

УДК 351.861:504.064:614.8

ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ НА ПЛАНЕТЕ ЗЕМЛЯ И ВЛИЯНИЯ ИХ НА СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ УРОВНЯМИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛУШАРИЙ ЗЕМНОГО ШАРА

В.В.Тютюник¹, докт. тех. наук, ст. науч. сотр., Л.Ф.Черногор², докт. физ.-мат. наук., проф., В.Д.Калугин¹, докт. хим. наук, проф., Т.Х.Агазаде¹

¹Национальный университет гражданской защиты Украины

²Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

ИНФОРМАЦИЯ ПРО СТАТЬЮ

Надійшла до редакції: 30.10.2017

Пройшла рецензування: 18.12.2017

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

чрезвычайная ситуация тектонического происхождения, раннее обнаружение очагов сейсмической активности, прогнозирование сейсмической опасности, энергетическое влияние сезонных колебаний внутреннего ядра земного шара, нестабильность в сейсмически опасных регионах, соотношение между уровнями сейсмической активности полушарий земного шара, комплексная система мониторинга чрезвычайных ситуаций

АННОТАЦИЯ

Сформулирован подход и проведена оценка динамических и энергетических эффектов на планете Земля и установлено влияние их на соотношения между уровнями сейсмической активности полушарий земного шара. Результаты использованы для разработки подсистемы раннего обнаружения очагов чрезвычайных ситуаций (ЧС) тектонического происхождения и прогнозирования уровня сейсмической опасности на контролируемой локальной территории в условиях предполагаемого энергетического равновесия в системе Солнце–Земля–Луна.

Постановка проблемы. Проблема оценки уровня динамических и энергетических эффектов, вызывающих сейсмические явления на Земле, а также их комплексное трактование (с учетом энергетического влияния Космосферы) для различных полушарий земного шара определяет актуальность выбранной темы исследования. Постановка проблемы такого рода необходима для более глубокого понимания энергетической и динамической (геологической) неоднородности поверхности Земли, а следовательно, и раннего предупреждения причин очагов различной сейсмической активности планеты и является неотъемлемой составляющей научно-технического направления по исследованию кинетики и энергетики процессов возникновения, развития и разрушающего воздействия различных факторов опасностей [1 – 4] при создании и последующем развитии четырехуровневой (включает объектовый, городской, региональный и государственный уровни обеспечения безопасности жизнедеятельности) системы выявления в пространстве и времени факторов опасностей на этапе их зарождения и воздействия на них с целью недопущения возникновения ЧС [5 – 7].

На каждом уровне системы в режимах: повседневного функционирования, повышенной готовности и чрезвычайного состояния автоматизировано осуществляются: 1) обработка полученной фактической информации о степени опасности от нижнего уровня и информации от территориальной подсистемы мониторинга ЧС данного уровня; 2) прогноз возможного возникновения ЧС; 3) разработка предложений по предупреждению и ликвидации очагов опасностей на данном и нижнем уровнях, а также необходимости привлечения дополнительных сил и средств предупреждения и ликвидации ЧС на высших уровнях; 4) передача информации на высший уровень, включая государственный.

На государственном уровне функции системы мониторинга ЧС ориентированы на анализ информации, приходящей как с региональных подсистем мониторинга, так и территориальной государственной подсистемы мониторинга ЧС, контролирующей очаги опасностей в околоземном, ближнем и дальнем космосе, в недрах Земли, в других государствах, которые могут представить опасность для территории рассматриваемого государства.

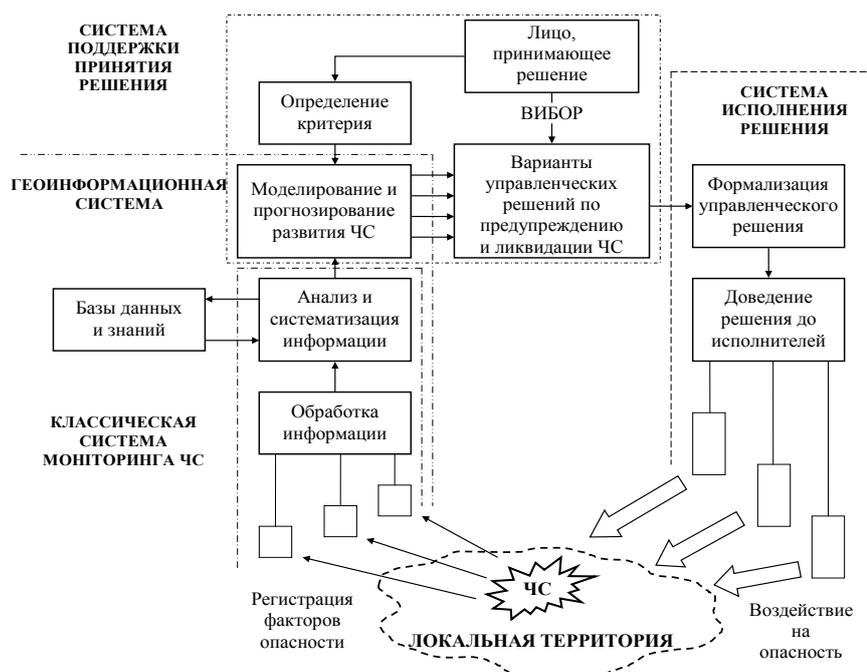


Рисунок 1. – Схема структуры мониторинга ЧС как средства управления

В рамках обозначенных перспектив научных исследований в сфере гражданской защиты и обеспечения безопасности жизнедеятельности на государственном уровне, данная работа направлена на исследование влияния энергетических процессов внутри земного шара, как одной из составляющих термодинамической открытой динамической системы Солнце–Земля–Луна, на территориально-временное распределение количества возникновения ЧС тектонического характера и установление соотношения между уровнями сейсмической активности полушарий земного шара.

Основой подсистемы раннего обнаружения очагов сейсмической активности и прогнозирования сейсмической опасности на контролируемой локальной территории является классический контур управления, обеспечивающий, в соответствии с данными рис. 1, сбор, обработку и анализ информации, а также моделирование развития сейсмической опасности по земному шару.

Анализ последних достижений и публикаций. Анализ научной литературы с глубиной поиска около десяти лет указывает, что в ряду направлений научных исследований по прогнозированию опасных тектонических процессов особый интерес составляют: исследования, направленные на изучение связи между глобальными свойствами сейсмической активности Земли с ее осевым вращением [8, 9];

исследования, направленные на изучение причин возникновения сейсмической опасности, вызванные пространственно-колебательными перемещениями внутреннего ядра Земли и его воздействия на оболочку земного шара [10, 11].

Так, высказанные в работе [10] представления о взаимосвязи сейсмической активности земного шара с процессами в его недрах указывают на то, что изменение сейсмичности локальной территории осуществляется за счет годового перемещения центра ядра относительно центра земного шара (рис. 2).

Представленные в работах [8, 9] результаты направлены на установление статистическими методами корреляции между глобальными свойствами сейсмической активности Земли (распределение количества землетрясений между северным, южным, восточным и западным полушариями) и угловой скоростью и угловым ускорением вращения планеты. Авторами [8, 9] проведен корреляционный анализ данных о землетрясениях за период 1964 – 2008 гг., представленных Национальным информационным центром по землетрясениям Геологической службы США [9]. На основе результатов данного направления исследований, а также наших собственных результатов, сформулировано представление о существовании двух классов динамических

факторов, определяющих изменение сейсмичности в больших тектонических структурах [4, 12 – 15]; представления о механизме, определяющем изменение во

времени общее количество сильных землетрясений и механизме, вызывающем изменение напряженности на стыках тектонических плит.

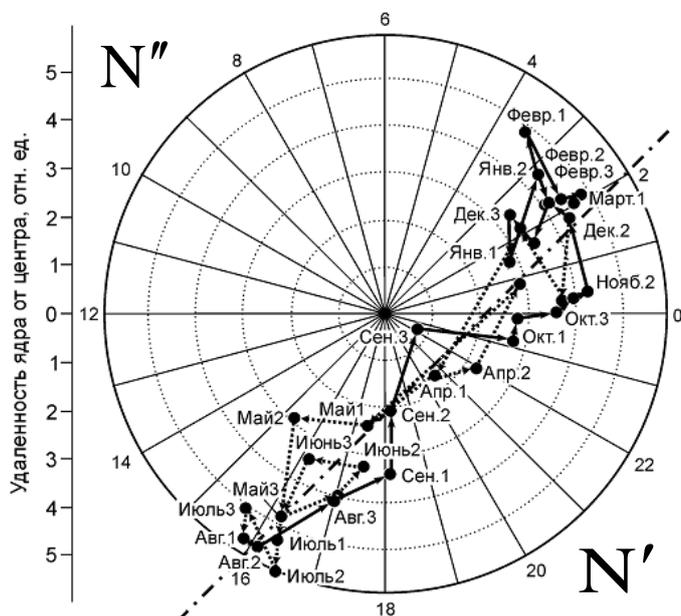


Рисунок 2. – Трасса движения ядра внутри Земли в течение года (вид со стороны полюса) [10]: N' и N'' – полусферы относительно плоскости движения ядра (сечение в зонах 2 и 16 временных поясов)

Исходя из вышеизложенного, необходимо объединение проанализированных представлений о воздействии кинетики и энергетики внутренних физико-химических процессов земного шара на процесс генерирования ЧС тектонического происхождения в различных полушариях земного шара с целью достоверной оценки сейсмической активности выбранной локальной территории земного шара. Сформулированный нами подход к изучению природы систематических явлений является важным инструментом анализа при проведении данных исследований в области гражданской защиты по разработке моделей процессов возникновения и развития ЧС тектонического происхождения.

Постановка задачи и ее решения. Целью данной работы является развитие представлений о влиянии динамических и энергетических эффектов, происходящих на планете Земля, на соотношения между уровнями сейсмической активности полушарий земного шара.

Формирование задачи данного исследования неразрывно связано с

необходимостью выявления факторов сейсмической опасности, которые определяют условия функционирования локальной территории.

Физико-химические процессы, протекающие в системе Солнце–Земля–Луна и влияющие на уровень сейсмической опасности функционирования локальной территории, схематически возможно представить, в соответствии с рис. 3 – 5, и охарактеризовать следующими факторами.

1. Ось вращения Земли описывает на небесной сфере сложную волнообразную траекторию, точки которой находятся на угловом расстоянии, в среднем около $23,5^{\circ}$, от полюса эклиптики (рис. 3). Вершина конуса совпадает с центром Земли. Точки равноденствий и солнцестояний движутся по эклиптике навстречу Солнцу. Моменты сил притяжения, которые действуют на экваториальные вздутия, меняются в зависимости от положений Луны и Солнца по отношению к Земле. Когда Луна и Солнце находятся в плоскости земного экватора, моменты сил исчезают, а когда склонения Луны

и Солнца максимальны, то и величина момента сил наибольшая. Вследствие колебаний моментов сил тяготения наблюдаются нутации оси вращения Земли, которые складываются из ряда небольших периодических колебаний. Главнейший из них имеет период 18,6 года – время обращения узлов орбиты Луны. Движение с этим периодом происходит по эллипсу. Большая ось эллипса

перпендикулярна направлению прецессионного движения и равна $18,4''$; малая – параллельна ему и равна $13,7''$. Далее по величине амплитуды идут составляющие с периодом 0,5 года, 13,7 сут., 9,3 года, 1 год, 27,6 сут. и т.д., поэтому траектория имеет вид «тонких кружков» (показано на увеличенном фрагменте в левой части рис. 3) [8, 9, 16 – 23].

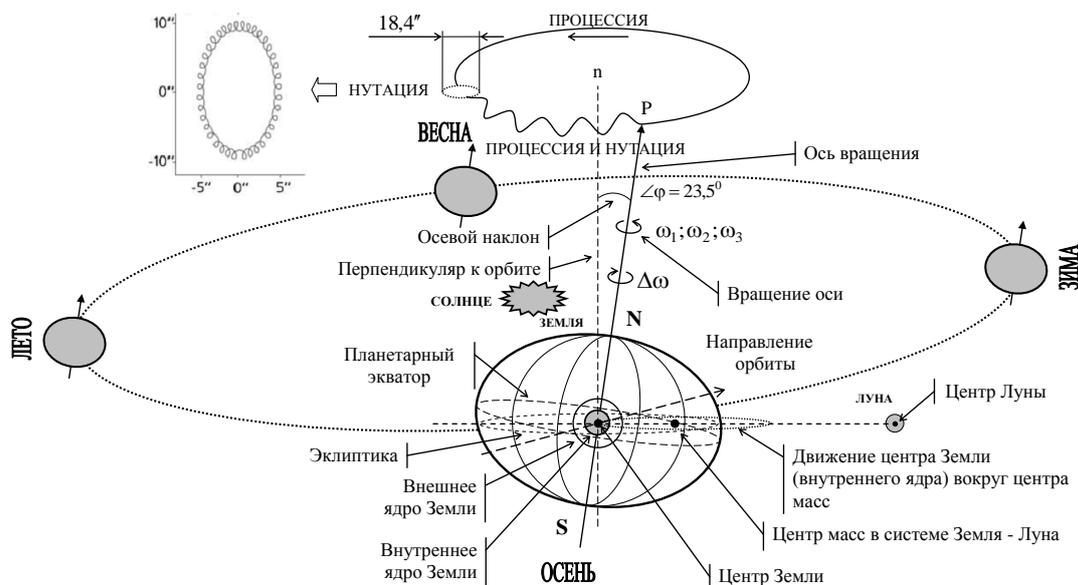


Рисунок 3 – Схема движения внутреннего ядра Земли в системе Солнце–Земля–Луна

2. В результате эксцентрического обращения оболочки Земли вокруг смещенного внутреннего ядра возникает давление со стороны твердого внутреннего ядра и окружающего расплава (внешнего ядра) на мантию, которое выдавливает оболочку изнутри. В других частях планеты возникают силы, сжимающие оболочку шара, втягивая ее внутрь к ядру. Данный процесс имеет две составляющие: воздействие за счет годового перемещения центра ядра относительно центра земного шара (рис. 3 – 5); воздействие за счет эксцентрического обращения ядра относительно нижней мантии, когда за счет разницы в угловых скоростях обращения ядра и нижней мантии (ω_1 – угловая скорость

вращения мантии; ω_2 – угловая скорость вращения внешнего ядра; ω_3 – угловая скорость вращения внутреннего ядра; $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ – угловая скорость поворота внешнего ядра относительно мантии («западный дрейф»)) определяет зоны повышенного давления и разряжения ($P_1 \neq P_2$, где P_1 и P_2 – показатели давления внутреннего ядра земного шара на ее поверхность), влияющие на уровень сейсмической активности поверхности земного шара (рис. 4). Существование таких зон будет поддерживаться до тех пор, пока существует разница в угловых скоростях обращения и смещения ядра.

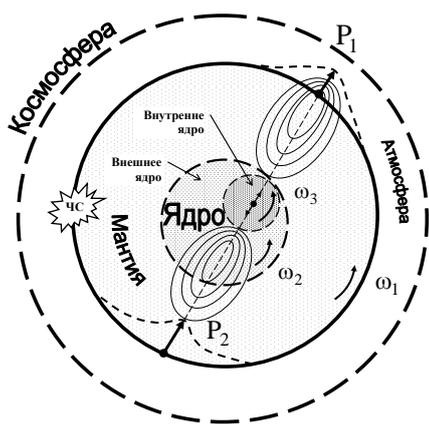


Рисунок 4 – Схема влияния колебаний внутреннего ядра на сейсмическую активность

3. В процессе перемещения литосферных плит (рис. 5) возникают внутренние упругие напряжения, представляющие собой источники землетрясений Z_0 [24 – 28]. Глубина возникновения упругих напряжений зависит от перемещения плит. Относительное движение литосферных плит приводит к возникновению неглубоких (не глубже 20 – 25 км) источников землетрясений, а окунание литосферных плит в мантию провоцирует появление источников глубоких (превышающих 70 км) землетрясений. Увеличение расстояния от разделения литосферных плит характеризуется снижением вероятности возникновения упругих напряжений.

4. Факторами распространения опасности от землетрясения Z_0 выступают поверхностные и объемные сейсмические волны, которые могут вызывать вторичные землетрясения [25, 28, 29].

5. В процессе пространственно-колебательного перемещения внутреннего ядра Земли и его влияния на внешнее ядро возникает вероятность взаимного усиления или ослабления объемных сейсмических волн и возможность возникновения вторичных землетрясений Z' [30, 31].

6. Не исключена возможность воздействия поверхностных и объемных сейсмических волн

на напряженности в литосфере, возникшие вблизи землетрясения и провоцирующие возникновение цепной реакции распространения сейсмической опасности Z'' [14, 15, 31 – 34].

7. Установлено, что вследствие движения внутреннего ядра Земли происходят территориально-временные изменения интенсивности естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), провоцирующие аномальные процессы в атмосфере [10, 11, 14, 15, 25, 35 – 41].

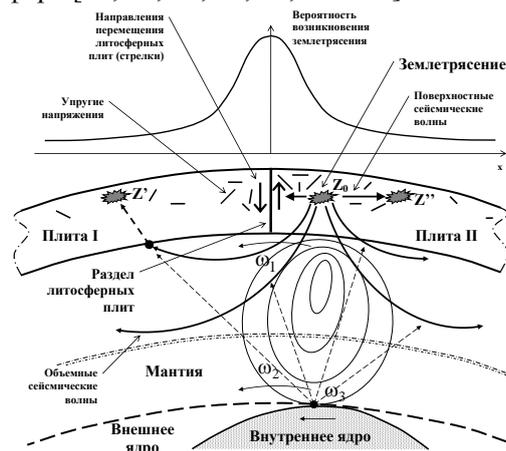


Рисунок 5 – Схема процесса возникновения землетрясений и распространения сейсмической активности

На основе результатов анализа данных рис. 3 – 5 нами сформулирована задача данной работы, включающая установление, по данным Главного центра специального контроля Государственного космического агентства Украины [42], взаимосвязи между уровнями сейсмической активности полушарий земного шара и пространственно-колебательным перемещением его внутреннего ядра.

Динамика количества значимых землетрясений, возникших за период 2001 – 2016 гг. в северном ($N_C(t)$) и южном ($N_{Ю}(t)$) полушариях, представлена на рис. 6 и 7 и характеризуется показателями корреляции, определяемыми в соответствии с выражением

$$r_{N_C N_{Ю}} = \frac{\sum_{i=1}^n (N_i^C - \bar{N}^C)(N_i^{Ю} - \bar{N}^{Ю})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (N_i^C - \bar{N}^C)^2 \sum_{i=1}^n (N_i^{Ю} - \bar{N}^{Ю})^2}},$$

где \bar{N}^C и $\bar{N}^{Ю}$ – средние значения количеств возникших за анализируемый период землетрясений в северном и южном полушариях, на уровне: между землетрясениями с магнитудой $5,0 \leq M < 5,5$

показатель корреляции равен $r_{N_C N_{Ю}} \approx 0,62$; между землетрясениями с магнитудой $5,5 \leq M < 6,0$ показатель корреляции равен $r_{N_C N_{Ю}} \approx 0,91$; между землетрясениями с

магнитудой $M \geq 6,0$ показатель корреляции равен $r_{N_C N_{10}} \approx 0,74$; общий показатель корреляции находится на уровне $r_{N_C N_{10}} \approx 0,61$.

Проверка гипотезы о значимости коэффициентов корреляции определила

следующее. Критическая точка распределения Стьюдента ($t_{кр}(\alpha; k)$), при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе уровней свободы $k = n - 2 = 14$ (где $n = 16$ – объем выборки), имеет значение $t_{кр}(\alpha; k) \approx 2,14$.

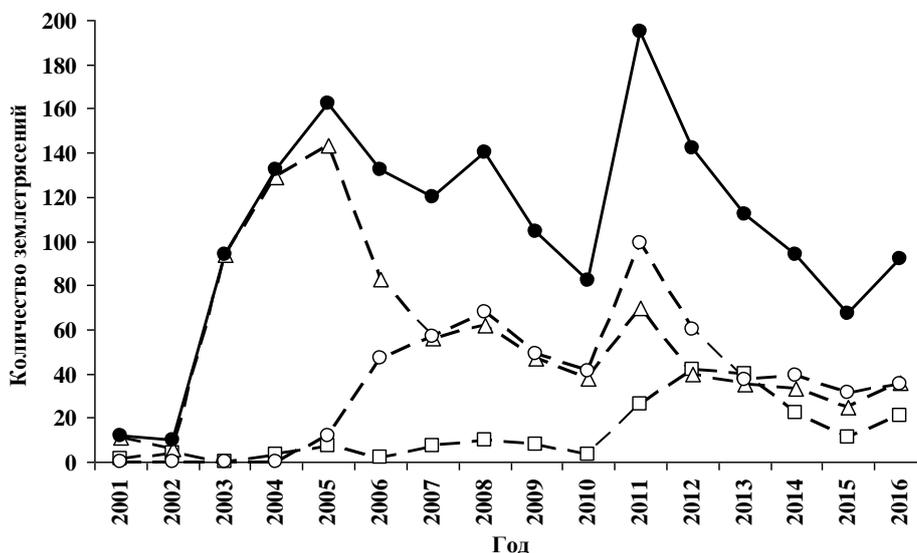


Рисунок 6 – Динамика количества землетрясений в северном полушарии за период 2001 – 2016 гг. с магнитудой: кривая с символом \square соответствует $5,0 \leq M < 5,5$; \triangle – $5,5 \leq M < 6,0$; \circ – $M \geq 6,0$; \bullet – общее количество

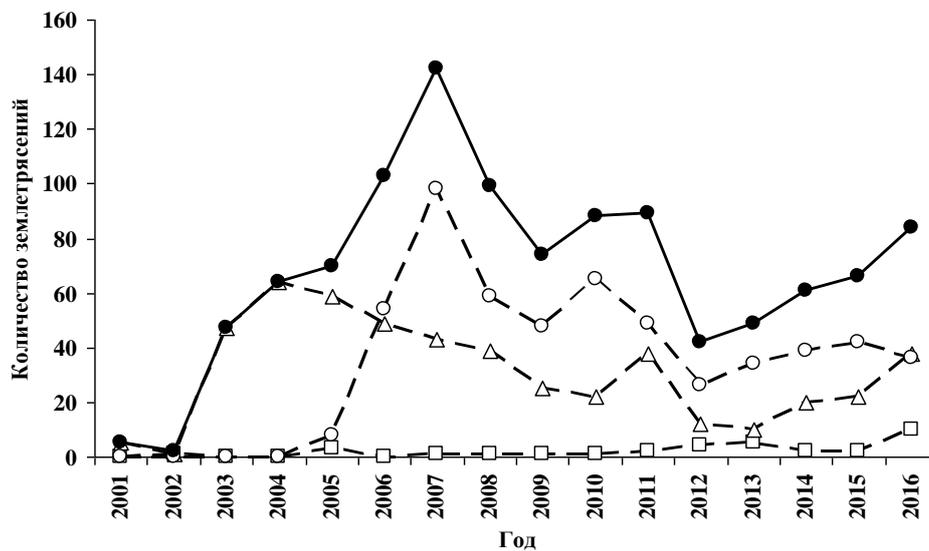


Рисунок 7 – Динамика количества землетрясений в южном полушарии за период 2001 – 2016 гг. с магнитудой: кривая с символом \square соответствует $5,0 \leq M < 5,5$; \triangle – $5,5 \leq M < 6,0$; \circ – $M \geq 6,0$; \bullet – общее количество

Результаты сравнительного анализа значений показателей критерия наблюдения ($T_H = r_{N_C N_{Ю}} \sqrt{n-2} / \sqrt{1-r_{N_C N_{Ю}}^2}$) для землетрясений с $5,0 \leq M < 5,5$ ($|T_H| = 2,97$), $5,5 \leq M < 6,0$ ($|T_H| = 8,02$), $M \geq 6,0$ ($|T_H| = 4,16$) и общего количества землетрясений ($|T_H| = 2,89$) относительно критического уровня $t_{кр}(\alpha; k)$ указывает на возможность отбросить нулевую гипотезу ($|T_H| > t_{кр}(\alpha; k)$) и констатировать наличие корреляции между уровнями сейсмической активности в северном и южном полушариях.

Динамика количества значимых землетрясений, возникших за период 2001 – 2016 гг. в северном малом ($N'_C(t)$), северном большом ($N''_C(t)$), южном малом ($N'_{Ю}(t)$) и южном большом ($N''_{Ю}(t)$) полушариях (разбивка земного шара на полушарии проведена в соответствии с рис. 2), представлена на рис. 8 и 9.

Представленные на рис. 8 и 9 зависимости характеризуются степенями корреляции на уровне: между динамикой сейсмической активности в северном малом ($N'_C(t)$) и северном большом ($N''_C(t)$) полушариях

показатель корреляции равен $r_{N'_C N''_C} \approx 0,26$, определяющий значение $|T_H| \approx 1,01 < t_{кр}(\alpha; k)$; между динамикой сейсмической активности в южном малом ($N'_{Ю}(t)$) и южном большом ($N''_{Ю}(t)$) полушариях показатель корреляции равен $r_{N'_{Ю} N''_{Ю}} \approx 0,58$, определяющий значение $|T_H| \approx 2,63 > t_{кр}(\alpha; k)$; между динамиками сейсмической активности в северном малом ($N'_C(t)$) и южном малом ($N'_{Ю}(t)$) полушариях показатель корреляции равен $r_{N'_C N'_{Ю}} \approx 0,29$, определяющий значение $|T_H| \approx 1,12 < t_{кр}(\alpha; k)$; между динамикой сейсмической активности в северном большом ($N''_C(t)$) и южном большом ($N''_{Ю}(t)$) полушариях показатель корреляции равен $r_{N''_C N''_{Ю}} \approx 0,56$, определяющий значение $|T_H| \approx 2,55 > t_{кр}(\alpha; k)$; между динамикой общего количества землетрясений в малом ($N'(t) = N'_C(t) + N'_{Ю}(t)$) и большом ($N''(t) = N''_C(t) + N''_{Ю}(t)$) полушариях показатель корреляции равен $r_{N' N''} \approx 0,61$, определяющий значение $|T_H| \approx 2,89 > t_{кр}(\alpha; k)$.

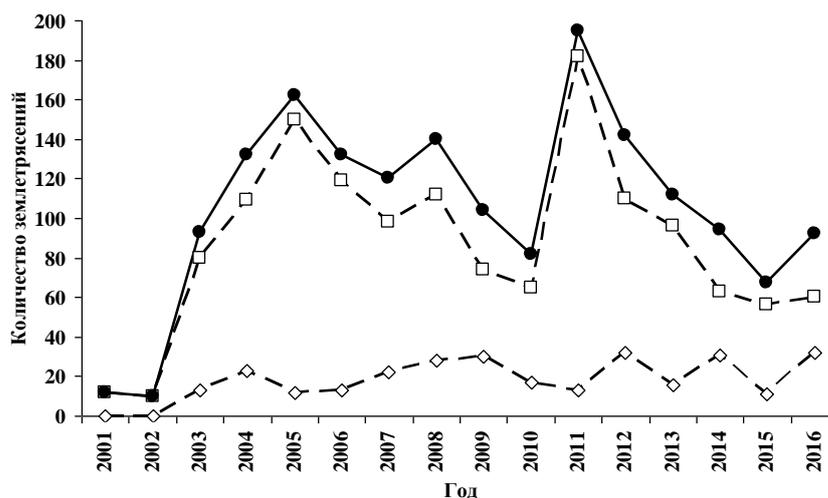


Рисунок 8 – Динамика количества землетрясений в северном полушарии за период 2001 – 2016 гг.: ◇ – $N'_C(t)$; □ – $N''_C(t)$; ● – $N_C(t)$

Проверка нулевых гипотез указывает на отсутствие в некоторых случаях, оснований для

ее опровержения. Это связано с изменением сейсмической активности от периодических

колебаний внутренних свойств планеты, обусловленные движением ее внутреннего ядра, и возникновением эпизодической цепной генерации землетрясений в отдельных ее зонах. Примером такой цепной генерации, за анализируемый период времени, возможно, является процесс возникновения афтершоков у побережья Чили, у о-ва Суматра (Индонезия), в Турции, у берегов Японии и других

сейсмически нестабильных регионах. Кроме того, слабая корреляция сейсмической активности в северном малом полушарии с уровнем сейсмической активности в других полушариях обусловлена, на наш взгляд, особенностями центробежного движения земного шара вокруг Солнца, при определенном угле наклона оси вращения Земли (см. рис. 3).

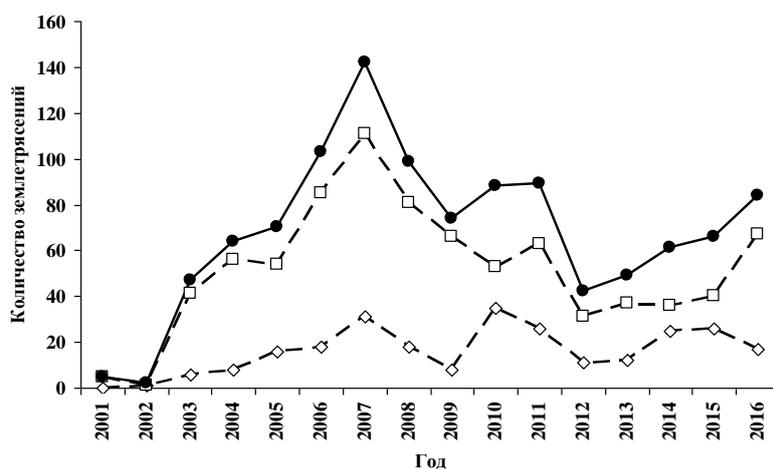


Рисунок 9 – Динамика количества землетрясений в южном полушарии за период 2001 – 2016 гг.:
 $\diamond - N'_{Ю}(t)$; $\square - N''_{Ю}(t)$; $\bullet - N_{Ю}(t)$

Обобщенный результат анализа сейсмической активности полушарий земного

шара за период 2001 – 2016 гг. представлено на рис. 10.

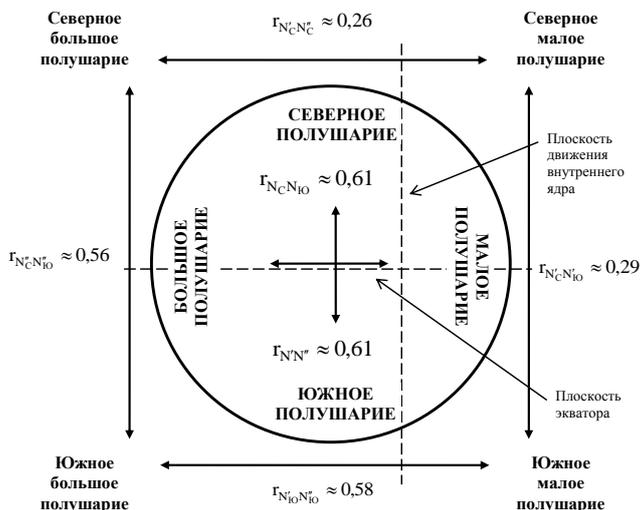


Рисунок 10 – Значения коэффициентов корреляции между количеством землетрясений, возникших в полушариях земного шара за период 2001 – 2016 гг.

Следующим шагом корреляционного анализа сейсмической активности полушарий земного шара является анализ взаимной динамики количества землетрясений в этих полушариях в соответствии с уровнями их

магнитуд. Разложенную по магнитуде динамику сейсмической активности $N'_C(t)$, $N''_C(t)$, $N'_{Ю}(t)$ и $N''_{Ю}(t)$ представлено на рис. 11 – 14.

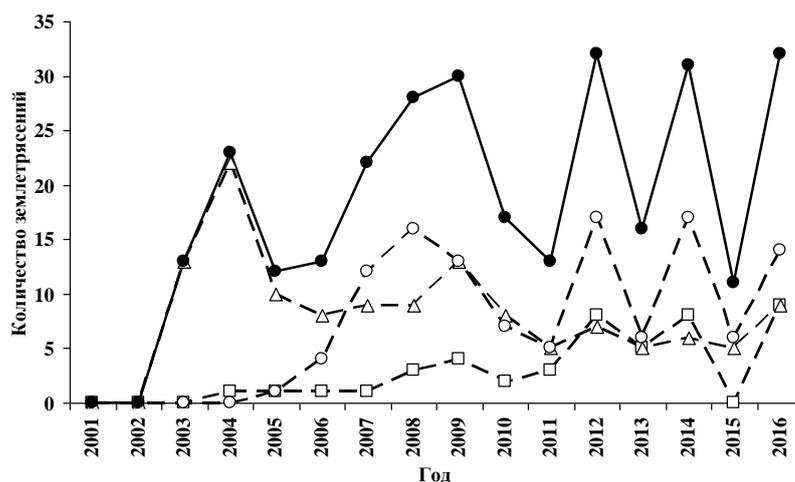


Рисунок 11 – Динамика количества землетрясений в северном малом полушарии за период 2001 – 2016 гг. с магнитудой: кривая с символом \square соответствует $5,0 \leq M < 5,5$; \triangle – $5,5 \leq M < 6,0$; \circ – $M \geq 6,0$; \bullet – общее количество

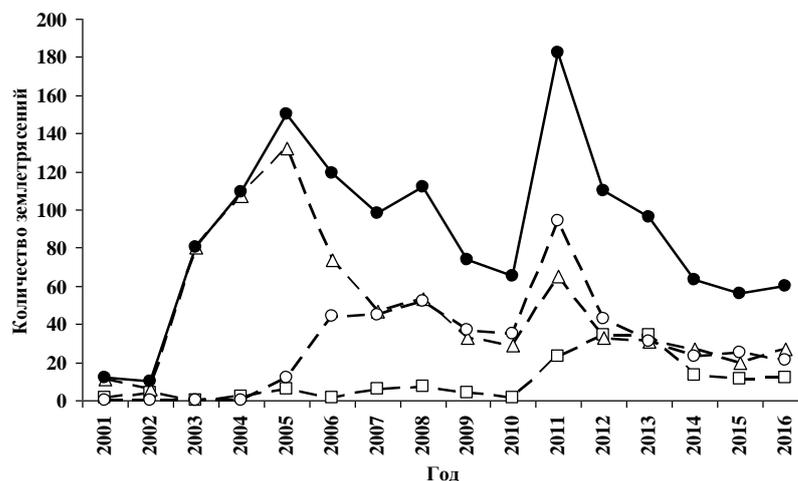


Рисунок 12 – Динамика количества землетрясений в северном большом полушарии за период 2001 – 2016 гг. с магнитудой: кривая с символом \square соответствует $5,0 \leq M < 5,5$; \triangle – $5,5 \leq M < 6,0$; \circ – $M \geq 6,0$; \bullet – общее количество

Представленные на рис. 11 – 14 зависимости характеризуются степенями корреляции на уровне:

– между значениями динамики сейсмической активности в северном малом ($N'_C(t)$) и южном малом ($N'_{Ю}(t)$) полушариях показатели корреляции равны: $r_{N'_C N'_{Ю}} \approx 0,53$ для землетрясений с магнитудой $5,0 \leq M < 5,5$, определяющий значение $|T_H| \approx 2,32 > t_{кр}(\alpha; k)$; $r_{N'_C N'_{Ю}} \approx 0,35$ для землетрясений с магнитудой $5,5 \leq M < 6,0$, определяющий значение $|T_H| \approx 1,38 < t_{кр}(\alpha; k)$;

$r_{N'_C N'_{Ю}} \approx 0,49$ для землетрясений с магнитудой $M \geq 6,0$, определяющий значение $|T_H| \approx 2,10 < t_{кр}(\alpha; k)$;

– между значениями динамики сейсмической активности в северном большом ($N''_C(t)$) и южном большом ($N''_{Ю}(t)$) полушариях показатели корреляции равны: $r_{N''_C N''_{Ю}} \approx 0,56$ для землетрясений с магнитудой $5,0 \leq M < 5,5$, определяющий значение $|T_H| \approx 2,51 > t_{кр}(\alpha; k)$; $r_{N''_C N''_{Ю}} \approx 0,88$ для землетрясений с магнитудой $5,5 \leq M < 6,0$,

определяющий значение $|T_H| \approx 7,09 > t_{кр}(\alpha; k)$
 ; $r_{N'_C N''_{Ю}} \approx 0,69$ для землетрясений с магнитудой

$M \geq 6,0$, определяющий значение
 $|T_H| \approx 3,60 > t_{кр}(\alpha; k)$.

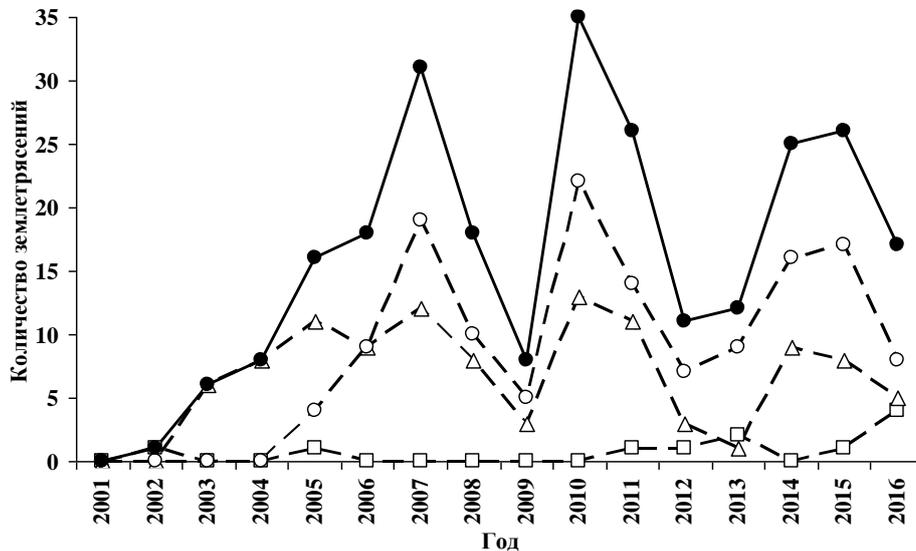


Рисунок 13 – Динамика количества землетрясений в южном малом полушарии за период 2001 – 2016 гг. с магнитудой: кривая с символом □ соответствует $5,0 \leq M < 5,5$; △ – $5,5 \leq M < 6,0$; ○ – $M \geq 6,0$; ● – общее количество

Вклад сейсмического состояния отдельного полушария (*) в общий уровень сейсмической активности земного шара определялся нами как $\chi_{N^*} = N^*/(N'_C + N''_C + N'_{Ю} + N''_{Ю})$, где N^* – количество землетрясений, возникших в анализируемом полушарии.

Результаты анализа показателей χ_{N^*} , определенных плоскостью движения внутреннего ядра Земли (рис. 2 – 5) и плоскостью экватора четырех составляющих земного шара, позволило динамику соотношения между уровнями сейсмической активности этих полушарий представить в следующем графическом виде – рис. 15.

В соответствии с данными рис. 15, сейсмическая активность больших полушарий превышает активность малых. Кроме этого, север земного шара превышает по уровню

сейсмической активности юг планеты. Исключение составляют 2006, 2010 и 2015 гг.

В основу предлагаемого подхода для прогнозирования уровня сейсмической активности локальной территории земного шара заложены представления о существовании системы Солнце–Земля–Луна в условиях возможного энергетического равновесия, а также существования явления перераспределения энергии между природно-техногенно-социальными подсистемами различных уровней жизнедеятельности на Земле в условиях сохранения энергетического равновесия всей системы. С учетом высказанных ограничений, обеспечивающих возможность локального исследования энергетики сейсмических явлений на Земле, следующим этапом исследований является установление соотношения между энергетическими уровнями сейсмической опасности северного и южного полушарий.

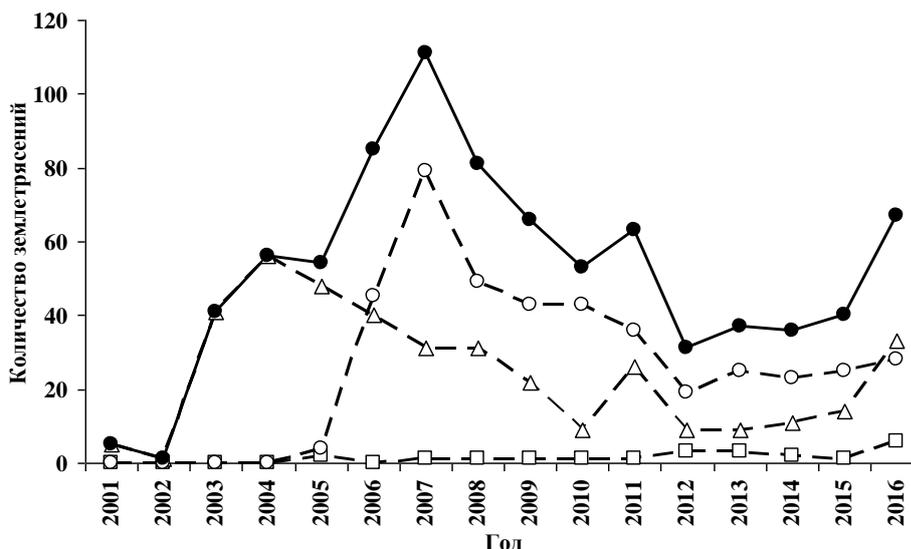


Рисунок 14 – Динамика количества землетрясений в южном большом полушарии за период 2001 – 2016 гг. с магнитудой: кривая с символом □ соответствует $5,0 \leq M < 5,5$; \triangle – $5,5 \leq M < 6,0$; \circ – $M \geq 6,0$; ● – общее количество

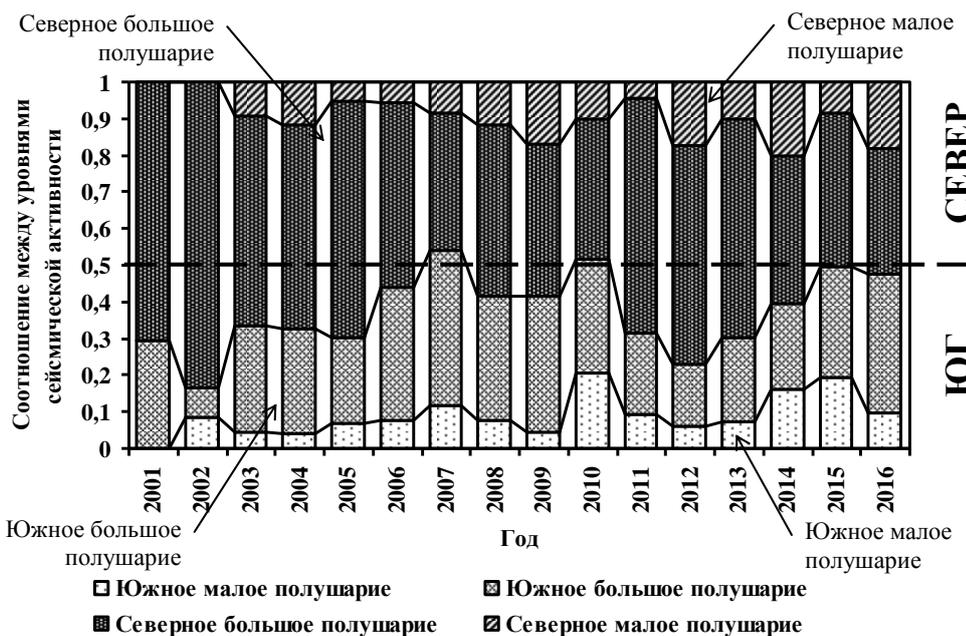


Рисунок 15 – Гистограмма соотношений динамики между количественными уровнями сейсмической активности, характерными для полушарий земного шара, за период 2001 – 2016 гг.

Динамика уровней разрушающей энергии (взаимосвязь между магнитудой землетрясения (M) и уровнем его разрушающей энергии имеет вид $\lg E = 11,8 + 1,5M$, где E

определяется в эрг [24, 25]) значимых землетрясений, возникших в 2001 – 2016 гг., представлена на рис. 16.

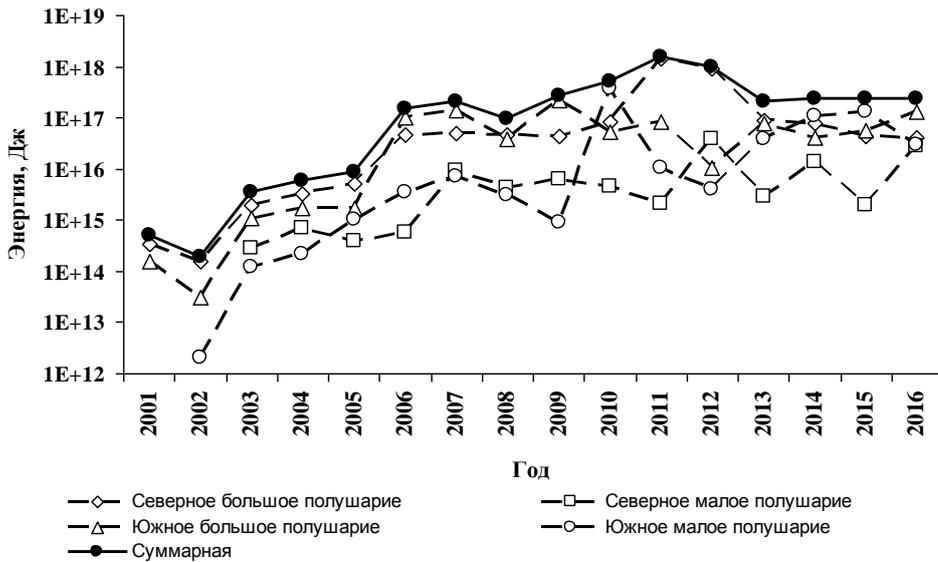


Рисунок 16 – Динамика разрушающей энергии значимых землетрясений, возникших в полушариях земного шара за период 2001 – 2016 гг.

Представленные на рис. 16 зависимости характеризуются степенями корреляции на уровне:

- между динамикой энергии землетрясений в северном ($E_C(t)$) и южном ($E_{Ю}(t)$) полушариях показатель корреляции равен $r_{E_C E_{Ю}} \approx -0,07$, определяющий значение $|T_H| \approx -0,28 < t_{кр}(\alpha; k)$;

- между динамикой энергии землетрясений в северном малом ($E'_C(t)$) и северном большом ($E''_C(t)$) полушариях показатель корреляции равен $r_{E'_C E''_C} \approx 0,29$, определяющий значение $|T_H| \approx 1,14 < t_{кр}(\alpha; k)$;

- между динамикой энергии землетрясений в южном малом ($E'_{Ю}(t)$) и южном большом ($E''_{Ю}(t)$) полушариях показатель корреляции равен $r_{E'_{Ю} E''_{Ю}} \approx -0,06$, определяющий значение $|T_H| \approx -0,21 < t_{кр}(\alpha; k)$;

- между динамикой энергии землетрясений в северном малом ($E'_C(t)$) и южном малом ($E'_{Ю}(t)$) полушариях показатель корреляции равен $r_{E'_C E'_{Ю}} \approx -0,08$

, определяющий значение $|T_H| \approx -0,28 < t_{кр}(\alpha; k)$;

- между динамикой энергии землетрясений в северном большом ($E''_C(t)$) и южном большом ($E''_{Ю}(t)$) полушариях показатель корреляции равен $r_{E''_C E''_{Ю}} \approx 0,01$, определяющий значение $|T_H| \approx 0,05 < t_{кр}(\alpha; k)$;

- между динамикой энергии землетрясений в малом ($E'(t) = E'_C(t) + E'_{Ю}(t)$) и большом ($E''(t) = E''_C(t) + E''_{Ю}(t)$) полушариях показатель корреляции равен $r_{E' E''} \approx -0,06$, определяющий значение $|T_H| \approx -0,24 < t_{кр}(\alpha; k)$.

Значения коэффициентов корреляции между величинами энергий землетрясений в различных полушариях земного шара указывают на отсутствие оснований для опровержения нулевой гипотезы, что обуславливает возможность возникновения цепной генерации (афтершоков) в сейсмически активных регионах планеты (см. рис. 5). Поэтому, результаты корреляционного анализа уровней энергии сейсмической активности полушарий в условиях исключения цепных генераций, которые возникли в период 2001 – 2016 гг., представлены на рис. 17, где в числителе приведены значения коэффициента корреляции при отсутствии цепной генерации, в знаменателе при наличии цепной генерации.

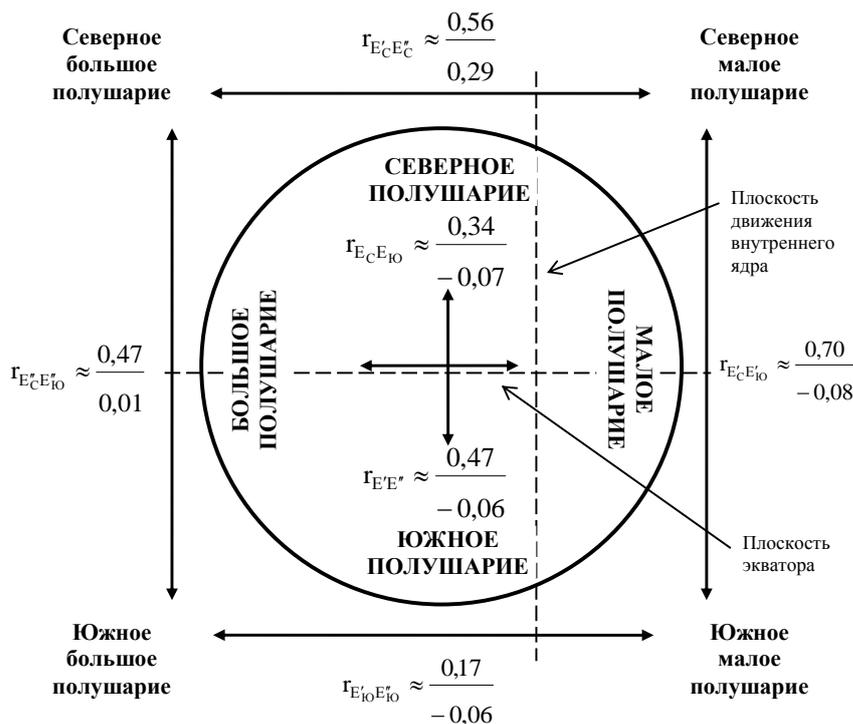


Рисунок 17 – Значения коэффициентов корреляции между энергией землетрясений, возникших в полушариях земного шара за период 2001 – 2016 гг. (в числителе приведены значения коэффициента корреляции при отсутствии цепной генерации, в знаменателе – при наличии цепной генерации)

Как видно из рис. 17, значения коэффициентов корреляции между энергией землетрясений в южном полушарии, в отличие от северного, указывают на отсутствие оснований для опровержения нулевой гипотезы.

Энергетический вклад сейсмического состояния отдельного полушария (*) в общий энергетический уровень сейсмической активности земного шара определялся нами как $\chi_{E^*} = E^* / (E'_C + E''_C + E'_{Ю} + E''_{Ю})$, где E^* – уровень энергии от землетрясений, возникших в анализируемом полушарии.

Результаты анализа показателей χ_{E^*} , определенных плоскостью движения

внутреннего ядра Земли (рис. 2 – 5) и плоскостью экватора четырех составляющих земного шара, позволило динамике соотношения между уровнями сейсмической активности этих полушарий представить в следующем графическом виде – рис. 18.

Согласно результатам расчетов, приведенных на рис. 18, колебания энергетических уровней сейсмической активности северного и южного полушарий земного шара носят осциллирующий характер с хаотически последовательным преимуществом энергетического уровня то в одном, то в другом полушарии. При этом, средний показатель энергетических колебаний за период 2001 – 2016 гг. находится на уровне среднего значения энергетического баланса планеты.

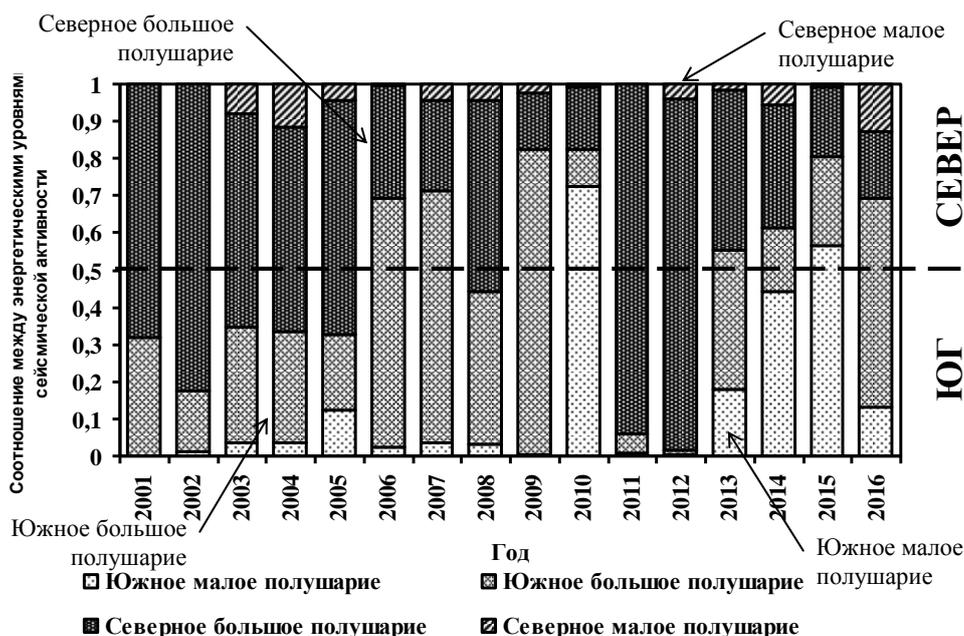


Рисунок 18 – Гистограмма динамики соотношений между энергетическими уровнями сейсмической активности, характерными для полушарий земного шара, за период 2001 – 2016 гг.

Полученные в работе теоретико-экспериментальные результаты базируются на представлениях об использовании (при разрешении проблемы в области гражданской защиты по разработке моделей процессов возникновения и развития различного характера опасностей как необходимой составляющей для построения интегральной системы мониторинга ЧС) функциональной поверхности, горизонтали проекции которой совпадают с конфигурацией локальной территории, а ее выпуклости соответствуют уровням опасности в местах с конкретными географическими координатами [7, 43]. Данные представления являются физической основой для разработки подхода для оценки влияния сейсмической активности земного шара на степень сейсмической активности сейсмически опасной локальной территории.

Выводы

1. Показано, что создание комплексной четырехуровневой (с учетом взаимосвязей между объектовым, городским, региональным и государственным уровнями) автоматизированной системы мониторинга ЧС, с подсистемой раннего выявления очагов сейсмической активности и прогнозирования сейсмической опасности по земному шару, является необходимым условием для выявления соответствующего уровня сейсмической безопасности функционирования контролируемой локальной территории.

2. Установлено, что основой подсистемы раннего обнаружения очагов сейсмической активности и прогнозирования сейсмической опасности на контролируемой локальной территории является классический контур управления, обеспечивающий сбор, обработку и анализ информации, а также моделирование развития сейсмической опасности по земному шару.

3. В рамках представлений об особенностях влияния кинетики внутреннего ядра Земли на тектонические процессы в оболочке планеты, впервые установлены закономерности территориально-временного распределения количества землетрясений и их суммарной энергии между северным малым, северным большим, южным малым и южным большим полушариями земного шара. Полученные результаты ежегодного за период 2001 – 2016 гг. территориально-временного количественного и энергетического распределений землетрясений свидетельствует о существовании двух типов колебаний сейсмической активности, а именно:

- квазипериодических колебаний сейсмической активности между полушариями земного шара, в рамках условного допущения о равновесии при функционировании системы Солнце–Земля–Луна;

- стохастических флуктуаций сейсмической активности, возникающих в условиях проявления механизма цепного распространения землетрясений в зонах сейсмической нестабильности.

4. В результате расчета коэффициентов корреляции установлено, что количественная картина динамики сейсмической активности между полушариями земного шара носит взаимно-периодический характер. Особенности характера изменения значений коэффициентов корреляции, на наш взгляд, обусловлены асимметричным распределением сейсмически нестабильных регионов по земному шару.

5. Полученные результаты расчетов соотношения между энергетическими

уровнями сейсмической активности полушарий планеты свидетельствуют об относительно стабильном, в рамках допустимых отклонений от нормальных условий жизнедеятельности планеты за счет эпизодического возникновения сильных землетрясений и генерации цепного распространения сейсмической нестабильности, состоянии внешней оболочки земного шара.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Черногор Л.Ф. Физика и экология катастроф / Л.Ф. Черногор – Харьков: Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, 2012. – 556 с.
2. Тютюник В.В. Системний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності при територіально часовому розподілі енергії джерел надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2011. – Вип. 14. – С. 171 – 194.
3. Калугін В.Д. Системний підхід до оцінки ризиків надзвичайних ситуацій в Україні / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – 1/6 (55). – С. 59 – 70.
4. Тютюник В.В. Використання енергетичного підходу для оцінки ефективності функціонування комплексної автоматизованої системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій на локальній території / В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугін // Системи обробки інформації. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2016. – Вип. 1(138). – С. 183 – 194.
5. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI // Голос України. – 2012. – листопад (№ 220 (5470)). – С. 4 – 20.
6. Калугін В.Д. Розробка науково-технічних основ для створення системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Системи обробки інформації. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 9(116). – С. 204 – 216.
7. Андронов В.А. Науково-конструкторські основи створення комплексної системи моніторингу надзвичайних ситуацій в Україні: Монографія / В.А. Андронов, М.М. Дівізінюк, В.Д. Калугін, В.В. Тютюник. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2016. – 319 с.
8. Сидоренков Н.С. Физика нестабильностей вращения Земли. – М.: Наука, Физматлит, 2002. – 384 с.
9. Клименко А.В. Глобальные свойства сейсмической активности Земли и их связь с ее вращением / А.В. Клименко // Диссер. ... канд. физ.-мат. наук. – М.: Московский государственный областной университет, 2005. – 87 с.
10. Малышков Ю.П. Периодические вариации геофизических полей и сейсмичности, их возможная связь с движением ядра Земли / Ю.П. Малышков, С.Ю. Малышков // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50. – № 2. – С. 152 – 172.
11. Малышков Ю.П. Способ определения пространственного положения и параметров движения внутреннего ядра Земли / Ю.П. Малышков, С.Ю. Малышков, С.Г. Шталайн [и др.] // Институт мониторинга климатических и экологических систем. – Патент РФ № 2352961С2, МПК G01V3/00, 20.04.2009.
12. Ромашов А.Н. В поисках обобщающей геотектонической концепции / А.Н. Ромашов, С.С. Цыганков // Геотектоника. – 1996. – № 4. – С. 3 – 12.
13. Фридман А.М. О некоторых корреляциях в сейсмодинамике и двух компонентах сейсмической активности Земли / А.М. Фридман, Е.В. Поляченко, Н.Р. Насырканов // Успехи физических наук. – 2010. – т. 180. – № 3. – С. 303 – 312.
14. Тютюник В.В. Оцінка територіально-часового розподілу кількості землетрусів по земній кулі / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін, Л.Ф. Черногор // Геоінформатика – Київ: Інститут геологічних наук НАН України, 2012. – № 4(44) – С. 53 – 60
15. Калугін В.Д. Оцінка співвідношення між рівнями сейсмічної небезпеки півкуль земної кулі / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Системи обробки інформації – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2012. – Вип. 7(105). – С. 277 – 287
16. Жаров В.Е. Вариации параметров вращения Земли и их связь с сильнейшими землетрясениями мира / В.Е. Жаров, А.С. Конов, В.Б. Смирнов // Астрон. журн. – 1991. – Т.68. – Вып. 1. – С. 187 – 196.
17. Горькавый Н.Н. О корреляции графиков угловой скорости вращения Земли и модуля ее временной производной с частотой землетрясений в зависимости от их магнитуды / Н.Н. Горькавый, Л.С. Левицкий, Т.А. Тайдакова, Ю.А. Трапезников, А.М. Фридман // Физика Земли. – 1994. – № 10. – С. 33 – 38.
18. Сидоренков Н.С. Нестабильность вращения Земли / Н.С. Сидоренко // Вестник РАН. – 2004. – Т. 74. – № 8. – С. 701 – 715.
19. Сидорин А.Я. Влияние Солнца на сейсмичность и сейсмический шум / А.Я. Сидорин // Сейсмические приборы. – 2004. – Вып. 40. – С. 71 – 80.
20. Левин Б.В. Свойства «критических широт», вариации вращения и сейсмичность Земли / Б.В. Левин, Е.В. Сасорова, А.В. Доманский // Вестник ДВО РАН. – 2013. – № 3. – С. 3 – 8.
21. Zharov V.E. Connection of the Earth's rotation with the atmospheric angular momentum and the strongest

- earthquakes / V.E. Zharov // *Astron. Astrophys. Transactions.* – 1996. – V.9. – P. 317 – 327.
22. Wiemer S. Mapping spatial variability of the frequency-magnitude distribution of earthquakes: An overview / S. Wiemer, M. Wyss // *Advances in Geophysics.* – 2002. – V.45. – P. 259 – 302.
 23. Atef A.H. Apparent weekly and daily earthquake periodicities in the Western United States / A.H. Atef, K.H. Liu, S.S. Gao // *Bull. Seismol. Soc. Amer.* – 2009. – V.99. – N 4. – P. 2273 – 2279.
 24. Райс Дж. Механика очага землетрясения / Дж. Райс. – М.: Мир, 1982. – 217 с.
 25. Касахара К. Механика землетрясений / К. Касахара. – М.: Мир, 1985. – 264 с.
 26. Трухин В.И. Общая и экологическая геофизика / В.И. Трухин, К.В. Показеев, В.Е. Куницен. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 576 с.
 27. Гуфельд И.Л. Сейсмический процесс. Физико-химические аспекты / И.Л. Гуфельд. – Королев, М.О.: ЦНИИМаш, 2007. – 160 с.
 28. Березняков А.І. Фізика Землі / А.І. Березняков, К.А. Немець. – Харків: Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, 2010. – 268 с.
 29. Саваренский Е.Ф. Сейсмические волны / Е.Ф. Саваренский. – М.: Недра, 1972. – 296 с.
 30. Малышков Ю.П. Способ прогноза землетрясений / Ю.П. Малышков, К.Б. Джумабаев, С.Ю. Малышков [и др.] // Институт мониторинга климатических и экологических систем. – Патент РФ № 2238575, МПК G01V3/00, 20.10.2004.
 31. Тютюник В.В. Дослідження механізму цепного розвитку процесу розповсюдження нестабільності у сейсмічно небезпечних регіонах Землі / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін // Системи обробки інформації – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2012. – Вип. 1(30). – С. 178 – 184.
 32. Пшенников К.В. Механизм возникновения афтершоков и неупругие свойства земной коры / К.В. Пшенников. – М.: Наука, 1965. – 87 с.
 33. Гульельми А.В. Форшоки и афтершоки сильных землетрясений в свете теории катастроф / А.В. Гульельми // *Успехи физических наук.* – 2015. – Т. 185. – № 4. – С. 415 – 429.
 34. Левин Б.В. Великое Японское землетрясение / Б.В. Левин, М.В. Родкин, И.Н. Тихонов // *Природа.* – 2011. – № 10. – С. 14 – 22.
 35. Электромагнитные предвестники землетрясений / Под ред. М.А. Садовского. – М.: Наука, 1982, – 69 с.
 36. Ремизов Л.Т. Регистрация изменений естественного электромагнитного поля в периоды времени, предшествующие землетрясениям / Л.Т. Ремизов // *Радиотехника и электроника* – 1991. – Т. 36. – № 6. – С. 1041 – 1080.
 37. Тертышников А.В. Предвестники сильных землетрясений в озоносфере / А.В. Тертышников // *Гелиогеофизические исследования.* – 2012. – Вып. 2. – С. 54 – 59.
 38. Беляков А.С. Подземный фоновый звук и его связь с приливными деформациями / А.С. Беляков, В.С. Лавров, А.В. Николаев, Л.Л. Худзинский // *Физика Земли.* – 1999. – №12. – С. 39 – 46.
 39. Afraimovich E.L. The shock-acoustic waves generated by the earthquakes / E.L. Afraimovich, N.P. Perevalova, A.V. Plotnikov, A.M. Uralov // *Annales Geophysicae.* – 2001. – V.19. – N.4. – P. 395 – 409.
 40. Garcia R. Three-dimensional ionospheric tomography of post-seismic perturbations produced by the Denali earthquake from GPS data / R. Garcia, F. Crespon, V. Ducic, P. Lognonne // *Geophys. J. Int.* – 2005. – V.163. – P. 1049 – 1064.
 41. Heki K. Directivity and apparent velocity of the coseismic traveling ionospheric disturbances observed with a dense GPS array / K. Heki, J. Ping // *Earth Planet. Sci. Lett.* – 2005. – V.236. – P. 845 – 855.
 42. Данные Главного центра специального контроля Государственного космического агентства Украины [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.nkau.gov.ua/nsau/zemltrus.nsf>
 43. Тютюник В.В. Створення комплексної системи моніторингу надзвичайних ситуацій в регіонах України / В.В. Тютюник // Автореф. ... доктора технічних наук за спец. 21.02.03 – Цивільний захист. – Київ: НАН України. ДП «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України». – 2015. – 42 с.

ASSESSMENT OF DYNAMIC AND POWER EFFECTS ON THE EARTH AND THEIR INFLUENCES ON RATIOS BETWEEN SEISMIC ACTIVITY LEVELS OF GLOBE HEMISPHERES

V. Tiutiunyk¹, Doctor of Sciences (Eng), Senior Fellow, L. Chornohor², Doctor of Sciences (Physical and Mathematical), Professor, V. Kaluhin¹, Doctor of Sciences (Chemical), Professor, T. Ahazade¹

¹National University of Civil Protection of Ukraine

²V.N. Karazin Kharkiv National University

KEYWORDS

emergency situation of tectonic origin, early detection of the seismic activity centers, prediction of seismic danger, power influence of seasonal internal core fluctuations of the globe, instability in seismically dangerous regions, a ratio between levels of seismic activity hemispheres of the globe, the complex system of emergency situations monitoring

ANNOTATION

Approach of receiving dynamic assessment and power effects on the planet Earth has been formulated. Their influence on ratios between seismic activity levels of globe hemispheres has been established. The received results have been used for development of the early detection subsystem of the emergency situations centers tectonic origin and prediction of seismic danger levels in the local territory controlled in the estimated conditions power equilibrium in system Sun-Earth-Moon.

ОЦІНКА ДИНАМІЧНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЕФЕКТІВ НА ПЛАНЕТІ ЗЕМЛЯ ТА ВПЛИВ ЇХ НА СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ РІВНЯМИ СЕЙСМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ПІВКУЛЬ ЗЕМНОЇ КУЛІ

В.В. Тютюник¹, докт. техн. наук, ст. наук. співр., Л.Ф. Чорногор², докт. фіз.-мат. наук, проф., В.Д. Калугін¹, докт. хім. наук, проф., Т.Х. Агазаде¹

¹Національний університет цивільного захисту України

²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

КЛЮЧОВІ СЛОВА

надзвичайна ситуація тектонічного походження, раннє виявлення джерел сейсмічної активності, прогнозування сейсмічної небезпеки, енергетичний вплив сезонних коливань внутрішнього ядра земної кулі, нестабільність у сейсмічно небезпечних регіонах, співвідношення між рівнями сейсмічної активності півкуль земної кулі, комплексна система моніторингу надзвичайних ситуацій

АНОТАЦІЯ

Сформульований підхід і проведена оцінка динамічних та енергетичних ефектів на планеті Земля та встановлено вплив їх на співвідношення між рівнями сейсмічної активності півкуль земної кулі. Результати використані для розробки підсистеми раннього виявлення джерел надзвичайних ситуацій тектонічного походження та прогнозування рівня сейсмічної небезпеки на контрольованій локальній території в умовах передбачуваної енергетичної рівноваги в системі Сонце–Земля–Місяць.