнами напряжений. По сути, все вышеперечисленные термины отражают один и тот же физический процесс, имеющий характер волнообразной передачи механических напряжений, исходящих от крупномасштабного источника этих излучений. Возможно, что разница в восприятии этих волн, лишь в их периоде. Но, в любом случае, эти волны отличаются от сейсмических волн чрезвычайно большими периодами, от десятков минут, до десятилетий и огромными длинами волн, от тысяч до десятков тысяч километров.

Основы концепции тектонических волн были заложены в математической модели В.Эльзассера, в соответствии с которой, перераспределение сжимающих усилий, осредненных по поперечному сечению упругой литосферы, компенсируются касательными усилиями, возникающими в силу горизонтального смещения литосферы по вязкой астеносфере (Elsasser W., 1969). Впоследствии, эта модель была использована для количественной оценки передачи афтершоковой активности (Kasahara K., 1985; Баранов Б.В., 1980).

Впоследствии модель Эльзассера была дополнена Дж.Райсом эффектом вязкоупругой реакции астеносферы на горизонтальные смещения литосферы. Он также учел реальную двумерность процесса (Rice J.R., 1982). Теоретический анализ распространения волн сейсмической активности в литосфере был дан в работах Лехнера Ф. и других исследователей (Lehner F.K., Li V.C., Rice J.R., 1981). Эффект изгиба литосферы на жидком литосферном основании нашел отражение в работах Надаи А. И Артюшкова Е.В. (Nadaï A., 1969; Артюшков Е.В., 1979). Впоследствии, в работах Николаевского Н.В., Каракина А.В. и Лобковского Л.И. была предпринята попытка разработки двумерной

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

теории волн изгиба-сжатия литосферы на вязкой астеносфере (Каракин А.В., Лобковский Л.И., 1984).

Николаевский В.Н. и Рамазанов Т.К. объединили подходы предыдущих исследований и предложили двумерное уравнение тектонических волн изгиба-сжатия с учетом вязкоупругости астеносферы (Николаевский В.Н., Рамазанов Т.К., 1985-1986).

Некоторые исследователи рассматривают крупные тектонические разломы в качестве своеобразных волноводов, в пределах которых происходит распространение тектонических волн на значительные расстояния (Rice J.R., 1982; Kasahara K., 1985). Ряд исследователей предлагают также учитывать при построении модели тектонических волновых процессов фазовые переходы и теплопередачу в частичное плавление астеносферы и связанной с этим ее двухфазности, гравитационную неустойчивость и т.д. (Каракин А.В., Лобковский Л.И., 1984; Гарагаш И.А., 1984; Дубровский В.А., 1985).

Расчеты, проведенные с одновременным учетом продольного сжатия и изгиба литосферы в процессе распространения тектонической волны, позволили В.Н.Николаевскому получить весьма интересные результаты. Так, было установлено, что для тектонической волны, движущейся вдоль тектонического разлома, скорость может составлять около 10 км/год, тогда как в случае движения волны поперек разлома, тектоническая волна будет интенсивно затухать (Николаевский В.Н., Рамазанов Т.К., 1986).

В результате исследований, проводимых кафедрой Физики Земли Петербургского Государственного Университета (Т.Б. Яновская, Л.Н. Петрова, В.В. Карпинский, Ю.Г. Фарафонова, Е.Л. Лыскова, К.Ю. Санников, 2007), получены данные, существенно совпадающие с выводами авторов настоящей монографии. Прежде всего, необходимо отметить, что выявлена высокая степень согласия максимальных составляющих в синхронных спектрах наблюдений на станциях, расположенных в Евразии (SSB, Франция; WUS, Китай; SEM, Россия; HYB, Индия; INU, Япония), со статистическим спектром сейсмогравитационных колебаний, установленным ранее по наблюдениям в Петербурге, что свидетельствует о планетарных масштабах наблюдаемых процессов. По мнению петербургских ученых, ими зарегистрированы сейсмогравитационные колебания литосферы, при этом сделаны первые оценки скорости и длины волн. Низкоскоростные волны (скорости от 0.35 до 0.68 км/с) сейсмической природы имели длины от 1520 до 7

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

310 км. В результате анализа полученных результатов ученые пришли к выводу о том, что наблюдаемые колебания связаны с деформационными процессами, протекающими внутри континента со сложной блочно-иерархической структурой. Сейсмогравиметрическим комплексом в Петербурге зарегистрирована долговременная деформация растяжения (по вертикали) продолжительностью 12 суток, которая предваряла цикл сильных землетрясений декабря 2004 года, включая, сильнейшее землетрясение на севере о-ва Суматра 26.01.2004, вызвавшее катастрофическое цунами. Перед каждым сильным землетрясением зарегистрированы деформации меньшей продолжительности (1-2 суток), наблюдавшиеся и ранее. Отмечено также возрастание интенсивности сейсмогравитационных колебаний, сопровождающее этим деформациям, начало которого всегда опережало момент разрыва сильных землетрясений на 1-4 суток. Распределение интенсивных спектральных составляющих на частотной оси, определенное по месячным данным, соответствовало установленному ранее статистическому спектру. Зарегистрировано возбуждение овного собственного колебания Земли второй степени.

Как видно из приведенных выше результатов исследований ученых Петербургского Университета, они полностью согласуются с полученными нами результатами регистрации неприливных вариаций силы тяжести перед сильными землетрясениями, а также записей торсионного детектора ATROPATENA, позволяющего регистрировать три пространственные составляющие гравитационного поля по осям X,Y,Z. Исследования американских геофизиков Ф.Ф.Поллитца и Р.Бюргмана (F.F.Pollitz, B.Burgmann; Калифорнийский университет, Дэвис, США) и сейсмолога Б.Романович (B.Romanowicz; Калифорнийский университет, Беркли, США) показали, что тектонические напряжения могут распространяться на большие расстояния и проявляться со значительной задержкой во времени. Исследователи построили компьютерную модель передачи напряжений и установили, что мощные землетрясения, происходившие в 50-60-х годах на крайнем севере Тихого океана, по всей видимости, возбудили серию волн напряжения в земной коре, которые в 80-х годах привели к усилению сейсмической активности далеко на юге - в штате Калифорния. По мнению вышеуказанных ученых, волны напряжения передаются по астеносфере. При скольжении по поверхности астеносферы, литосферные плиты вступают временами во взаимодействие; края одной зацепляют другую - возникает напря-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

жение, которое, в конце концов, разряжается подземным толчком. Он перераспределяет местное напряжение по-новому, увеличивая его в одном районе и ослабляя в другом. Характерный тому пример - четыре мощных землетрясения, наблюдавшихся между 1952 и 1965 гг. в пределах Алеутской островной дуги и п-ова Камчатка, т.е. как раз там, где Тихоокеанская плита погружается под Северо-Американскую. После каждого толчка Тихоокеанская плита "переприспосабливалась" к новому взаиморасположению плит, растягиваясь и возбуждая перетекание масс в лежащей под ней астеносфере. В результате, по астеносфере распространялась деформационная волна, передавая дальше то напряжение, которое первоначально было вызвано землетрясением при столкновении плит.

Согласно построенной авторами математической модели, волны напряжения, порожденные землетрясением в крайней северной части Тихого океана, перемещались как к югу, так и к северу, в пределы Ледовитого океана, со скоростью, зависящей от вязкости астеносферы. Введенные в модель реальные данные по вязкости пород показали, что пик волны напряжения должен был достигнуть восточной области Ледовитого океана в 70-х годах, пройти через канадскую провинцию Британская Колумбия около 1975 г. и вступить на территорию Калифорнии около 1985 г. Где бы эта волна ни проходила, она везде ускоряла движение плит и стимулировала сейсмическую активность. По мнению исследователей, этим и объясняется всплеск землетрясений с $M>5$ по шкале Рихтера, который наблюдался в 80-х годах в восточной части Арктического бассейна. Южнее, продвижение подобных волн, измеряемое всего лишь несколькими миллиметрами в год, прослеживается по пульсирующей сейсмической активности, наблюдавшейся в северной части Калифорнии в 70-х, а в южной - в 80-х годах (Природа, №4, 1999).

Не только время наступления повышенной сейсмической активности, но и форма ее проявления зависят, по мнению авторов, от характера волны напряжения. В южной части Калифорнии сейсмические процессы на разломах протекали иначе, чем в известном разломе Сан-Андреас: в первом случае бортовые стенки разломов двигались главным образом вверх и вниз, а не в стороны. Этот факт отметили еще в 1995 г. сейсмологи Ф.Пресс и К.Аллен (F.Press, C.Allen; Калифорнийский технологический институт, Пасадена). Но должного объяснения

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

такому факту тогда найдено не было (Science, 1998. V.280. 5367., USA, P.1194).

В работе Степанова И.И. (Степанов И.И., 2002) приведены чрезвычайно важные, на наш взгляд, результаты исследований по мониторингу объемных деформаций с помощью геохимического деформометра в районе Авачинского залива. Принцип, положенный в основу деформометра, опирается на открытие Степановым И.И. особого состояния атомов некоторых химически инертных элементов, способных находиться в объеме кристаллических решеток минералов, сходного в некоторых отношениях с идеальным газом и поэтому называемого “квазигазообразным”. По мнению Степанова И.И., такие вещества способны играть роль чувствительных индикаторов величины деформаций кристаллических решеток минералов. При уменьшении объема решетки внутри нее возрастает парциальное давление этого “квазигаза”. Поскольку этот процесс, в первом приближении, можно считать адиабатическим, часть атомов приобретает дополнительную энергию и получает возможность преодолеть потенциальный барьер, существующий на границах раздела: решетка — окружающее открытое пространство. Если система “минерал — окружающая атмосфера” замкнута, то в ней равновесное состояние изменится в сторону повышения концентрации паров данного вещества в газе над минералом. Это состояние обратимо, и при увеличении объема кристаллической решетки минерала “вытесненные” из нее атомы возвращаются в минерал. Таким образом, непрерывно измеряя содержание атомов данного элемента в газе над минералом можно судить о степени деформаций минерала. При достаточно низком пределе обнаружения измерительного устройства оказывается возможной регистрация малых деформаций, порядка 10^{-6} , или меньше.

В.В. Ружич выдвинул гипотезу, согласно которой (Институт Земной коры, Иркутск, устное сообщение, 1998 г), каждое землетрясение сопровождается генерацией продольных волн с чрезвычайно низкой скоростью распространения ($V < 0.1$ м/сек). (Автор этого доклада дал им название - медленные деформационные волны (МДВ)). Этой гипотезе хорошо соответствует контрастная деформационная аномалия, зафиксированная Степановым И.И. 27.06.1998 г, через 26 суток после Шипунского землетрясения 1 июня (состоящая из 3-х контрастных одиночных импульсов с амплитудами 92, 140 и 43 усл.ед и интервалами между ними около 7 часов). Она позволяет оценить скорость

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

распространения МДВ около 0,05 м/сек. На повышенном фоне объемных деформаций в день заметных землетрясений за 1,5 – 24 часа до события наблюдаются единичные импульсные сигналы, превышающие фон в 2-3 и более раза. Например, 1 июня 1988 г было зафиксировано 2 таких сигнала с амплитудами 38 усл.ед. за сутки и 41 усл.ед. за 1,5 часа до события. А 27.08.2000 перед более слабым событием отмечено тоже 2 импульсных сигнала: 68 усл.ед за 6,5 часа и 40 ед. за 3,5 часа до землетрясения при фоне около 20 ед. Это позволяет предположить, что такие импульсные сигналы на повышенном фоне могут играть роль краткосрочных предвестников перед сильными сейсмическими событиями.

Степанов И.И. в своих исследованиях отмечает, что «обзор накопленной за 4 года мониторинга информации о поведении объемных деформаций показывает, что деформационные возмущения наблюдаются намного чаще фиксируемых сейсмических событий класса ≥ 12 . По всей вероятности, “тихое” рассеяние накопленной тектонической энергии происходит вследствие крипа. Поскольку, при этом генерируются только низкочастотные колебания ($<10^{-3}$ Гц), такие процессы современными сейсмометрами не фиксируются. В пользу этой гипотезы свидетельствуют регистрируемые через 20-25 суток после угасания каждого деформационного возмущения, импульсные сигналы, идентифицируемые как МДВ.

В.Г.Быков отводит большую роль в сейсмической активизации глубинных разломов деформационным волнам. Им предлагается модель инициирования сейсмической подвижки в неоднородном разломе земной коры (Быков В.Г., 2000, 2005).

Интересные расчеты были проведены Биргером Б.И. и Ковтуненко С.М. (1984), которые, решая задачу термоконвективной неустойчивости Земли, моделировали ее, как двухслойную, по реологическим свойствам, систему. Верхний упругий слой (литосфера) лежит на однородной мантии, реология которой подчиняется закону Андраде, описывающему неустановившуюся ползучесть. Поскольку температура в системе меняется, эта граница является подвижной. Режиму пороговой конвективной неустойчивости, который реализуется в Земле при принятых оценках ее физических параметров, соответствуют возмущения в виде незатухающих термоконвективных волн. Найдены поля напряжений, деформаций и температур в литосфере и мантии, а также смещения земной поверхности и поверхности раздела литосфера-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

мантия, возникающие при распространении термоконвективной волны. Результаты этих исследований привели их авторов к выводу, что термоконвективные волны создают в литосфере напряжения, достигающие 3 кбар, даже при смещении земной поверхности, не превышающих 1 км (Биргер Б.И., Ковтуненко С.М. 1984).

Весьма интересными, с точки зрения исследования волновой передачи тектонической энергии, представляются результаты и выкладки Н.А.Касьяновой (2003). Так, на основе детального анализа пространственно-временного распределения землетрясений в пределах Синайского полуострова и залива Акаба была установлена миграция сейсмической энергии с 1976 года в направлении с востока на запад, а с 1983 г. с севера на юг. Субмеридиональная волна тектонического напряжения распространялась со скоростью 27-110 км/год, субширотная - 7 – 30 км/год. Между тем, сравнительный анализ результатов изучения пространственно-временных особенностей распределения сейсмотектонического напряжения в земной коре в пределах территории Кавказского региона и северо-западной части Аравийского полуострова, проведенный Н.А.Касьяновой, позволил ей обнаружить синхронное изменение динамики сейсмотектонического режима и сходство скоростей азимутального распространения сейсмической энергии в земной коре в пределах этих территорий. На основе своих исследований, Н.А.Касьянова приходит к выводу и переносе сейсмической энергии в данных регионах посредством тектонических волн (Касьянова Н.А., 2003).

Весьма нестандартный подход к изучению деформационных волн рассмотрен в работе группы исследователей (Учитель И.Л., Ярошенко В.Н., Гладких И.И, Капочкин Б.Б., 2000), установивших, что «пространственно-временная изменчивость аварий газопроводов отражает, с одной стороны, деформационные процессы пластического характера, связанные с прохождением приливов в твердом теле Земли и, с другой стороны, перед- (пост-) сейсмические деформационные процессы, отражающие моменты перехода от пластических деформаций к разрывным». По мнению исследователей, наиболее часто аварии происходят вдоль линий, азимуты которых согласуются с азимутами простирания зон делимости земной коры на блоки. «Деформационные волны, двигающиеся в направлении соответствующем одному из азимутов блоковой делимости литосферы (отражающиеся линеаментами облачного покрова) – обычно трассируются линейно связанными ава-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

риями газопроводов той же ориентированности. Характерно, что разгерметизация газопроводов происходит обычно в тех районах, которые по морфоструктурным признакам согласуются (совпадают либо перпендикулярны) с направленностью фронта деформационной волны». Эта концепция подтверждается и наблюдениями за аварийностью на магистральных трубопроводах, где аварии происходят только в том случае, если трубопровод пересекает геодинамическую линию вкрест простирации (Мычак А.Г., Теременко А.Н., Щепец Н.С., 2001).

На наличие пространственно-временной взаимосвязи сильных и слабых землетрясений указывают в своей работе Д.Мэрсэн и О.Линглин (David Marsan and Oliver Leingline, 2008). В частности ими сделана попытка привести причинно-следственную структуру последовательной каскадной взаимосвязи очагов сильных и слабых землетрясений.

В работах И.П.Добровольского приводится анализ гравитационных предвестников сильных землетрясений, при этом он указывает, что гравитационные предвестники являются следствием деформирования среды при подготовке тектонического землетрясения. Перед Таньшанским землетрясением в Китае 28.07.1976 с магнитудой 7,8 (Ruihao, Zhaozhu, 1983) максимальная аномалия в эпицентральной зоне составила 90 мкГал. В работе (Druta, 1982) отмечается, что на эпицентральных расстояниях около 100 км и магнитудах $2 < M < 4$ обнаружены гравитационные аномалии в 15-200 мкГал. По мнению Зубкова С.И. (Зубков С.И., 2002) эти расстояния почти на порядок выше известной оценки радиуса зоны проявления предвестников, равного $10^{0.43M}$ км. Добровольский считает, что основной вклад в предвестниковую вариацию силы тяжести вносят вертикальные перемещения земной поверхности (Добровольский И.П., 2004).

Изучение гравитограммы, полученной торсионным детектором ATROPATENA позволило установить ряд интересных и важных особенностей в пространственно-временных вариациях гравитационного поля.

На рис.62. приведена гравитограмма, записанная с 01 апреля по 31 декабря 2007 г.

Проводя анализ гравитограммы, мы будем опираться на результаты интерпретации, описанные в предыдущем разделе. Как нами уже было отмечено, во многих случаях сильным землетрясениям предшествует запись гравитационных аномалий (вариаций гравитационного

поля), причем сенсоры записывают эти аномалии последовательно, со смещениями во времени - сначала аномалия проявляется в записи сенсора Y, затем сенсора Z и наконец сенсора X, при этом разница во времени между записями аномалии сенсорами Y и Z составляет 3-6 дней и такая же разница во времени наблюдается между записями аномалии сенсорами Z и X.

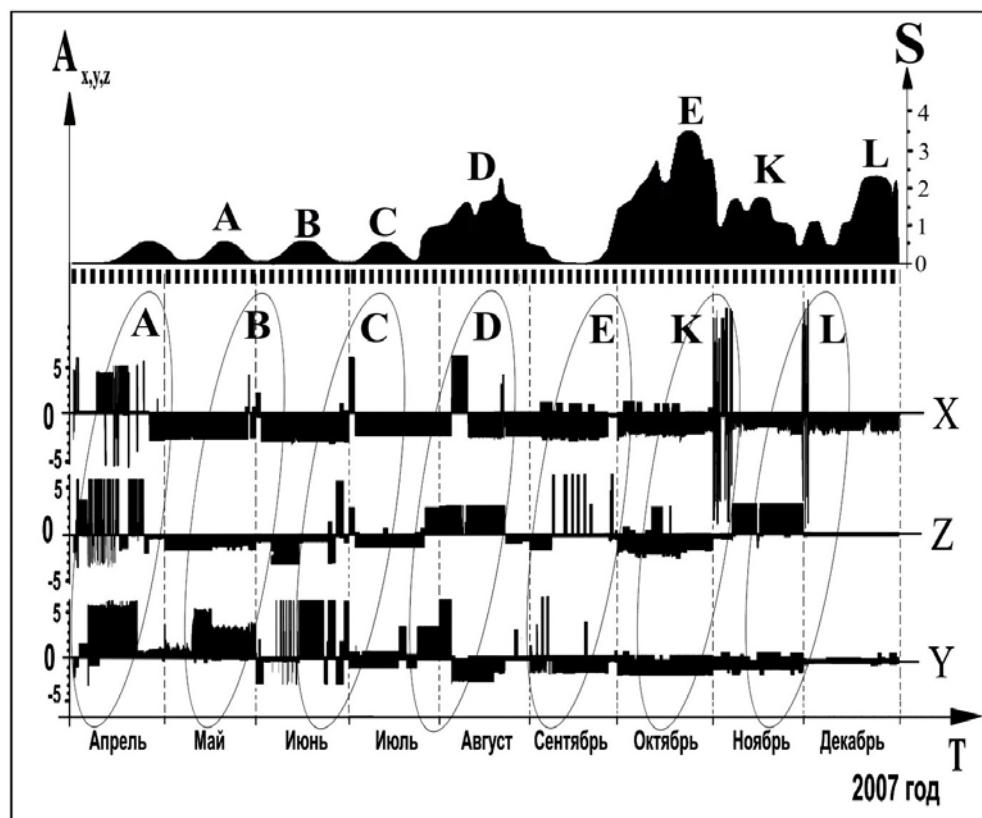


Рис.62. Гравитограмма записанная торсионным детектором ATROPATENA за период с апреля по 31 декабря 2007 г.

А_{x,y,z} - безразмерный индекс, характеризующий амплитуду отклонения коромысел с малыми грузами по осям X и Y, а также вертикальные отклонения пробной массы, отражающее вариации ускорения силы тяжести по оси Z; Т - ось времени; S - график сейсмической активности восточного полушария, где по оси S показан индекс сейсмической активности; «A», «B», «C», «D», «E», «K», «L» (оконтуренные овальными границами) - области в пределах которых ярко выражены смещения во времени записей гравитационных аномалий от сенсора Y до сенсора X.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Таким образом, общая разница во времени, между записями аномалий от сенсора Y до сенсора X, составляет 6-14 дней.

На графике выделены области «A», «B», «C», «D», «E», «K», «L» (оконтуренные овальными границами) в пределах которых ярко выражены смещения во времени записей гравитационных аномалий от сенсора Y до сенсора X. Наиболее четко проявляется эта закономерность в зонах «A», «C», «D» и «E». В зонах «B» «K» и «L» аномалии проявляются не на всех сенсорах. Так, в зоне «B» активная аномалия проявилась в записях сенсоров Y и X, в зоне «K» интенсивная аномалия проявляется на записи сенсора X и менее интенсивная на записи сенсора Z. Для зоны «L» ярко выраженная аномалия записана сенсором X и менее интенсивная сенсором Z.

К каждой из зон гравитационных аномалий нами приурочена зона сейсмической активности на графике S (рис.62.), имеющие идентичные обозначения с областями смещения во времени записей гравитационных аномалий от сенсора Y до сенсора X.

График сейсмической активности отражает усредненное число сильных землетрясений произошедших в восточном полушарии с апреля по 31 декабря 2007 г. и построен путем применения метода скользящей средней. Сглаживание производились путем последовательного усреднения дважды скользящими 7-ми и 9-ти дневными средними. В результате примененной методики усреднения, график смещен вперед на 7 дней.

Зоны сейсмической активности обозначены нами аналогично зонам гравитационных аномалий «A», «B», «C», «D», «E», «K», «L», при этом подразумевается, что каждой одноименной зоне сейсмической активности предшествует соответствующая зона гравитационных аномалий.

Как видно из графика, даже визуальный анализ позволяет не только констатировать ярко выраженное смещение аномалий во времени относительно друг друга по осям Y, Z и X, но и высокую корреляцию зон гравитационных аномалий и зон сейсмической активности со смещением во времени.

На наш взгляд, предварительные результаты интерпретации гравитограммы позволяют предположить, что зоны гравитационных аномалий отражают прохождение под станцией ATROPATENA тектонических волн, которые не могут быть зарегистрированы обычными

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

сейсмическими станциями, но прекрасно регистрируются торсионным детектором длиннопериодных гравитационных вариаций.

Действительно, если предположить, что при прохождении первого полупериода тектонической волны активизируется сенсор Y, затем, в момент смены полупериодов тектонической волны, в результате появления области повышенной или пониженной плотности под станцией, активизируется сенсор Z, и при появлении второй полуволны активизируется сенсор X.

Если обратить внимание на запись сенсора Z, то можно заметить, что во многих случаях на записи этого сенсора гравитационные аномалии проявляются, как в положительных, так и в отрицательных областях, при этом в пределах одной аномалии происходит смена знака. Ярко выраженная смена знака в аномалии наблюдается в областях «A», «C», «D», «E», «K».

Различные полупериоды тектонической волны по-разному будут влиять на сенсоры детектора, ориентированные взаимно перпендикулярно. Это вполне обосновывается физически, ибо, гравитационное поле является квадрупольным, а, следовательно, сильно избирательным по направлению к источнику гравитационного возмущения. Конструкция сенсоров также рассчитана на максимальную избирательность в зависимости от направления источника гравитационного возмущения.

Другим, не менее логичным, объяснением последовательной активизации различных сенсоров детектора может быть последовательная регистрация сначала продольной волны, обладающей большей скоростью, чем поперечная и приходящей к регистрирующей станции раньше поперечной, а затем, поперечной волны. В зависимости от направления прихода тектонических волн, сенсоры могут вести себя по-разному. Таким образом, торсионный детектор ATROPATENA, по нашему мнению, регистрирует гравитационные возмущения, порождаемые проходящими под детектором тектоническими волнами, изменяющими плотность толщи горных пород в пределах фронта волны. Различные фазы тектонической волны вызывают знакопеременное изменение плотности, при этом, картина может усложняться наличием, как продольных, так и поперечных тектонических волн.

Если предположить, что детектор ATROPATENA является инструментом, позволяющим регистрировать тектонические волны, то остается по-прежнему неясным вопрос: «что является источником тек-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

тонических волн». Эта проблема является ключевой, при рассмотрении не только возможности создания новых методов прогнозирования землетрясений на основе регистрации тектонических волн, но и с точки зрения прояснения некоторых фундаментальных аспектов. Ведь совершенно очевидно, что тектонические волны и сами могут быть причиной землетрясений, провоцируя подвижки в зонах глубинных разломов или становясь «последней каплей» в областях накопленных критических напряжений в земной коре.

Таким образом, рассмотрим три возможных источника тектонических волн:

1. Тектонические волны излучаются на границе ядро-мантия, предположительно, в слое «D» во время очередного выплеска глубинной энергии. При этом, порождаемые энергетическим импульсом тектонические волны перемещаются вверх и, доходя до литосферы, продолжают распространение в ее пределах, активизируя очаги землетрясений с критическими напряжениями. В момент подхода этих волн к регистрирующей станции, начинается процесс активизации сейсмических очагов, приводящая к землетрясениям.
2. Тектонические волны излучаются очагами сильных землетрясений в момент достижения в них критических напряжений, приводящих к началу интенсивных деформаций. Эти деформации и являются источником тектонических волн, распространяющихся от очага землетрясения.
3. Вторичные тектонические волны, которые возникают после сильных землетрясений в результате значительных деформаций в очаговой зоне землетрясений. На наличие такого механизма образования тектонических волн также указывают наблюдения ряда исследователей, отмечающих так называемую миграцию очагов землетрясения от направления сильного землетрясения, преимущественно, вдоль глубинных разломов земной коры.

Для ответа на поставленные вопросы необходима постановка специальных исследований с использованием, как минимум, трех станций ATROPATENA, размещенных на большом расстоянии друг от друга, не менее 2-3 тысяч км.

4.2. ЧТО РЕГИСТРИРУЕТ ATROPATENA?

В предыдущем разделе нами был рассмотрен принципиально новый геофизический метод мониторинга гравитационного поля Земли

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

с помощью, так называемой, станции ATROPATENA, позволившей зарегистрировать необычные вариации гравитационного поля перед сильными удаленными землетрясениями. Результаты интерпретации «гравитограмм» позволили авторам выдвинуть предположение, что зарегистрированные аномалии отражают тектонические волны. Безусловно, можно дискутировать по поводу природы тектонических волн и их источников и, даже о самом факте их регистрации. Между тем, факт регистрации длиннопериодных гравитационных вариаций является неоспоримым.

Попробуем разобраться, а что, собственно говоря, на самом деле регистрирует ATROPATENA?

Физический принцип действия станции ATROPATENA был детально рассмотрен в предыдущих разделах. По сути, эта станция, представляет собой, два экземпляра совершенно идентичных классических весов Кавендиша для измерения гравитационной постоянной, размещенных в одном корпусе и ориентированных взаимно перпендикулярно, а также помещенный в этом же корпусе высокоточный гравиметр.

Если исходить из классических представлений фундаментальной физики, то этот прибор является абсолютно бессмысленным, так как считается неоспоримым, что гравитационная постоянная - мировая константа и не может меняться во времени или в пространстве. Еще более бессмысленной кажется попытка непрерывного измерения во времени гравитационной постоянной в различных направлениях.

Между тем, ATROPATENA зарегистрировала многочисленные сигналы, которые, как было показано выше, имеют определенные закономерности и высокую корреляцию с крупномасштабными геодинамическими событиями. Но наиболее интересным и, на первый взгляд, наиболее абсурдным, является тот факт, что в одни и те же моменты времени, весы Кавендиша, ориентированные взаимно перпендикулярно, регистрировали совершенно различные аномалии, порой никак не коррелируемые друг с другом либо имеющие обратную корреляцию.

Если несколько отойти от довлеющих над нами догм фундаментальной физики и взглянуть на эти результаты через призму геофизики и геодинамики, то многое прояснится и окажется достаточно просто объяснимым, при этом основы фундаментальной физики, да и сама гравитационная постоянная останутся непоколебимыми.

Исходя из положений общей теории относительности, по своей природе гравитационное взаимодействие представляет собой измене-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ние кривизны пространства, вызываемое массами и являющееся их неотъемлемым свойством.

В весах Кавендиша происходит взаимодействие малых масс на концах коромысла, подвешенного на тонкой нити с большими массами, что вызывает поворот коромысел вокруг своей оси на некоторый угол. Угол поворота коромысла компенсируется силой упругости кручения нити, по величине которой и вычисляется гравитационная постоянная. Но если рядом с этой системой появляются другие большие массы, то они вносят дополнительные искажения в кривизну пространства, образованного большими массами в весах Кавендиша. Таким образом, мы будем иметь новую систему взаимодействующих масс, в которой кривизна пространства будет являться результирующей масс в весах Кавендиша и дополнительной массы. В этом случае, весы Кавендиша покажут иной результат.

В условиях Земли, существует множество геодинамических факторов, которые создают достаточно интенсивные гравитационные аномалии, изменяющиеся в пространстве и во времени и многократно превышающие гравитационные эффекты, вызываемые движением планет солнечной системы, включая суммарный эффект лунно-солнечных приливов. Эти эффекты могут быть вызваны конвективными течениями в мантии, движением литосферных плит, тектоническими волнами и т.д. Кстати, наблюдаемые эффекты, могут быть также вызваны прохождением через Землю сверхдлинных гравитационных волн космического происхождения, имеющих высокую амплитуду.

На наш взгляд, именно таким образом можно объяснить тот факт, что на протяжении последних десятилетий, несмотря на постоянное повышение точности приборов, регистрирующих гравитационную постоянную G вплоть до шестого знака после запятой, тем не менее, G не удается зарегистрировать с точностью, выше третьего знака после запятой, о чем свидетельствуют ежегодно публикуемые данные CODATA.

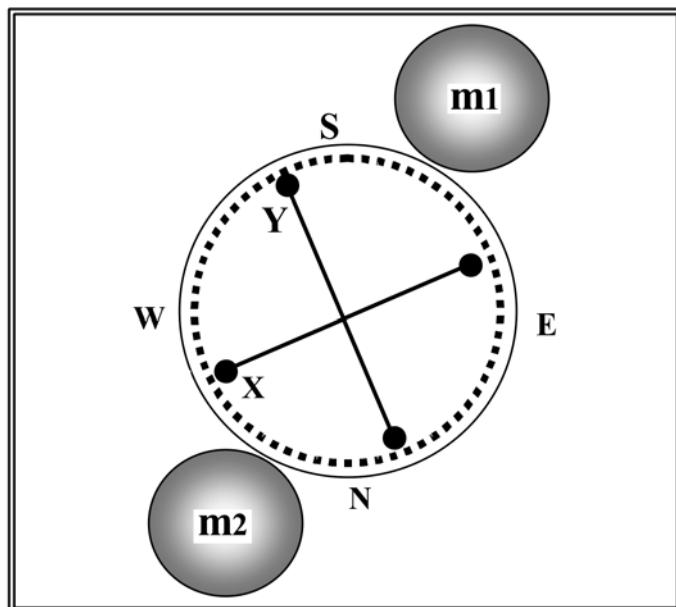


Рис.63. Схематическое изображение фактической ориентации весов Кавендиша в станции ATROPATENA.

На рис.63 показано схематическое изображение фактической ориентации весов Кавендиша в станции ATROPATENA. Изображение представляет собой вид сверху, X и Y обозначают соответствующим образом ориентированные коромысла с малыми массами на концах, а m_1 и m_2 - большие массы.

В предыдущем разделе, при интерпретации гравитограмм, были использованы интегрированные значения длиннопериодных гравитационных вариаций. Между тем, более детальное изучение отдельно взятых гравитационных сигналов, может прояснить более тонкие физические нюансы.

Хотим напомнить, что на гравитограммах, график G_x отражает движение коромысла X на рис.63, а график G_y - движение коромысла Y (рис.63), график G_z отражает изменение силы тяжести, т.е. вертикальные смещения пробной массы. Причем, увеличение значений G_x и G_y означает сближение малых масс на коромыслах с большими массами, а снижение - удаление от больших масс. По оси ординат показаны условные единицы, отражающие амплитуду отклонения малых масс на концах коромысел, относительно больших масс.

Регистрация значений всех трех сенсоров осуществляется с дискретностью в одну секунду. Использование красных лазеров, сфокусированных в узкие лучи и специальных оптических матриц для регистрации лазерной метки и ее перемещений, позволяет регистрировать отклонения коромысел до 0,1 мм. Весь процесс регистрации происходит в цифровом виде автоматически, без участия оператора, а получаемые временные ряды архивируются с помощью специальной программы. Доступ к архивам станции и наблюдение за процессом в реальном масштабе времени производится дистанционно по локальной сети или с помощью ИНТЕРНЕТ, при наличии пароля доступа.

Мы хотим также напомнить, что эти отклонения соответствуют вариациям гравитационной постоянной G в третьем и четвертом знаках после запятой.

На рис.64 приведены гравитограммы с двумя гравитационными аномалиями, зарегистрированными - 05 января и 10 января 2008 г. Необходимо отметить, что эти аномалии предшествовали двум ощущим землетрясениям - в Индонезии с M_6 от 07 января 2008 г. и с $M_{6,5}$ в районе островов Фуджи от 15 января 2008 г.

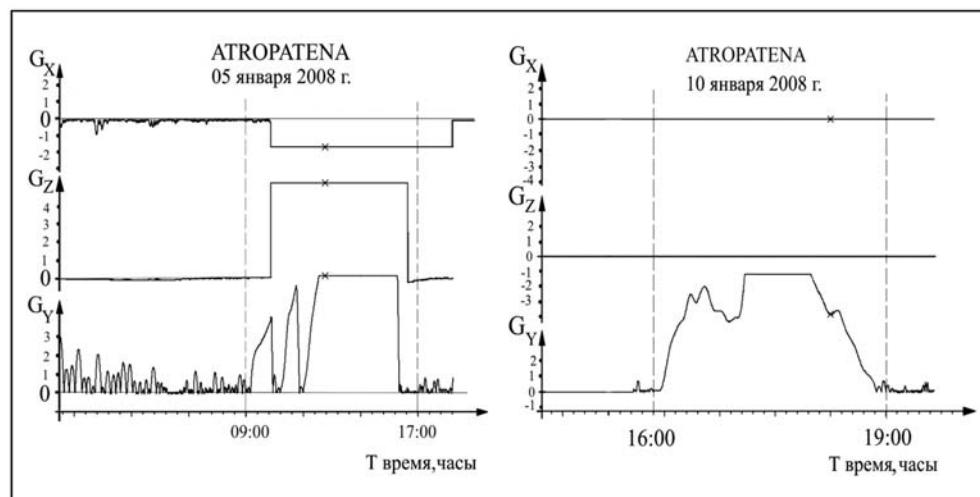


Рис.64. Гравитограммы за 5 и 10 января 2008 г.

Как видно, на гравитограмме от 05 января, в то время как малые массы коромысла X удаляются от больших масс (G_x уменьшается), массы коромысла и G_y сближаются, причем со значительно большей амплитудой (G_y увеличивается). В то же время G_z также показы-

вает увеличение силы тяжести почти синхронно с G_Y . Примечателен также факт запаздывания начала изменений G_Z и G_X относительно G_Y на 64 минуты. В то же время, G_Z возвращается в прежнее положение на 30 минут позже G_Y , тогда как G_X на 2,5 часа позже G_Y . Мы видим, что все три сенсора показывают ярко выраженный гравитационный сигнал, явно имеющий одну и ту же природу, но существуют существенные смещения во времени его регистрации. Период сигнала также достаточно длителен и составляет 8 часов.

Интересен и другой пример регистрации достаточно интенсивной вариации во времени гравитационного поля со строгой избирательностью по направлению. Этот сигнал зарегистрирован только сенсором G_Y . Два других сенсора, как видно из гравитограммы, «упорно молчат». Период сигнала составляет три часа.

На рис.65 показаны гравитограммы за 16 и 20 января 2008 г. Сначала рассмотрим гравитограмму от 16 января. В связи с отсутствием сигналов G_Z этот график не демонстрируется. С 10:00 начинается практически синхронно снижение значения G_X и увеличение G_Y . Как видно, существует некоторое различие в форме графиков G_X и G_Y , но при этом общая тенденция показывающая высокую отрицательную корреляцию не вызывает сомнений.

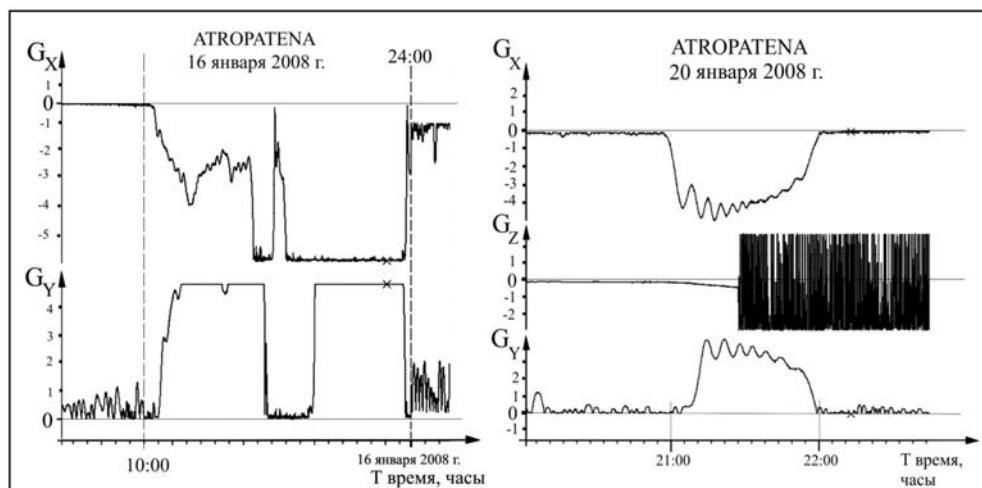


Рис.65. Гравитограммы за 16 и 20 января 2008 г.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Графики, фактически зеркально отображают друг друга. То есть в то время, как малые массы коромысла X удаляются от больших масс, массы на концах коромысла Y сближаются и, то же самое происходит в обратном направлении. Общий период наблюдаемого сигнала составляет 14 часов. За 20 января зарегистрирован также достаточно интересный сигнал, при котором графики G_x и G_y также регистрируют в течение 2-х часов сигнал почти зеркально отраженный на обоих гравитограммах. Между тем, примерно через час, после появления данного сигнала, G_z начинает непрерывно регистрировать высокочастотный квазигармонический сигнал с периодом 4-8 минут. После прекращения регистрации сигнала сенсорами G_x и G_y , G_z продолжает регистрировать высокочастотный сигнал вплоть до 23 января включительно, причем такая длительность непрерывного проявления сигнала, является весьма необычной для сенсора G_z . 22 января происходит достаточно сильное землетрясение в Индонезии с $M6,4$.

02 – 03 февраля и 04-05 февраля 2008 г. зарегистрированы длиннопериодные гравитационные вариации, которые можно рассматривать в качестве характерных предвестников удаленных сильных землетрясений, рис.66.

На гравитограммах за 02-03 февраля зарегистрированы весьма интересные аномалии. Если G_y зарегистрировал три последовательно чередующихся длиннопериодных сигнала, с периодами, соответственно: 11; 8 и 7 часов, то G_x зарегистрировал зеркальное отображение этих же сигналов, но при этом первый и второй из них модулированы высокочастотной составляющей с периодом 4-9 минут, причем модулирующий высокочастотный сигнал в обоих случаях длится около 5-ти часов.

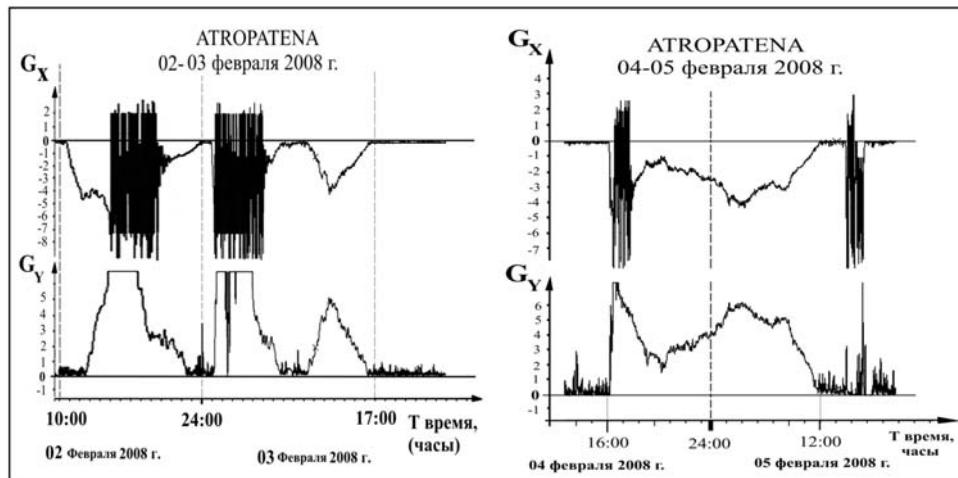


Рис.66. Гравитограммы за 02-03 и 04-05 февраля 2008 г.

04-05 февраля опять на гравитограмме проявляется характерный сигнал, по характеру напоминающий сигнал за 02-03 февраля, но при этом, гравитационный сигнал G_x модулирован высокочастотной составляющей с периодом 4-9 минут в начале и в конце аномалии. Продолжительность модулирующего сигнала приблизительно одинакова и составляет около 2-х часов. Этот факт весьма интересен, так как сигнал G_x четко ограничен в начале и конце высокочастотной составляющей. 08 февраля происходит сильное землетрясение с $M7,2$ в районе северного срединно-океанического хребта в центральной части Атлантического океана (10.725° N; 41.898° W). 10 февраля происходит сильное землетрясение с $M6,5$ в области южных Сандвичевых островов (60.757° S; 25.582° W). По нашему мнению, аномалии, зарегистрированные 02-03 января и 04-05 января 2008 г. являются ярко выраженными предвестниками произошедших сильных землетрясений.

Анализ результатов будет неполным, если мы не покажем результаты регистрации записей ATROPATENA перед Японскими и Китайскими землетрясениями в мае 2008 г.

07 мая 2008 г. около побережья Хонсю в Японии произошли два сильных землетрясения: первое в 16:02:01 с $M6,2$ (координаты 36.21° S 141.47° E) и второе в 16:45:20 с $M6,8$ (координаты 36.14° S 141.45° E). Анализ записи ATROPATENA показал, что 02 мая сенсор G_x начал регистрировать интенсивную отрицательную аномалию «А» (рис.148) которая длилась до 03 мая 04:25. Через 2 часа после этой аномалии сен-

сор G_X зарегистрировал вторую отрицательную аномалию «В», которая длилась до 05 мая. Примечательно, что эти аномалии представляет собой пачки высокочастотных импульсов с периодами 3,5 – 6,5 минут. 07 мая 2008 произошли два сильных землетрясения в Японии с небольшой разницей во времени. Таким образом, землетрясения произошли через 5 дней начала записи аномалии и через два дня после того, как аномалия прекратилась.

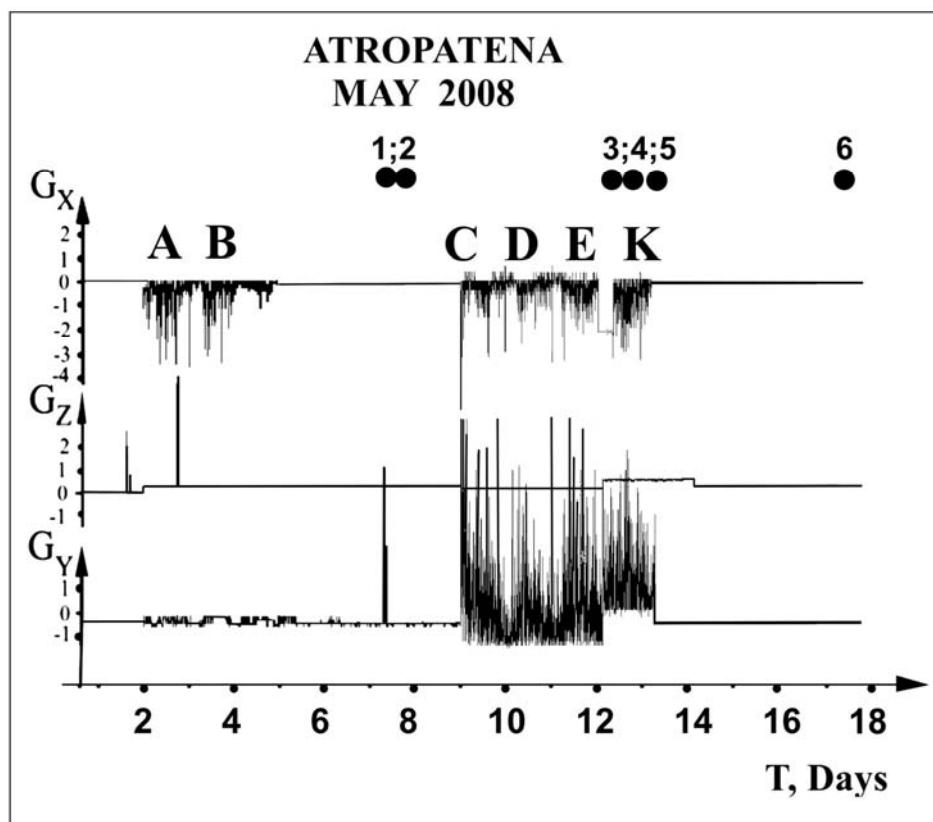


Рис.67. Гравитограмма с 1 по 17 мая 2008.

А, В, С, D, E, K – зарегистрированные аномалии гравитационного поля; 1; 2 – землетрясения в Японии около побережья Хонсю 07 мая 2008 г. с M 6.2 (время-16:02:01) и M 6.8 (время-16:45:20); 3;4;5;6 – Землетрясения в Китае, Сичуань, 12 мая 2008 с M8 (время – 06:28:00); с M6.3 (время – 06:43:14); Сичуань 13 мая 2008 с M5,9 (время – 07:07:09); Сичуань 17 мая 2008 с M6,0 (время – 17:08:25).

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

12 мая 2008 г. в Китае в районе Сичуань в 06:28:00 произошло катастрофическое землетрясение с M8 (координаты 31.08S 103.27E) и в 06:43:14 второе землетрясение с M6,3 (координаты 31.25S 103.68E), в результате которых погибло, по предварительным данным, около 70 тысяч человек и в настоящее время число погибших уточняется.

09 мая сразу два сенсора G_x и G_y начали регистрировать сильные аномалии «С» гравитационного поля (рис.67), причем G_y зарегистрировал интенсивную положительную аномалию, состоящую из пачки высокочастотных импульсов с периодами 3,5 – 8 минут, а G_x – отрицательную, состоящую из пачки импульсов с аналогичными периодами. Амплитуда аномалии G_y более чем в три раза превышает амплитуду аномалии G_x . Аномалии G_y при визуальном анализе состоят из четырех хорошо выделяемых по амплитудной модуляции пачек импульсов (аномалий) – С, D, E, K. Аномалия K отличается от аномалий С, D, E по нескольким признакам. Во-первых, на G_x после завершения аномалии E наблюдается снижение показаний на две условные единицы, которое длится в течение 15 часов без модуляции и после возвращения показаний к фоновому значению начинается запись аномалии K. Аномалия K начинается в 15:22 12 мая и завершается в 09:30 13 мая. Во-вторых, на G_y аномалия K также отличается от предыдущих аномалий. Аномалия K начинается 12 мая и завершается в 10:55 13 мая, причем, нижний предел значений аномалии K выше нижнего предела аномалий С, D, E примерно на две единицы. После завершения аномалии K значения записи возвращаются до фонового уровня.

Таким образом, по нашему мнению, аномалии С и D являются предвестниками китайских землетрясений 3 и 4 (фиг.67), Е и K являются предвестниками землетрясений 5 и 6.

Таким образом, можно сделать вывод, что наблюдаемые аномалии перед землетрясениями в Японии и в Китае существенно отличаются своими характеристиками. Причины этих отличий и физическое обоснование наблюдаемых аномалий требует глубоких исследований и накопления статистической информации. Между тем, уже сейчас мы можем сделать определенные предположения.

Детектор ATROPATENA зарегистрировал, одновременно, отличающиеся друг от друга вариации G в двух взаимно перпендикулярных направлениях и вариации Δg перед сильными удаленными землетрясениями с апреля 2007 г. по настоящее время в 93% случаев.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Для более точного определения координат будущего сильного землетрясения, могут быть использованы два метода, первый из которых требует размещения, как минимум трех станций ATROPATENA разнесенных на большие расстояния друг от друга. И данная проблема находится в настоящее время на стадии разрешения, при этом, базовая станция будет находиться в НИИ прогнозирования и изучения землетрясений (г. Баку), а две других, соответственно, в г. Йогьякарта (Индонезия) и г.Исламабад (Пакистан). Завершение монтажа указанных станций запланировано на конец 2008 г. Создание подобной сети, по мнению авторов, позволит получать направление на источник излучения от каждой станции и место пересечения прямых, ориентированных по выявленным направлениям, будет показывать местоположение будущего землетрясения. Кроме того, создание сети станций ATROPATENA позволит ответить и на множество других вопросов, например, на вопросы о характере движения тектонических волн, их скоростях, амплитудах, коэффициенте затухания, энергоемкости, их воздействии на активизацию других очагов землетрясений, месте нахождения источника тектонических волн и т.д.

Второй метод может быть использован и при наличии всего одной станции ATROPATENA и основан на создании базы данных характерных (эталонных) гравитационных сигналов на гравитограммах, предшествующих сильным землетрясениям. В основу этой идеи положено, имеющее под собой серьезные фактические основания, предположение, что каждый обособленный в геодинамическом плане регион имеет своеобразный характерный «отпечаток» в проявлениях гравитационного предвестника. Этот «отпечаток» зависит, как от геодинамических и тектонических особенностей региона готовящегося землетрясения, так и от тектонической структуры и особенностей регионов, размещенных по пути следования тектонической волны (источника гравитационного сигнала) до регистрирующей станции. Кстати, в зависимости от места расположения регистрирующей станции ATROPATENA могут меняться и эталонные «отпечатки» гравитационных предвестников. То есть, не исключено, что для каждой станции ATROPATENA потребуется создание собственной эталонной базы «отпечатков» гравитационных предвестников. Между тем, на наш взгляд, второй метод хотя и является, весьма интересным и обоснованным, но его точность будет ограничена достаточно большой площадью геодинамически обособленного региона.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Между тем, одним из наиболее важных фундаментальных выводов данного раздела является то, что ATROPATENA позволяет регистрировать аномальные изменения значений гравитационной постоянной G , отличающиеся друг от друга, в зависимости от ориентации весов Кавендиша. И основной причиной такого поведения G является влияние на показания весов Кавендиша глобальных геодинамических процессов на нашей планете. Эти влияния отражаются в показаниях G начиная с третьего знака после запятой. Это означает, что стандартными методами и приборами, в земных условиях, G невозможно зарегистрировать с точностью, превышающей третий знак после запятой.

4.3. ПРОГРАММА МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ - ICEP

Во время Международного Симпозиума «Природные катаклизмы и глобальные проблемы современной цивилизации», проходящего в г.Баку с 24 по 26 сентября 2007 г. было принято решение о создании Глобальной Международной Сети станций прогнозирования землетрясений - ATROPATENA, в рамках программы международного сотрудничества по прогнозированию землетрясений - ICEP – INTERNATIONAL CO-OPERATION FOR EARTHQUAKES PREDICTION. Первыми участниками данной программы явились Международная Академия Наук Н&Е (Инnsбрук, Австрия); Научно-исследовательский институт прогнозирования и изучения землетрясений (Баку, Азербайджан); Правительство Специальной Провинции Индонезии - Yogyakarta (Yogyakarta, Indonesia); Пакистанская Академия Наук и Научный Центр Изучения Землетрясений Пакистана (Исламабад, Пакистан). Руководителем программы ICEP избран проф. д.г-м.н. Э.Н.Халилов.

ICEP – INTERNATIONAL COOPERATION FOR EARTHQUAKE PREDICTION

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*



ICEP - является открытой международной программой, к которой могут присоединяться новые члены, желающие участвовать в работе глобальной сети прогнозирования землетрясений ATROPATENA.

Таким образом, фактически сделан первый шаг в формировании Глобальной Международной Системы Прогнозирования Землетрясений.

Учитывая особую актуальность данной программы и возможность с ее помощью придать новый импульс в решении проблемы краткосрочного прогнозирования землетрясений, считаем целесообразным привести полный текст данной программы в настоящей книге.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

О Т К Р Ы Т А Я П Р О Г Р А М М А
Международного Научного Сотрудничества
ICEP – INTERNATIONAL COOPERATION
FOR EARTHQUAKE PREDICTION
Международное Сотрудничество по
Прогнозированию Землетрясений

Используемые сокращения и условные обозначения:

УП – участник (и) программы;
ICEP – Международное Сотрудничество по Прогнозированию Землетрясений;
IGSFE - Международная Глобальная Система Прогнозирования Землетрясений;
BS – базовая станция прогнозирования землетрясений;
RS – региональные станции прогнозирования землетрясений;
BP- Board of the program;
ГНК – Главный Научный Консультант Программы.
ДП – Директор программы;
ATROPATENA – Станция прогнозирования землетрясений
ATROPATENA;
IAS – International Academy of Science H&E;
SRIFSE – Scientific Research Institute of Forecasting and Studying of Earthquakes;
PAS – Pakistan Academy of Science;
CES – Centre for Earthquake Studies of Pakistan;

1. УЧАСТНИКИ ПРОГРАММЫ:

Международная Академия Наук Н&Е - Президент Проф. Д-р. Вальтер Коффлер (Австрия).
Научно-исследовательский Институт Прогнозирования и Изучения Землетрясений Международной Академии Наук Н&Е – Генеральный Директор Проф. Д-р. Эльчин Халилов (Азербайджан).
Правительство Специального Региона Йогуакарта (Индонезия).
Пакистанская Академия Наук (Пакистан) – Президент Д-р. Ишфаг Ахмад.
Центр Изучения Землетрясений (Пакистан) – Директор Д-р Ахсан Мубарак.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

2. НАЗВАНИЕ ПРОГРАММЫ: – Международное Сотрудничество по Прогнозированию Землетрясений (Program: ICEP).

3. АКТУАЛЬНОСТЬ

Ежегодно на нашей планете происходит несколько катастрофических и десятки сильных землетрясений. Землетрясения становятся причиной многочисленных человеческих жертв и наносят огромный материальный ущерб.

Можно выделить две основные причины многочисленных жертв при землетрясениях:

1. Строительство не сейсмостойких зданий, разрушение которых при сильных землетрясениях приводят к гибели людей оставшихся под обломками зданий;

2. Люди не знают когда, где и какой силы произойдет землетрясения и бывают не готовы к природной катастрофе.

Если первый фактор во многом связан с материальным уровнем жизни людей, которые не имеют финансовых средств, чтобы строить сейсмостойкие дома, то второй фактор зависит только от эффективности развития технологий прогнозирования землетрясений.

Решение проблемы прогнозирования землетрясений позволит государственным службам и населению своевременно подготовиться к сильному землетрясению, привести в полную готовность технику и спасательные службы, перевести в специальный режим работы государственные органы (больницы и другие медицинские учреждения, службы пожарной охраны, полицию, системы связи и т.д.).

Прогноз землетрясений может быть трех типов:

- *Долгосрочный прогноз землетрясений;*
- *Среднесрочный прогноз землетрясений;*
- *Краткосрочный прогноз землетрясений;*

Долгосрочный прогноз землетрясений.

Долгосрочный прогноз землетрясений дается на срок 5, 10 и более лет и предназначен для эффективного планирования развития различных регионов. В долгосрочном прогнозе указывается вероятность сильных землетрясений для различных территорий в течении длитель-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ных периодов времени. При планировании развития инфраструктуры различных районов, в зонах с наибольшим риском сильных землетрясений снижают масштабы строительства населенных пунктов и учреждений, опасных предприятий и объектов (химических, нефтеперерабатывающих, ядерных), которые при разрушении могут нанести значительный ущерб населению, государству и окружающей среде.

Среднесрочный прогноз землетрясений.

Среднесрочный прогноз землетрясений предоставляется на период, примерно, от 1 месяца до 1 года и предназначен для того, чтобы заранее подготовить государственные органы управления, государственные спасательные службы, органы государственной безопасности, крупные предприятия и объекты, имеющие стратегическое значение или большую опасность в случае разрушения (нефтехимические предприятия, атомные электростанции, крупных хранилища опасных и токсичных веществ и т.д.).

Краткосрочный прогноз землетрясений

Краткосрочный прогноз землетрясений предоставляется за период от нескольких часов до нескольких недель до сильного землетрясения и предназначен для принятия экстренных мер приведения всех государственных органов управления и спасательных служб в полную готовность для спасения и эвакуации населения.

Все три типа прогноза предназначены только для государственных органов и не должны предоставляться непосредственно населению для избежания массовой паники, которая может существенно осложнить действия государственных органов и нанести большой материальный, физический и моральный ущерб.

4. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

4.1. Целью программы ICEP является прогнозирование сильных и катастрофических землетрясений в любом регионе Земли.

4.2. Основными задачами программы являются:

- Изготовление и размещение в странах участников программы станций прогнозирования землетрясений ATROPATENA.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

- Создание Международной Глобальной Международной Системы Прогнозирования Землетрясений.
- Создание международной системы информационной связи между станциями ATROPATENA с использованием ресурсов ИНТЕРНЕТ.
- Исследование гравитационных и других эффектов предшествующих процессам подготовки сильных землетрясений на различных расстояниях от эпицентров землетрясений.
- Создание международной службы оперативного оповещения участников программы о возможном риске сильных землетрясений.
- Совершенствование существующих технологий прогнозирования землетрясений и создание новых технологий.
- Изучение геологических, геофизических, метеорологических, биологических и космических факторов, позволяющих прогнозировать землетрясения.

5. ICEP – Программа Международного Сотрудничества по Прогнозированию Землетрясений;

5.1. ICEP представляет собой систему станций краткосрочного прогнозирования землетрясений ATROPATENA, связанных между собой в единую информационную инфраструктуру с использованием международной системы INTERNET или другой доступной системы международной информационной связи.

5.2. Центральной базой ICEP является станция ATROPATENA расположенная в г.Баку в Научно-исследовательском Институте прогнозирования и изучения землетрясений (Республика Азербайджан).

5.3. Дистанционное управление всеми станциями ATROPATENA может осуществляться непосредственно участниками программы владеющими станциями или от центральной станции.

5.4. Станция ATROPATENA в г.Баку является базовой станцией (BS), а все остальные станции – региональными станциями (RS).

5.5. Вся информация со всех станций ATROPATENA поступает на независимый центральный сервер в Канаде и дублируется на Европейский Сервер в Австрии. На базовой станции создается база данных, в которой хранится и архивируется информация записи всех станций ATROPATENA.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

5.6. Действительные участники программы ICEP имеют доступ к базам данных имеющихся в центральном сервере в реальном масштабе времени (online).

5.7. Ассоциативные участники программы ICEP имеют доступ только к архивным данным станций и к информации помещаемой на INTERNET-сайте ICEP.

5.8. Краткосрочный прогноз землетрясений может предоставляться только базовой станцией для всех действительных участников программы ICEP.

5.9. Прогноз землетрясения предоставляется на основе интерпретации данных поступающих со всех станций ICEP. При утверждении прогноза землетрясений принимаются во внимание результаты интерпретации всех участников программы ICEP.

5.10. В составе программы ICEP создается служба оперативного оповещения, которая может информировать государственные органы и научные учреждения страны, в отношении которой предоставляется прогноз.

5.11. Информация о прогнозе землетрясений является конфиденциальной и не может быть до землетрясения предоставлена населению или средствам массовой информации.

Архивная информация о прогнозе землетрясения, которое уже произошло, может быть предоставлена в средства массовой информации только на основании письменного согласия общего руководителя программы (ОРП).

6. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОГРАММЫ.

6.1. Участники программы создают Международную Глобальную Систему Прогнозирования Землетрясений (IGSFE).

6.2. В основе IGSFE предусмотрено использование Станций Прогнозирования Землетрясений ATROPATENA, разработанных и изготовленных Научно-исследовательским институтом прогнозирования и изучения землетрясений (SRIPSE) Международной Академии Наук Н&Е.

6.3. Программа IGSFE является открытой, то есть число участников программы может быть увеличено.

6.4. Новый участник программы принимается на основании заявления организации или частного лица желающего стать УП и решения ВР.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

7. РУКОВОДСТВО ПРОГРАММОЙ.

7.1. Высшим руководящим органом Программы IGSFE является Правление Программы (ВР).

7.2. Главным Научным Консультантом Программы (ГНК) IGSFE является Почетный Президент Международной Академии Наук Н&Е – Академик МАН и РАН, доктор геолого-минералогических наук, заслуженный профессор МГУ – Виктор Ефимович Хайн.

7.3. Директором Программы (ДП) является Генеральный Директор Научно-исследовательского института прогнозирования и изучения землетрясений Проф., д.г-м.н. Эльчин Халилов.

ДП осуществляет общее научно-методическое и административное руководство и координацию работ, выполняемых в рамках настоящей программы.

7.4. От каждого участника Программы утверждается Региональный Руководитель Программы (РРП), который одновременно является региональным заместителем ДП.

РРП осуществляет методическое и научное руководство и координацию работ в рамках программы IGSFE в регионе деятельности УП.

7.5. В состав Правления Программы входят ГНК, ДП и РРП.

7.6. Правление Программы осуществляет следующие функции:

- Принимает решение о внесении изменений и дополнений в программу IGSFE;
- Принимает решение о принятии действительных и ассоциативных участников программы;
- Учреждает научные организации и специальные фонды для финансирования научных исследований в области прогнозирования землетрясений;
- Принимает решение о включении в состав ВР новых членов правления с правом решающего голоса и наблюдателей;
- Принимает решение о проведении международных конференций, симпозиумов, совещаний и других форумов.

8. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

8.1. Полным владельцем интеллектуальной собственности – технологии прогнозирования землетрясений на основе станций ATROPATENA является SRIFSE (Международный Патент РСТ WO 2005/003818 A1. 13.01.2005, Женева, автор – Эльчин Халилов).

8.2. В программе предусмотрено два типа участников:

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Действительные участники программы (full participants of the program - FP) и ассоциативные участники программы (associative participants of the program - AP).

8.2.1. FP – являются полными или частичными владельцами станции ATROPATENA в регионе своей деятельности и непосредственно выполняют работы по прогнозированию землетрясений с помощью имеющихся у них станций ATROPATENA.

FP - имеет online доступ к базе данных IGSFE посредством системы INTERNET и участвует в процессе изучения и интерпретации данных со всех станций ATROPATENA, является коллективным совладельцем первичной информации и базы данных IGSFE.

FP назначает своего представителя Региональным Руководителем Программы, который входит в состав ВР.

FP – заключают двухсторонний контракт с SRIFSE на изготовление и поставку станций ATROPATENA. В контракте оговариваются цена станции и право собственности FP.

8.2.2. AP – обладают правом получения информации о прогнозах произошедших землетрясений и имеют право доступа к информации и архивам, размещенным на Международном Сайте IGSFE.

Каждый AP ежегодно получает пароль для входа в закрытые базы архивных данных IGSFE.

AP в любое время может подать заявление в ВР для принятия его в качестве FP. Для этого, вместе с заявлением о принятии в качестве действительного участника IGSFE необходимо представить в ВР копию контракта на полное или частичное приобретение станции ATROPATENA.

Представители AP могут участвовать в работе ВР в качестве наблюдателей без права решающего голоса.

8.3. Все правовые и финансовые взаимоотношения между FR и SRIFSE регулируются на основании двухсторонних контрактов между FR и SRIFSE.

9. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ

9.1. Настоящая программа IGSFE составлена на английском языке и подписана всеми участниками программы, при этом каждый участник программы имеет один экземпляр подписанныго оригинала.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

9.2. Участники программы IGSFE присоединившиеся впоследствии к договору получают оригинал решения правления программы о принятии их в качестве участников, подписанный ДП.

ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧНОСТИ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ НА ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

5.1. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В СФЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И МОНИТОРИНГА ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

В последние годы большое внимание уделяется проблеме глобальных климатических изменений. Специальные экспертные структуры ООН пришли к выводу, что основной причиной глобальных изменений климата в течение последних двух столетий является техногенная деятельность человека. Но только ли в этом причина глобального потепления на самом деле?

В первой половине декабря 2007 года на индонезийском острове Бали прошла очередная конференция сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН). От Балийской конференции в первую очередь ждали решений по вопросам, определяющим будущее климатического процесса. Ключевыми здесь стали два пункта повестки дня: 1) о долгосрочных мерах сотрудничества по решению проблем, связанных с изменением климата и 2) о будущих обязательствах развитых стран в рамках Киотского протокола. Компромисс был найден, согласованные решения были приняты, однако будущее климатического процесса остается не вполне очевидным. Глубинные причины этой неопределенности связаны как с историей международных взаимоотношений по стабилизации климата (в частности, принятием Киотского протокола и отказом США от его ратификации), так и с изменениями в глобальной структуре антропогенных выбросов парниковых газов.

Считаем необходимым предоставить короткую справку. Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК ООН) была принята в 1992 году в ответ на появление всё большего числа научных свидетельств, что глобальное изменение климата определяется антропогенным изменением содержания парниковых газов атмосферы. Ряд последствий потепления, в частности, увеличение частоты экстремаль-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ных погодных явлений, таяние горных ледников, повышение уровня океана, весьма негативно сказываются на состоянии природной среды и развитии общества. Долгосрочной целью Конвенции была провозглашена стабилизация концентраций парниковых газов атмосферы на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему планеты. Ключевой формой деятельности по смягчению климатических изменений признано сокращение антропогенных выбросов парниковых газов (далее термин «меры смягчения» будет использоваться по отношению к активности, связанной с сокращениями эмиссий парниковых газов и усилением их поглощения (например, при посадке лесов). Поскольку эмиссии, в основном, связаны со сжиганием ископаемого топлива, являющимся главным источником энергии в современном мире, такая постановка долгосрочной цели РКИК ООН неминуемо должна была отразиться на развитии мировой экономической системы.

Важным элементом Конвенции стал принцип общей, но дифференцированной ответственности. Все страны были разделены на две группы: развитые (страны Европы, США, Канада, РФ, Япония, Австралия, Новая Зеландия) и развивающиеся. Полный перечень развитых стран приводится в Приложении I к РКИК ООН. Согласно Конвенции, страны Приложения I должны играть ведущую роль в борьбе с изменением климата и его негативными последствиями. Помимо ограничения национальных выбросов парниковых газов, положения РКИК ООН обязывают развитые страны предоставлять финансовые и технологические ресурсы развивающимся странам для мер смягчения, а наиболее уязвимым странам — и для адаптации к климатическим изменениям. Странам Приложения I, осуществляющим переход к рыночной экономике (в том числе и России), предоставляется определенная степень гибкости в выполнении своих обязательств.

Большинство положений РКИК ООН сформулированы в общем виде, а их детализация осуществляется решениями ежегодных Конференций сторон РКИК. Эти решения становятся юридически обязательными для всех стран-участниц РКИК. Первая конференция сторон прошла в 1995 году в Берлине, Балийская конференция стала 13-й по счету.

Киотский протокол к РКИК ООН был принят в 1997 году в целях ужесточения обязательств развитых стран. Протокол имеет ограниченный период действия (2008–2012 гг.) и предписывает каждой из стран

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

строго определенные уровни выбросов к концу этого периода. Так, эмиссии в 2012 году должны составлять от уровня 1990 года не более 93% в США, 92% — в Европейском союзе, 100% — в России. Киотским протоколом были введены финансовые механизмы, способствующие выполнению развитыми странами своих обязательств, в частности, торговля квотами на выбросы, совместное осуществление, чистое развитие. (Суть торговли квотами состоит в том, что страны, не справляющиеся со своими обязательствами по сокращению выбросов, могут покупать квоты у тех стран Приложения I, которые «перевыполнили» обязательства. Проекты *совместного осуществления* проводятся между странами Приложения I, при этом страна, инвестирующая проект, получает права на сокращения выбросов, являющиеся результатом проекта. Механизм *чистого развития* используется в том случае, если страна, принимающая проект, является развивающейся).

Для вступления в действие требовалась ратификация Киотского протокола странами-участницами. Ратификация Протокола развивающимися странами, не имевшими количественных обязательств по сокращению выбросов, в основном прошла успешно. В развитых странах процесс шел очень непросто. В 2001 году республиканская администрация США объявила об отказе ратифицировать Киотский протокол. Примеру США поначалу последовала и Австралия, однако сейчас позиция этой страны изменилась. Непосредственно во время Балийской конференции Австралия объявила о ратификации.

Мы, ни в коей мере, не ставили задачу вступления в полемику с экспертными структурами ООН относительно сделанных ими выводов. Нашей целью является попытка показать, что на фоне действительно пагубного влияния техногенной деятельности человечества на природную среду и, в частности, на глобальные климатические изменения, нельзя умалять роль эндогенных геологических процессов, которые также оказывают существенное влияние на климатические изменения в общепланетарном масштабе.

Резюмируя многолетние исследования по изучению пространственно-временных закономерностей вулканической и сейсмической активности Земли, нам трудно избавиться от впечатления, что наблюдаемые в настоящее время глобальные климатические изменения, в частности, глобальное потепление, в большей степени обязано повышению активности магматических вулканов поясов сжатия Земли, сохраняющих эту тенденцию в течение последних 200 лет.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

При написании настоящей статьи, нами использовались материалы, приведенные в последнем отчете (2007) Межправительственной комиссии по изменению климата (IPCC) <http://www.ipcc.ch/>

Так, по данным IPCC, в 2007 году концентрация CO₂ в атмосфере составляла 380 промилле. Каждый год деятельность человека увеличивает это число. Некоторые ученые-климатологи и экономисты, такие как Дэвид Штерн и Джеймс Хансен считают, что концентрация в 450 промилле - предельно допустима, чтобы избежать вреда, который CO₂ нанесет экосистеме и экономике планеты (<http://www.ipcc.ch/>).

В XX в. на естественный ход природных процессов накладывается воздействие человека, что стало заметно в ледниковых отложениях. Повышается антропогенная концентрация атмосферных нитратов и сульфатов: за 100 лет содержание во льду анионов SO₄(-2) выросло в три-четыре раза, а с 1950-х годов начала расти концентрация NO₃(-), к настоящему времени уже успевшая удвоиться из-за выбросов автотранспорта.

Однако, главное влияние на климат, по мнению IPCC, человечество оказывает увеличением не столько выбросов аэрозолей, сколько парниковых газов: CO₂, CH₄, NO₂ и фреонов. Детальные наблюдения за концентрацией CO₂ в атмосфере ведутся уже многие годы на обсерватории Мауна-Лоа (Гавайские о-ва) и на Южном полюсе. По этим данным, с начала XIX в. по 80-е годы XX в. она выросла с 285 ppm, что типично для межледниковых условий, до 335—338 ppm, чему нет аналогов в данных из скважины со станции Восток. Современная концентрация метана в атмосфере равна 1,7 ppm — и в 2,5 раза больше максимума, выявленного по керну из района станции Восток (IPCC, 2007). Если сравнить нынешние концентрации парниковых газов с определенными по ледниковому керну для доиндустриальной эпохи, оказывается, что за последние 200 лет их рост составил: 25% для CO₂, 100% для CH₄, 8-10% для NO₂ (IPCC, 2007).

Последние значения согласуются с данными о масштабах сжигания минерального топлива, а общий рост содержания парниковых газов в атмосфере — с увеличением населения Земли, которое за те же 200 лет увеличилось с 1 до 5 млрд. чел. Значит, именно рост народонаселения приближает человечество к экологической катастрофе (IPCC, 2007).

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Собственно ледниково-межледниковые колебания испытывают на себе влияние быстрых обратных связей, обусловленных наличием водяного пара в атмосфере, облачностью, снежным покровом и морским льдом, а также более длительных, обязанных медленным изменениям структуры и состава атмосферы, что переносит холодные условия ледниковой эпохи в какой-то мере на межледниковые. Чтобы понять механизм этих процессов, нужно исследовать чувствительность глобального климата к изменениям концентрации парниковых газов (IPCC, 2007).

Известно, что разогрев земной поверхности под влиянием антропогенных факторов за последнее столетие составил $2 \text{ Вт}/\text{м}^2$, а в будущем, из-за ожидаемого удвоения концентрации CO_2 в атмосфере (от 300 до 600 ppm), он может достигнуть 4 Вт. Кажется, что это немного по сравнению со средним потоком поглощенной солнечной радиации, равным $240 \text{ Вт}/\text{м}^2$, но и эта величина приводит к повышению приземной температуры в среднем на $1,2^\circ\text{C}$. А с учетом упомянутых эффектов обратных связей, усиливающих такой нагрев, общее потепление может оказаться значительнее. Современные оценки дают $2,8 - 5,2^\circ\text{C}$ (в среднем около 4°C). Это втрое больше, чем без учета обратных связей. И именно эта величина определяет чувствительность климата к росту концентраций парниковых газов (IPCC, 2007).

Таким образом, вклад парниковых газов в изменение температуры в Центральной Антарктиде за последний климатический цикл может колебаться в пределах 40-65%, или примерно $50 \pm 10\%$. Это означает, что приблизительно 3° из 6°C - амплитуды ледниково-межледниковых изменений - могут быть обязаны парниковому эффекту (IPCC, 2007).

Однако грядет «парниковое» потепление, в результате чего могут растаять некоторые ледниковые покровы и уровень океана повысится на 5—7 м всего за десятки лет. Это будет поистине глобальная катастрофа: целые страны (например, Голландия), крупнейшие города мира — Нью-Йорк, Токио, Санкт-Петербург и др.— окажутся под водой (IPCC, 2007).

Такова цепочка рассуждений, которая протягивается от древнего ледяного керна, извлеченного с глубины более 2 км, к будущему окружающей среды, в значительной степени зависящему от разумности действий человечества (IPCC, 2007).

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Мы, практически дословно, процитировали наиболее напрягающие положения отчета, приведенного на сайте <http://www.ipcc.ch/>, дабы исключить возможные упреки в неточности их изложения.

5.2. ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Позиция ИПСС хорошо известна. Теперь попробуем рассмотреть основные геологические факторы, которые также могут влиять на глобальные климатические изменения.

Рассмотрим основные геодинамические факторы, которые могут оказать существенное влияние на глобальные изменения климата:

1. *Дрейф географического полюса Земли;*
2. *Дрейф геомагнитного полюса Земли;*
3. *Изменение угловой скорости вращения Земли;*
4. *Повышение эндогенной, в частности, вулканической активности Земли.*

В 123 г. до н.э. Гиппарх открыл явление прецессии - предварение равноденствий. В 1755 г. Дж.Брадлей обнаружил другое явление - нутации оси вращения Земли. На рис.68 показана траектория движения северного географического полюса в 1996-2000 гг.

Максимальное удаление мгновенного полюса от среднего отмечалось в 1996 г. Затем полюс стал закручиваться и в 2000 г. подошел на минимальное расстояние к центру спирали. С 2000 по 2003 г. полюс раскручивался, а сейчас снова закручивается, постепенно перемещаясь по спирали к своему среднему положению (Н.С.Сидоренков, 2004).

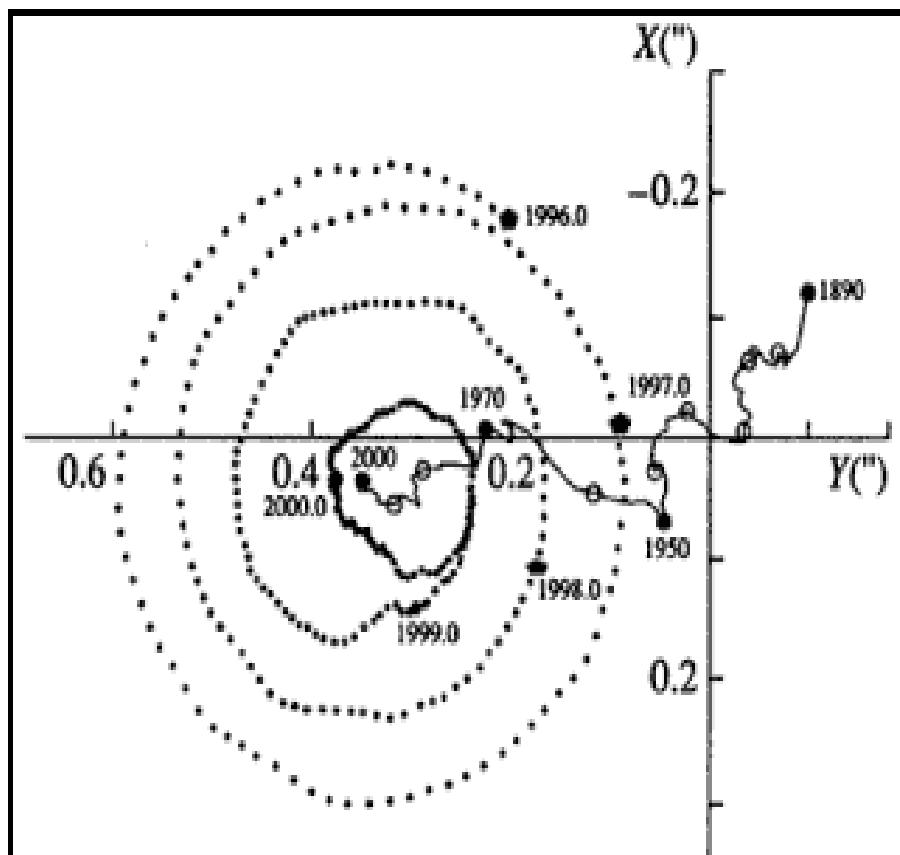


Рис.68.Траектория движения Северного географического полюса в 1890-2000 гг.

Сплошная кривая - траектория среднего полюса с 1890 по 2000 гг.
(по данным Международной службы вращения Земли, 2000).

Самое большое удаление мгновенного полюса от среднего не превышает 15 м. Закручивание и раскручивание траектории мгновенного полюса объясняется тем, что он совершает два периодических движения: свободное, или чандлеровское (названо в честь открывшего его в 1891 г. С.Чандлера), с периодом около 14 мес., и вынужденное с годовым периодом. Чандлеровское движение возникает, когда ось вращения Земли отклоняется от оси ее наибольшего момента инерции. Вынужденное движение вызывается действием на Землю периодиче-

ских сил со стороны атмосферы и гидросферы, имеющих годовую цикличность. Мы не будем останавливаться на причинах Чандлеровских и многих других типов движений оси Земли, прекрасно описанных в работе Сидоренкова Н.С. (2004). Между тем, очевидно, что сложные колебания оси Земли и, как следствие, ее географического полюса, оказывают влияние на глобальные климатические процессы, ведь именно «качания» земной оси вызывают сезонные изменения климата.

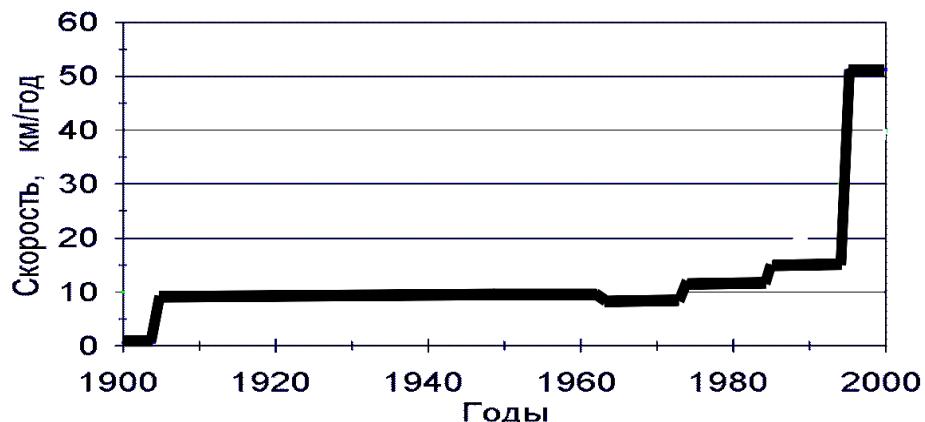


Рис.69. Скорость движения геомагнитного полюса
(Кокоуров В.Д., 2006).

На рис.69 показан график характеризующий движение геомагнитного полюса. Как видно из графика, к концу 90-х годов скорость дрейфа геомагнитного полюса увеличилась почти в пять раз, по сравнению с 1980 годом. Этот факт может свидетельствовать о существенных изменениях в энергетических процессах в ядре Земли, формирующих геомагнитное поле нашей планеты. Безусловно, этот факт может свидетельствовать о начале очередного цикла резкой активизации эндогенной активности Земли.

С другой стороны, как известно, геомагнитное поле формирует своеобразный магнитный экран, препятствующий проникновению солнечной радиации, включая заряженные частицы высоких энергий, к поверхности Земли. В то же время в области полярных шапок существуют так называемые каспы – полярные щели, в результате чего в них устремился радиационный материал солнечного ветра и межпланетного пространства, т.е. в полярные области стало попадать огромное ко-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

личество дополнительного вещества и энергии, что приводит к “разогреву” полярных шапок. Естественно, изменение положения геомагнитных полюсов приводит и к смещению каспов и, как следствие, областей повышенного потока солнечной радиации на Землю. Естественно, что этот процесс должен вызывать перераспределение системы циклонов и антициклонов на нашей планете, что приводит к серьезным глобальным климатическим изменениям.

5.3. ВУЛКАНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Между тем, как отмечалось выше, в докладе IPCC основной причиной глобальных климатических изменений называется резкое увеличение в атмосфере Земли парниковых газов. В то же время, известно, что при извержениях вулканов в атмосферу Земли выбрасывается большой объем различных газов, в том числе парниковых: CO_2 , CO , SO_2 , H_2S , CS_2 , OCS , NO .

Концентрация углекислого газа колеблется от 1 до 10% от общей массы вулканических газов, 0,1-0,7% составляет CO (Gerlach N.M., 1980).

Наиболее пагубное влияние на глобальные климатические изменения оказывают серосодержащие газы вулканических извержений. При извержениях вулканов в атмосферу выбрасывается двуокись серы SO_2 , сероводород H_2S , сероуглерод CS_2 , карбонисульфид OCS и частицы твердой серы. В работах Кейдла показано, что газ SO_2 составляет примерно 10% от всех газовых выбросов вулканов, а его ежегодные выбросы составляют $2 \cdot 10^7$ т. (Cadle R.D., 1975). Анализ выбросов вулканических газов показал, что основным серосодержащим газом является SO_2 (2-10 Мт/год). В целом, в вулканических газах доля сернистого газа составляет от 1 до 10% (Athaturaov M.L. and others, 1986).

Представляет большой интерес анализ изменений концентрации CO_2 в атмосфере Земли в геологической прошлом и сравнение этих данных с уровнем вулканической активности. Результаты этих исследований приведены на рис. 70 (Athaturaov M.L. and others, 1986).

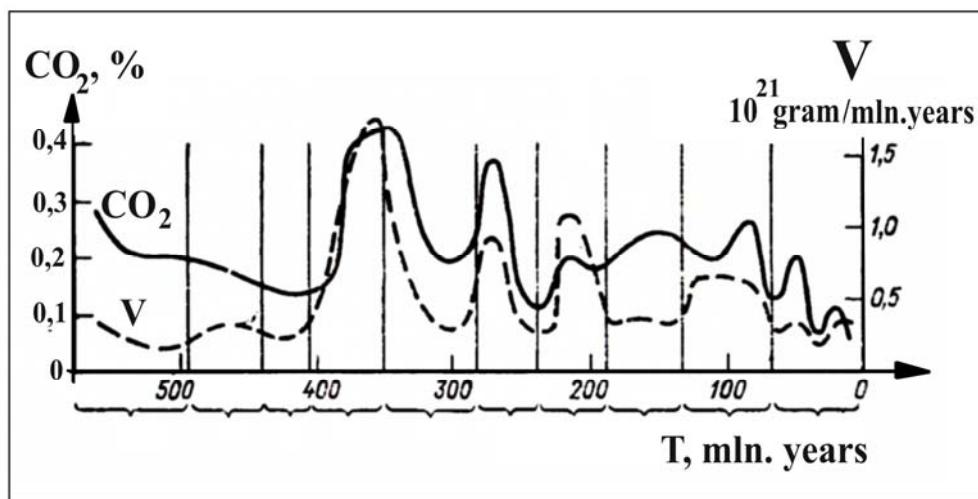


Рис.70. Изменения количества углекислого газа в атмосфере и скорость образования вулканогенных пород в течение фанерозоя (Athaturov M.L. and others, 1986).

На рис.70 видно, что концентрация углекислого газа в фанерозое изменялась от 0,1 до 0,4%. Вулканическую активность на графике характеризует скорость образования вулканогенных пород в течение фанерозоя. На рисунке хорошо видно, что в вулканической активности в фанерозоя ярко выражены циклы с периодами 80-100 млн. лет.

Результаты сравнения графиков на рис.70 показывают существование прямой зависимости концентрации CO_2 от вулканической активности. На наш взгляд, интересной и важной особенностью этой зависимости является отчетливо наблюдаемое на рис.70 запаздывание увеличения концентрации CO_2 по отношению к скорости образования вулканогенных пород. Это вполне логично исходя из принципа причинно-следственной связи: сначала повышается активность вулканических извержений, а затем увеличивается концентрация CO_2 в атмосфере и последовательность этих процессов имеет определенную задержку во времени. Чем выше масштаб рассматриваемого периода цикличности, тем длительнее время запаздывания.

Углекислый газ прозрачен для коротковолновой радиации, но он поглощает длинноволновое излучение электромагнитных волн в нескольких диапазонах. В результате этого он является существенным фактором, создающим парниковый эффект, повышающий температуру нижнего слоя воздуха атмосферы Земли.

В исследованиях связи концентрации CO_2 в атмосфере и среднегодовых изменений температуры используется логарифмическая зависимость, приведенная на рис.71 Будыко М.И. исследовал эту зависимость по эмпирическим данным на основе изучения геологического прошлого. В работах Будыко М.И. показано наличие прямой связи между вулканическими извержениями и глобальными климатическими изменениями (Будыко М.И., 1968 – 1984)

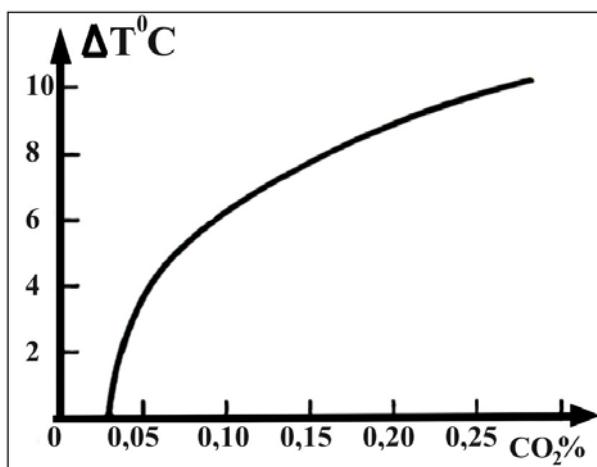


Рис.71. Зависимость средней температуры воздуха от концентрации углекислого газа (Будыко М.И., 1979).

Нами приведен обзор некоторых основных работ, показывающих наличие объективной и достоверной связи между вулканической активностью и глобальными климатическими изменениями. Ограниченнность объема статьи не позволяет привести более обширный обзор многочисленных исследований в этой области. Между тем, на наш взгляд, даже упомянутые работы представляют достаточно убедительные доказательства связи вулканизма с климатом Земли.

5.4. ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГНОЗЫ

Для выяснения степени возможного влияния цикличности в извержениях вулканов на глобальное потепление климата, нами были сопоставлены графики среднего изменения температур на Земле и сред-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

него числа извержений магматических вулканов поясов сжатия Земли с 1850 по 2000 годы, рис.72.

Как отмечалось в предыдущих разделах, около 90% доли энергии и выбросов в атмосферу высвобождается при извержениях магматических вулканов типа С.

Сравнение графиков показало высокое сходство характеров изменений во времени как среднегодовой температуры, так и вулканической активности. Оба графика можно условно разделить на три этапа: 1853-1915 гг.; 1916-1965 гг.; 1966 – 2000 гг. Каждый этап характеризуется резким повышением, как температуры, так и вулканической активности - в 1915 году и в 1965 годах. Примечательно, что на первом этапе на обоих графиках выделяется три цикла активизации, на втором этапе - два цикла, на третьем этапе также два неполных цикла.

Наиболее интересным фактом является запаздывание циклов повышения температуры по отношению к циклам увеличения вулканической активности. В основе этого запаздывания лежит причинно-следственная связь между этими двумя процессами. Эта же особенность нами была отмечена и при сравнении графиков вулканической активности и концентрации CO_2 в атмосфере Земли в течение фанерозоя, рис.72.

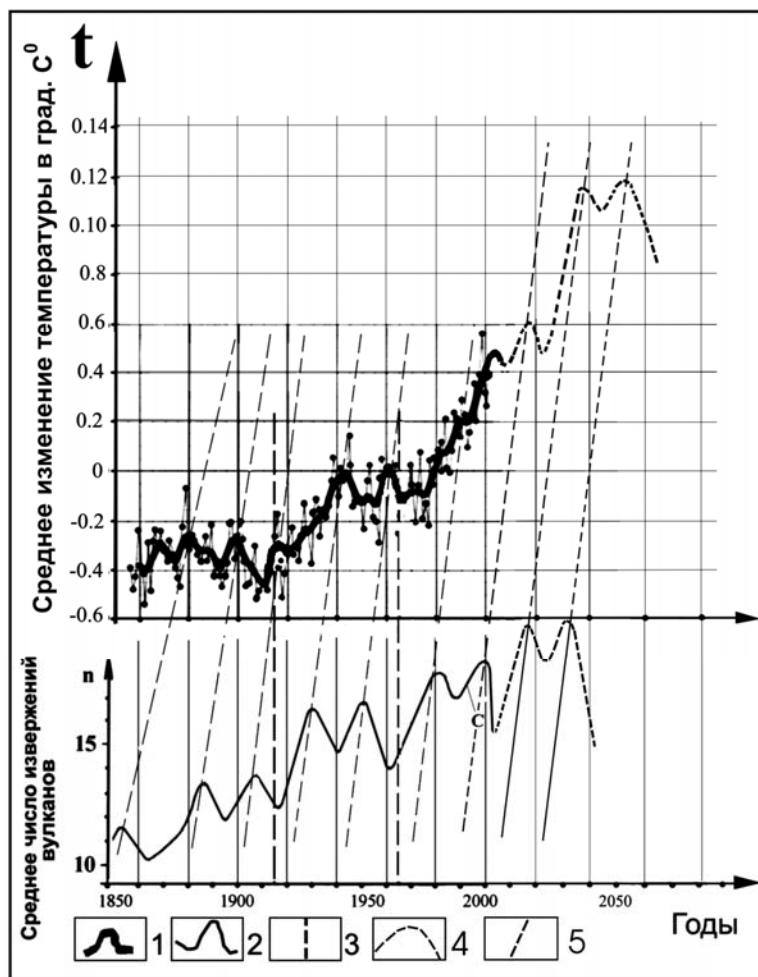


Рис.72. Сравнение графиков среднего изменения температур на Земле и среднего числа извержений магматических вулканов поясов сжатия Земли с 1850 по 2000 годы (Хайн В.Е., Халилов Э.Н., 2004).

1-график изменений температуры на Земле в $^{\circ}\text{C}$ (прогнозная часть графика дополнена Хаином В.Е., Халиловым Э.Н., 2008 г.)

(http://www.seed.slb.com/ru/scictr/watch/climate_change/index.htm);

2 - график вулканической активности;

3 - прямые, ограничивающие сдвоенные циклы вулканической активности и изменений температуры;

4 - прогнозные части графиков среднего изменения температур и вулканической активности;

5-прямые соединяющие экстремальные точки циклов вулканической активности и вариаций среднегодовых температур.

Рассмотрим механизм причинно-следственной связи вулканической активности и изменения температуры на Земле. Повышение числа извержений вулканов приводит к увеличению поступления в атмосферу вулканических газов способствующих усилению парникового эффекта и, как следствие, приводящих к повышению температуры атмосферы. С 1860 года по 2000 год число извержений вулканов увеличилось на 80%.

Судя по графикам рис.73, увеличение числа извержений вулканов, в среднем, на 5 извержений в год, соответствует увеличению температуры на 0,4 С°. Высокое сходство графиков глобальных изменений температуры на нашей планете и вулканической активности Земли имеют логическое обоснование с точки зрения физических аспектов. Увеличение практически вдвое среднегодового числа извержений вулканов должно привести к увеличению вдвое поступающих в атмосферу газов при извержениях вулканов и, прежде всего СО₂, которому отводится ведущая роль в формировании парникового эффекта и повышении среднегодовой температуры на Земле.

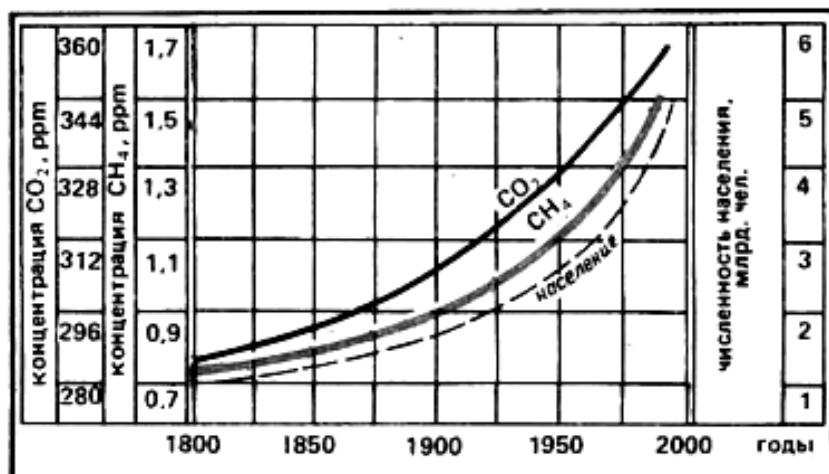


Рис.73. Изменение содержания СО₂ и СН₄ в атмосфере, а также роста населения на Земле с 1800 по 2000 гг. (<http://www.ipcc.ch/>)

На основе установленных корреляционных особенностей и использования выдвигаемого нами принципа причинно-следственной связи различных природных процессов, на рис.5. сделана попытка долгосрочного прогноза, как изменения вулканической активности поясов сжатия Земли, так и глобального изменения средней температуры на нашей планете до 2060 года. При построении прогнозной части графика нами был учтен период запаздывания максимумов среднего повышения температуры Земли по отношению к максимумам вулканической активности, а также соотношения амплитуд циклов повышения средней температуры Земли по отношению к циклам повышенной вулканической активности.

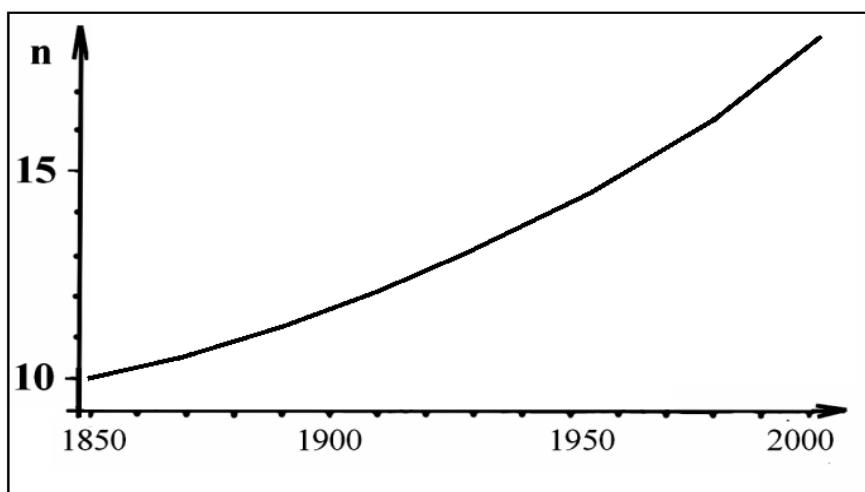


Рис.74. Тренд вулканической активности

На рис.73 показаны тренды изменения содержания CO_2 , CH_4 и роста населения Земли с 1800 г. по 2000 г. На рис.74 приведен тренд вулканической активности, отражающий общий характер увеличения числа извержений вулканов с 1850 г. по 2000 г. Сравнение этих графиков показывает их высокое сходство.

На наш взгляд, сравнение роста содержания CO_2 и CH_4 в атмосфере и вулканической активности Земли может являться косвенным свидетельством существования определенной связи между этими процессами.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Проводимые нами исследования свидетельствуют о том, что эндогенные процессы на нашей планете существенно активизировались в последние два столетия, при этом наибольшее ускорение этих процессов наблюдается в последние три десятилетия. Об этом свидетельствует характер изменений сейсмической и вулканической активности, скорости движения геомагнитных полюсов, глобальных изменений температуры атмосферы Земли и содержания в ней эндогенных газов, изменения уровня мирового океана и т.д.

5.5. ВЫВОДЫ

- Роль вулканической активности Земли в глобальных климатических изменениях существенно выше, чем принято считать.
- Основной причиной глобальных изменений температуры является увеличение числа и мощности извержений вулканов в периоды максимальных значений циклов вулканической активности. Это приводит к увеличению поступления в атмосферу парниковых газов вулканического происхождения. Так с 1850 г. по настоящее время индекс вулканической активности увеличился на 80-85%. Следовательно, логично считать, что и объем вулканических газов, выбрасываемых при извержениях вулканов, также увеличился за этот период на 80-85%.
- Глобальное повышение среднегодовой температуры на Земле, на фоне незначительных вариаций, по нашему мнению, будет наблюдаться до 2050 года. За этот период среднегодовая температура повысится за счет вулканической активности, примерно на 0,7-0,8°C (рис.72).
- Признание значительной роли вулканической активности в глобальном потеплении Земли позволит более объективно подойти к оценке реальных последствий глобальных климатических изменений. Мы хотим отметить, что периоды повышения вулканической активности сменяются периодами ее понижения. По нашему мнению, с 2030 -2035 гг. начнется снижение вулканической активности Земли, что приведет к снижению среднегодовой температуры начиная с 2050 года.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ЦИКЛИЧНОСТЬ - основополагающая закономерность подавляющего большинства проявлений природных процессов от микро до макромира и нами сделана попытка показать это на конкретных фактах и примерах.

Каким образом Земля, взаимодействует с другими элементами космического пространства и какова роль этих взаимодействий в развитии Земли и отдельных ее сфер: магнитосферы, атмосферы, гидросферы и тектоносферы? Мы попытались рассмотреть основные факторы космо-земных связей и, прежде всего, речь идет о Солнечной системе. Особая роль отводится изучению и оценке степени влияния на геодинамические процессы солнечной активности, планет солнечной системы, в частности, Луны, Марса, Венеры, положения Земли на своей орбите и т.д. Приведены расчеты гравитационного влияния Марса и Луны на атмосферные и геодинамические процессы, предложены определенные механизмы этого влияния. В книге большая роль в формировании цикличности природных процессов отведена гравитационному фактору, в частности, влиянию на геодинамику и геометрические параметры Земли сверхдлинных гравитационных волн космического происхождения.

Цикличность современных проявлений вулканизма и сейсмичности

Высокочувствительным индикатором повышения тектонической активности являются землетрясения и извержения вулканов. С целью изучения пространственно-временных особенностей вулканической и сейсмической активности, все вулканы и землетрясения были разделены на четыре геодинамических типа: поясов сжатия Земли (тип «С»); океанские рифтовые (тип «ОР»); континентальные рифтовые (тип «КР»); океанские внутриплитные (тип «ОВ»). Грязевые вулканы были выделены в самостоятельный тип (тип «Гр»). При исследованиях общепланетарных процессов растяжения литосферы, типы «ОР» и «КР» были объединены в единый тип – поясов растяжения Земли (тип «Р»).

Необходимо отметить, что в процессе проведенного нами детального анализа высокочастотных составляющих спектров временных

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

рядов извержений вулканов и землетрясений, вычисленных также при различных длинах фильтра, выяснилось следующее:

1. Выявленные высокочастотные гармоники (с $T \leq 20$ лет) сохраняются менее устойчиво при изменениях длин фильтра по сравнению с выявленными и описанными в книге низкочастотными гармониками (с $T \geq 20$ лет).

2. Наиболее устойчивыми высоко частотными составляющими спектров являются гармоники с $T \approx 22$ -24 года и $T \approx 10$ -12 лет.

3. При изучении спектров распределения извержений вулканов во времени установлено:

а) Высокочастотные составляющие извержений вулканов типов “С”, “Р” и “Гр” сходны между собой, а также со спектром чисел Вольфа, при этом периоды гармоник в различных спектрах отличаются, в среднем, не более чем на 1 год;

б) Однозначно на всех спектрах извержений вулканов и чисел Вольфа выделена гармоника с $T = 22$ года.

5. Изучение спектров распределения числа землетрясений во времени показало следующее:

а) В спектрах сильных (с $M \geq 7$) и слабых (с $M \leq 7$) землетрясений однозначно выделяются лишь гармоники с $T \approx 20$ -23 года;

б) В спектрах землетрясений с $M \geq 7$ и чисел Вольфа также выявлены сходные гармоники с $T \approx 10$ -11 лет и с $T \approx 8$ лет;

в) Спектральный анализ временных рядов слабых землетрясений показал, что наиболее близким характером спектров обладают землетрясения типов “КР” и “ОВ”. Эти результаты согласуются с выявленными закономерностями в извержениях вулканов, особенно в низкочастотных составляющих спектров (с $T \geq 20$ лет);

г) Спектры временных рядов слабых землетрясений содержат гармоники с периодами, характерными для спектра солнечной активности: $T \approx 22$ -24 года, $T \approx 12$ -14 лет, $T \approx 10$ -12 лет, $T \approx 5$ лет.

Проведенные исследования позволяют нам достаточно уверенно говорить о влиянии 11-летних и 22-летних циклов солнечной активности на проявления современной тектонической активности Земли, отражением которой являются извержения вулканов и землетрясения.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Влияние солнечной активности на сейсмическую и вулканическую активность

В монографии, на основе различных корреляционных методов исследований, показана возможность влияния солнечной активности на геодинамические процессы, в частности, на вулканическую и сейсмическую активность. Примечательно, что, если в периоды повышенной солнечной активности усиливается активность вулканов и землетрясений поясов сжатия земли (в зонах субдукции и коллизии литосферных плит), то в областях растяжения Земли (в рифтовых зонах) сейсмическая и вулканическая активности понижаются до минимума.

Этот факт свидетельствует о неоднозначности влияния солнечной активности на геодинамические процессы и также подтверждает возможность периодического изменения радиуса Земли.

Наиболее точную модель зарождения солнечных пятен разработала в 2004 году группа ученых, работающая под руководством доктора Маусуми Дикпати из Национального Центра атмосферных исследований США (NCAR).

Исследователи в начале 2006 года рассчитали 24-й цикл солнечной активности, пик которого придется на 2012 год. Прогнозируется, что 24-й цикл солнечной активности будет в 1,5 раза выше предыдущего 23-го.

Между тем, нами показано, что в 2012 году ожидается не только пик 24-го, особенно мощного, 11-летнего цикла солнечной активности, но и пик четвертого 75-85 – летнего цикла. Этот цикл показан в виде огибающей максимумов 11-летних циклов солнечной активности. На этот период приходится также максимум еще одного, более крупного, предположительно, 300-летнего цикла солнечной активности.

Таким образом, максимум цикла повышенной солнечной активности приходится на 2012 год. Между тем, максимумы циклов вулканической и сейсмической активностей поясов сжатия Земли приходятся на 2012 – 2015 годы, учитывая наблюдалось ранее запаздывание во времени 11-летних циклов вулканической и сейсмической активностей, по отношению к таковым солнечной активности. Более длительный период максимальных значений активности вулканизма и сейсмичности (4 года), по сравнению с солнечной активностью, объясняется, с одной стороны достаточной инертностью геодинамических процессов, а с другой - влиянием, помимо солнечной активности, целого

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ряда других факторов, как эндогенного, так и космического характера. Сделана попытка долгосрочного прогнозирования вулканической и сейсмической активностей поясов сжатия Земли до 2020 года.

Влияние на геодинамические процессы планет солнечной системы

Влияние гравитационных полей планет Солнечной системы на геодинамические и атмосферные процессы Земли продемонстрировано авторами на примере Марса и Луны. Так, проведенные исследования показали, что в период Великого противостояния Марса с Землей, проходившего 28 августа 2003 года, наблюдалась ярко выраженная аномально высокая активность, как атмосферных, так и геологических катаклизмов. Степень активности атмосферных проявлений энергетики планеты (тайфуны, ураганы), и геологических (землетрясения, вулканы) с июля по октябрь 2003 г. превышала фоновые значения, примерно в 2,5 – 3 раза. Между тем, авторами отмечено, что сначала активизируются атмосферные процессы, а затем, когда уже наблюдается спад степени их активности, начинается активизация геодинамических процессов.

Приближение Марса к Земле – это не мгновенный, а постепенный процесс, следовательно, и усиление его гравитационного влияния на Землю происходит постепенно. Если Марс приблизился к Земле в 7-м раз, то, исходя из закона всемирного тяготения, гравитационная сила Марса, действующая на Землю, увеличилась, в этот период, в 49 раз!

Что же при этом происходит? Как известно, гравитационное поле, в отличие от магнитного и электрического, действует на тела и пространство по-особенному. Т.е., при приближении Марса к Земле, ее форма начинает деформироваться – Земля начинает вытягиваться с противоположных сторон по линии, соединяющей центры Земли и Марса и сжиматься в перпендикулярном направлении.

Однако, этому процессу подвержена не только твердая составляющая Земли, но и атмосфера, а также гидросфера (Мировой океан). Причем, атмосфера, являясь менее плотной и более мобильной и чуткой, к внешним воздействиям, средой, начинает реагировать на приближение Марса значительно раньше. Именно поэтому, атмосферные аномалии, выразившиеся в виде тайфунов и ураганов, начали проявляться значительно раньше, еще в июле 2003 года. Гравитационное поле Марса нарушило существующий баланс атмосферной циркуляции.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Более того, если бы мы смогли увидеть атмосферу Земли из космоса, то можно было бы заметить, как деформирована ее форма под действием поля гравитации Марса.

Земная кора является твердой средой, и процессы, протекающие в ней, более инертны. Гравитационное поле Марса привело к перераспределению энергии в земной коре и нарушило геодинамический баланс, добавив в общую «энергетическую копилку» и свою немалую долю. Это вывело из состояния равновесия очаги землетрясений, напряжения в которых находились на критическом уровне.

Таким образом, проведя предварительные общие оценки возможности влияния гравитационного поля планет Солнечной системы, на примере Луны и Марса, на климатические и геодинамические процессы, мы приходим к следующим выводам:

Наибольшее влияние на формирование атмосферного и геодинамического режима планеты, оказывает воздействие гравитационного поля Луны. В то же время, гравитационное взаимодействие Земли и Луны представляет собой, с точки зрения энергообмена, единую систему, формирующую естественные ритмы климатических и геодинамических процессов. Взаимное влияние, как Земли на Луну, так и обратный процесс, необходимо рассматривать, как часть естественного сосуществования двух элементов единой системы. Поэтому, взаимные деформации Земли и Луны, под действием приливных сил, вызывающие цикличность атмосферных и сейсмических процессов, так же естественны, как и смена дня и ночи или времен года.

Как показали расчеты, с точки зрения мгновенного выделения энергии, приближение Марса не является столь выдающимся событием. Но если учесть, что эта часть гравитационной энергии привносила в общую энергетику Земли в течение нескольких месяцев (период приближения и удаления Марса), то привнесенная часть энергии значительно возрастет и превысит энергию, привносимую Луной во время приливов. Т.е. если лунные приливы не вносят дополнительную энергию в систему Земля-Луна, то марсианский прилив, длищийся несколько месяцев, привносит в систему Земля-Луна дополнительную порцию значительной энергии.

Этот процесс можно рассматривать, как своеобразную «накачку» атмосферы и твердой Земли гравитационной энергией, привнесенной Марсом, что может стать причиной нарушения сложившегося энергетического баланса системы Солнце – Земля – Луна, в первую

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

очередь, нарушение циркуляции в атмосфере Земли, которое, в свою очередь, вызывает нарушение хода естественных геодинамических процессов. Именно этим можно объяснить тот факт, что атмосферные процессы начинают реагировать на приближение Марса раньше, после чего начинаются геологические катаклизмы.

В принципе, гравитационное взаимодействие Марса с Землей в периоды великих противостояний, также, как и других планет, представляют собой один из элементов функционирования Солнечной системы. Эти процессы происходят с определенной периодичностью, но с большим периодом, по сравнению с длительностью человеческой жизни, в связи с чем, они психологически воспринимаются, как артефакты. Если бы лунные приливы в океане, происходили с периодичностью 50 или 100 лет, то они воспринимались бы как глобальные природные катаклизмы, при которых затапливаются колоссальные площади суши. Но, океанские приливы никого не пугают, а воспринимаются, как естественный элемент бытия.

Поэтому, при рассмотрении природных катастроф, немалое значение имеет фактор чисто психологического восприятия того или иного природного явления, по отношению к жизнедеятельности людей.

Так, например, если процесс затопления территории растянут во времени, по сравнению с длительностью человеческой жизни, то он не будет восприниматься в качестве природного катаклизма, несмотря на то, что его масштабы, могут быть значительно больше, чем при быстром затоплении. В то же время, с геологической точки зрения, процесс длительного, но более масштабного затопления, может быть рассмотрен, в качестве, глобальной природной катастрофы.

Необычные гравитационные эффекты и новые подходы к краткосрочному прогнозированию землетрясений

Проблема выяснения причин вариаций гравитационной постоянной G , наблюдаемых многими учеными мира, очень важна не только для фундаментальной физики и астрофизики, но также и для геофизики.

Один из основных разделов монографии посвящен экспериментальному изучению причин изменений гравитационной постоянной G и ее возможной связи с геодинамическими процессами. С этой целью был создан новый инструмент – детектор ATROPATENA, который непрерывно регистрирует значения G одновременно в двух взаимно пер-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

пендикулярных направлениях и относительные изменения во времени силы тяжести Δg .

Так, результаты интерпретации записей детектора ATROPATENA привели авторов к следующим выводам:

1. Достоверно зарегистрированы аномальные изменения во времени измеренных значений гравитационной постоянной G , отличающиеся друг от друга, в зависимости от ориентации весов Кавендиша.
2. Установлено, что зарегистрированные ранее разными учеными вариации измеренных значений G связаны, в основном, с влиянием на показания весов Кавендиша внешних гравитационных полей геологического происхождения;
3. Создан новый инструмент – детектор ATROPATENA, который позволяет непрерывно регистрировать изменения во времени вариаций G в разных направлениях одновременно с вариациями ускорений силы тяжести Δg , что дает возможность доступа к новому источнику физической информации о геологических и космических процессах.
4. Детектор ATROPATENA зарегистрировал одновременно разные по знаку и амплитуде временные вариации гравитационной постоянной G в двух взаимно перпендикулярных направлениях и вариации силы тяжести Δg перед сильными далекими землетрясениями в 93% случаев, что дает основание для создания, в перспективе, новой технологии прогнозирования сильных землетрясений.

Глобальные климатические изменения и геодинамические процессы

В последние годы большое внимание уделяется проблеме глобальных климатических изменений. Специальные экспертные структуры ООН пришли к выводу, что основной причиной глобальных изменений климата в течение последних двух столетий является техногенная деятельность человека. Но только ли в этом причина глобального потепления на самом деле?

При написании настоящего раздела мы, ни в коей мере, не ставили задачу вступления в полемику с экспертными структурами ООН относительно сделанных ими выводов. Нашей целью, всего лишь, является попытка показать, что на фоне действительно пагубного влияния техногенной деятельности человечества на природную среду и, в

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

частности, на глобальные климатические изменения, нельзя умалять роль эндогенных геологических процессов, которые также оказывают существенное влияние на климатические изменения в общепланетарном масштабе. Резюмируя многолетние исследования по изучению пространственно-временных закономерностей вулканической и сейсмической активностей Земли, нам трудно избавиться от впечатления, что наблюдаемые в настоящее время глобальные климатические изменения, в частности, глобальное потепление, в большей степени обязано повышению активности магматических вулканов поясов сжатия Земли, сохраняющих эту тенденцию в течение последних 200 лет.

Нами использовались материалы, приведенные в последнем отчете (2007) Межправительственной комиссии по изменению климата (IPCC).

Однако, главное влияние на климат, по мнению IPCC, человечество оказывает увеличением не столько выбросов аэрозолей, сколько парниковых газов: CO_2 , CH_4 , NO_2 и фреонов. Детальные наблюдения за концентрацией CO_2 в атмосфере ведутся уже многие годы на обсерватории Мауна-Лоа (Гавайские о-ва) и на Южном полюсе. Современная концентрация метана в атмосфере равна 1,7 ppm — и в 2,5 раза больше максимума, выявленного по керну из района станции Восток (IPCC, 2007).

В то же время, известно, что CO_2 вместе с другими газами выделяется в огромных количествах при извержениях магматических вулканов. Для выяснения степени возможного влияния цикличности в извержениях вулканов на глобальное потепление климата, нами были составлены графики среднего изменения температур на Земле и среднего числа извержений магматических вулканов поясов сжатия Земли с 1850 по 2000 годы.

Как отмечалось в предыдущих разделах, около 90% доли энергии и выбросов в атмосферу высвобождается при извержениях магматических вулканов типа С.

Сравнение графиков показало высокое сходство характеров изменений во времени, как среднегодовой температуры, так и вулканической активности. Оба графика можно условно разделить на три этапа: 1850-1915 гг.; 1916-1965 гг.; 1966 – 2000 гг. Каждый этап характеризуется резким повышением, как температуры, так и вулканической активности - в 1915 году и в 1965 годах. Примечательно, что на первом

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

этапе на обоих графиках выделяется три цикла активизации, на втором этапе - два цикла, на третьем этапе также два неполных цикла.

Наиболее интересным фактом является запаздывание циклов повышения температуры по отношению к циклам увеличения вулканической активности. В предыдущих разделах мы детально останавливались на обосновании причин запаздывания циклическостей одних процессов относительно других. В основе этого запаздывания лежит причинно-следственная связь между этими двумя процессами. Напомним, что в процессе исследования причины запаздывания вулканической активности по отношению к солнечной, мы также использовали принцип причинно-следственной связи. Именно повышение солнечной активности является причиной повышения вулканической активности, которое является следствием, но никак ни наоборот.

Этот же принцип нами используется при исследовании причинно-следственной связи изменений числа извержений вулканов, которые являются причиной и изменений температуры Земли, которые являются следствием.

Рассмотрим механизм причинно-следственной связи вулканической активности и изменения температуры на Земле. Повышение числа извержений вулканов приводит к увеличению поступления в атмосферу вулканических газов, в частности CO_2 , способствующих усилиению парникового эффекта и, как следствие, приводящих к повышению температуры атмосферы. С 1860 года по 2000 год число извержений вулканов увеличилось на 80%.

Судя по графикам, увеличение числа извержений вулканов, в среднем, на 5 извержений в год, соответствует увеличению температуры на $0,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Высокое сходство графиков глобальных изменений температуры на нашей планете и вулканической активности Земли имеют логическое обоснование с точки зрения физических аспектов. Увеличение практически вдвое среднегодового числа извержений вулканов должно привести к увеличению вдвое поступающих в атмосферу газов при извержениях вулканов и, прежде всего CO_2 , которому отводится ведущая роль в формировании парникового эффекта и повышении среднегодовой температуры на Земле.

На основе установленных корреляционных особенностей и использования выдвигаемого нами принципа причинно-следственной связи различных природных процессов, нами сделана попытка долгосрочного прогноза, как изменения вулканической активности поясов

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

сжатия Земли, так и глобального изменения средней температуры на нашей планете до 2060 года. При построении прогнозной части графика, нами был учтен период запаздывания максимумов среднего повышения температуры Земли по отношению к максимумам вулканической активности, а также соотношения амплитуд циклов повышения средней температуры Земли по отношению к циклам повышенной вулканической активности. Насколько верны наши выкладки и предположения, покажет будущее.

CONCLUSION

Cyclicity is the basic regularity of the overwhelming majority of events of natural processes from micro till macro-world, and we have made the attempt to show it by concrete facts and examples.

How does the Earth interact with other elements of space, and what is the role of these interactions in the development of the Earth and its separate spheres: magnetosphere, atmosphere, hydrosphere and tectonosphere? We tried to consider the main factors of space-terrestrial connections, and first of all, it is a question of solar system. The special role is given to studying and evaluating the degree of influence on geodynamic processes of solar activity, planets of solar system, in particular, the Moon, Mars, Venus, positions of the Earth in its orbit, etc. There have been given the calculations of the gravitational influence of the Mars and the Moon on atmospheric and geodynamic processes, and have been proposed the definite mechanisms of this influence. In the book the leading role in forming of cyclicity of natural processes has been given to gravitational factor, in particular, the influence on geodynamics and geometrical parameters of the Earth of super-long gravitational waves of space origin.

Cyclicity of modern events of volcanism and seismicity

The highly sensitive indicator of increasing the tectonic activity is the earthquakes and volcano eruptions. With the purpose of studying the space-time peculiarities of volcanic and seismic activities, all volcanoes and earthquakes were divided into four geodynamical types: the lines of compression of the Earth ("C" type); oceanic rift ("OR" type); continental rift ("CR" type); oceanic inter-plate ("OI" type). Mud volcanoes were marked out into the independent type ("MV"). During researches of planetary processes of expansion of lithosphere, the types OR and CR were united into one type – expansion lines of the Earth ("E" type).

It is necessary to note that in the process of the carried out detailed analysis of high-frequency components of spectra of time series of volcano eruptions and earthquakes, calculated at different lengths of the filter, the following was turned out:

1. The revealed high-frequency harmonics (with $T \leq 20$ years) are kept less steady at changes the lengths of the filter in comparison

with the revealed and described in the book the low frequency harmonics (with $T \geq 20$ years).

2. The most steady high frequency components of spectra are the harmonics with $T \approx 22\text{-}24$ years and $T \approx 10\text{-}12$ years.
3. During studying the spectra of distribution the volcano eruptions in time, the following was determined:
 - a) High frequency components of volcano eruptions of "C", "E" and "MV" types are similar, and they similar with spectrum of Wolf numbers too, at that the periods of harmonics in different spectra are, on average, no more than 1 year differed;
 - b) Unambiguously in all spectra of volcano eruptions and Wolf numbers was marked out the harmonics with $T=22$ years.
4. Studying of spectra of distribution the amount of earthquakes in time have shown the following:
 - a) In spectra of strong (with $M \geq 7$) and weak (with $M \leq 7$) earthquakes are unambiguously marked out only harmonics with $T \approx 20\text{-}23$ years;
 - b) In spectra of the earthquakes with $M \geq 7$ and Wolf numbers have also been revealed the similar harmonics with $T \approx 10\text{-}11$ years and with $T \approx 8$ years;
 - c) Spectral analysis of time series of weak earthquakes has shown that the earthquakes of CR and OI types have the close character of spectra. These results agree with the revealed regularities in volcano eruptions, especially in low frequency components of spectra (with $T \geq 20$ years);
 - d) Spectra of time series of week earthquakes have the harmonics with periods, typical for the spectrum of solar activity: $T \approx 22\text{-}24$ years, $T \approx 12\text{-}14$ years, $T \approx 10\text{-}12$ years, $T \approx 5$ years.

The carried out researches allow us to say with confidence about influence 11-year and 22-year cycles of solar activity on events of modern tectonic activity of the Earth, the reflection of which are the volcano eruptions and earthquakes.

Influence of solar activity on seismic and volcanic activity

In the monograph, on basis of different correlation methods of researches, has been shown the opportunity of influence of solar activity on geodynamic processes, in particular, on volcanic and seismic activity. It is notable, that if in the periods of high solar activity, the activity of volcanoes

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

and earthquakes of lines of compression of the Earth (in zones of subduction and collision of lithospheric plates) becomes stronger, then in the spheres of the expansion of the Earth (in rift zones) the seismic and volcanic activities are decreased till minimum. This fact is the evidence of ambiguity of the influence of solar activity on geodynamic processes, and it confirms the possibility of periodic change of the radius of the Earth.

The most accurate model of initiation of sun spots was worked out in 2004 by the group of scientists, working under the direction of Doctor Mausumi Dikpati from National Center of Atmosphere Researches of the USA (NCAR).

At the beginning of 2006 the researchers calculated the 24th cycle of solar activity, the peak of which will be in 2012. It is prognosed that the 24th cycle of solar activity will be 1,5 times higher than the previous 23rd.

Meanwhile, we have shown that in 2012 is expected not only the peak of the 24th, especially strong 11-year cycle of solar activity, but also the peak of the 4th 75-85-year cycle. This cycle has been shown in the form of envelope of maximums of 11-year cycles of solar activity. The maximum of one more, larger, admittedly 300-year cycle of solar activity also falls at this period.

So, the maximum of the cycle of high solar activity falls at 2012. Meanwhile, the maximums of the cycles of volcanic and seismic activities of the lines of compression of the Earth fall at 2012-2015, taking into consideration the earlier observed lateness in time of 11-year cycles of volcanic and seismic activities, with respect to them of solar activity. The longer period of maximal values of activity of volcanism and seismicity (4 years), in comparison with solar activity, is explained, on the one hand, by sufficient inertness of geodynamic processes, and on the other hand, by the influence, besides solar activity, a whole series of other factors, both endogenous and space character. There has been made an attempt of long-term prognosis of volcanic and seismic activities of the lines of compression of the Earth till 2020.

Influence of planets of solar system on geodynamic processes

Influence of gravitational fields of the planets of solar system on geodynamic and atmospheric processes of the Earth has been demonstrated by the authors by the example of Mars and the Moon. So, the carried out researches showed that in the period of Favourable Opposition of Mars to the

Earth, which took place on 28 August 2003, was observed the pronounced anomalous high activity of both atmospheric and geological cataclysms. The degree of activity of atmospheric events of power engineering of the planet (typhoons, hurricanes), and geological ones (earthquakes, volcanoes) from July till October 2003 was approximately 2,5-3 times exceeding the background values. Meanwhile, the authors noted that, at first, the atmospheric processes are activated, then, when the decay of the degree of their activity is observed, the activation of geodynamic processes begins.

The approaching of Mars to the Earth is not instantaneous, but gradual process, consequently, the strengthening of its gravitational influence on the Earth takes place gradually. If Mars has 7 times more approached to the Earth, then, based on the law of gravity, the gravity force of Mars, influencing on the Earth, has been 49 times increased in this period!

What is going on during that? As it is known, the gravitational field, in contrast to magnetic and electric ones, influences on the bodies and space in special way. I.e. during approaching the Mars to the Earth, its form begins to be deformed – the Earth begins to stretch from opposite sides in the line, which connects the centers of the Earth and Mars, and to be compressed in perpendicular direction.

However, not only the solid component of the Earth, but also the atmosphere and hydrosphere (World ocean) are subjected to this process. At that, the atmosphere, being less solid and more mobile and sensitive to external influences, medium, it begins to react upon approaching the Mars much earlier. Exactly because of that, the atmospheric anomalies, expressed as typhoon and hurricanes, began to be shown much earlier, in July 2003. The gravitational field of Mars broke the existing balance of atmospheric circulation. Moreover, if we could see the atmosphere of the Earth from space, we would see how its form was deformed under the influence of the field of gravity of Mars.

The Earth's crust is the solid medium, and the processes in it are more inert. Gravitational field of Mars has brought to redistribution of energy in the Earth's crust, and has broken the geodynamic balance, adding its not small part into "the energy money box". It disturbed the equilibrium of the centres of earthquake, the stress of which was in critical level.

So, having carried out the previous overall assessment of possibility of influence of gravitational field of the planets of solar system, by the example of the Moon and Mars, on climatic and geodynamic processes, we have come to the following conclusions:

The influence of gravitational field of the Moon has the greatest impact on forming of atmospheric and geodynamic mode of the planet. At the same time, the gravitational interaction of the Earth and Moon is, from the point of view of energy metabolism, the uniform system, forming the natural rhythms of climatic and geodynamic processes. The cross influence of both the Earth on the Moon, and the inverse process, is necessary to be considered as a part of natural co-existence of two elements of the uniform system. Therefore, mutual deformations of the Earth and Moon, under the influence of tidal forces, causing the cyclicity of atmospheric and seismic processes are as natural as replacement of day and night or seasons of a year.

As the calculations showed, from the point of view of instantaneous extracting of energy, approaching of Mars is not so prominent event. But if to take into consideration, that this part of gravitational energy was produced into the general power engineering of the Earth during several months (period of approaching and moving off of the Mars), then the produced part of the energy will considerably be increased and will exceed the energy, produced by the Moon during flows. I.e. if the Moon flows don't carry in the additional energy into the system "the Earth – the Moon", then the Martian flow, which lasts several months, produces into the system "the Earth – the Moon" the additional portion of considerable energy.

This process can be considered as a peculiar "pumping" of the atmosphere and solid Earth with the gravitational energy, produced by Mars, what can be the reason of imbalance of the system "the Sun – the Earth – the Moon", first of all, circulation loss in the atmosphere of the Earth, which in its turn, causes the violation of the course of natural geodynamic processes. Namely it can explain the fact that atmospheric processes begins to react upon the approaching of Mars before, after that the geological cataclysms begin.

Basically, the gravitational interaction of the Mars with the Earth in the periods of Favourable Oppositions, the same way as of other planets, is one of the elements of functioning of solar system. These processes take place with definite periodicity, but with bigger periodicity in comparison with human lifetime, and in this connection, they are psychologically taken as artifacts. If the Moon flows in the ocean took place with periodicity of 50 or 100 years, then they would be taken as global natural cataclysms, during which the huge areas of land are flooded. But oceanic flows do not scare anyone, they are taken as natural element of existence.

Therefore, at considering the natural catastrophes, the factor of purely psychological perception of one or another natural phenomenon with respect to vital activity of people, is of great importance.

So, for example, if the process of flood of territories were stretched out, in comparison with human lifetime, it wouldn't be taken as natural cataclysm, in spite of the fact that its scales can be considerably more, than at quick flood. At the same time, from geological point of view, the process of long, but more scaled flood, can be considered as a global natural catastrophe.

Unusual gravitational effects and new approaches to short-term prognosis of earthquakes

The problem of elucidating the reasons of variations of gravitational constant G , which is observed by many scientists of the world is very important not only for fundamental physics and astrophysics, but for geophysics too.

One of the main parts of the monograph has been devoted to experimental studying of reasons of changes of gravitational constant G and its possible connection with geodynamic processes. With this purpose was created a new instrument – detector ATROPATENA, which uninterruptedly registers values of G simultaneously in two mutually perpendicular directions and fractional variations in time of gravity Δ_g .

So, the results of interpretation of recordings of the detector ATROPATENA have brought the authors to the following conclusions:

1. Have been authentically registered the anomalous changes in time of the measured values of gravitational constant G , which differ from each other depending on orientation of Cavendish balance.
2. It has been determined that the variations of the measured values of G , registered by different scientists earlier, are connected, mainly, with influence of external gravitational fields of geological origin on indications of Cavendish balance.
3. Has been created a new instrument – detector ATROPATENA, which allows uninterruptedly registering the changes in time of variations of G in different directions together with the variations of acceleration of gravity Δg , that gives the opportunity of access

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

to a new source of physical information about geological and cosmic processes.

4. Detector ATROPATENA has registered time variations of gravitational constant G , which are simultaneously different in sign and amplitude, in two mutually perpendicular directions and variations of gravity Δg before strong distanced earthquakes in 93% of cases, what gives the grounds for creation a new technology of prognosis the strong earthquakes in prospect.

Global climatic fluctuations and geodynamic processes

In later years the great attention is given to the problem of global climate fluctuations. Special expert structures of UNO have come to the conclusion, that the main reason of global fluctuations of the climate during last two centuries is the man-caused activity of the man. But is it the only reason of the global warming in fact?

Writing this part, we, in no way, set the task to enter into polemics with the expert structures of UNO regarding the conclusions made by them. Our goal is only to show that, against the background of really negative pernicious influence of the man-caused activity of humanity on the natural environment, in particular, on global climatic changes, the role of the endogenous geological processes which also essentially influence on the climate fluctuations in planetary scale, cannot be minimized. Summarizing the long term researches on studying the space-time regularities of volcanic and seismic activity of the Earth, it is very hard for us to get rid of the impression that the global climate fluctuations, observed now, in particular, the global warming, to a greater extent, arise on the background of the activity of volcanoes of the lines of compression of the Earth, keeping this tendency during last 200 years.

We used the materials, given in the last report (2007) of the Intergovernmental commission on the climate fluctuations (IPCC).

However, according to the opinion of IPCC, the humanity influences on the climate by the increasing not so much the emissions of aerosols, as of greenhouse gases: CO_2 , CH_4 , NO_2 and freons. The detailed observations of the concentration of CO_2 in the atmosphere during long years are carried out in the observatory of Mauna-Loa (Hawaii islands) and in the South Pole. The modern concentration of methane in the atmosphere is equal to 1.7 ppm

and 2.5 times more than the maximum, revealed to the core from the region of Vostok station (IPCC, 2007).

At the same time, it is known that CO₂ together with other gases is escaped in large quantities during volcano eruptions.

For elucidating the degree of the possible influence of the cyclicity in volcano eruptions on the global warming of the climate, we compared the graphs of the average fluctuation of the temperature on the Earth and the average number of volcano eruptions of the compression lines of the Earth from 1850 to 2000.

As it was noted in previous parts, about 90 % part of energy and emission into atmosphere are released during volcano eruptions of C type.

The comparison of the graphs showed the high similarity of characters of changes in time both the annual temperature, and volcanic activity. Both graphs can be symbolically divided into three periods: 1850-1915, 1916-1965, 1966-2000. Each period is characterized by sharp increase of both temperature and volcanic activity in 1915 and 1965. It is notable that, in the first period in the both graphs three cycles of activation are distinguished, in the second period –two cycles, in the third period - also two incomplete cycles.

A more interesting fact is the delay of the cycles of the increase of temperature regarding the cycles of the increase of volcanic activity. In the previous parts we dwelled on basing the reasons of delay of the cyclic of some processes towards others. At the heart of this delay there is cause-effect relation between these two processes. We remind that in the process of researching the reasons of delay of volcanic activity relative the solar one, we also used the principle of cause-effect relation. Namely increasing of solar activity is the reason of increasing of volcanic activity, which is the effect, but in no way vice versa.

We use the same principle during researching the cause-effect relations of changes of the number of volcano eruptions, which are the reason of changes of the temperature of the Earth, which is the effect.

Let's consider the mechanism of the cause-effect relation of the volcanic activity and fluctuation of the temperature on the Earth. The increase of the amount of volcano eruptions brings to the increase of coming of the volcanic gases into the atmosphere, in particular, CO₂ promoting the strengthening of the greenhouse effect, and as a result of it, bringing to increasing of the temperature of atmosphere. From 1860 to 2000 the amount of volcano eruptions has been 80% increased.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

According to the graphs, the increase of on average 5 eruptions a year of the amount of volcano eruptions, corresponds to $0,4^{\circ}\text{C}$ increase of the temperature. The high similarity of the graphs of the global changes of the temperature on our planet and volcanic activity of the Earth has the logic basis from the point of view of physical aspects. Almost double increase of the annual number of volcano eruptions, must bring to the double increase of the gas, coming to the atmosphere during volcano eruptions, and first of all CO_2 , which has the leading role in the formation of the greenhouse effect and increasing of the annual temperature on the Earth.

On basis of the determined correlation specifics and usage of the put forward by us principle of cause-effect relation in various natural processes, we made an attempt of long term prognosis of both fluctuation of the volcanic activity of the lines of Earth compression and global fluctuation of the average temperature in our planet till 2060. During drawing up the prognosis part of the graph, we took into account the period of delay of the maximums of the average increase of temperature of the Earth in relation to maximums of the volcanic activity, as well as correlation of amplitudes of the cycles of the increase of the average temperature of the Earth in relation to the cycles of the high volcanic activity. The future will show how correct our computations and suppositions are.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

ЛИТЕРАТУРА

1. Абакелия М.С. Об изменениях силы тяжести во времени в связи с геотектоническими движениями на Кавказе. – Проблемы советской геологии, т.6, № 2, 1936, с.117-122.
2. Абдурахманов А.И., Фирстов Л.П., Широков В.А. Возможная связь вулканических извержений с одиннадцатилетней цикличностью солнечной активности. В кн.: Бюллетень вулканических станций, М., 1976, № 52, с.3-10.
3. Авсюк Ю.Н. Глобальные изменения среды и климата в сопоставлении с приливной моделью эволюции системы Земля- Луна // Геофизика на рубеже веков. М., 1999. С.93-106.
4. Авсюк Ю.Н. Внеземные факторы, воздействующие на тектогенез// Фундаментальные проблемы общей тектоники. М., Научный мир, 2001, с.425-443.
5. Афанасьев А.Н. Колебания гидрометеорологического режима на территории СССР. М., Наука, 1967, 231 с.
6. Адушкин В.В., Витязев А.В. Происхождение и развитие Земли: современный взгляд// Вест. РАН, 2007 , №5, с.396-402.
7. Амирханов Х.И., Сардаров С.С. Способ прогнозирования землетрясений. А.С. №499543. 15.01.76, Бюллетень № 2
8. Антонов Ю.В., Слюсарев С.В., Чирков В.Н. Возможные причины временных изменений вертикального градиента силы тяжести. Геофизика, 2000, №4, 45-51.
9. Адушкин В.В., Гаврилов Б.Г., Горелый К.И. Геофизические эффекты солнечного затмения 29 марта 2006 г., Доклады Академии Наук, 2007, т.417, №4, с. 535-540
10. Акуленко Л.Д., Кумакшев С.А., Марков Ю.Г., Движение полюса Земли, Доклады Академии Наук, 2002, т.382, №2, с. 199-205
11. Артюшков Е.В. Геодинамика. М.: Наука, 1979, 327 с.
12. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Циклическая динамика в природе и обществе., М.: Научный мир, т.2, 1998, 429 с.
13. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М., Мир, 1976, 755 с.
14. Афанасьева В.И., Калинин Ю.Д., Могилевский Э.И. Изменения от дня ко дню скорости суточного вращения Земли и возмож-

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

- ные причины этих изменений. – Геомагнетизм и аэрономия. т. 5, 1965, с.1098-1099.
15. Афанасьев С.Л. Взрывы Галактики // Создание и физическая реальность, 1997, Т.2, № 1, с.41-52.
 16. Афанасьев С.Л. Классификация циклов геологических процессов // Математические методы в геологии и горном деле. М.:Ж 1978. С. 133-171 (Тр. ВЗПИ, № 112)
 17. Ананьев И.В., Фаддеев А.О. О возможных причинах корреляций между изменениями величин сейсмической активности и средними годовыми температурами на поверхности Земли. В кн. Атлас Временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Том 3. М., Янус-К, 2002, с.222-224.
 18. Авсюк Ю.Н. Внеземные факторы, воздействующие на тектогенез. Фундаментальные проблемы общей тектоники. М.: Научный мир. 2001, с.425-443.
 19. Афанасьев С.Л. Природные циклы. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.88-94.
 20. Аплонов С.В. Геодинамика раннемезозойского Обского палеоокеана. М.:Ж Ин-т океанологии, 1987. 97 с.
 21. Баландин Р. Пульс земных стихий. М.: Мысль, 1975.
 22. Байдал М.Х. Предстоящие вековые и внутривековые условия солнечной активности, Труды КазНИГМИ, вып.44, 1972
 23. Барсуков О.М., Шаманин С.В.Сезонные изменения сейсмичности и скорости вращения Земли, Доклады Ак. Наук, 2001, т.379, № 1, с. 99-100.
 24. Балашов Ю.А., Виноградов А.Н., Митрофанов Ф.П. Изотопно-геохимические и петрологические данные о формировании и преобразовании протокоры// Ранняя кора: Ее состав и возраст. М.: Наука, 1991, с. 102-112.
 25. Баркин Ю.В. Объяснение эндогенной активности планет и спутников и их цикличность. Изв.секц. Наук о Земле РАН, 2002, № 5, с.45-97.
 26. Барсуков В.Л., Урусов В.С. Фазовые превращения в переходной зоне и нижней мантии и возможные изменения радиуса Земли. В кн. Проблемы расширения и пульсации Земли. М.: Наука, 1984, с.34-36.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

27. Бенькова Н.П., Могилевский Э.И. Эволюционные и импульсные изменения главного геомагнитного поля, вращения Земли и солнечная активность. *Phys. Solariterr.*, Potsdam, № 3б, 1976, с.3-12.
28. Берке У. Пространство-время, геометрия, космология: Пер.с англ./Берке У.; Ред.Д.В.Гальцов-М.: Мир, 1985, 416 с.
29. Бильде Ю.А. Оценка неравномерности вращения Земли, вызванной магнитными возмущениями Солнца. Астрономия и астрофизика. Киев: вып.28, 1976, с.14-21.
30. Бронштэн В.А. Как движется луна? М.: Наука, 1990, 205 с.
31. Болт Б. Землетрясения. М.: Мир, 1981.
32. Божко Н.А., Баркин Ю.В. Суперконтинентальная цикличность и ее возможные механизмы // Ломоносовские чтения 2002 года. М.: МГУ, 2002. С. 4-6.
33. Буланже Ю.Д. Некоторые результаты изучения неприливных изменений силы тяжести. *Докл. АН СССР*, 1981, т.256, № 6, с.1330-1331.
34. Буланже Ю.Д. Неприливные изменения силы тяжести. В кн.: Повторные гравиметрические измерения. Вопросы теории, результаты: Сб. науч. М.: ВНИИ Геофизика, 1980, с.4-21.
35. Буланже Ю.Д. По поводу неприливных изменений силы тяжести. *Изв. АН СССР*, № 3, 1983.
36. Буланже Ю.Д. Некоторые результаты изучения неприливных изменений силы тяжести. В кн. Проблемы расширения и пульсации Земли. М.: Наука, 1984, с.73-84.
37. Быковский О.А. Проблемы современной физики. Алма-Ата: Гылым, 1995, 128 с.
38. Быков, В. Г. Деформационные волны Земли: концепция, наблюдения и модели / Геология и геофизика/ Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2005г. т.46, N 11, с.1176-1190.
39. Быков В.Г. Волны активизации разломов земной коры // Тихоокеан. геология. 2000. Т.19, № 1. С.104-108.
40. Быков В.Г. Модель инициирования сейсмической подвижки в неоднородном разломе земной коры // Тихоокеан. геология. 2000. Т.19, № 5. С.105-110.
41. Быков В.Г. Деформационные волны Земли: концепция, наблюдения и модели // Геология и геофизика, 2005, т. 46, N11, с. 1176-1190.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

42. Булатова Н.П. Широтное распределение сейсмичности Земли в зависимости от положения Солнца и Луны. Вулканология и сейсмология. 2005, № 2, с.57-78.
43. Брагинский С.И. Возникновение 65-летнего колебания в Земном ядре. Физика Земли, 1987, № 9, с.64-67.
44. Берри Б.Л., Кузнецов О.Л., Баренбаум А.А. Циклы: Состояние и проблемы исследований. Вестн. Моск. Ун-та. Сер.5. География. 1992, №1, с.17-24.
45. Башкиров А.Г., Витязев А.В. Крупномасштабная периодичность структуры Вселенной. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.55-56.
46. Баркин Ю.В. Объяснение эндогенной активности планет и спутников и их цикличность. Изв. Секц. Наук о Земле, РАН, 2002, №5., с.45-97.
47. Берри Б.Л., Кузнецов О.Л., Баренбаум А.А. Циклы: состояние и проблемы исследований. Вестн. Моск. Ун-та. Сер.5. География. 1992. №1. с. 17-25.
48. Биргер Б.И., Ковтуненко С.М. Напряжения и деформации в литосфере, вызванные термоконвективными колебаниями Земли. Физика Земли. №3, 1984. с.3-20.
49. Валяев Б.И., Телепин М.А., Бережная Е.А., Вахтангашвили Е.Х и др. Корреляция грязевулканической деятельности с солнечной активностью (на примере вулкана Ахтала). Доклады АН СССР, 1980, т. 255, № 5, с. 1204-1207.
50. Витинский Ю.И. Прогнозы солнечной активности М. – Л., 1963.
51. Витинский Ю.И. Циклы солнечной активности., М., Знание, 1972, 40 с.
52. Витинский Ю.И. Цикличность и прогнозы солнечной активности., Л.: Наука, 1973, 458 с.
53. Витинский Ю.И. Солнечная активность. М.: Наука, 1983.
54. Витязев А.В., Печерникова Т.В. Ранняя дифференциация Земли и проблема Лунного состава // Физика Земли, 1996, №6, с.3-16.
55. Володичев Н.Н., Подорольский А.Н., Левин Б.В., Подорольский Вл. А. Корреляция появления крупных серий землетрясений со временем фаз новолуния и полнолуния. Вулканология и сейсмология, 2001, №1, с. 60-67.
56. Владавец В.И. Вулканы Земли. М., Наука, 1973, 169 с.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

57. Влодавец В.И. Вулканическая деятельность в цифрах и некоторые выводы. В кн.: Геодинамика, магмообразование и вулканализм. Петропавловск-Камчатский: Наука, 1974, с. 134-145.
58. Влодавец В.И. Вулканическая деятельность на Земле в историческое время. В кн.: Современный вулканализм.
59. Гамбурцев А.Г., Гамбурцева Н.Г. Извержения вулканов. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.140-142.
60. Гамбурцев А.Г., Кондорская Н.В., Олейник О.В. и др. Ритмы в сейсмичности Земли. Физика Земли, 2004, № 5, с. 95-107.
61. Гарагаш И.А. Фазовые переходы как возможный источник колебательных движений литосфера.- Доклад АН СССР, 1984, т.279, № 5, с.1069-1073.
62. Гаджиев Я.А., Дадашев Р.М., Сапунов А.Г. Периодичность извержений грязевых вулканов и солнечная активность. Доклады АН Аерб. ССР, 1985, т. 12, № 11, с. 38-42.
63. Гневышев М.Н. Введение в сб.: «Влияние солнечной активности на атмосферу и, биосферу Земли», М., 1971
64. Гивишили Г.В., Лещенко Л.Н. Ритмы в ионосфере и верхней мантии Земли. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.292 – 296.
65. Гинзбург В.Л. Как устроена Вселенная и как она развивается во времени.- М.: Знание, 1968, 62 с.
66. Гончаров М.А. От тектоники литосферных плит к геодинамике иерархически соподчиненных геосфер. Отеч. геология, 1999, № 3, с.10-14.
67. Гончаров М.А. западная и северная компоненты дрейфа континентов как результат вынужденной конвекции в мантии по правилу «буравчика». Мат. Сов. «Тектоника и геофизика литосферы». Том.1 М, Геос, 2002, с. 128-131.
68. Горьковый Н.Н., Дмитроца А.И., Левицкий Л.С. и др. Годовой период в сейсмичности Земли. Зависимость от магнитуды и глубины. Физика Земли. 2000. № 5, с.28-36.
69. Горелик И. Гравитационная постоянная. Массы Земли, Луны, Солнца. От 10 июля 1998 г. <http://webcenter.ru/~igorelic/gru.html>

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

70. Горелик Г.Е. Космология Дирака в историко-методологическом контексте (к статье Х.Крага). В кн. Поль Дирак и физика XX века. М.: Наука, 1990, с.92 – 94.
71. Гущенко Н.И. Цикличность извержений. Вулканология и сейсмология, 1985, № 2, с. 27-48.
72. Гущенко Н.И. Закономерности размещения центров вулканической активности по земному шару. Вулканология и сейсмология, 1983, № 6, с.10-29.
73. Гущенко И.И. Извержения вулканов мира. Каталог. М.: Наука, 1979.
74. Глуховский М.З. Геологическая эволюция фундамента древних платформ (Нуклеарная концепция). М.: Наука, 1990, 212 с.
75. Даглас Д.Х., Брагинский В.Б. В кн. Общая теория относительности, М.: Мир, 1983.
76. Деч В.Н., Кноринг Л.Д. Методы изучения периодических явлений в геологии. Л.: Недра, 1985.
77. Дирак П.А. М. Космологические постоянные. В кн. Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979.
78. Добровольский И.П. Гравитационные предвестники тектонического землетрясения. Физика Земли, 2005, №4, с.23-28.
79. Долгих Г.И., Кунцов А.В., Ларионов И.А., Марапулец Ю.В., Швец В.А., Шевцов Б.М., Широков О.П., Чупин В.А., Яковенко С.В. Деформационные и акустические предвестники землетрясений. Доклады РАН, 2007, т.414, № 1, с.96-100.
80. Дубровский В.А. Тектонические волны. – Изв. АН СССР. Физика Земли, 1985, № 1, с. 29-34.
81. Джалилов Н.С., Ораевский В.Н. К теории 11-летнего цикла солнечной активности. Известия Академии Наук. Серия физическая. 2000, т.64, №9, с.1793 – 1798.
82. Добрецов Н.Л. Мантийные суперплюмы как причина главной геологической периодичности и глобальных перестроек // Докл. РАН. 1997. Т. 357. № 6. С. 777-780.
83. Дэвис П. Случайная Вселенная. - М.: Мир, 1985.
84. Евсеева Л.С. Многолетние колебания атмосферной циркуляции. В кн. Атлас Временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Том 3. М., Янус-К, 2002, с.334-338.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

85. Елькин А.И. Механизм влияния лунно-солнечных приливов и возникновения землетрясений и цунами. М., Московский инж. Стройт. Инст., 13 с.
86. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука, 1973.
87. Жариков В.А. Проблема гранитообразования// Вестн. МГУ, сер. 4, геология, 1987, № 6, с. 3-14.
88. Жаров В.Е., Пасынок С.Л. Вращение Земли. Земля и Вселенная. №4, 2004, с.28-38.
89. Жамаледдинов А.А., Митрофанов Ф.П., Токарев А.Д., Шевцов А.Н. Влияние лунно-солнечных приливных деформаций на электропроводность и флюидный режим земной коры. Докл. РАН. 2000. Т.371. №2, с.235-239.
90. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Строение и эволюция Вселенной. М.: Наука, 1975.
91. Зельдович Я.Б., и др. Пер. с англ. Крупномасштабная структура Вселенной, М.: Мир, 1981, 515 с.
92. Зельдович Я.Б. Вселенная. – Квант, № 3, 1984, с.2.
93. Зельдович Я.Б. Почему расширяется Вселенная. – Природа, № 2, 1985
94. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Теория тяготения и эволюция звезд. М.: Наука, 1971.
95. Зельдович Я.Б. Современная космология. – Природа, 1983.
96. Земцов А.Н., Тронь А.А. Статистический анализ каталогов извержений вулканов мира, ДАН СССР, 1985, т.285, № 3, с. 582 – 585.
97. Зубков С.И. Предвестники землетрясений. М.: ОИФЗ РАН.202. 140 с.
98. Зобин В.М. Динамика очага вулканических землетрясений. М., Наука, 1979, 92 с.
99. Иванов-Холодный Г.С. Солнечная активность и геофизические процессы. Земля и Вселенная. 2000, №1, с.30-36.
100. Измайлов В.П., Карагиоз О.В., Кузнецов В.А., Мельников В.Н., Росляков А.Е. Временные и пространственные вариации измеряемых значений гравитационной постоянной. Измерительная техника, № 10, 1993, с 3-5.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

101. Измайлов В.П., Карагиоз О.В., Пархомов А.Г. Исследования вариаций результатов измерений гравитационной постоянной. *Физическая мысль России*. № 12, 1999, с.20-26.
102. Ишков В.Н., Шибаев И.Г. Циклы солнечной активности: общие характеристики и современные границы прогнозирования, *Известия РАН Серия Физическая*, 2000, т.70, № 10 , с.1439-1442
103. Ишков В.Н., Шибаев И.Г. Циклы солнечной активности: общие характеристики и современные границы прогнозирования, *Известия РАН Серия физическая*, 2006, том. 70, № 10, с. 1439-1442.
104. Йордан П. Геофизические следствия гипотезы Дирака. В кн. *Гравитация и топология*. М.: Мир, 1966, с.292 – 301.
105. Калинин М.И., Мельников В.Н. Возможные временные изменения фундаментальных «констант». В кн. *Проблемы теории гравитации и элементарных частиц*. Вып.6., М.: Атомиздат, 1975, с.70 – 82.
106. Калинин Ю.Д. Солнечная обусловленность изменения длины суток и сейсмической активности. Красноярск: Инст. Физ. СО АН ССР, 1974, 23 с.
107. Карус Е.В., Кузнецов О.Л. Прогноз землетрясений. Серия: *Физика Земли*, т.6., М.: 1980, 182 с.
108. Карагиоз О.В., Измайлов В.П. Гравитационная постоянная G. Мировой Центр Данных по физике твердой Земли. М.: Россия. <http://zeus.wdcb.ru/wdcb/sep/GravConst/welcome.html>
109. Карагиоз О.В., Измайлов В.П., Кузнецов А.И. Методика и результаты исследований путей повышения точности гравитационной постоянной Кавендиша. *Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка*, № 2, 1992, с.91-101.
110. Карагиоз О.В., Измайлов В.П., Силин А.А., Духовской Е.А. В кн. *Всемирное тяготение и теории пространства и времени*. М.: Издательство УДН, 1987, с.102-126.
111. Карагиоз О.В., Измайлов В.П. Измерение гравитационной постоянной крутильными весами. *Измерительная техника. Исследование вариаций результатов измерений гравитационной постоянной*. № 10, 1996, с.3-9.
112. Кендал М. Дж., Стюарт А. *Многомерный статический анализ и временные ряды*. М.: Наука, 1976, 736 с.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

113. Копаев А.В. Аномалии гравиметрических приливов, Доклады Академии Наук, 2000, т. 372, № 1, с. 104-107
114. Киселев В.М. Неравномерность суточного вращения Земли. Новосибирск: Наука, 1980, 160 с.
115. Кирилова И.В. О периодичности разрушительных землетрясений Кавказа и Турции. Доклады АН ССР, 1957, т.115, № 4.
116. Ковалевский И.В. Энергетические аспекты солнечно-земных связей. – В кн.: Результаты исследований по международным геофизическим проектам. – М.: Наука, 1976, 52 с.
117. Кондорская Н.В., Олейник О.В., Гамбурцев А.Г., Хромецкая Е.А. Ритмы по сейсмологическим данным. Вулканология и сейсмология. 2005, №6, с.68-80.
118. Кондорская Н.В., Олейник О.В., Гамбурцев А.Г., Хромецкая Е.А. Ритмы по сейсмологическим данным. В кн. Атлас Временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Том 3. М., Янус-К, 2002, с.198-207.
119. Колебания уровня морей и океанов за 15 000 лет. М., Наука, 1982, 230 с.
120. Короновский Н.В., Копаев А.В., Герасимов И.А., Киквадзе Г.М. О возможных пределах изменения среднего радиуса Земли в геологическом прошлом. Геотектоника, 2003, №5, с.89-94.
121. Клушин Н.Г. Абрамович Н.Н. Интенсивность и экстенсивность вулканизма островных дуг как функция динамического режима субдукции и реологических свойств мантии. В кн.: Геофизика. Геология и катастрофические природные явления. Геология континентальных окраин. М.: Наука, 1980, с.141-147.
122. Краг Х. Поль Дирак и космологическая теория. В кн. Поль Дирак и физика XX века. М.: Наука, 1990, с.78-91.
123. Крамаровский Я.М., Чечев В.П. Постоянны ли физические константы. М.: Природа, № 5, 1972, с.46-51.
124. Кропоткин П.Н. Возможная роль космических факторов в геотектонике. Геотектоника, 1978, № 6.
125. Кропоткин П.Н. Пульсационная геотектоническая гипотеза В.А.Обручева и мобилизм. В кн. Проблемы расширения и пульсации Земли. М.: Наука, 1984, с.24-33.
126. Кропоткин П.Н. Проблемы геодинамики. В кн.: Тектоника в исследованиях Геологического института АН СССР. М.: Наука, 1980, с.176-247.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

127. Кропоткин П.Н. Трапезников Ю.А. Вариации угловой скорости вращения Земли, колебаний полюса и скорости дрейфа геомагнитного поля и их возможная связь с геотектоническими процессами. Изв. АН СССР, Сер. Геол., №14, 1963, с.32-50.
128. Кропоткин П.Н., Ефремов В.Н. Изменения радиуса Земли в геологическом прошлом. Геотектоника. 1992, №4, с.3-14.
129. Кролевец А.Н. Иерархическая модель активной геофизической среды. Вулканология и сейсмология. 2003, №6, с.71.80.
130. Кусков О.Л., Хитаров Н.И. Термодинамика и геохимия ядра и мантии Земли. М.: Наука, 1982, 279 с.
131. Левин Б.В., Сасорова Е.В. Сейсмоволновой низкочастотный предвестник подготовки землетрясения. Вулканология и сейсмология. № 4-5, 1994, с 128-133.
132. Левин Б.В. Ядро Земли – дирижер сейсмической активности? Земля и Вселенная. 2001, №3, с.12-19.
133. Линьков Е.М., Петрова Л.Н. Длиннопериодные волны на записях магнетронного сейсмографа / Л.: Изд-во ЛГУ. Вопросы геофизики. Вып.25.1975. С.230-233.
134. Линьков Е.М., Петрова Л.Н. Опыт регистрации длиннопериодных колебаний с помощью магнетронного сейсмографа / Исследование длиннопериодных сейсмических волн. Под ред. Е.Ф. Саваренского. Минск. 1976. С.51-57.
135. Линьков Е.М., Петрова Л.Н., Савина Н.Г. Яновская Т.Б. Сверхдлиннопериодные колебания Земли // ДАН СССР. Наука. Т.262, №2. 1982. С. 321-324.
136. Линьков Е.М., Петрова Л.Н., Дунаев А.В. Наблюдения длиннопериодных колебаний Земли горизонтальным сейсмографом на антиаклонной платформе / М.: Наука. Сейсмические приборы. Вып.20 1988. С.90-96.
137. Линьков Е.М., Петрова Л.Н., Зуровшили Д.Д. Сейсмогравитационные колебания Земли и связанные с ними возмущения атмосферы. Геофизика, ДАН СССР, т. 306, № 2, 1989, с.314-31.
138. Линьков Е.М., Петрова Л.Н., Осипов К.С. Сейсмогравитационные пульсации Земли и возмущения атмосферы как возможные предвестники сильных землетрясений. Геофизика, ДАН СССР, 1990, т. 313, № 5, 1990. 7.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

139. Линьков Е.М., Петрова Л.Н., Зуровиши Д.Д. Сейсмогравитационные колебания Земли и связанные с ними возмущения атмосферы. // Наука. ДАН СССР. 1989. Т. 306, № 2. С. 314-317.
140. Линде А.Д. Калибровочные теории и переменность гравитационной постоянной в ранней Вселенной. Письма в ЖЭТФ, т. 30, вып.7, 1989, с.479-482.
141. Линде А.Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология. – М.: Наука, 1990.
142. Лобковский Л.И., Никишин А.М., Хайн В.Е. Современные проблемы геотектоники и геодинамики. М., Научный Мир, 2004, 610 с.
143. Любушин А.А. (мл.) Периодичности и катастрофы во взаимодействии геофизических процессов. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.380-385.
144. Лобковский Л.И., Котелкин В.Д. Двухъярусная термохимическая модель конвекции и ее геодинамические следствия // Пробл. глобальн. геодинамики. М., 2000. С.29-53.
145. Лурсманашвили О.В. О возможности влияния активности Солнца на распределение землетрясений Кавказа. Сообщ. АН Груз. ССР, 1972, т.65, № 2, с.309-312.
146. Лурсманашвили О.В. Временно-пространственное распределение сильных землетрясений Кавказа и возможность взаимосвязи землетрясений через пластические волны. Сообщ. АН ГССР, 1977, №3, с. 601-604.
147. Лурсманашвили О.В. О периодичности сильных землетрясений Кавказа. Изв. АН ССР, сер. Физика Земли, 1973, № 2, с. 80-86.
148. Люкэ Е.И., Ан В.А., Пасечник И.П. Обнаружение фронта тектонической глобальной волны при сейсмическом просвечивании Земли // Докл. АН СССР, 1988, т.301, №3 с. 569-573.
149. Лятыхер В.М. Вариация сейсмического режима Земли под влиянием изменений длины солнечного цикла. Физика Земли, 2000, №10, с.93-96.
150. Манк У., Макдональд Д. Вращение Земли. М.: Мир, 1964, 384 с.
151. Макарова Е.А., Харитонов А.В. Распределение энергии в спектре Солнца и солнечная постоянная. М., Наука, 1972, 288 с.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

152. Малиновский Н.В. Подводные извержения на Каспийском море. Закавказский краеведческий сборник. 1, серия А, 1943.
153. Манк У., Макдональд Г. Вращение Земли. Пер. с анг., Мир, 1964.
154. Маракушев А.А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности, М.: Наука, 1999, 252 с.
155. Маракушев А.А. происхождение Земли и Луны в свете новых достижений астрономии// Изв. Секции наук о Земле РАН, 2000, Вып.5, с.53-62.
156. Мархинин Е.К. Вулканизм. М., Недра, 1985, 288 с.
157. Матвеев П.С., Голубицкий В.Г. Влияние приливообразующих сил Луны и Солнца на частоту землетрясений Закавказья. Тр. Полтавск. Гравиметрич. Обсерватория, 1961, т.10, с.67-74.
158. Милановский Е.Е., Гамбурцев А.Г. Особенности колебаний уровня океана в фанерозое и сопоставление с частотой геомагнитных инверсий. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.80-83.
159. Миттокс С. Дневная Звезда. Мир
160. Мехтиев Ш.Ф., Халилов Э.Н. О возможности выявления связи извержений вулканов с активностью Солнца. Вулканология и сейсмология. №3, М., АН СССР 1985, с.64-67.
161. Мехтиев Ш.Ф., Халилов Э.Н. Как развивается Земля. (Гипотезы и факты). Баку: Знание, 1984, 72 с.
162. Мехтиев Ш.Ф., Хайн В.Е., Исмаил-Заде Т.А., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности вулканических извержений. Докл. АН СССР, т. 289, № 4, 1986, с.1462-1464.
163. Мехтиев Ш.Ф., Халилов Э.Н. О периодичности вулканической активности. ДАН Азерб. ССР, т. XLIII, №11, 1987, с.35-39.
164. Мехтиев Ш.Ф., Халилов Э.Н. Отражение геодинамических процессов в пространственно-временном распределении извержений вулканов мира. Изв. АН Туркмен. ССР, серия геол., № 2, 1987.
165. Мехтиев Ш.Ф., Халилов Э.Н. Ритмы Земных катастроф. Баку: Элм, 1988, с.80-90.
166. Мычак А.Г., Теременко А.Н., Щепец Н.С. Прогноз аварийных ситуаций на трубопроводах по материалам космических съемок.-Матеріали Третьої Української наради користувачів

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

- аерокосмічної інформації (20-24 листопада 2000 р.), Київ.- Київ, "Знання України".- 2001.- с 128-131.
167. Милановский Е.Е. Развитие и современное состояние проблем расширения и пульсаций Земли. В кн. Проблемы расширения и пульсации Земли. М.: Наука, 1984, с.8-24.
168. Милюков В.К. Изменяется ли гравитационная постоянная? М.: Природа, № 6, 1986, с. 96-104.
169. Михайлов А.А. Земля и ее вращение. М.: Наука, 1984, 78 с.
170. Милановский Е.Е. О корреляции фаз учащения инверсий геомагнитного поля понижений уровня Мирового океана и фаз усиления деформаций сжатия земной коры в мезозое и кайнозое // Геотектоника. 1996. № 1. С. 3-11.
171. Михайлов В.О., Тихоцкий С.А., Диаман М., Пане И. Исследование возможности обнаружения и изучения вариаций силы тяжести геодинамического происхождения по современным спутниковым гравиметрическим данным. Физика Земли.2005, №3, с.18-32.
172. Молоденский М.С., Молоденский С.М. О возможной связи изменений силы тяжести и скорости вращения Земли. Изв. АН СССР, Физика Земли, № 6, 1975, с.3-11.
173. Наливкин Д.В. Ураганы, бури и смерчи. Л.: Наука, 1969. 487 с.
174. Ненахов В.М. Геодинамические особенности раннего архея// Геотектоника, 2001, № 1, с. 3-5.
175. Нейман В.Б. О причинах ритмичности в природе, геологические и физико-математические аспекты. Математические методы анализа цикличности в геологии, №7, 1984, с.165-167.
176. Николаевский В.Н., Рамазанов Т.К. Теория быстрых тектонических волн. – прикладная математика и механика. 1985, т.49, вып.3, с.462-469.
177. Обручев В.А. Пульсационная гипотеза геотектоники. Изв. АН СССР, сер. Геолог., 1940, №1, с.12-30.
178. Одесский И.А. Ротационно-пульсационный режим Земли и его геологические следствия. Спб. Пангея. 2004. 27 с.
179. Осокин А.Р., Вальчук Т.Е. Фрактальный анализ временного ряда солнечной активности. В кн. Атлас Временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Том 3. М., Янус-К, 2002, с.454-457.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

180. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. М., Мир, 1982, 428 с.
181. Окунь Л.Б. Фундаментальные константы физики. УФН, т. 161, № 9, 1971, с.177-194.
182. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже ХХI века, Вестник Российской Академии Наук, т.71, № 4, 2001,с.291-302.
183. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. М.: Мир, 1982, 428 с.
184. Оль А.И. Проявление 22-летнего цикла солнечной активности в климате Земли. – Труды ААНИИ, вып. 289, 1969
185. Овчинников В.М., Краснощеков Д.Н., Каазик П.Б. Новое представление о границе между внешним и внутренним ядром Земли, Доклады академии Наук , 2007, т.417, №3, с. 389-392
186. Одинцов С.Д., Иванов-Холодный Г.С., Георгиева К., Солнечная активность и глобальная сейсмичность Земли, Известия РАН Серия Физическая , 2007, том 71, №4 с. 608-610
187. Огурцов М.Г. О возможном вкладе солнечно-космических факторов в глобальное потепление ХХ века, Известия РАН Серия физическая, 2007, т.71, №7, с.1047-1048.
188. Павлов Н.Н. Изменения скорости вращения Земли, деформация земной коры и солнечная активность. Изв.Главн. астроном. Обсерват., 1968, № 183.
189. Парицкий Н.Н. Изменения длины суток и деформация Земли. Астр. Журн., 1945, т.22, вып.2.
190. Парицкий Н.Н. Неравномерность вращения Земли. М.: АН СССР, 1954, 47 с.
191. Парицкий Н.Н. О нерегулярных изменениях скорости вращения Земли и возможной связи их с деформациями Земли и изменениями силы тяжести. В кн.: Проблемы расширения и пульсации Земли. М.: Наука, 1984, с.84-93.
192. Парицкий Н.Н. Неравномерность вращения Земли. Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, Изд-во АН СССР, т.22, вып.2,1955.
193. Парицкий Н.Н., Кузнецов М.В., Кузнецова Л.В. Влияние океанических приливов на вековое замедление вращения Земли. Изв. АН СССР, Физика Земли, № 2, 1972, с.3-12.
194. Парицкий Н.Н. Нерегулярные изменения силы тяжести и вращения Земли. – Письма в Астроном. Журн., т.8, № 6, 1982, с.378-380.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

195. Парийский Н.Н., Перцев Б.П., Крамер М.В. Влияние перераспределения атмосферных масс на значение силы тяжести. М.: Межвед. Геофиз. Ком. При Презид. АН СССР, 1983, 161 с.
196. Петрова Л.Н., Линьков Е.М. Спектры длиннопериодных колебаний, предваряющих землетрясения / Л.: Изд-во ЛГУ. Вопросы геофизики. Вып.27.1978. С.60-66.
197. Перцев Б.П. Приливные деформации поверхности геоида, Физика Земли, 2002, №8, с. 3-5
198. Петрова Л.Н., Любимцев Д.В. Планетарный характер сейсмо-гравитационных колебаний Земли, Физика Земли, 2006, № 2, с. 26-36
199. Петрова Л.Н., Лепешкин Ф. Г. О спектральном составе и уровне помех на записях длиннопериодного сейсмометра / Л.: Изд-во ЛГУ. Вопросы геофизики. Вып.28.1980. С.199-203.
200. Петрова Л.Н., Линьков Е.М., Зуровиши Д.Д. Планетарный характер сверхдлиннопериодных колебаний Земли.// Вестник Ленингр. ун-та. 1988. Сер.4. Вып.4 (25). С.21-26.
201. Петрова Л.Н., Линьков Е.М. Спектры длиннопериодных колебаний, предваряющих землетрясения / Л.: Изд-во ЛГУ. Вопросы геофизики. Вып.27.1978. С.60-66.
202. Петрова Л.Н. Взаимодействие разномасштабных волновых процессов в твердой Земле. Докл. РАН. Геофизика. 1993. Т.332. №2. с.237-239.
203. Петрова Г.Н., Гамбурцев А.Г. Ритмы палеонапряженности геомагнитного поля за последние 300 тысяч лет. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.84-87.
204. Перцев Б.П. Приливные деформации поверхности геоида. Физика Земли, №8, с.3-5.
205. Перцев Б.П. О вековом замедлении вращения Земли. Физика Земли. 2000, №3, с.35-39.
206. Пиблс П. Физическая космология. М.: Мир, 1975.
207. Поиски предвестников землетрясений. Баку: ИГАНА, 1979, части 1 и 2.
208. Покровская Т.В. Солнечная активность и климат. – В сб.: «Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли», М., 1971

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

209. Пушкарев Ю.Л. Мегациклы в эволюции системы кора-мантия. Л.: Наука, 1989. 200 с.
210. Пущаровский Ю.М. Линейность и полинейность в геологии // Геотектоника. 1999. № 3. С. 42-49.
211. Пушкарев Ю.Д. Мегациклы в эволюционной системы кора-мантия. Л.: Наука, 1990. 217 с.
212. Пущаровский Ю.М., Пущаровский Д.Ю. Геосфера мантии Земли. Геотектоника, 1999, №1, с.3-14.
213. Пущаровский Ю.М. Строение, энергетика и тектоника мантии Земли. Вестник РАН, 2005, т.25, №12, с.1115-1122.
214. Пущаровский Ю.М., Пущаровский Д.Ю. // Геотектоника. 1999. №1. С.3.
215. Пущаровский Ю.М. Тектоника Земли. Избранные труды. Том.2. М., Наука, 2005, 555 с.
216. Пущаровский Ю.М. Глубины Земли: строение и тектоника мантии // Природа. 2001. №3. С.13-15. Добровольский И.П. Гравитационные предвестники тектонического землетрясения. Физика Земли, 2005, №4, с.23-28.
217. Ранняя история Земли. М.: Недра, 1980, 620 с.
218. Раств Х. Вулканы и вулканизм. М.: Мир, 1982, 344 с.
219. Рахманов Р.Р. Грязевые вулканы и их значение в прогнозировании газонефтеносных недр., М., Недра, 1967, 174 с.
220. Рубашев Б.М. К вопросу о возможности существования солнечных циклов более высоких порядков. – Бюллетень комиссии по исследованию Солнца, № 2(16), Л., 1949
221. Рубашев Б.М. Проблемы солнечной активности. М.- Л., 1964
222. Родионов Д.А. Статическое решение в геологии. М., Недра, 1981, 231 с.
223. Ротанова Н.М., Пушкин А.Н. Глубинная электропроводность Земли. М.: Наука, 1982, 296 с.
224. Рокитянский И.И. Эксперименты с крутильными маятниками и определение гравитационной постоянной G. Геофизический журнал. 2001, т.23, №2, с.19-29.
225. Родкин М.В. Динамика земной тверди, Земля и Вселенная, 2007, №4, с. 25-30
226. Рудич Е.М. Движущиеся материки и эволюция океанического ложа. М., Недра, 1983, 268 с.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

227. Рубинштейн М.М. Орогенические фазы и периоды складчатости в свете данных абсолютной геохронологии// Геотектоника. 1967, № 2, с.35-49.
228. Руденко В.Н., Гусев А.В., Кравчук В.К., Виноградов М.П. Поиск астро-гравитационных корреляций. Письма в ЖЭТФ, том 118, вып.5, 2000, с.1-17.
229. Руссо П. Землетрясения. М., Прогресс, 1966.
230. Рябов Ю.А. Движение небесных тел. М., Наука, 1988, 238 с.
231. Савина Н.Г., Типисев С.Я., Линьков Е.М., Яновская Т.Б. Наблюдения длиннопериодных колебаний Земли. Изв. АН СССР, Физика Земли, № 8, 1984, с.3-12.
232. Сазонов Б.И. Двойная природа ритмов в земных процессах. Дендроклиматология и радиоуглерод. Вильнюс, 1972
233. Сергии В.Я. Моделирование крупных колебаний климата и оледенения Земли в антропогене. – Антарктика, вып. 11, М., 1972
234. Сергии С.Я. Динамические связи в системе «земная поверхность-атмосфера» как причина изменений климата. – Известия АН ССР, серия № 6, 1966
235. Серебренников М.Г., Первозванский А.А. Выявление скрытых периодичностей. М.: Наука, 1965, 244 с.
236. Сидоренков Н.С. Неравномерность вращения Земли по данным астрономических наблюдений. – Астроном. Ж., т. 52, 1975, с.1108-1112.
237. Сидоренков Н.С. Неравномерность вращения Земли и движение полюсов. Природа, № 4, 1982, с.82-90.
238. Сидоренков Н.С. Нестабильность вращения Земли. Вестник РАН, 2004, том.74, №8, с.701-715.
239. Сидоренков Н.С. Солнечная и геомагнитная активность. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.48-50.
240. Сидоренков Н.С. Ритмы в атмосфере. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.278-281.
241. Сидоренков Н.С., Гамбурцев А.Г. Солнечная и геомагнитная активность. В кн. Атлас Временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Том 3. М., Янус-К, 2002, с.444-449.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

242. Сытинский А.Д. О связи геотектоники с солнечной активностью. Инф. Бюлл., 1961, № 28.
243. Сытинский А.Д. Современное тектоническое движение как одно из проявлений солнечной активности. Геомагнетизм и аэро., 1963, № 1.
244. Сытинский А.Д. О связи сейсмичности Земли с солнечной активностью. Успехи физ. Наук, 1973, т.3, № 2, с. 367-369.
245. Сытинский А.Д. О влияние солнечной активности на сейсмичность Земли. ДАН СССР, т.208, 1973, № 5.
246. Сытинский А.Д. Зависимость сейсмичности Земли от процессов на Солнце, в межпланетной среде и в атмосфере. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.70-72.
247. Собакарь Г.Т., Дайнеко В.И. Корреляционные пространственно-временные связи между квазипериодическими вариациями силы тяжести, солнечной активностью, энергией землетрясений и структурой земной коры. Геофиз. Сборн. АН УССР, 1978, с. 3-8.
248. Соколов С.Д. Аккреционная тектоника Корякско-Чукотского сегмента Тихоокеанского пояса. М.: Наука, 1992, 182 с.
249. Соловьев С.Л. Некоторые статистические распределения землетрясений и тектоническое строение сейсмических зон. – Изв. АН СССР, сер. геофизика, № 1, 1961, с. 13-20.
250. Сорохтин О.Г. Глобальная эволюция Земли. М.: Наука, 1974.
251. Спорышев П.В., Катцов В.М., Пространственно-временные особенности глобального потепления, Доклады Ак. Наук, 2006, т.410, № 4, с.532-537.
252. Сорохтин О.Г. Эволюция климата Земли и происхождение ледниковых эпох, Вестник Рос. Ак. Наук, 2006, том 76, №8, с. 699-706
253. Сонечкин Д.М. О нелинейной природе Чандлеровского движения полюсов Земли, Доклады Академии Наук, т. 381, №5, с. 681-683
254. Сливинский А.П., Бушуев Ф.И., Калюжный Н.А., Образцов Ю.М., Шульга А.В., 2006, Геофизический журнал № 2, т.28, с.109-117.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

255. Спорышев П.В., Катцов В.М. Пространственно-временные особенности глобального потепления, Доклада РАН, 2006, т.410, № 4, с.532-537.
256. Старostenко В.И., Гейко В.С., Кендзера А.В. и др. Катастрофическое землетрясение 26 декабря 2004 г. у берегов Суматры: причины, последствия и уроки. Геофизический журнал. 2005, т.27, №6, с.940 – 961.
257. Стаховский И.Р. Самоорганизация и самоподобие сейсмотектонических объектов. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.372-379.
258. Стивен Хокинг. Краткая история времени от большого взрыва до черных дыр. Санкт-Петербург: Амфора, 2000, 268с.
259. Сува А. Землетрясения и активность вулканов в 1971 году. Кисе, 1971, № 176, с.3164- 3168.
260. Тарасов Н.Т. Изменение сейсмичности коры при электрическом воздействии. Геофизика, ДАН СССР, т. 353, № 4, 1997, с.542-545.
261. Тамразян Г.П. Некоторые особенности освобождения сейсмической энергии недр Земли в связи с изменениями приливообразующих и других сил. В кн. 5-ое Совещание по проблемам планетологии, Л., 1965, с.78-83.
262. Тамразян Г.П. О сейсмической активности северо-западного обрамления Тихого океана. Изв. АН СССР, сер. Геофизика, 1958, №5, с.664-668.
263. Тамразян Г.П. Промежуточные и глубокофокусные землетрясения в связи с космическими условиями Земли. Изв. АН СССР, сер. Геофизика, 1959, № 4.
264. Так ли постоянна гравитационная постоянная. http://www.rol.ru/news/misc/spacenews/02/09/27_007.htm
265. Тимашев С.Ф., Крученицкий Г.М., Будников Е.Ю. и др. Методология анализы временных рядов на основе теории детерминированного хаоса. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.386-397.
266. Тихонов И.Н. Закон повторяемости отрезков времени между последовательными землетрясениями, Доклады Академии Наук, 2002, т.387, №2, с. 250-252

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

267. Уломов В.И. Волны сейсмогеодинамической активизации и долгосрочный прогноз землетрясений. Физика Земли, 1993, №4, с.43-53.
268. Федоров В.М. Многомерный Анализ и хронологическая структура геодинамической активности Земли, Вест. Московского Университета, сер.4, Геология, 2007, №4
269. Хайн В.Е. О непрерывно-прерывистом течении тектонических процессов// Изв. АН СССР. Сер. геол. 1950, № 6, с. 26-44.
270. Хайн В.Е. Направленность, цикличность и неравномерность развития земной коры // Материалы II Всесоюз. Совещ. По проблемам тектоники. М. 1964. С. 13-28.
271. Хайн В.Е. Об общих закономерностях развития тектонических процессов во времени – проблемы прерывистости-непрерывности, цикличности-направленности// Вестн. МГУ. Сер.4, геология, 1971, №4, с.3-22.
272. Хайн В.Е. Цикличность и геотектоника. В сб.: Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза., М., Наука, 1977, с.213-221.
273. Хайн В.Е. Современные представления о механизме тектонических движений и деформаций. Известия ВУЗов, №2, 1984, с.8-12.
274. Хайн В.Е. Циклы Бертрана и циклы Вилсона // Докл. РАН. 1992. Т. 325. С. 557-559.
275. Хайн В.Е., Сеславинский К.Б. Глобальные ритмы в фанерозойской эндогенной активности Земли// Стратиграфия. Геологическая корреляция.1994, №6, с. 40-63.
276. Хайн В.Е., Гончаров М.А. Геодинамические циклы и геодинамические системы разного ранга: их соотношение и эволюция в истории Земли. Геотектоника. 2006. №5. с.3-24.
277. Хайн В.Е., Сеславинский К.Б., Кузнецов Н.Б. Геологическая цикличность Земли. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.21-27.
278. Хайн В.Е. Крупномасштабная цикличность в тектонической истории Земли и ее возможные причины // Геотектоника. 2000. № 6. С. 13-14.
279. Хайн В.Е. Современная геодинамика: достижения и проблемы. М.: Природа, 2002, № 1, с.51-59.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

280. Хайн В.Е. Земля – уникальная планета Солнечной системы. Вестник РАН, 2003, т.73, №9, с.822-829.
281. Хайн В.Е., Халилов Э.Н., Исмаил-Заде Т.А. Периодичность активности вулканов разных геодинамических обстановок и возможная пульсация радиуса Земли. Пятые геофизические Чтения им. В.В. Федынского. Тез. Докл. 27 февр. – 01 марта 2003 г., с.145-146.
282. Хайн В.Е., Исмаил-заде Т.А., Халилов Э.Н. О закономерности пространственно-временного распределения извержений вулканов. Проблемы ритмов в естествознании. Материалы 2-го Международного симпозиума 1-3 марта 2004, Москва, Изд. Россий. Унив. Дружбы Народов, с.11-13.
283. Хайн В.Е. Взаимодействие атмосферы, биосферы и литосферы – важнейший процесс в развитии Земли, Вестник Рос. Ак. Наук, 2007, том 77. № 9, с. 784-810
284. Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Гравитационные эффекты перед сильными удаленными землетрясениями. Вестник Международной Академии Наук. № 2, Москва, 2007, с.45-52.
285. Хайн В.Е. Взаимодействие Атмосферы, Биосферы и Литосферы – важнейший процесс в развитии Земли. Вестник РАН, 2007, т.77, № 9, с.794-810.
286. Харгривс Дж. К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. Л., Гидрометеоиздат, 1982, 351 с.
287. Халилов Э.Н. О происхождении нефти в акватории Каспия с позиций тектоники литосферных плит. Азербайджанское Нефтяное Хозяйство. № 10, 1983 г.
288. Халилов Э.Н. Опыт математической обработки данных стохастических систем в геологии (на примере сведений об извержениях грязевых вулканов). – ЭИ ВИЭМС, Отечеств. производств. опыт. Общ. и регион. геол. геологич. картирование. М.: вып. 10, 1986, с. 1-6.
289. Халилов Э.Н. Выявление некоторых особенностей вулканической активности по оценкам функций спектральных плотностей. Вулканология и сейсмология. М.: № 3, 1987, с.104-107.
290. Халилов Э.Н., Мехтиев Ш.Ф., Хайн В.Е. Геотектоника, АН СССР, №2, 1987 г., с.54-60.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

291. Халилов Э.Н. Новые данные о наличии зоны Беньофа в Кавказско-Каспийском регионе. (Представлено Академиком В.Е.Хаином) ДАН РФ. 2003, Том. 388., №4, с.542-544.
292. Халилов Э.Н. Цикличность природных катализмов и некоторые проблемы гравитации (Под редакцией Академика Ш.Ф.Мехтиева). Баку: Гянджлик, 1989, 42 с.
293. Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности современных проявлений вулканизма и сейсмичности и их связь с глубинными процессами. Автореферат диссерт. на соискание учен. степени док. геол.-мин. наук, М.: МГУ, 1989, 33 с.
294. Халилов Э.Н. К вопросу о возможности взаимосвязи вариаций гравитационной постоянной с геодинамическими и космическими процессами. Новости геологии и геофизики. В сб. Материалы конференции. Баку, 28-30 октября 1999 г., т.2., Баку: Сада, 1999, с.3-40.
295. Халилов Э.Н. Детектор землетрясений. Патент № S 2002 0006 от 26.12.2002. Опубл. Евразийское Патентное Ведомство, 200100719, дата публикации 2002/10/31. Дата подачи заявки 2001/07/26.
296. Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности выделения сейсмической энергии в Альпийско-Гималайском складчатом поясе и возможности среднесрочного прогноза сильных землетрясений. АНХ, № 2, 2002 г., с.50-55.
297. Халилов Э.Н. К вопросу о корреляционных зависимостях вариаций гравитационной постоянной и сейсмической активности Земли. АНХ, № 2, 2002 г., с.54-59.
298. Халилов Э.Н. О некоторых особенностях современной цикличности активизации магматических и грязевых вулканов мира. АНХ, № 6, 2003, с.54-56.
299. Халилов Э.Н. О возможном влиянии гравитационных волн на деформацию и сейсмичность Земли. Циркуляр Шамахинской Астрофизической Обсерватории № 105, 2003, с.13-21.
300. Хромов С.П. О некоторых спорных вопросах, относящихся к цикличности солнечной активности и ее предполагаемых связям с климатом. «Метеорология и гидрология», 1973, № 9
301. Федоров В.М. Хронологическая структура и вероятность вулканической активности в связи с приливной деформацией литосферы. Вулканология и сейсмология. 2005, №1, с.44-50.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

302. Федоров В.М. Особенности суточного распределения землетрясений в связи с ее вращением. Вулканология и сейсмология. 2005, №3, с.62-65.
303. Федоров В.М. Сопоставление хронологии вулканической активности Земли с характеристиками ее орбитального движения. Вулканология и сейсмология, 2001, №5, с.65-67.
304. Фридман А.М., Клименко А.В., Поляченко Е.В., Фридман М.В. О связи глобальной сейсмической активности Земли с особенностями ее вращения. Вулканология и сейсмология. 2005, №1, с.67-74.
305. Чижевский А.Л. В ритме Солнца. М.: Наука, 1969, 105 с.
306. Чумаков Н.М. Климатический парадокс позднего докембра // Природа. 1992. № 4. С. 34-41
307. Чумаков Н.М. Периодичность главных ледниковых событий и их корреляция с эндогенной активностью Земли // Докл. РАН. 2001а. Т. 378. № 5. С. 656-659
308. Чумаков Н.М. Общая направленность климатических изменений на Земле за последние 3 миллиарда лет // Докл. РАН. 2001б. Т. 381. № 5. С. 652-655
309. Цирель С.В. О возможной зависимости вулканической деятельности от солнечной активности. В кн. Атлас Временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Том 3. М., Янус-К, 2002, с.с.254-256.
310. Шама Д.В. Современная космология: Пер. с англ. Шама Д.В.; Ред. Кардашов Н.С. М.: Мир, 1973, 254 с.
311. Шабетник В.Д. Природа смещения магнитных полюсов земли. Журнал «Физическая мысль России», 2000, с.98-99.
312. Шерман С.И. Тектонофизический анализ сейсмического процесса в зонах активных разломов литосфера и проблема среднесрочного прогноза землетрясений. Геофизический журнал, 2005, т.27, №1, с.20-38.
313. Штиле Г. Избранные труды, М., Мир, 1964.
314. Шульц С.С. Тектоника земной коры (на основе анализа новых движений). – Л.: Недра. 1979. 272.
315. Эйби Дж. А. Землетрясения. М.: Недра, 1982, 264 с.
316. Эйгенсон М. С. Очерк физико-географических проявлений солнечной активности. Львов 1957.
317. Эйгенсон М.С. Солнце, погода и климат. Л., 1963.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

318. Яковец Ю.В. Теория циклов Н.Д.Кондратьева. В кн. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Том 2. М., Научный Мир, 1998, с.18-20.
319. Яншин А.Л. О так называемых мировых трансгрессиях и регрессиях. Бюл. МОИП. № 2, 1977.
320. Яковлева Н.И. К вопросы о причине квазипериодических колебаний климата. – Труды ГГО, вып.236, 1969.
321. Якубов А.А. Грязевые вулканы западной части Апшеронского полуострова и их связь с нефтегазоносностью. Баку, АзФан, 1941, с.102.
322. Якубов А.А., Али-Заде А.А., Рахманов Р.Р., Мамедов Ю.Г. Каталог зафиксированных извержений грязевых вулканов Азербайджана (за период 1810-1974), Баку, АН Азерб.ССР, 1974, с. 33.
323. Abe Y. Thermal and chemical evolution of a terrestrial magma ocean//
324. Anderson D.L. Earthquakes and the rotation of the eart. “Science”, 1974, 186, N4158, 49-50.
325. Allen Simpson., Elchin Khalilov. About some results of gravity quant experiments. International Academy of Science. H&E. Science without borders, Vol.1, 2003-2004, ICSD/IAS, Innsbruck, pp. 292-294.
326. Allen Simpson., Elchin Khalilov. Development of quantum gravitation. SCIENCE WITHOUT BORDERS. Transactions of the International Academy of Science. H&E. Vol.2. 2005/2006., pp.319-339.
327. Babcock H.W. The topology of the sun’s magnetic field and the 22- year cycle.
328. Bostrom R.C. Tectonic consequences of the Earth’s rotation. Oxford Univ., 2000, 266 p.
329. Bruhn D., Groebner N., Kohlsledt D.L. And interconnected network of coreforming melts produced by shear deformation// Nature. 2000, vol.403, p.883-886.
330. Bruno Bertotti, F.de Felice, A. Pascolini. Eneral Relativity and Gravitation. D.Reidel Publishing Company Hardbound, September 1984, 534 pp.
331. Byerly G.R., Lowe D.R., Wooden J.L., Xie X. An Archean Impact Layer From the Pilbara and Kaapvaal Cratons // Science. 2002. Vol. 297. P. 1325-1327

332. Calvert A.J., Ludden J.N., Archean continental assembly in the southern Superior province of Canada // Tectonics.1999. Vol 18. N3. P. 417-429.
333. Cavallo G. Interpretation of the Dirac Relationship between Fundamental Constants. "Nature", v.245,1973, p.99.
334. Chao, B.F., Dehant V., Gross R.S., Ray R.D., Salstein D.A., Watkins M.M., Wilson C.R. Space Geodesy Monitors Mass Transports in Global Geophysical Fluids, in press, EOS, Trans. Amer. Geophys. Union, 2002 b.
335. Christian-Tollman E., Tollmann A., Der sintflut Impakt// Mitt. Oster, Geol. Ges. 1991. Bd.84.s. 1-63.
336. Condie K.C. Episodic continental growth and supercontinents: a mantal avalanche connection // Earth Planet. Sci. Lett. 1998. Vol. 163. P. 97-108.
337. Courtillot V., Jaupart C., Manighetti J. Et al. On causal links between flood basalts and continental breakup // Earth Planet. Sci. Lett. 1999. Vol. 166. P. 177-195.
338. Courtillot V., Le Moul L. J. Geophys. Res., 81, 1976, p. 2941-2950.
339. Cosmology and Gravitation. Kluwer Academic. Plenum Publichers, Hardbound, October 1980, 519 pp.
340. Cotton L.A. Notes on the relations of earthquake frequency and earth tiden, and their aignificance in the problem of earthquake forecasting. In.Pan. Pacific Science Congresa 30. Tokyo, 1926, Proceedenge., 1928, v.2., p. 1511-1516.
341. Chance A., Kelly P.M. An apparent periodicity in an index of volcanic activity. Macmillan Journala ltd.1979, 671-672.
342. Crowell J.C. Pre-Mesozoic ice ages: Their bearing on understanding of climate system // Geol. Soc. Amer. Mem. 192 Boulder Co. 1999.106 p.
343. David Marsan and Olivier Lengline. Extending Earthquakes' reach Through Cascading. Science, 22 February 2008, Vol.319. no.5866, pp.1076 – 1079.
344. De Witt B. "Phys. Rev. Lett.", v.13, 1964, p.114.
345. De Wit M.J. On Archean granites,greenstones,cratons and tectonics: does the evidence demand a verdict? // Precambr. Res. 1998. Vol. 91. P. 226.
346. De Paolo D.J. Strange bedfellows// Nature. 1994, vol.372, p.331.

347. Dercourt J., Foucault A., Renard M. Liaison entre les phenomene globaux, les chagements du milieu et les crises du monde vivant // Bull. Centre Explor.-Prod. Elf-Aquitaine. 1986. Vol. 10. N 2. P. 285-311.
348. Dobrovolskiy I.L, Gravitational precursors of tectonic earthquake. Physics of the Earth, 2005, N 4, pp. 23-28.
349. Dicke R.H. Phys. Rev., 125, 2163, 1962.
350. Dicke R.H. Nature, 194, 329, 1962.
351. Dirac P.A.M. Nature, 139, 323, 1937.
352. Dirac P.A.M. Proc. Roy. Soc., A165, 199, 1938.
353. Dirac P.A.M. Proc. Roy. Soc. Lond. A333, 403, 1937.
354. Drummond M.S., Defant M.J. A model for trondjemite-tonalite-dacite genesis and crustal growth via slab melting: Archean to modern comparisons//J. Geophys. Res. 1990, vol.95, n 13, p. 21.503-21.521.
355. Drummond M.S., Defant M.J., Kepezhinskas P. Petrogenesis of slab-derived trondjemite-tonalite-dacite-adakite magmas//Trans. R. Soc. Edinb. Earth, Sci, 1996, vol.87, p.205-215. Experimental physics of gravitational waves.
356. Durrheim R.J., Mooney W.D. Archean and Proterozoic crustal evolution: Evidence from crustal seismology // Geology. 1991. Vol. 19. N 6. P. 606-609.
357. Doglioni C. Geological evidence for a global tectonic polarity// J.Geol.Soc.London, 1993, v.150, p.991-1002.
358. Elsasser W.H. Conversion and stress propagation in the upper mantle-In: Appl. Modern Phys. Earth Planet. Inter. N.Y.: Willey, 1969, p.223-246.
359. Excess of the duration of the day to 86400 s and angular velocity of the earth's rotation, since 1623. <http://www.iers.org/iers/earth/>.
360. Furukawa Y.A., Tatsumi Y. Meltihg of a subducted slab and production of high-Mg andesite magmas: Unusual magmatism in SW Japan at 13-15 Ma// Geophys, res., Lell, 1999, vol. 26, N 15, p.2271-2274.
361. Fedorov V.M. Chronological structure and possibility of volcanic activity in connection with tidal deformation of lithosphere. Volcanology and seismology. 2005, N 1, pp.44-50.
362. Grishchuk L.P., Lipunov V.M., Postnov K.A., Prokhorov M.E, Sathyaprakash B.S. Gravitational Wave Astronomy. In Anticipation

- of First Sources to be detected/ UFN, No 1 (astro-ph|0008481). 2001.
363. Greff-Lefftz M., Legros H. // Science. 1999. V.286. P.1707-1709.
- Gilluly J. The distribution of mountain building in the geological time// Bull.Geol.Soc.Amer. 1949. Vol. 60.N4, P. 561-590.
364. Haq B.U., Handerbol J., Vail P.P. Chonology of fluctuating sea levels since the Triassic// Science. 1987.Vol. 235.N 4793. p.1156-1166.
365. Hartmann W.K. Giant impact on Earth seen as Moons origin// Geotimes.1985, N6, p.11-12.
366. Hartmann W.K., Davis D.R. Satellite-sized planetesimals and and lunar origin// Icarus.1975, vol.24, p.504.
367. Hayashi C., Nakazana K., Mizuno H. Earth melting due to the blanketing affect of the primordial dense atmosphere// Earth planet. Sci. Lett, 1979, vol.43, p.22-48.
368. Hambrey M.J. The Late Ordovician-Early Silurian glacial period //
369. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 1985. Vol. 51. P. 273-289
370. Hoyle F., Narlikar J.V. The Physics Astronomy Frontier. San Francisco^ W.H.Freeman, 29, 1980.
371. Hofmann H.J. Ediacaran remains from imtertillite beds in north-western Canada // Geology. 1990. Vol. 18. P. 1199-1202
372. Jordan P. Recent Development in General Relativity, New York, 1962, p.289.
373. Jordan P. Schwerckraft und Weltall, Braunschweig, 1955.
374. Kasahara K. Earthquake mechanics. Cambridge University Press, 1981, 262 p.
375. Kennedy M.J., Christie-Brick N., Prave A.R. Carbon isotopic composition of Neoproterozoic glacial carbonates as a test of paleoceanographic models for “Snowball Earth” phenomena // Geology. 2001. Vol. 29. N 2. P. 1135-1138
376. Khain V.Y., Khalilov E.N. About cyclic recurrence of global geo-dynamical processes. Proceedings International Symposium: Cyclicity and cosmological problems, Pirkulu, Y. Mamedaliyev settlement, 2-4 may 2003, pp.91-100.
377. Khain V.Y., Khalilov E.N. Regularity of spatial-temporary distribution of volcano eruptions. International Academy of Science.

- H&E. Science without borders, Vol.1, 2003-2004, ICSD/IAS, Innsbruck, pp. 243-251.
378. Khain V.Y., Khalilov E.N. Rhythms of natural cataclysms and super-long gravitational waves. Natural Cataclysms and global problems of the modern civilization. Special Edition of Transaction of the International Academy of Science. H&E. ICSD/IAS, Innsbruck, 2007, pp. 105-118.
379. Khalilov E.N. About some aspects of inconstancy of gravitational constant. В кн.: Третий сборник Азербайджанского палеонтологического общества. Баку: Седа, 1999, с.171-174.
380. Khalilov E.N. Some Features of Long-term Forecast on Regional Geodynamics. Geophysics‘news in Azerbaijan, №1, Activity, 2000, 23-26 pp.
381. Khalilov E.N. Features of intermediate-term forecast of severe earthquakes in the Alpine-Himalayan seismic zone. Geophysics news in Azerbaijan, № 1, 2001, с.24-27.
382. Khalilov E.N. Cyclicity of natural calamities and cosmic factors. In Proceedings Global conference: “Creation of lasting peace”, Sao Paolo, Brazil, October 23-25, 2002, pp.372-378.
383. Khalilov E.N. The Earth is universal detector of gravitational wales. Proceedings International Symposium: Cyclicity and cosmological problems, Pirkulu, Y. Mamedaliyev settlement, 2-4 may 2003, pp.10-30.
384. Khalilov E.N. Doppler effects during passage of gravitational wales vid cosmic objects. Physics, mathematics, Earth science.№3, 2003, p.p48-56.
385. Khalilov E.N. About possible influence of super long gravitational waves on duration of terrestrial day. Proceedings International Symposium: Cyclicity and cosmological problems, Pirkulu, Y. Mamedaliyev settlement, 2-4 may 2003, pp. 123-137.
386. Khalilov E.N. Cyclicity of natural calamities and cosmic factors, Global conference: “Creation of lasting peace”, Sao Paolo, Brazil, October, 23-25, 2002, p.372-378
387. Khalilov E.N. About logigal error during designing of detectors of gravitational wales and method of its removal. About some results of gravity quant experiments. International Academy of Science. H&E. Science without borders, Vol.1, 2003-2004, ICSD/IAS, Innsbruck, pp. 422-435.

388. Khalilov E.N. ATROPATENA Torsion detector of super-long gravitational waves. Inter.Council for Scientific development / International Academy of Science. H&E. Innsbruck, pp.1-6.
389. Kosenko D.I., Postnov K.A. Fluctuations of gravitational wave noise from unresolved extragalactic sources. Astron. Astrophys. V.355, 2000, p.1209 – 1213.
390. Lehner F.K., Li V.C. Large-scale characteristics of plate boundary deformations related to the postseismic readjustment of a thin astenosphere.- Geophys. J.Roy. Astron.Soc., 1982, v.71, p.775-792.
391. Mbelek J.P., Lachieze-Rey M. Possible evidence from laboratory measurements for a latitude and longitude dependence of G. Service d'Astrophysique, C.E.Saclay F-91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France, April 19, 2002.
392. Meert J.G., van der Voo R. The Neoproterozoic (1000-540 Ma) glacial intervals: no more snowball Earth // Earth Planet. Sci. Lett. 1994. Vol. 123. P. 1-13
393. Morganstern R. Curved space Geophysical Bounds of the Time Variations of G of “Nature Phys. Sciences.” v.237, No, 74, 1972., p.70.
394. Mojzsis S.J., Harrison T.M., Pidgeon R.T. Oxygen-isotope evidence from ancient zircons for liquid water at the Earth's surface 4, 300 MYR ago Nature, 2000, vol. 409, p.179-181.
395. Moores E.M. The southwest US – East Antarctic (SWEAT) connection: A hypothesis // Geology. 1991. Vol. 19. P. 425-428.
396. Munk W.H., Mc Donald G.J.F. The Rotation of the Earth, Cambridge, 1960.
397. Mikhaylov V.O., Tikhotskiy S.A., Diaman M., Pane I. Researching of the possibility of finding out and studying of variations of gravity of geodynamic origin on modern satellite gravimetric data. Physics of the Earth. 2005. N3, pp. 18-32.
398. Narlikar J.V. Lepton Creation and the Dirac Relationship between Fundamental Constants. “Nature”, v.247, 1974, p.99.
399. Narlikar J.V. The Structure of the Universe.- Oxford University Press, 1977.
400. Nadai A. Theory of flow and fracture of solids. V.2. N.Y.: McGraw-Hill, 1963. 868 p.(Русский перевод: Надан А. Пластичность и разрушение твердых тел. Т.2., М.: Мир, 1969).

401. Nolting F., Schurr J., Schlaminger St., and Kindig W. Determination of the gravitational constant G by means of a beam balance. Institute of Physics, University of Zurich, Zurich, Switzerland. Europhysics News 2000, Vol. 31 No.4, 2000.
402. Pariyskiy N.N. Irregular changes of gravity and rotation of the Earth. Letters to the Astronomical Journal, vol. 8, No. 6, 1982, p. 378-380.
403. Palike H., Norris R.D., Herrle J.O., Wilson P.A., Coxall H.K., Lear C.H., Shackleton N.J., Tripati A.K. and Wade B.S., 2006. The heartbeat of the Oligocene climate system. Science, 314 (5807), 1894-1898.
404. Parriskiy N.N. About irregular changes of the speed of rotation of the Earth and their possible connection with the deformations of the Earth and changes of gravity. In the book: The problems of widening and pulsation of the Earth. Science, 1984, pp. 84-93.
405. Pertsev B.P. Tidal deformations of the surface of geoid. Physics of the Earth, N 8, pp. 3-5.
406. Rainbird R.H., Stern R.A., Khudoley A.K. et al. U-Pb geochronology of Riphean sandstones and gabbro from southern Siberia and its bearing on the Laurentia-Siberia connection // Earth Planet. Sci. Lett. 1998. Vol. 164. P. 409-420.
407. Rapp R.P., Shimizi N., Norman M.D., Applegate G.S. Reaction between slab-derived melts and peridotite in the mantle wedge. Experimental constraints at 3.8. Ga// Chem. Geol. 1999. vol. 160, p.335-356.
408. Ringwood A.E. Origin of the Earth and Moon. N.-Y. etc.: Spriger, 1979, 295 p.
409. Rice J.R., Gu Ji-Cheng. Earthquake aftereffects and triggering seismic phenomena. - Pure and Appl. Geophys, 1983, v.121, N 2, p.187-219.
410. Rice J.R. The mechanics of earthquake. – In: Phys. Earth Inter. Amsterdam: Nort-Holland. 1980, 215 p. (Райс Дж. Механика очага землетрясений. Мир: 1982).
411. Runnegar B. Paleoclimate: Loophole for snowball Earth // Nature. 2000. Vol. 405. P. 403-404
412. Russel S.S. The formation of the Soral System// J.Geol. London, 2007, v.164, pp.481-492.
413. Salam A., Strathdee J. Preprint IC/70/38, Trieste, 1970.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

414. Salwi D.M. Large earthquakes wobble earth, Sci., Report., № 3, 1977, p.176-178.
415. Sánchez N, Zichichi A, de Sabbata V. *Gravitational and Modern Cosmology* Kluwer Academic. Plenum Publishers, Hardbound, 1992, 228 pp.
416. Sanjeev Dhurandhar, Thanu Padmanabhan. *Gravitation and Cosmology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Hardbound, April 1997, 316 pp.
417. Sanders A., Deeds W.E. Phys. Rev. D., 1992, v.46, p.489. Stacey F.D., Tuck G.J. *Geophysical evidence for non – newtonian gravity*. Nature, v.292, 1981, p.230-238.
418. Starostenko V.I., Geiko V.S. Kendzera A.V. and others. The disastrous earthquake of 26 December 2004 near the shores of Sumatra: reasons, consequences, lessons. *Geophysical journal*. 2005, v.27. N 6, pp.940-961.
419. Schuster A. On the investigation of hidden periodicities, *Terrestr, Magn*, 3, 1898, 13-14.
420. Schuster A. The periodogram and its optimal analogie, *Roc. Roy. Soc*, 77 (1906), 136.
421. Shuster A. On the investigation of hidden periodicities, *Terrest, Magn*, 3, 1898, p.13-41.
422. Shimshoni M., Dishon M. On the cause of sidereal periodicities ties in earthquake occurrences. – *J. Geophys. Res.*, 80, № 32, 1975, p.4497-4498.
423. Simkin T. et al. *Volcanoes of the World*. Stroudsburg, Renn., USA: Hutchinson Ross Publ. Comp., 1981, 233 p.
424. Simpson I.F. Earth tides a triggering mechanism for earthquakes. – *Earth and Planetary Sc. letters*, v.2, № 5, 1967, p.473-478.
425. Simpson I.F. Solar activity as a triggering mechanism for earthquakes. *Earth and Planet. Sci. letter*, 1968, v.3, № 5, p. 417-425.
426. Slaucitajs L. Periodicities in geomagnetic secular variation at Hololulu. *Hawaii Inst.Geophys. Univ.*, 6, 1966, p.1.
427. Stille H. *Grundfragen der vergleichenden Tektonic*. 1924.
428. Stille H. *Nochmals die Frage der Episodizität und Gleichzeitigkeit der orogenen Vorgänge*// *Geol. Rdsch.*1950.Bd.38.H.2.
429. Schneider I/ Enfin un autre système solaire// *La Recherche*. 1999, vol. 321, N6, p.28-29.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

430. Shepherd D.S., Claussen M.J., Kurtz S.E. Evidence for a solar system-size accretion disk around the massive protostar G 192. 16-3.82// *Science*. 2001, vol.292, p.1513-1518.
431. Sorokhtin O.G. Early stages in the development of the Earth-Moon systems// *Astron. Astrophys. Transactions*. 2001, vol19, p. 817-845.
432. Spudis P.D. What is the Moon made of ??// *Science*, 2001, vol. 293, p.1779-1781.
433. Stevenson D.J. Jupiter and its moons// *Science*. 2001, vol.294, p.71-74. Stokes G. Procued. Roy. Soc. 29, 122, 1877, p.303.
434. Stoyko A., Stoyko N. Roration de la terra, phenomenes geophysiques et activite du soleil. – *Bull.Cl.Sci.Acad.Poy.Belg.*, t.55, 1969, p.279-285.
435. Stokes G. Procued. Roy. Soc. 29 (1877), 122, 303.
436. Stakhovsky I.R., Belousov T.P. Statistical relations between scaling characteristics of fault and seismic fields. *Journal of Earthquake Prediction Research*. V.5, № 4, 1996, pp.505-524.
437. Sytinaskiy A.P. *Geomagn. Aeron.* 3:120, 1963.
438. Schawan W. Hoherunkte der Geodynamik bei alpinotyper Orogenese und bei Ocean-floor spreading bzw. Plattebewegungen// *Ztschr. Dt Geol.Ges.* 1977. Bd.128.s. 143-152.
439. Smithies R.H. The Archaean tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG) series are not an analogue of Cenozoic adakite// *Earth Planet. Sci., Lett.* 2000, vol. 182, p.115-125.
440. Sheridan R.E. Pulsation tectonics as a control the dispersal and assembly of supercontinents // *J. Geodyn.* 1997. N ¾. P. 173-196.
441. Takagi S. The earthquakes are not produced by occurrence of fault. “*Pap.Meteorol.and Geophys*”, 25, № 2, 1974, p.111-123.
442. Teller E. On the change of Physical Constants. “*Phys. Rev.*”, v.73, 1948, p.801.
443. Trumpl R. The timing of orogenic events in the Central Alps// *Gravity and tectonics*. N.-Y.: Wiley, 1973. p.229-251.
444. USGS Earthquakes Hazards Program. Significant Earthquakes of the World for 1985–2000. [http://neic.usgs.gov/neis/eglists/sig_19...._\(1985-2003\).pdf](http://neic.usgs.gov/neis/eglists/sig_19...._(1985-2003).pdf)
<http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2001/081.pdf>
445. Veilleux S., Cecil G., Bland-Hawthorn J. Colossal Galactic explosions // *Sci. Amer.* 1996, N 2, p.98-103.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

446. Wolszozan A., Frail D.A. A planetary system around the millisecond pulsar PSR 1257+12 // Nature. 1992, vol.355, p.145-147.
447. Worsley Th.R., Kidder D.L. First-order coupling of paleogeography and CO₂ with global surface temperature and its latitudinal contrast // Geology. 1991. Vol. 19. P. 1161-1164
448. Wichman R.W., Schultz P.H. A model for crustal subduction by large impact// Lunar et Planet. Sci. Abstr. Pap. Conf. Mart 12-16. Houston (Texas), 1990, vol. 21, p.1331-1332.
449. Wilde S.A., Valley J.W., Peck W.R., Graham C.M. Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and ocean on the Earth 4.4 Gyr ago// Nature, 2001, vol. 409, p.175-179.
450. Yale L., Carpenter S.J. Large igneous provinces and great dike swarms: proxies for supercontinent cyclicity and mantle convection // Earth Planet. Sci. Lett. 1998. Vol. 163. P. 109-122.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

СНОВНЫЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕРМИНЫ

АКУСТИКО - ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ (АГВ)

представляют собой распространение в атмосфере и ионосфере волнообразных возмущений естественного и искусственного происхождения. Примером естественных возмущений являются АГВ, распространяющиеся из авроральной области в средние широты.

В период возмущений в высоких широтах АГВ дают косвенную информацию о происходящих там процессах. Эти волны генерируются в области полярного овала и распространяются под углом ≈ 45 градусов с северо-запада на юго-восток в утреннем секторе и с северо-востока на юго-запад в вечернем секторе. При этом, в случае достаточно высокой концентрации электронов, вариации фазы Фарадеевских замираний, являются более чувствительным индикатором возмущений и дают лучшее пространственно-временное разрешение. В период высокой солнечной активности, возмущения такого типа наблюдаются достаточно регулярно.

Аналогичный тип волновых ионосферно-атмосферных возмущений также называют **внутренними гравитационными волнами** (ВГВ). Ряд исследователей считают, что ВГВ могут вызываться волновыми явлениями в литосфере Земли, в частности, так называемыми сейсмогравитационными волнами (см. сейсмогравитационные волны).

Несмотря на некоторое сходное созвучье, АГВ и ВГВ с гравитационными волнами, этот тип волн по своей природе не имеет никакого отношения к гравитационным волнам, предсказанным А.Эйнштейном.

ГЕОДИНАМИКА – наука о процессах развития твердой Земли. Процессы эти носят характер, с одной стороны, физико-химических преобразований, а с другой – механических, в широком смысле, движений и деформаций.

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ – процессы в твердой Земле физико-химического и механического характера, отражающие пространственно-временную динамику различных энергетических проявлений в Земле, например, деформации земной коры,

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

конвективные потоки в мантии, движения литосферных плит, землетрясения и извержения вулканов и т.д.

ГИПОЦЕНТР ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ (фокус землетрясения) - центр очага землетрясения (см. очаг землетрясения).

ГРАВИТАЦИОННАЯ ПОСТОЯННАЯ – обозначается буквой G , коэффициент пропорциональности в законе тяготения Ньютона. Как известно, между двумя массами по 1 кг каждая, удаленными на расстоянии 1 м друг от друга, существует сила притяжения, вызывающая у каждой массы ускорение, равное $6,667 \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$ и направленное от одной массы к другой. Это значение и является гравитационной постоянной G .

ГРАВИТАЦИОННАЯ ЭНЕРГИЯ – гравитационная энергия тел, обусловленная их гравитационным взаимодействием. Термин «гравитационная энергия» широко применяется в астрофизике. Гравитационная энергия какого-либо массивного тела (звезды, облака межзвездного газа), состоящего из частиц, взаимодействующих с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния, в 2 раза больше по абсолютному значению кинетической энергии поступательного теплового движения частиц тела (это следует из так называемой теоремы вириала).

ГРАВИТАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ – универсальное, присущее всем видам материи, взаимодействие, самое слабое из фундаментальных взаимодействий элементарных частиц; имеет характер притяжения.

ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ (ПОЛЕ ТЯГОТЕНИЯ) – физическое поле, создаваемое любыми физическими объектами; через гравитационное поле осуществляется гравитационное взаимодействие тел.

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ – переменное гравитационное поле, свободно распространяющееся в пространстве со скоростью света и проявляющееся в возникновении относительных ускорений тел. Гравитационные волны крайне слабо взаимодействуют с веществом, и считается, что в настоящее время они не обнаружены с высокой степенью достоверности. Гравитационные волны были предсказаны А.Эйнштейном в 1916 году в работе по общей теории относительности.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

В январе 2003 года Эд Фомалоном из Национальной радиоастрономической обсерватории США в г. Шарлоттсвиль (Штат Вирджиния) и Сергеем Копейкиным из университета Миссури, было впервые экспериментально установлено, что скорость гравитационного взаимодействия равна скорости света, что также было предсказано Альбертом Эйнштейном. Поскольку непосредственно измерить скорость распространения гравитационных волн, в настоящее время, технически не представляется возможным, С.Копейкин с помощью математического аппарата теории относительности, получил выражение, описывающее гравитационное поле движущегося тела через его массу, скорость движения и скорость распространения гравитационных волн. В результате оказалось возможным определить скорость передачи гравитации, измеряя гравитационное поле массивного небесного тела (планеты Юпитер), скорость орбитального движения которого и масса известны / New Scientist, 2003/.

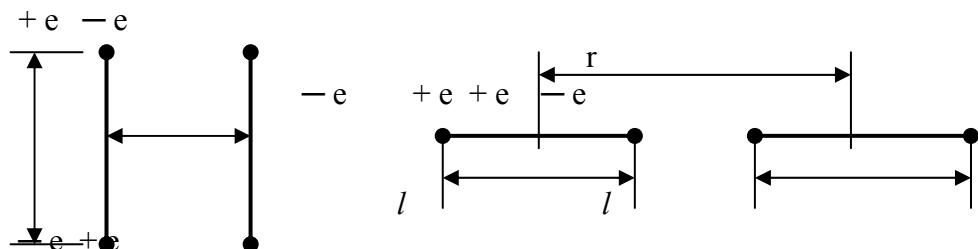
ДЕТЕКТОР ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН – прибор, предназначенный для регистрации гравитационных волн. Впервые детектор гравитационных волн, был построен и введен в действие Дж.Вебером из Мэрилендского университета. Существует несколько типов детекторов гравитационных волн, использующих различные физические принципы, в числе которых: резонансные детекторы, наземные лазерные интерферометры, космические лазерные интерферометры, сферические детекторы и торсионные детекторы (детектор Халилова). Описание принципов действия данных детекторов приведены в настоящей монографии.

ИНТЕРФЕРЕНЦИОННАЯ КАРТИНА - регулярное чередование областей повышенной и пониженной интенсивности света, получающееся в результате наложения *когерентных* световых пучков, т.е. в условиях постоянной (или регулярно меняющейся) разности фаз между ними. Для сферической волны, максимальная интенсивность, наблюдается при разности фаз, равной четному числу полуволн, а минимальная – при разности фаз, равной нечетному числу полуволн.

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ВОЛН – сложение в пространстве двух или нескольких волн, при котором в разных его точках получается усиление или ослабление амплитуды результирующей волны. Интерференция характерна для волн любой природы. При интерференции

волн, результирующее колебание в каждой точке, представляет собой геометрическую сумму колебаний, соответствующих каждой из складывающихся волн. Этот так называемый *суперпозиции принцип*, соблюдается обычно с большой точностью. Интерференция волн возможна, только в случае, если они *когерентны*.

КВАДРУПОЛЬ – электрически нейтральная система заряженных частиц, которую можно рассматривать как совокупность двух диполей с равными по величине, но противоположными по знаку дипольными моментами, расположенных на некотором расстоянии r друг от друга. Основная характеристика квадруполя – его квадрупольный момент Q (для квадроуполей, изображенных на рисунке, $Q = 2ela$, где e – абсолютная величина электрического заряда, l – размер диполей).



Примеры относительного расположения диполей в квадруполе.

На больших расстояниях R от квадруполя, напряженность электрического поля E , убывает обратно пропорционально R^4 , а зависимость E , от зарядов и их расположения, описывается в общем случае, набором из пяти независимых величин, которые вместе составляют квадрупольный момент системы.

КВАДРУПОЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ – взаимодействие систем заряженных частиц, обусловленное наличием у этих систем квадрупольного момента.

Квадрупольное взаимодействие существенно для взаимодействия атомов на больших расстояниях, если квадрупольный момент обоих атомов отличен от нуля. Энергия квадрупольного взаимодействия атомов (не обладающих электрическим дипольным моментом), убывает с увеличением расстояния R пропорционально $1/R^5$, в то время, как энергия взаимодействия дипольных моментов, наводимых в этих ато-

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности*. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

максимальное значение их взаимной поляризуемости, меняется с расстоянием пропорционально $1/R^6$.

КОГЕРЕНТНОСТЬ – согласованное протекание во времени и в пространстве нескольких колебательных или волновых процессов, проявляющееся при их сложении. Колебания называются *когерентными*, если разность их фаз остается постоянной (или закономерно изменяется) во времени и при сложении колебаний определяет амплитуду суммарного колебания.

МАГНИТУДА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – более универсальная и физически обоснованная характеристика землетрясения, чем интенсивность. Она характеризуется максимальной амплитудой записи, полученной сейсмографом стандартного типа на фиксированном расстоянии от эпицентра землетрясения. Первая шкала магнитуд была изобретена в 1935 году американским профессором Чарльзом Фрэнсисом Рихтером (1900-1985) и носит его имя. В настоящее время используется несколько магнитудных шкал. В шкале локальных магнитуд (первоначальная шкала Рихтера) за магнитуду толчка принимается величина $ML = \lg A_{max}$, где A_{max} – максимальная амплитуда колебаний (в мкм) по записи стандартного короткопериодного (0,8 с) крутильного сейсмографа на эпицентральном расстоянии 100 км.

При осуществлении оценки удаленных землетрясений (более 2000 км от эпицентра), где короткопериодные сейсмографы не эффективны, используется телесейсмическая магнитудная шкала для поверхностных волн с периодом 18 – 22 с:

$$M_S = \lg (A/T) + 1,66 \lg D + 3,30,$$

где A – максимальная амплитуда колебаний почвы (в мкм), T – соответствующий период колебаний (в секундах), D – расстояние до эпицентра (в градусах).

Между тем, глубокие землетрясения не вызывают поверхностных волн, в связи с чем американский сейсмолог Бено Гутенберг (1889-1960) предложил для землетрясений с расстоянием от их эпицентров до регистрирующих станций 600 – 2000 км унифицированную магнитуду, определяемую по амплитуде объемных (обычно продольных) волн с периодом 4-5 с:

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

$$mb = \lg (A/T) + Q(D, h),$$

с учетом поправки Q , зависящей кроме эпицентрального расстояния и от глубины гипоцентра землетрясения h .

МЕТРИКА ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ – в теории относительности, задает расстояния (интервалы) между точками пространства-времени (событиями) и, таким образом, полностью определяет геометрические свойства четырехмерного пространства-времени.

ОЧАГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ - область внутри Земли, где под влиянием внутренних причин внезапно выделяется потенциальная энергия, вызывающая излучение сейсмических волн и как следствие землетрясение.

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ (ОТО) – современная физическая теория пространства, времени и тяготения. Окончательно сформулирована Эйнштейном в 1915 г. В основе ОТО, лежит теоретически и экспериментально доказанный, факт равенства инертной массы (входящей во второй закон Ньютона) и гравитационной массы (входящей в закон тяготения) для любого тела, приводящий к принципу эквивалентности.

Равенство инертной и гравитационной масс проявляется в том, что движение тела в поле тяготения не зависит от его массы. Это позволяет ОТО трактовать тяготение, как искривление пространственно-временного континуума. Таким образом, ОТО, является теорией тяготения, построенной на основе теории относительности.

Основы частной теории относительности, были заложены А.Эйнштейном в 1905 г. и содержат следующие основополагающие принципы:

1. Принцип относительности:

Все инерциальные системы отсчета эквивалентны друг другу в отношении постановки в них любых физических экспериментов. Т.е. равномерное и прямолинейное движение такой лабораторной системы никак не отражается на результатах проводимых в ней опытов, если она не ускоряется и не вращается. Все равномерно движущиеся друг относительно друга наблюдатели, из результатов своих экспериментов, должны вывести одни и те же физические законы.

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

2. Постоянство скорости света – ничто не может двигаться быстрее скорости света – 300 000 км/сек. Результаты измерения места и времени одного и того же события, полученные наблюдателями, находящимися в равномерном относительном движении, связаны между собой соотношениями, которые называются преобразованиями Лоренца.

3. Сокращение длины. Как отмечали ранее Лоренц и Фицджеральд, движение любого объекта, влияет на измеренную величину его длины. Если тело с наблюдателем, движется мимо неподвижного наблюдателя, с определенной скоростью, то неподвижному наблюдателю, покажется длина движущегося тела короче истинной на величину, зависящую от скорости движения тела.

В то же время, для наблюдателя, находящегося на движущемся теле, покажется уменьшение длины тела неподвижного наблюдателя.

4. Замедление времени.

В быстро движущемся объекте время течет медленнее, чем в неподвижном.

5. Увеличение массы.

Масса движущегося тела, с точки зрения неподвижного наблюдателя, оказывается больше массы покоя того же тела. Чем ближе скорость тела к скорости света, тем больше его масса, и при равенстве скорости света, масса становится бесконечно большой. Поэтому, чтобы разогнать до скорости света чрезвычайно малую массу, потребуется бесконечно большая энергия.

6. Эквивалентность массы и энергии.

Масса может превращаться в энергию, а энергия в массу.

Если какая-то масса превращается в энергию, то количество вы-свобожденной энергии равна: $E = mc^2$.

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ - категории, обозначающие основные формы существования материи. Пространство, выражает порядок существования отдельных объектов, время – порядок смены (последовательности) явлений.

Специальная теория относительности выявила зависимость пространственных и временных характеристик объектов от скорости их движения относительно определенной системы отсчета и объединила пространство и время в единый четырехмерный **пространственно-временной континуум – пространство-время**.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ - упругие колебания распространяющиеся в слоях Земли и несущие упругую энергию землетрясения. При землетрясениях излучаются два основных типа сейсмических волн – продольные P - волны, по физической сути напоминающие акустические волны. При ее прохождении, каждая частица породы перемещается вперед и назад вдоль направления движения волны. Таким образом, среда попеременно испытывает ряд сжатий и растяжений. Вторым типом сейсмической волны, излучаемой очагом землетрясения, является поперечная S – волна. При прохождении поперечной волны, частицы породы перемещаются перпендикулярно к направлению, в котором она распространяется. Скорость продольной волны выше поперечной, поэтому она всегда подходит к поверхности земли раньше поперечной. Однако, поперечная волна является значительно более разрушительной для зданий и сооружений, чем продольная.

СЕЙСМИЧНОСТЬ – характеризует степень подверженности территории землетрясениям. Сейсмичность региона характеризуется распределением землетрясений по площади, повторяемостью землетрясений разной силы во времени, характером разрушений и деформаций и площадью разрушений, связью очагов землетрясений с геологическим строением.

СЕЙСМОГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ - это такие движения Земли, при которых на ее поверхности возникают сравнимые по величине инерциальные и гравитационные ускорения.

Так называемые сейсмогравитационные колебания Земли регистрируются специальными длиннопериодными сеймографами и имеют период 0,5 – 4 часа. В указанный диапазон, также попадают собственные колебания Земли, имеющие период около 54 мин. Ряд авторов считают, что и более длиннопериодные колебания, также отражают собственные колебания Земли.

Сейсмогравитационные колебания обычно наблюдаются в отсутствие сильных землетрясений и интерес к ним в исследованиях литосферно-ионосферных связей, прежде всего, связан с установленной экспериментально глобальной интенсификацией колебаний перед сильными землетрясениями. В то же время, согласно измерениям, сейсмогравитационные колебания выступают, как источник сопутствующих им колебаниям атмосферы.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

Сейсмогравитационные волны, также по своей природе, не имеют никакого отношения к гравитационным волнам.

СЕЙСМОГРАММА – автоматическая запись на различных носителях информации (светочувствительной бумаге, магнитной ленте, жестких дисках, лазерных *CD*, *DVD* – дисках и т.д.) колебаний сейсмоприемников.

СЕЙСМОПРИЕМНИК – электромеханический прибор для преобразования воспринимаемых им механических колебаний почвы в электрические сигналы.

СИЛА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – отражает интенсивность толчка, являющуюся мерой оценки разрушений, вызванных землетрясением. Максимальное число градаций сотрясения в современных шкалах интенсивностей – двенадцать (их называют баллами). Наиболее распространены модифицированная шкала Меркалли (ММ) и Международная шкала MSK (Медведев – Спонейер-Карник). Шкалы, отражающие силу (интенсивность) землетрясения, достаточно условны и их точность в определенной степени, зависит от ряда субъективных факторов: качества строительства, плотности застройки территории, плотности населения и т.д.

СКАЛЯРНОЕ ПОЛЕ – поле физическое, которое описывается функцией, в каждой точке пространства не изменяющейся при повороте системы координат. В квантовой теории поля, квантами скалярного поля, являются частицы со спином 0. По поведению относительно пространственной инверсии, скалярные поля делят на собственно скалярные, если полевая функция не меняет знака при инверсии, и псевдоскалярные, если меняет. Отвечающие им частицы имеют, соответственно, положительную и отрицательную внутреннюю четность и называются скалярными и псевдоскалярными.

ЭНЕРГИЯ – общая количественная мера движения и взаимодействия всех видов материи. Энергия не возникает из ничего и не исчезает, она может только переходить из одного вида в другой.

ЭНЕРГИИ СОХРАНЕНИЯ ЗАКОН (Э.С.З.) один из наиболее фундаментальных законов природы, согласно которому важнейшая физическая величина – энергия, сохраняется в изолированной системе.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

В изолированной системе энергия может переходить из одной формы в другую, но ее количество остается постоянным.

Э.С.З. для механических процессов установлен Г.В.Лейбницем (1686 г.), для немеханических явлений – Ю.Р.Майером (1845 г.), Дж.П.Джоулем (1843-1850) и Г.Л.Гельмгольцем (1847 г.).

В термодинамике Э.С.З. назван первым началом термодинамики.

До создания А.Эйнштейном специальной теории относительности (1905 г.), законы сохранения массы и энергии существовали, как два независимых закона. В теории относительности они были слиты воедино.

ЭНЕРГИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – для расчетов высвобожденной при землетрясении упругой энергии, с 1956 года, пользовались эмпирической зависимостью Гутенберга-Рихтера:

$$Lg E = 11,8 + 1,5 M_S$$

где энергия Е выражена в эргах, несмотря на то, что телесейсмическая магнитуда M_S , рассчитывается по амплитудам волн в узком частотном диапазоне и игнорирует высокочастотные составляющие толчка. Современные же цифровые сейсмографы чувствительны к колебаниям, обладающим периодами 0,1 – 100 с, что делает возможным определение потока упругой энергии в широком частотном диапазоне.

Зависимость между энергией упругих волн в джоулях и магнитудой землетрясения, не вполне однозначна, но в настоящее время большинство сейсмологов использует уравнение, предложенное Маркусом Батом:

$$Log E = 5,24 + 1,44 M_S (\text{Дж}),$$

Значения магнитуд по шкалам M_L и m_S вначале должны быть преобразованы с помощью следующих уравнений:

$$m = 1,7 + 0,8 M_L + 0,01 M_L^2 ;$$

$$m = 0,56 M_S + 2,9.$$

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9

При увеличении магнитуды землетрясения на единицу, его энергия возрастает, примерно в 32 раза (в то время, как амплитуда колебаний земной поверхности в 10 раз). При самых сильных землетрясениях с магнитудой около 9, излучается энергия, равная $1,6 \times 10^{18}$ Дж, что можно сравнить с взрывом 300 мегатонной атомной бомбы.

Энергия, выделяемая землетрясением с магнитудой 8,9, могла бы обеспечить электроэнергией город, с населением 100 тыс. человек в течение 600 лет.

ЭПИЦЕНТР ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – проекция гипоцентра землетрясения на поверхность Земли.

ЭПИЦЕНТРАЛЬНАЯ ОБЛАСТЬ – проекция очага землетрясения на поверхность Земли.

ЭПИЦЕНТРАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ – расстояние, между эпицентром землетрясения и рассматриваемой точкой, измеренное вдоль поверхности Земли. Выражается в линейных (км) или угловых (градус) величинах.

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

НЕКОТОРЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Наименование	Значение
Площадь поверхности Земли	$5 \cdot 10^{18} \text{ см}^2$
Радиус Земли:	
Экваториальный	6 378 164 м
Полярный	6 356 799 м
Средний	6 371 030 м
Масса Земли	$5,976 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Радиус Солнца	$6,9599 \cdot 10^8 \text{ м}$
Масса Солнца	$1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Светимость Солнца	$3,826 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
Масса Луны	$7,35 \cdot 10^{22} \text{ кг}$
Средний радиус Луны	1737 530 м
Среднее расстояние между Землей и Луной	$3,84400 \cdot 10^5 \text{ м}$
Минимальное расстояние от Земли до Марса (27 августа 2003 г)	$5,6 \cdot 10^7 \text{ м}$
Масса Марса	$6,4 \cdot 10^{23} \text{ кг}$
Астрономическая единица (среднее расстояние от Земли до Солнца)	$1,49597870 \cdot 10^{11} \text{ м}$
Парсек	$3,085678 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ

Гравитационная постоянная	$G = 6,6720 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
Скорость света в вакууме	$c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 1,25663706144 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85418782 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Постоянная Планка	$h = 6,626176 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Масса покоя электрона	$m_e = 9,109534 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Масса покоя протона	$m_p = 1,6726485 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя нейтрона	$m_n = 1,6749543 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Заряд электрона	$E = 1,6021892 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Атомная единица массы	$1,660565 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Постоянная Авогадро	$N_A = 6,022045 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Постоянная Фарадея	$F = 96484,56 \text{ Кл/моль}$
Молярная газовая постоянная	$R = 8,31441 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
Постоянная Больцмана	$k = 1,380662 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Нормальный (молярный) объем	$V_0 = 2,241 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{моль}$
идеального газа при нормальных условиях	
Нормальное атмосферное давление	$P_{\text{атм.}} = 101325 \text{ Па}$
Радиус первой боровской орбиты	$A_0 = 5,2917706 \cdot 10^{-11} \text{ м}$
Ускорение свободного падения	$g = 9,80665 \text{ м/с}^2$

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

ПЛОТНОСТЬ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Твердое тело	Плотность, кг/м ³	Твердое тело	Плотность, кг/м ³
Алюминий	$2,7 \cdot 10^3$	Медь	$8,9 \cdot 10^3$
Барий	$3,5 \cdot 10^3$	Никель	$8,9 \cdot 10^3$
Ванадий	$6,0 \cdot 10^3$	Свинец	$11,3 \cdot 10^3$
Висмут	$9,8 \cdot 10^3$	Серебро	$10,5 \cdot 10^3$
Железо	$7,8 \cdot 10^3$	Цезий	$1,9 \cdot 10^3$
Литий	$0,53 \cdot 10^3$	Цинк	$7,1 \cdot 10^3$

ПЛОТНОСТЬ ЖИДКОСТЕЙ

Жидкость	Плотность, кг/м ³	Жидкость	Плотность, кг/м ³
Вода (при 4°C)	$1,00 \cdot 10^3$	Ртуть	$13,6 \cdot 10^3$
Глицерин	$1,26 \cdot 10^3$	Спирт	$0,80 \cdot 10^3$
		Сероуглерод	$1,26 \cdot 10^3$

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

ПЛОТНОСТЬ ГАЗОВ (ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ)

Газ	Плотность, кг/м ³	Газ	Плотность, кг/м ³
Водород	0,09	Гелий	0,18
Воздух	1,29	Кислород	1,43

УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ

Металл	Удельное сопротивление, Ом·м	Металл	Удельное сопротивление, Ом·м
Железо	$9,8 \cdot 10^{-8}$	Медь	$1,7 \cdot 10^{-8}$
Нихром	$1,1 \cdot 10^{-6}$	Серебро	$1,6 \cdot 10^{-8}$

ЭНЕРГИЯ ИОНИЗАЦИИ

Вещество	Дж	эВ
Водород	$2,18 \cdot 10^{-18}$	13,6
Гелий	$3,94 \cdot 10^{-18}$	24,6
Ртуть	$1,66 \cdot 10^{-18}$	10,4
Литий	$8,62 \cdot 10^{-17}$	5,39

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

ПОДВИЖНОСТЬ ИОНОВ В ГАЗАХ, $\text{M}^2/(\text{B}\cdot\text{C})$

Газ	Положительные ионы	Отрицательные ионы
Азот	$1,27 \cdot 10^{-4}$	$1,81 \cdot 10^{-4}$
Водород	$5,4 \cdot 10^{-4}$	$7,4 \cdot 10^{-4}$
Воздух	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$

ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Вещество	Показатель
Вода	1,33
Глицерин	1,47
Стекло	1,5
Алмаз	2,42

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

РАБОТА ВЫХОДА ЭЛЕКТРОНОВ

Металл	Дж	эВ
Калий	$3,5 \cdot 10^{-19}$	2,2
Литий	$3,7 \cdot 10^{-19}$	2,3
Платина	$10 \cdot 10^{-19}$	6,3
Рубидий	$3,4 \cdot 10^{-19}$	2,1
Серебро	$7,5 \cdot 10^{-19}$	4,7
Цезий	$3,2 \cdot 10^{-19}$	2,0
Цинк	$6,4 \cdot 10^{-19}$	4,0

МАССА И ЭНЕРГИЯ ПОКОЯ НЕКОТОРЫХ ЧАСТИЦ

Частица	m_0		E_0	
	кг	а.е.м.	Дж	МэВ
Электрон	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,00055	$8,16 \cdot 10^{-14}$	0,511
Протон	$1,672 \cdot 10^{-27}$	1,00728	$1,50 \cdot 10^{-10}$	938
Нейтрон	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1,00867	$1,51 \cdot 10^{-10}$	939
Дейтрон	$3,35 \cdot 10^{-27}$	2,01355	$3,00 \cdot 10^{-10}$	1876
α -частица	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00149	$5,96 \cdot 10^{-10}$	3733
Нейтральный π -мезон	$2,41 \cdot 10^{-28}$	0,14498	$2,16 \cdot 10^{-11}$	135

ВНЕСИСТЕМНЫЕ ЕДИНИЦЫ

Наименование величины	Единица		
	Название	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
<i>a) Допущенные к применению наравне с единицами СИ</i>			
Масса	Тонна	т	$1 \text{ т} = 10^3 \text{ кг}$
Время	минута час Сутки	мин ч сут	$1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$ $1 \text{ ч} = 3600 \text{ с}$ $1 \text{ сут} = 86400 \text{ с}$
Плоский угол	градус минута Секунда	\dots° \dots' \dots''	$1^\circ = 1,75 \cdot 10^{-2}$ рад $1' = 2,91 \cdot 10^{-4}$ рад $1'' = 4,85 \cdot 10^{-6}$ рад
Площадь	Гектар	га	$1 \text{ га} = 10^4 \text{ м}^2$
Объём	Литр	л	$1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$
Относительная величина	процент промилле Миллионная Доля	$\%$ $\%$ ₀ млн^{-1}	$1\% = 10^{-2}$ $1\%_0 = 10^{-3}$ $1 \text{ млн}^{-1} = 10^{-6}$
Температура Цельсия	градус Цельсия	°C	$1^\circ\text{C} = 1 \text{ K}$
Логарифмическая величина	бел декибел	Б дБ	—

<i>б) Допущенные к применению временно</i>			
Длина	ангстрем	А	$1 \text{ A} = 10^{-10} \text{ м}$
Масса	центнер	Ц	$1 \text{ ц} = 100 \text{ кг}$
Частота вращения	оборот в секунду Оборот в минуту	об/с об/мин	$1 \text{ об/с} = 1 \text{ с}^{-1}$ $1 \text{ об/мин} =$ $1/60 \text{ с}^{-1} =$ $0,0167 \text{ с}^{-1}$
Сила (вес)	килограмм-сила тонна-сила	кгс тс	$1 \text{ кгс} = 9,81 \text{ Н}$ $1 \text{ тс} = 9,81 \cdot 10^8 \text{ Н}$
Давление	Килограмм-сила на квадратный сантиметр (техническая атмосфера) миллиметр водяного столба миллиметр ртутного столба бар	кгс/см ² (ат) мм вод.ст. мм рт.ст. бар	$1 \text{ кгс/см}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$ $1 \text{ мм вод.ст.} = 9,81 \text{ Па}$ $1 \text{ мм рт.ст.} = 133 \text{ Па}$ $1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$
Напряжение (механическое)	килограмм-сила на квадратный Миллиметр	кгс/мм ²	$1 \text{ кгс/мм}^2 = 9,81 \cdot 10^6 \text{ Па}$
Мощность	лошадиная сила	л.с.	$1 \text{ л.с.} = 737 \text{ Вт}$

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. *Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9*

Теплота	Калория	кал	1 кал = 4,19 Дж
Доза излучения	Рад	рад	1 рад = 0,01 Дж/кг
Мощность дозы излучения	рад в секунды	рад/с	1 рад/с = 0,01 Вт/кг
Экспозиционная доза фотонного излучения	рентген	Р	1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг
Активность изотопа	кори	Ки	1 Ки = $3,700 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$

в) Допущенные к применению в специальных разделах физики и астрономии

Длина	икс-единица Астрономическая единица Световой год парсек	X а.е. св.год пк	1 X = $1,00 \cdot 10^{-13}$ 1 а.е. = $1,50 \cdot 10^{11}$ м 1 св.год = $9,46 \cdot 10^{15}$ м 1 пк = $3,09 \cdot 10^{16}$ м
Масса	атомная Единица массы	а.е.м.	1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг
Площадь	барн	б	1 б = 10^{-28} м ²
Энергия	электрон-вольт	эВ	1 эВ = $1,60 \cdot 10^{-19}$ Дж

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Постранственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9



Science Without Borders[®]
International Scientific Publishing House

**Хайн Виктор Ефимович
Халилов Эльчин Нусрат оглы**

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
СЕЙСМИЧЕСКОЙ И ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

ISBN 978-9952-451-00-9

*Научный Редактор: Dr. Allen Simpson (USA)
Технический редактор: Н.А.Лыгина
Иллюстратор: Г.К.Оксридски*

Bulgaria, Burgas - 2008

Хайн В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9



Science Without Borders
International Scientific Publishing House

**Khain Victor Yefimovich
Khalilov Elchin Nusrat**

SPACE-TIME REGULARITIES OF SEISMIC AND
VOLCANIC ACTIVITY

ISBN 978-9952-451-00-9

*Scientific editor: Dr. Allen Simpson (USA)
Technical editor: N.A. Ligina
Illustrator: G.K. Oxridski*

Bulgaria, Burgas - 2008

Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Burgas, SWB, 2008. ISBN 978-9952-451-00-9



**International Publishing House “SWB”,
(UK, Bulgaria, Turkey, Czechia)**
Central office: city of Bourgas, 15-B “Khan Krum” Street
www.swbisis.org
e_mail: publisher_swb@yahoo.com

*Date of an order: 05.06.2008
Order: 101/08
Book size: 70 x 100/16
Offset printing
Conventional printer's sheet: 19,0
Copies of the book were printed: 2,000*

ISBN 978-9952-451-00-9

