

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7216462>
УДК 551.24

СЕЙСМОДИНАМИКА ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ НА РАЗНЫХ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛАХ

И.С. Подымов,

внс, лаборатория Экологии

Т.М. Подымова,

нс, лаборатория Литодинамики и геологии,

ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН»,

г. Москва

Аннотация: Статья посвящена исследованиям вариаций сейсмодинамики планеты Земля на разных временных интервалах и поиску причинно-следственных связей, поясняющих закономерность их проявления. Рассмотрена вариация сейсмических аномалий на годовом интервале, а также динамика глобальных аномалий на 17-летнем интервале. Для аномалий с годовой цикличностью представлена гипотеза сейсмической нестабильности на этом интервале. Рассчитанная математическая модель для глобальных аномалий с длительным временным интервалом цикличности показала, что, если на планете не произойдет никаких изменений, к 2050 году сейсмоактивность увеличится почти в 200 раз. Это неминуемо приведет к разнообразным катастрофам глобального масштаба. Для анализа и построения моделей использованы материалы Европейско-Средиземноморского Сейсмологического Центра (сейсмоданные) и Института океанологии (метеоданные и данные радиологической обстановки).

Ключевые слова: сейсмическая активность, природные аномалии, радон, математическая модель, геотектоника, планета Земля

SEISMODYNAMICS OF THE EARTH PLANET DURING DIFFERENT TIME INTERVALS

I.S. Podymov,

Leading researcher, the laboratory of Ecology,

T.M. Podymova,

Scientific researcher, the laboratory of Lithodynamics and geology,

Institute of oceanology RAS named after P.P. Shirshov,

Moscow

Annotation: The article is devoted to the study of variations in the seismodynamics of the planet Earth at different time intervals and search for cause-and-effect relationships that explain the regularity of their manifestation. The variation of seismic anomalies for the annual interval, as well as are considered the dynamics of global anomalies for 17-years. The hypothesis for cyclically of annual seismic instability presented. The calculated mathematical model for anomalies with a long-time interval of cyclically showed, if no changes occur at the planet, by 2050 the seismic activity of Earth would increase by almost 200 times. It will inevitably lead to various catastrophes on a global scale. The materials of the European-Mediterranean Seismological Centre (seismic data) and the Institute of Oceanology (meteorological data and radiological situation data) were using for the analysis and construction of models.

Keywords: seismic activity, natural anomalies, radon, mathematical model, geotectonic, Earth planet

Длительный непрерывный мониторинг геофизических процессов в прибрежной зоне Российского сектора Черного и Азовского морей начался в 2011 году, после обширных неотектонических деформаций земной поверхности Таманского полуострова, произошедших в ночь с 29 на 30 апреля [1]. Целью организованных исследований стало изучение сейсмической стабильности региона и поиск закономерностей формирования локальных (территориально) деформаций земной коры, связанных с вариациями сейсmodинамики планеты Земля в целом.

В структуре строения планеты Земля по реологическим свойствам (способности вещества к вязкопластическому течению) выделяют: твердое внутреннее ядро, жидкое внешнее ядро, мантию, астеносферу (пластичный слой верхней части мантии) и литосферу (земную кору). Все геосферы (внутренние оболочки Земли) отличаются друг от друга составом и плотностью пород и находятся в активном взаимодействии. Литосфера разбита на литосферные плиты, которые как мозаика расположены на поверхности Земли. Границы литосферных плит выражены активной сейсмичностью и магматизмом. Подробно строение геосфер Земли представлено в [2].

Литосферные плиты находятся в постоянном движении. Строение литосферы Земли и ее эволюцию за время геологических процессов изучает тектоника. Существует ряд теорий тектоники плит. Но самый значительный вклад в развитие тектоники внес Альфред Вегнер в 1912 году [3]. Именно он предположил возможность значительных горизонтальных движений континентов. Его гипотеза легла в основу всех дальнейших исследований в этой области и была подтверждена спустя несколько десятилетий, благодаря разработке и совершенствованию методов и технических средств экспериментальных исследований. Хаотичное движение тектонических плит со времени образования планеты привело к формированию той структуры земной поверхности и атмосферы вокруг нее, которые мы наблюдаем в настоящее время.

Что же является движущей силой тектонических блоков? Если рассматривать Землю как отдельный физический объект, на который отсутствует влияние извне, главной движущей силой материков является конвекция. Это явление представляет собой процессы непрерывного движения веществ в земной толще. Температура в центральной части планеты превышает 5000°C . Слои, находящиеся в жидком внешнем ядре Земли, в процессе нагревания поднимаются. Слои из областей с более низкой температуры двигаются в обратную сторону, к центру планеты. Таким образом, в результате конвекции образуется непрерывное перемещение слоев различной температуры, что и приводит к движению тектонических (литосферных) плит. Однако необходимо отметить, что скорость их движения составляет, в среднем, 2-2,5 см/год. И если в этом процессе есть какая-то цикличность, то она может растянуться на многие тысячелетия.

Но планета Земля не является замкнутой системой. На тектонику планеты также оказывают влияние астрономические объекты и процессы, имеющие иную цикличность воздействия.

Вопрос об оперативном индикаторе сейсмической нестабильности планеты был решен в процессе проведения мониторинговых работ [4, 5]. Было показано, что индикатором общей сейсмической нестабильности планеты является количество происходящих на ней землетрясений, имеющих магнитуду $\geq 3,0$. С другой стороны, возникающие деформации земной поверхности приводят к изменениям ее проницаемости и увеличению эманации радона и миграции газов из недр. Можно сказать, что частотные характеристики колебаний радона в атмосфере отражают частоту колебаний земной коры и являются индикатором сейсмической активности. Статистическая обработка данных многолетнего сейсмического мониторинга позволила выявить закономерность сезонных вариаций тектонической нестабильности планеты, а также динамику глобальных аномалий на 17-летнем интервале.

Материалы и методы. Для проведения анализа использованы данные Европейско-Средиземноморского Сейсмологического Центра (EMSC) о произошедших на земном шаре землетрясениях [6]. Доступ к базе данных свободный. База включает данные о землетрясениях магнитудой $\geq 1,5$, произошедших с октября 2004 года. Текущий мониторинг землетрясений производился с помощью электронных ресурсов «Карта землетрясений» [7]. Оценка вклада магнитуды землетрясений в сейсмическую нестабильность планеты, на основании которой сделаны выводы о сезонных вариациях сейсродинамики, произведена разработанным авторами методом [4]. В этой же статье приведены данные о вариациях радона в приземном воздухе, использованные для разработки метода оценки сейсмической нестабильности планеты.

В приведенных далее результатах использованы материалы 2005-2021 года. Для оценки сейсмической нестабильности на годовом интервале выбран 2016 год по причине того, что с января этого года на стационарном посту Института океанологии был начат непрерывный высокочастотный мониторинг объемной активности радона (OAR) в приземной атмосфере. На настоящий момент, за

период почти семилетнего мониторинга, база данных о вариациях ОАР включает более 60000 значений.

Результаты и обсуждение. На первом этапе анализа был построен график (рис. 1) распределения по месяцам количества землетрясений на земном шаре, имеющих магнитуду $\geq 3,0$.

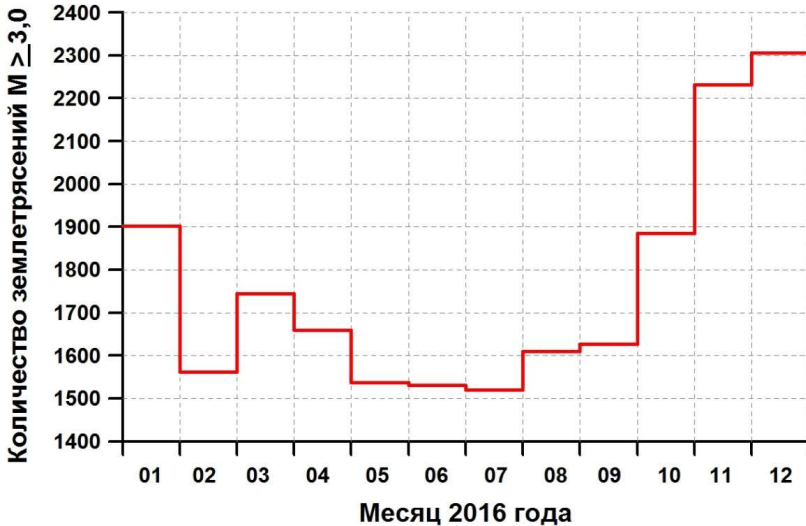


Рисунок 1 – Распределение по месяцам землетрясений магнитудой $\geq 3,0$

Несколько слов о магнитуде землетрясений. «Идеальная» энергетическая шкала магнитуды землетрясений описывается уравнением (1):

$$M = \frac{2}{3}(\lg E - 4,8), \quad (1)$$

где E – энергия землетрясения в джоулях;

M – сила землетрясения, магнитуд.

Отсюда сейсмическая энергия землетрясения E (в джоулях) равна:

$$E = 10^{(1,5M+4,8)}. \quad (2)$$

Сейсмическая энергия землетрясения в килотоннах тротилового эквивалента вычисляется по формуле: 1 килотонна $\approx 4,184 \cdot 10^{12}$ Дж. Из этих формул легко рассчитать энергию

землетрясения магнитудой 3,0. Она составляет, примерно, $4,8 \cdot 10^4$ килотонны.

На графике рисунка 1 видно, что минимальное количество землетрясений приходится на летний период, максимальное – на осенне-зимний. Сопоставляя сезонные вариации количества землетрясений и вариации ОАР за тот же период, мы пришли к выводу, что они связаны с положением земного шара относительно солнца. Поясним наши рассуждения с помощью рисунка 2.

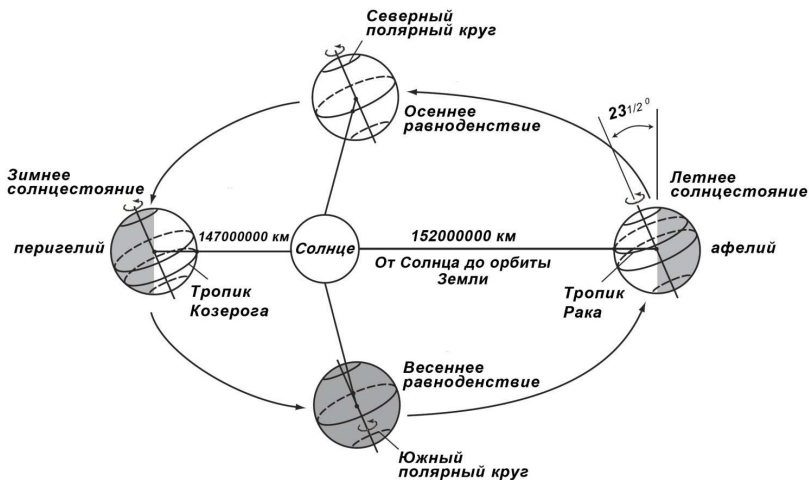


Рисунок 2 – Положение Земли в космосе относительно Солнца

Эллиптичность орбиты вращения Земли вокруг Солнца, а также наклон оси вращения Земли относительно плоскости земной орбиты, приводят к неравномерному распределению тепла и к смене времен года. Земля находится ближе всего к Солнцу в перигелии. В это время расстояние от Солнца до орбиты Земли меньше на 5 млн. км. Иначе говоря, в зимний период большая часть северного полушария находится с противоположной от Солнца стороны и на минимальном расстоянии от него. Континентальная кора (суша) северного полушария занимает 39 % от его поверхности, южного – 19 % (в южном полушарии преобладает водная поверхность). В зимний период силы притяжения Земли к Солнцу действуют на континентальную кору северного полушария через толщу земного

шара. Происходит дополнительное воздействие на тектонические структуры. Дополнительное воздействие, усиленное минимальным расстоянием, приводит к увеличению количества деформаций земной коры. Также увеличивается нагрузка на грунтовые воды, что физически согласуется с теорией гидрогеодеформационного поля [8]. Нагрузка на грунтовые воды в зимний период проявляется в виде подъема уровня воды в колодцах и скважинах северного полушария планеты.

С другой стороны, эффекты ускорения и торможения, возникающие в процессе неравномерной скорости движения Земли по орбите вокруг Солнца, вызывают дополнительные воздействия на тектонические структуры Земли. Для справки: скорость перемещения Земли по орбите вокруг Солнца составляет, примерно, 107534 км/час; неравномерность скорости движения по орбите фиксируется навигационными спутниками; скорость движения объектов на поверхности Земли (на экваторе) при вращении Земли вокруг своей оси – 1667 км/час. Деформации, возникающие по причине неравномерной скорости движения, проявляются в виде высокочастотных биений, которые хорошо отслеживаются вариациями ОАР в приземной атмосфере.

На этом закончился первый этап анализа сейсмодинамики планеты на годовом интервале. Поскольку база данных всех произошедших на земном шаре землетрясений существует с 2005 года, на втором этапе анализа сейсмодинамики планеты Земля был осуществлен подсчет землетрясений магнитудой $\geq 3,0$ на 17-летнем временном интервале. С 2005 по 2021 год. Цель этого анализа – оценка долговременной сейсмической нестабильности планеты и, по возможности, разработка математической модели перспективного развития глобальных аномалий.

На рис. 3 представлены графики вариаций землетрясений на 17-летнем временном интервале в виде графических интерполяций дискретных значений. Сплайн-интерполяция с коэффициентом натяжения 1 наиболее точно отражает динамику развития сейсмических событий. Полиномиальная интерполяция 3-й степени сглаживает пульсации и дает качественную картину осредненной сейсмодинамики планеты за указанный период.

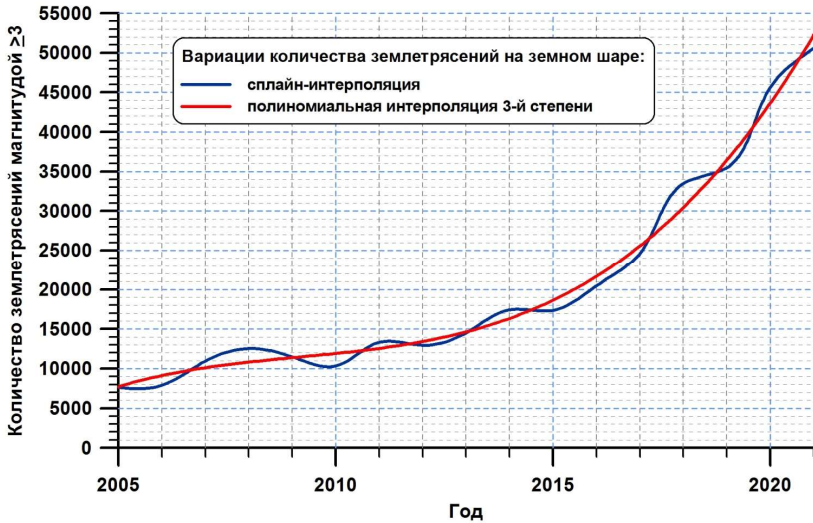


Рисунок 3 – Графики вариаций землетрясений на интервале 2005-2021 гг

Численная модель процесса перспективного развития тектонических аномалий представлена в виде уравнения (3):

$$N = 21.04325765 \cdot X^3 - 126840.191 \cdot X^2 + 254847537.1 \cdot X - 1.706803809E + 011, \tag{3}$$

где N – количество землетрясений магнитудой $\geq 3,0$ для года X .

Расчеты показали, что количество землетрясений в год, относительно 2005 года, за 17 лет наблюдений увеличилось в 6,63 раза. Ошибка расчетов по модели, для суммарного количества землетрясений за выбранный интервал, составила 1,047 %.

Интересным представляется график расчета количества землетрясений на период 2022-2050 годы по модели (3). Чтобы не пугать большими цифрами, график построен как коэффициент (K) отношения количества землетрясений за выбранный год (N_{year}) к количеству землетрясений в 2005 году (N_{2005}). Т.е.,

$$K = N_{year} / N_{2005}. \tag{4}$$

На рисунке 4 представлен график, охватывающий временной интервал с 2005 года по 2050 год. Зеленым цветом выделены

относительные вариации землетрясений, рассчитанные по модели (3) для реальных данных. Красным – экстраполированные, оценочные значения, рассчитанные по этой же модели на перспективу (2022-2050 годы).

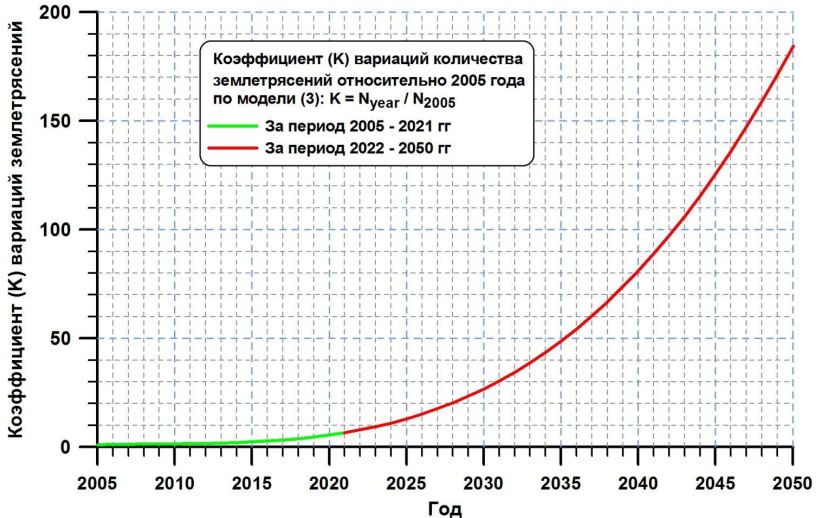


Рисунок 4 – Модельный график удельных вариаций землетрясений на земном шаре на период 2005-2050 год

Заключение. Подводя итоги, можно сказать, что сезонная цикличность сейсмодинамики планеты, на годовом интервале, с большой вероятностью зависит от положения земного шара относительно Солнца. При этом максимальная тектоническая нестабильность планеты приходится на осенне-зимний период.

Оценка долговременной сейсмодинамики планеты показала, что помимо сезонных циклов нестабильности, существуют другие, с очень большим временным интервалом. Масштаб этих циклов многократно превышает годовой. Тот факт, что рассчитанная нестабильность планеты по модели (3) на временном интервале 47 лет показала почти 200 кратное увеличение сейсмической нестабильности, говорит о наличии серьезных процессов в толще Земли. Возможно, это связано с изменением угла прецессии Земли, которое может быть вызвано как цикличностью галактических

процессов, так и асимметрией расположения на земной поверхности континентов, центр масс которых находится выше центра масс вытесненного ими вещества мантии. Необходимо учитывать и неоднородность строения мантии Земли. А именно, расположение лёгких восходящих мантийных потоков и тяжёлых опускающихся литосферных плит, а также неровности рельефа земного ядра. Суммарное влияние всех этих факторов становится неопределённым и не поддается численному моделированию. Но все же стоит отметить глобальные изменения климата в настоящее время. Помимо катастрофического увеличения количества землетрясений на земном шаре во всех странах происходят масштабные наводнения, пожары. Сотрудник Института океанологии Сорохтин О.Г., на основании проведенных исследований [9], писал, что к таким последствиям приводит увеличение угла прецессии Земли. Процесс этот может растянуться на десятилетия.

Если расчеты по модели подтвердятся, то в 2050 году количество значимых землетрясений на годовом интервале увеличится до 1500000. Это непременно приведет к катастрофам глобального масштаба. Возможно, рассчитанная модель имеет какие-либо граничные условия. В настоящий момент их обнаружить не удалось. Но исследования и анализ разноплановых материалов продолжаются.

Исследования выполнены по теме № FMWE-2021-0013 «Морские природные системы Черного и Азовского морей: эволюция и современная динамика гидрофизических, гидрохимических, биологических, береговых и литодинамических процессов».

Список литературы

[1] Podymov I., Podymova T. Anomalous Natural Phenomenon at the Coastal Zone of Azov Sea / Proceedings of EMECS 10 – Medcoast 2013 Joint Conference, 30 October – 03 November, Marmaris, Turkey. – Mugla, Turkey, Mediterranean Coastal Foundation Edition, 2013. V. 1. 655-664 p. DOI: 10.13140/RG.2.1.4520.1447.

[2] Тектоника плит. [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Тектоника_плит. (дата обращения: 18.08.2022).

[3] Вегнер А. Происхождение материков и океанов / пер. с нем. П.Г. Каминского под ред. П.Н. Кропоткина. – Л.: Наука, 1984. 285 с.

[4] Подымов И.С. Объемная активность радона в приземной атмосфере как индикатор тектонической стабильности планеты / И.С. Подымов, Т.М. Подымова, Н.В. Есин // Евразийское научное объединение. – 2021. № 76 (6). 144-148 с. DOI: 10.5281/zenodo.5090173.

[5] Podymov I.S. New Predictive Models of Seismic Activity Based by Monitoring Data of Radon Variations in the Surface Atmosphere / I.S. Podymov, T.M. Podymova // Eurasian Scientific Associations. – 2020. № 67 (9). 436-439 с. DOI: 10.5281/zenodo.4072056.

[6] Search for earthquakes. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/?filter=yes>. (дата обращения: 18.08.2022).

[7] Карта землетрясений. [Электронный ресурс]. – URL: <https://idp-cs.net/ymfull.php?sc=20.00,%2090.00&sz=2&im=ymm3&w=3280&h=2048#content-td>. (дата обращения: 18.08.2022).

[8] Вартамян Г.С. Гидрогеодеформационное поле Земли / Г.С. Вартамян, Г.В. Куликов // Доклады АН СССР. – 1982. № 262 (2). 310-314 с.

[9] Сорохтин О.Г. Эволюция климатов Земли // Физика. – 2007. № 9. [Электронный ресурс]. – URL: <https://fiz.1sept.ru/article.php?ID=200700907>. (дата обращения: 18.08.2022).

Bibliography (Transliterated)

[1] Podymov I., Podymova T. Anomalous Natural Phenomenon at the Coastal Zone of Azov Sea / Proceedings of EMECS 10 – Medcoast 2013 Joint Conference, 30 October – 03 November, Marmaris, Turkey. – Mugla, Turkey, Mediterranean Coastal Foundation Edition, 2013. V. 1. 655-664 p. DOI: 10.13140/RG.2.1.4520.1447.

[2] Plate tectonics. [Electronic resource]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Plate_tectonics. (date of access: 08/18/2022).

[3] Wegner A. Origin of continents and oceans / transl. with him. P.G. Kaminsky, ed. P.N. Kropotkin. – L.: Nauka, 1984. 285 p.

[4] Podymov I.S. Volumetric activity of radon in the surface atmosphere as an indicator of the planet's tectonic stability / I.S. Podymov, T.M. Podymova, N.V. Esin // Eurasian Scientific Association. – 2021. No. 76 (6). 144-148 с. DOI: 10.5281/zenodo.5090173.

[5] Podymov I.S. New Predictive Models of Seismic Activity Based by Monitoring Data of Radon Variations in the Surface Atmosphere / I.S. Podymov, T.M. Podymova // Eurasian Scientific Associations. – 2020. No. 67 (9). 436-439 с. DOI: 10.5281/zenodo.4072056.

[6] Search for earthquakes. [Electronic resource]. – URL: <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/?filter=yes>. (date of access: 08/18/2022).

[7] Map of earthquakes. [Electronic resource]. – URL: <https://idp-cs.net/ymfull.php?sc=20.00,%2090.00&sz=2&im=yym3&w=3280&h=2048#content-td>. (date of access: 08/18/2022).

[8] Vartanyan G.S. Hydrogeodeformation field of the Earth / G.S. Vartanyan, G.V. Kulikov // Reports of the Academy of Sciences of the USSR. – 1982. No. 262 (2). 310-314 с.

[9] Sorokhtin O.G. Evolution of the Earth's climates // Physics. – 2007. No. 9. [Electronic resource]. – URL: <https://fiz.1sept.ru/article.php?ID=200700907>. (date of access: 08/18/2022).

© И.С. Подымов, Т.М. Подымова, 2022

Поступила в редакцию 08.09.2022

Принята к публикации 3.09.2022

Для цитирования:

Подымов И.С., Подымова Т.М. Сейсмодинамика планеты Земля на разных временных интервалах // Инновационные научные исследования. 2022. № 9-1(21). С. 141-152. URL: <https://ip-journal.ru/>