

А.В. Виляев, А.П. Стихарный
 Институт ионосферы, Алматы, 050020, Казахстан
 e-mail: vilayev@gmail.com

О ВОЗМОЖНОСТИ НАРУШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ ЗЕМЛИ ТЕХНОГЕННЫМ ФАКТОРОМ

Аннотация. Рассматривается гипотеза о возможности нарушения динамического равновесия Земли вследствие климатических изменений последних 150 лет и техногенного воздействия на примере катастрофической аварии нефтяной платформы компании British Petroleum в Мексиканском заливе 20 апреля 2010 г. Гипотеза соответствует постулату о неизбежности изменения механизмов взаимодействия различных физических полей вследствие случайных микровоздействий. На основе спутниковых данных показано, что в результате аварии произошло изменение траектории движения течения Гольфстрим, которое привело к изменению температурного режима, солености и плотности, значительных по объему океанических масс. Изменение плотности океанических масс в локальных областях могло вызвать смещение центра масс Земли на 10^{-4} м и отклонение оси ее вращения на $3.4 \cdot 10^{-6}$ ас. Показано, что процесс нарушения динамического равновесия Земли может сопровождаться возрастанием количества относительно слабых землетрясений (в диапазоне магнитуд 4.2-4.8 на 41.5%) и интенсивности сейсмического шума (тремора) по данным сетей широкополосных сейсмостанций и спутниковой GPS навигации. При этом суммарная величина выделяющейся сейсмической энергии остается практически неизменной. Авторы проводят обоснование сформулированной гипотезы с использованием эмпирических данных, математической модели и расчетов.

Ключевые слова: гипотеза, динамическое равновесие Земли, течение Гольфстрим, техногенный фактор, сейсмичность.

Введение

Возникновение деформационных процессов, обусловленных возмущениями напряженно-деформированного состояния земной коры, может быть интерпретировано с позиций гипотезы нарушения динамического равновесия вращающейся Земли. Гипотеза соответствует постулату о неизбежности структурных изменений различных физических полей вследствие случайных микровоздействий. Триггером таких слабых флуктуаций могут стать как вариации планетарных факторов, в частности, изменения климата, параметров вращения Земли, земные и океанические приливы, закономерная смена лунных фаз и др., так и техногенные факторы в виде мощных взрывов, антропогенных изменений климата или, как показано в настоящей статье, перераспределение океанических течений, обусловленных техногенными воздействиями.

Индикатором нарушения динамического равновесия может быть изменение числа слабых землетрясений в литосфере

Земли. Активизация сейсмических процессов слабыми возмущениями напряженно-деформированного состояния земной коры рассматривалась в [1-4]. В указанных работах показано, что слабые возмущения способны инициировать деформационные волны в литосфере Земли, генерируя сейсмические колебания с высвобождением сейсмической энергии.

Цель настоящей работы заключается в проверке рабочей гипотезы о возможности нарушения динамического равновесия Земли антропогенным фактором. Метод проверки гипотезы включает анализ фактических данных наблюдений геофизических полей, построение математической модели и выполнение расчетов на ее основе.

Антропогенный фактор воздействия на динамику Земли

В качестве примера катастрофического техногенного воздействия на динамику Земли рассматривалась авария в Мексиканском заливе в 80 км от побере-

жья на месторождении Макондо компании BritishPetroleum в результате взрыва нефтяной платформы Deepwater Horizon 20 апреля 2010 г.

Через повреждения скважины на глубине 1500 м в течение 152 суток происходила неконтролируемая утечка нефти, общее количество которой составило 682 тыс. т (5 миллионов баррелей). Нефтяное пятно распространилось на площади 75 тыс. кв. км [5]. В Мексиканском заливе на глубинах до 1300 м были обнаружены пятна нефти протяженностью до 16 км и толщиной до 90 м. Для уменьшения последствий экологической катастрофы около 19 млн. л диспергаторов было добавлено к более миллиарду литров сырой нефти.

По спутниковым данным было установлено, что разлив нефти в Мексиканском заливе и массовое применение диспергентов повлияли на скорость и направление океанического течения Гольфстрим (Рис.1).



Рисунок 1. Схема океанических течений Атлантического океана [7]

Гольфстрим - интенсивное, теплое океаническое течение в западной части Атлантического океана у восточного побережья Северной Америки. Оно расщепляется на две части - Северный поток или Североатлантический дрейф, который пересекает Атлантический океан в направлении к Северной Европе, и Южный поток или Канарское течение, рециркулирую-

щееот берегов Западной Африки [6]. Размеры течения составляют 100 км по ширине и от 800 до 1200 м по глубине. Скорость потока наиболее интенсивна у поверхности и в среднем составляет около 6.4 км/ч при максимальной величине до 9 км/ч. Гольфстрим транспортирует от 20 до 40 Sv воды в секунду (1 Sv эквивалентен 10^6 м^3), что превышает единовременный сток всех рек в мире.

У восточных берегов Северной Америки теплый Гольфстрим сталкивается с холодным Лабрадорским течением, протекающим с севера на юг вдоль западной окраины Лабрадорского моря. Лабрадорское течение - холодное с температурой воды менее 0°C и имеет низкую соленость - от 30 до 34 ‰. Течение Лабрадора ограничено континентальным шельфом и распространяется на глубинах до 600 м. Объем его водного транспорта составляет 3.5- 5.4 Sv/c [8].

Система океанических течений Гольфстрим-Лабрадор в Северной Атлантике играет существенную роль в формировании климата Земли, перераспределяя тепло и воздействуя на углеродный цикл. В работах [9,10] показано, что конвекция в течениях Лабрадора и Гольфстрима ослабевает. По спутниковым данным такое ослабление проявляется в характерных изменениях температуры приповерхностной воды в субполярных районах Атлантического океана и в пределах течения Гольфстрим. С 2006 г. замедление течения Гольфстрим вызывалось естественными причинами опреснения Лабрадорского течения. Крупномасштабная авария нефтяной платформы «Бритиш петролиум» 20 апреля 2010 г. в Мексиканском заливе вызвала ускорение процесса замедления течения Гольфстрим.

Первое сообщение об «остановке» Гольфстрима приводится в работе [11], в которой показано, что средняя температура воды в северной части течения Гольфстрим понизилась на 10°C , по сравнению с «докатастрофным» 2009 г. При этом течение Гольфстрим переместилось на 800 миль (1481 км) к востоку. Спутниковые снимки Гольфстрима между 76 и 47 меридианами показали, что понижение темпе-

ратуры воды составило 10°C , по сравнению с температурами для того же периода прошлого года. Эти данные позволяют предполагать прямую причинно-следственную связь между остановкой теплового Кольцевого течения в Мексиканском заливе и падением температуры воды в течении Гольфстрим. Исследования ProtonicsChemicalCorporation и кафедры прикладных воздушно-космических наук университета Колорадо (США) также подтверждают, что течение Гольфстрим изменилось свою траекторию. [12]

С использованием таких эмпирических данных в настоящей работе предложена рабочая гипотеза о том, что изменение траектории движения течения Гольфстрим сопровождалось изменением температурного режима, солёности и плотности, значительных по объёму океанических масс (рисунок 2).

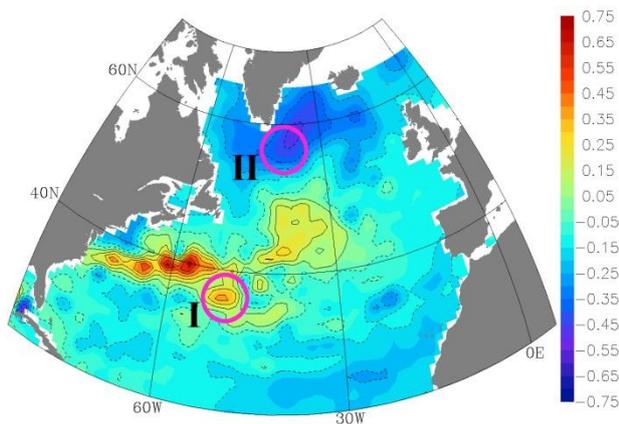


Рисунок 2 – Карта скорости течений субполярного круговорота [13].

I и II моделируемые области изменения температурного режима

При этом предполагается, что процесс происходил сравнительно медленно, и формирование «посткатастрофического» изменения температурного режима происходило в течении времени порядка двух лет, начиная с 2011 г. Такое перераспределение температуры водных масс могло сопровождаться нарушением равновесного состояния динамической системы вращающейся Земли, изменениями положения центра Земли и полюсов и могло со-

провождаться возрастанием количества слабых землетрясений. Покажем это.

Постановка задачи и решение

Движение центра Земли представляет собой простейший механический аттрактор, определяющий совокупность внутренних и внешних условий конечного состояния развития системы. Рассмотрим изменение устойчивого положения центра Земли в случае нарушения однородности распределения масс отдельных областей на ее поверхности. Примем упрощённую модель изменяемой части течений в виде двух равных по размеру дисков радиусом 500 км (R_G), мощностью 1 км (H_G) и с аномальной плотностью воды ρ_G с центром в точке с координатами $N35^{\circ} W50^{\circ}$ (область I – увеличение температуры), и в точке с координатами центра $N57^{\circ} W40^{\circ}$ (область II – уменьшение температуры) (Рис.2).

Центр масс Земли (центр инерциальной системы материальных точек) определяется как геометрическая точка, характеризующая движение системы всех частиц целого тела. В классической механике уравнение геометрического положения центра, как системы материальных точек для случая непрерывного распределения масс, записывается как [14]:

$$\bar{r}_c = \frac{1}{M} \int_V \rho \bar{r} dV \quad (1)$$

где r_c – радиус-вектор центра масс, M – суммарная масса системы, V – объём, ρ – плотность.

Обозначим состояние системы «до» нарушения режима движения индексом 1 и «после» - индексом 2. Вычисления проведем в прямоугольной и сферической системах координат с центром, соответствующим центру масс Земли. Распишем формулу (1) по координатам центра масс;

$$x_1 = \frac{1}{M} \int_V \rho \bar{r} x dV \quad (2)$$

$$y_1 = \frac{1}{M} \int_V \rho \bar{r} y dV \quad (3)$$

$$z_1 = \frac{1}{M} \int_V \rho \bar{r} z dV \quad (4)$$

Определим объёмы перераспределения неоднородных областей как «до» - V_1 и «после» - V_2 , при этом $|V_2| = |V_1|$. Соответственно, объём неизменной части будет равен $V_o = V - (V_1 + V_2)$.

Обозначим плотности «до» - ρ_1 и «после» - ρ_2 . Тогда формула (2) запишется в виде:

$$x_{до} = \frac{1}{M} \int_{V_1} \rho \bar{r} x dV + \frac{1}{M} \int_{V_2} \rho \bar{r} x dV + \frac{1}{M} \int_{V_0} \rho \bar{r} x dV = \frac{1}{M} \rho_1 X_1 V_1 + \frac{1}{M} \rho_2 X_2 V_2 + \frac{1}{M} \int_{V_0} \rho \bar{r} x dV \quad (5)$$

где X_1 и X_2 – координата центра точек I и II.

Аналогично:

$$x_{после} = \frac{1}{M} \rho_2 X_1 V_1 + \frac{1}{M} \rho_1 X_2 V_2 + \frac{1}{M} \int_{V_0} \rho \bar{r} x dV \quad (6)$$

Вычитая (5) из (6) получаем:

$$dX = x_{после} - x_{до} = \frac{1}{M} \rho_2 - \rho_1 X_1 V_1 + \frac{1}{M} \rho_1 - \rho_2 X_2 V_2$$

$$\text{или } dX = \frac{1}{M} \rho_2 - \rho_1 X_1 - X_2 |V| \quad (7)$$

Аналогично, вычитая (3) из (4), получаем:

$$dY = \frac{1}{M} \rho_2 - \rho_1 Y_1 - Y_2 |V| \quad (8)$$

$$dZ = \frac{1}{M} \rho_2 - \rho_1 Z_1 - Z_2 |V| \quad (9)$$

где dX , dY , dZ – отклонения геометрического положения центра масс Земли от его первоначально устойчивого состояния.

Далее рассмотрим возможное изменение положения полюсов оси вращения Земли вследствие смещения центра масс. Для математической однозначности задачи введем условие: *новая ось вращения минимизирует суммарный сдвиг полюсов*. При этом новая ось вращения расположена в плоскости, проходящей через прежние полюса и новый центр масс (рисунок 3), где

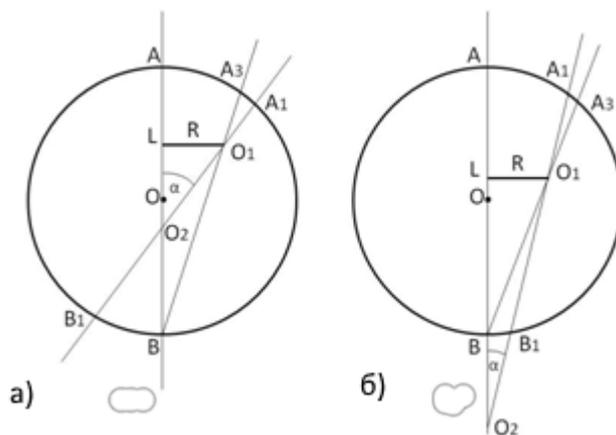
$$R = \sqrt{dX^2 + dY^2} \\ dX = |X_1 - X_2| \\ dY = |Y_1 - Y_2| \\ dZ = L = R_{земли} \sin X_1 - \sin X_2 \quad (10)$$

Изменение угла α накладывается на нутацию колебаний земной оси в процессе прецессионного движения. Нутация изменяет лишь ориентировку оси вращения Земли в пространстве и не влияет на положение этой оси в теле Земли.

Рассмотрим возможные варианты: Рисунок 3а - точка O_2 лежит внутри Земли или на её поверхности. При этом угол α определяется полусуммой дуг AA_1 и BB_1 и таким образом определяет суммарный сдвиг полюсов. Минимум суммарного

сдвига полюсов достигается при совпадении B_1 и B :

$$2\alpha = \arctan\left(\frac{r}{R+L}\right) \quad (11)$$



О – центр масс «до», O_1 – центр масс «после», АВ – ось вращения «до», A_1B_1 – ось вращения «после», O_2 – точка пересечения осей вращения, α – угол между ними, а) – O_2 внутри Земли; б) – O_2 вне Земли

Рисунок 3 – К расчету возможного изменения положения полюсов оси вращения Земли

Рисунок 3б - точка O_2 лежит вне Земли. В этом случае угол α определяется полуразностью дуг AA_1 и BB_1 . Так как O_1 находится выше O , то дуга BB_1 больше дуги AA_1 , и минимум суммарного сдвига полюсов также достигается при совпадении B_1 и B (формула 11).

Таким образом, уравнения (7-11) определяют конечное состояние процесса динамического развития аттрактора – центра масс Земли.

Исходные данные

Рассмотрим морскую воду как двухкомпонентную систему вода (растворитель)+ морская соль (растворенное вещество), в которой основные свойства ее состояния характеризуются внутренними параметрами - температурой, соленостью и давлением. Температура, соленость и давление определяют величину плотности морской воды. Характерные для поверхности моря (океана) значения плотности, зависящие от температуры, находятся в диапазоне от 0,9960 до 1,0283 кг/м³ [15].

В расчетах плотности морской воды с учетом ее температуры и солёности в настоящей работе использовались эмпирические зависимости (Рис. 4).

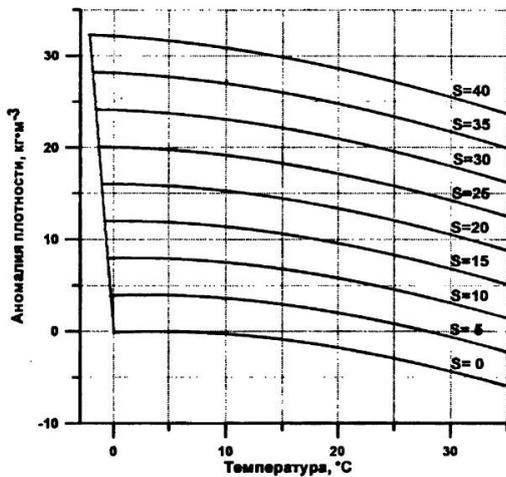


Рисунок 4. Плотность морской воды в зависимости от температуры и солёности при атмосферном давлении [16].

По спутниковым данным [17] в рассматриваемых областях Атлантического океана, за указанный промежуток времени (2009 - 2012 гг.), солёность изменялась в незначительных пределах, как на глубине 459 м (не более $\pm 0.01\text{‰}$), так и на глубине 747 м (не более $\pm 0.005\text{‰}$), и может быть принята за постоянную величину 35.52‰ (Рис. 5).

В тоже время за счет изменения направления движений океанических течений Гольфстрим и Лабрадор произошло перераспределение температуры морской воды в рассматриваемых областях до глубины 1 км (Рис. 6).

В среднем изменение разности температуры океанических масс между моделируемыми областями в интервалах времени 2009 - 2010 гг. и 2011 - 2012 гг. характеризуются значениями не более 1°C . Такой перепад температуры морской воды, в соответствии с эмпирической зависимостью (Рис.4), и при постоянной солёности может сопровождаться относительным изменением плотности на $0,25\text{ кг/м}^3$ (ρ_g).

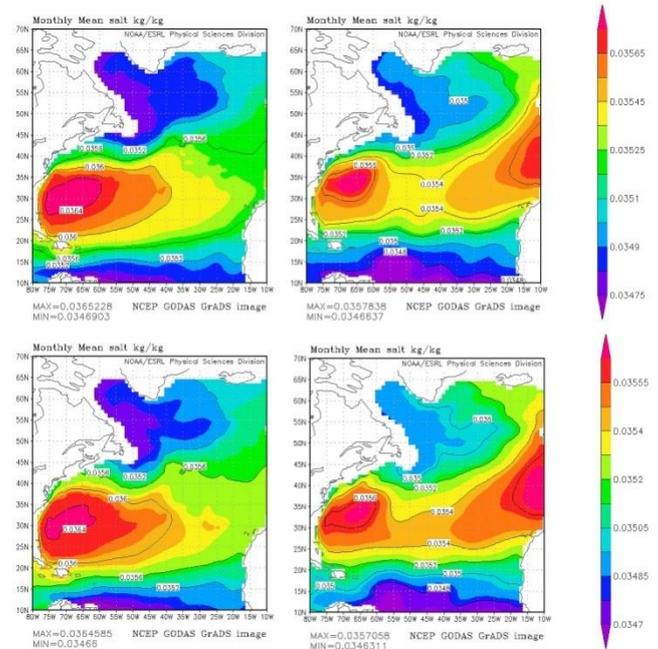


Рисунок 5. Карты среднемесячных значений солёности морской воды на глубинах 459 м и 757 м (слева направо) за 2009-2010 гг. (вверху) и за 2011-2012 гг. (внизу)[17]

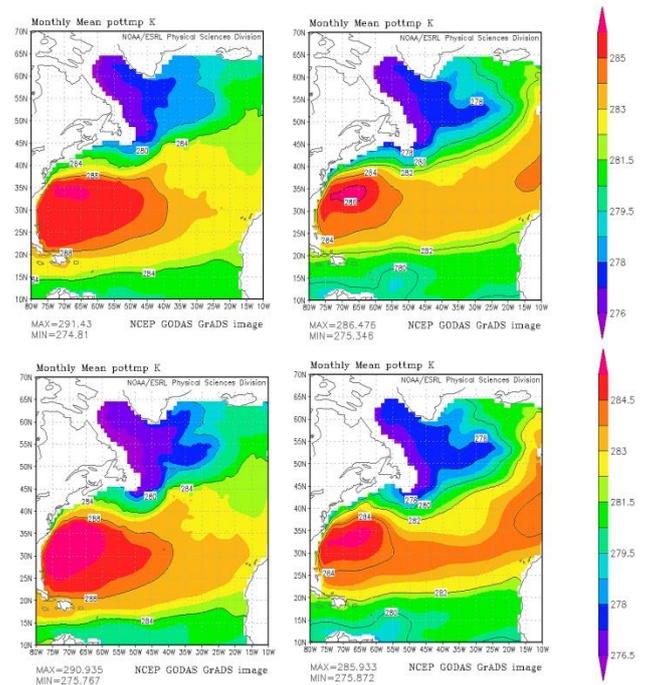


Рисунок 6. Карты среднемесячных значений температуры морской воды на глубинах 459 м и 757 м (слева направо) за 2009 – 2010 гг. (вверху) и за 2011 – 2012 гг. (внизу) [17].

Исходные данные, используемые в расчетах, представлены в таблице 1

Таблица 1. Исходные данные

Параметр	Значение	вСИ
Масса Земли (кг)		5.972E+24
Радиус Земли (м)		6378000
сдвиг точек I-II по широте (X_1-X_2)	22(град.)	2444948 м
сдвиг точек I-II по долготе (Y_1-Y_2)	10 (град)	785836 м
сдвиг точек I-II по оси вращения (Z_1-Z_2)	$R_{\text{Земли}} (\sin(X_1) - \sin(X_2))$	786132 м
Объем изменяемой части течения (м^3)	$\pi R_G^2 H_G$	7.854E+14
Изменение p_G ($\text{кг}/\text{м}^3$)		0.25

В рамках высказанной гипотезы и принятых предположений, на основании исходных данных (Табл. 1) и решений аналитических выражений (7-11), было получено, что вследствие нарушения динамического равновесия Земли, инициированного перераспределением температуры и плотности океанических масс в системе течений Гольфстрим-Лабрадор, перемещение центра масс Земли может составить 10^4 м, а отклонение оси вращения Земли на Северном полюсе по меридиану 10° может достигать $3.4 \cdot 10^{-6}$ ас, что соответствует 0.002% от амплитуды максимальной нутации полюса.

Обсуждение результатов

Полученные результаты подтверждают гипотезу о возможном нарушении динамического равновесия вращающейся Земли за счет ослабления конвекции течения Гольфстрим и последующего перераспределения масс в системе Североатлантических течений. Процесс продолжался со слабой интенсивностью в течение последних 150 лет [9, 10] и был активизирован 20 апреля 2010 г. после техногенной катастрофы в Мексиканском заливе. Такая активизация в настоящее время ослабевает, и прежний «докатастрофический» режим океанических течений постепенно восстанавливается.

Для подтверждения состоятельности выдвинутой гипотезы рассмотрим дополни-

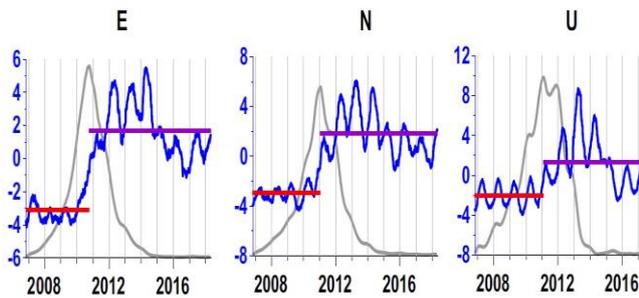
тельные факты. Как указывалось выше, одним из индикаторов изменения динамического равновесия может служить возникновение деформационных волн в литосфере Земли с накоплением или релаксацией глобальных тектонических напряжений и увеличением сейсмической активности [1-4]. Причем, флуктуации тектонических напряжений планетарного масштаба не всегда могут быть измерены непосредственно *in situ*. Их изучение возможно лишь GPS методами спутниковой геодезии в сочетании с регистрацией на сети сейсмических станций.

Впервые результаты анализа изменений глобального сейсмического шума были опубликованы в [18]. Анализ был основан на данных 229 широкополосных станций сетей GSN, GEOSCOPE и GEOFON за 16-летний период с начала 1997 по конец 2012 гг. Изучалось когерентное поведение четырех параметров, характеризующих глобальное поле низкочастотного сейсмического шума на периодах от 2 до 500 мин. Рассматриваемые параметры включали логарифмическую дисперсию, эксцесс, ширину спектра сингулярности и минимальную энтропию вейвлет-коэффициентов непрерывных сейсмических сигналов. На основании проведенного анализа в работе [18] сделан вывод, что наблюдается усиление синхронизации между параметрами глобального сейсмического шума во всем интервале наблюдений с начала 1997 г. «Эта синхронизация продолжает расти до конца исследуемого периода (2012 г.), что можно интерпретировать как вероятный предвестник дальнейшего увеличения интенсивности сильнейших землетрясений во всем мире».

Усиление глобального сейсмического шума к концу 2012 г. можно сопоставить с процессом медленного ослабления течения Гольфстрим в последние 150 лет.

Подтверждением скачкообразного ускорения данного процесса после техногенной катастрофы могут служить результаты исследований [19, 20]. В них рассмотрены статистические параметры вариаций смещений GPS станций, отражающие поверхностные флуктуации напряженно-

деформированного состояния земной коры (Рис.7).



горизонтальные линии красного и пурпурного цвета - средние значения; серые линии –изменение коэффициента Фишера [19]

Рисунок 7. Графики первых главных компонент средних корреляций смещений временных рядов GPS (синие линии).

Совместная обработка данных глобальной сети ежесуточных непрерывных наблюдений GPS позволила авторам исследования [19] выделить скрытый эффект синхронизации низкочастотного собственного шума Земли, который проявлялся приблизительно с 23 октября 2010 по 17 февраля 2011 гг.

Было обнаружено значительное увеличение среднего уровня когерентности (корреляции)суточных величин шума, зарегистрированного на 1097 GPS станциях в девяти регионах Земли (Восточная, Западная и Центральная Северная Америка, Южная Америка, Европа, Япония, Аляска, Австралия, Новая Зеландия). Отмечалось, что в некоторых из указанных районов средний уровень согласованности остается достаточно высоким и не возвращается к предыдущему уровню (Рис. 7). Авторы публикаций [19, 20] считают, что возрастание сейсмического шума могло быть триггером катастрофического землетрясения 11 марта 2011 г., $M=9.1$ в Японии (Тохоку).

Кроме того, при изучении вариаций сейсмичности в рамках нарушения динамического равновесия Земли нами рассмотрены не только сильные землетрясения, но и статистические особенности проявления относительно слабых землетрясений. Использовался мировой каталог землетрясений [21], из которого производились выборки сейсмических событий раз-

личных магнитудных диапазонов для всей Земли в двух одинаковых по продолжительности временных интервалах 2009 – 2010 и 2011 – 2012 гг. Результаты распределения землетрясений и выделившейся сейсмической энергии E (в Дж) в двух временных интервалах представлены в таблице 2 и на рисунке 8.

Таблица 2. Сравнительная выборка числа землетрясений и \log_{10} выделившейся сейсмической энергии в интервале времени 2009 - 2012 гг.

Магнитуды	2009.01.01 - 2010.12.31		2011.01.01 - 2012.12.31	
	кол-во	Энергия (log10)	кол-во	Энергия (log10)
6.9-9.0	51	18,168	43	17,960
6.2-6.8	151	16,686	152	16,684
5.6-6.1	649	16,362	733	16,418
4.9-5.5	4902	16,212	5069	16,203
4.2-4.8	13146	15,743	18614	15,903
3.6-4.1	3744	14,373	4768	14,478

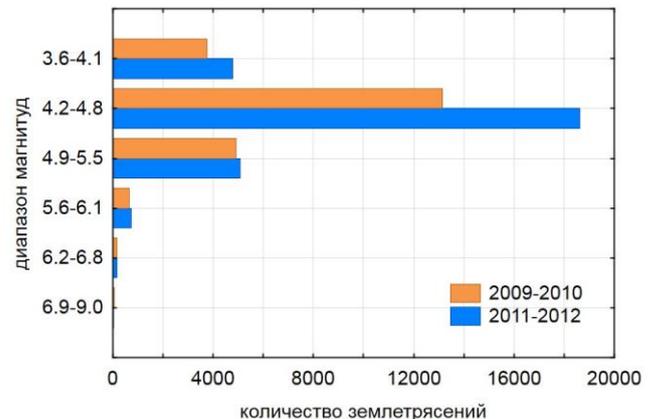


Рисунок 8. Гистограмма распределения числа землетрясений в интервале времени 2009 – 2012 гг.

В диапазонах магнитуд $M \leq 6.8$ в течение «посткатастрофического» интервала времени наблюдается увеличение числа землетрясений, особенно для относительно слабых событий с $M=4.2-4.8$: от 13146 до 18614, т. е. на 41.6%. Выборки включали все произошедшие землетрясения совместно с их афтершоками для наиболее полного

отражения процесса релаксации глобальных тектонических напряжений.

Отметим, что нарушение закона повторяемости землетрясений (Гутенберга – Рихтера) для значений магнитуд $M=3.6-4.1$ в приведенной таблице 2 и на гистограмме (Рис. 8) обусловлено разряженностью сейсмической сети станций регистраций землетрясений по земному шару. Тем не менее, и в данном диапазоне магнитуд наблюдается превышение количества землетрясений в «посткатастрофический» период (2011-2012 гг.)

Вместе с тем, по количеству выделившейся сейсмической энергии значительной дифференциации в рассматриваемых временных интервалах не наблюдается. Т. е. можно полагать, что нарушение динамического равновесия Земли сопровождалось лишь увеличением сейсмического шума (тремора) при сохранении среднего уровня освобождаемой сейсмической энергии.

Заключение

На упрощенной математической модели показано, что замедление океанического течения Гольфстрим и перераспределение температуры и плотности океанических масс в локальных областях в результате климатических изменений за последние 150 лет, а также вследствие техногенной катастрофы, может сопровождаться нарушением динамического равновесия планеты Земля.

В соответствии с выполненными расчетами, возможно смещение центра масс Земли на 10^{-4} м и отклонение оси ее вращения на $3.4 \cdot 10^{-6}$ ас в последующие два года после техногенной катастрофы в Мексиканском заливе. Это могло вызвать наблюдаемое увеличение числа слабых землетрясений в диапазоне магнитуд 4.2 - 4.8 на 41.5% и возрастание интенсивности сейсмического шума (тремора) по данным регистрации на сети широкополосных сейсмостанций и сети GPS навигации. При этом общее количество выделившейся сейсмической энергии оставалось практически неизменным. Это указывает на достаточную устойчивость динамического

равновесия системы Земля в масштабах времени годы – десятилетия – первые столетия. Отметим, что для рассматриваемой системы характерны небольшие флуктуации, и она не всегда полностью возвращается в исходное состояние, а лишь максимально близко приближается к нему.

Таким образом, с учетом приведенных эмпирических данных и расчетов в рамках рассмотренной математической модели, выдвинутая гипотеза о возможности нарушения динамического равновесия Земли техногенным фактором имеет право на существование в качестве научного предположения.

Список литературы

- 1 Кочарян Г.Г., Костюченко В.Н., Павлов Л.В. Инициирование деформационных процессов в земной коре слабыми возмущениями // Физическая мезомеханика. - 2004. - т. 7. - № 1. - С. 5-22;
- 2 Кочарян Г.Г., Федоров А.Е. Об особенностях механики сейсмического процесса в блочной геофизической среде // Доклады АН СССР. - 1990. - т. 315. - № 6. - С. 1345-1349;
- 3 Адушкин В.В., Спивак А.А. Приповерхностная геофизика: комплексные исследования литосферно-атмосферных взаимодействий в окружающей среде // Физика Земли. - 2012. - №3. - С.3-21;
- 4 Шерман С.И. Деформационные волны как триггерный механизм активизации разломов в сейсмических зонах континентальной литосферы. // Триггерные эффекты в геосистемах. М.: ГЕОС. 2013. С. 46-53
- 5 <https://geektimes.ru/post/250986/>
- 6 https://en.wikipedia.org/wiki/Gulf_Stream
- 7 <https://www.iksinfo.ru/stati/nauka-i-tehnika/item/162-golfstrim-ostanovilsja.html>
- 8 Labrador Current // The Editors of Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/place/Labrador-Current>
- 9 David J. R. Thornalley, Delia W. Oppo, Pablo Ortega, Jon I. Robson, Chris M. Brierley, Renee Davis, Ian R. Hall, Paola Moffa-Sanchez, Neil L. Rose, Peter T. Spooner, Igor Yashayaev & Lloyd D. Keigwin // Anomalously weak Labrador Sea convection and Atlantic overturning during the past 150 years. Letterl Nature. – 2018. - Vol. 556. – P. 227–230

- 10 L. Caesar, S. Rahmstorf, A. Robinson, G. Feulner & V. Saba. // Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation. Nature volume 556. – P. 191–196. – 2018;
- 11 Gianluigi Zangari Risk of global climate change by BP oil spill/ Frascati National Laboratories (LNF) - National Institute of Nuclear Physics (INFN) Frascati 00044, Via E. Fermi, 40, ITALY <http://www.associazionegeofisica.it/OilSpill.pdf>
- 12 <https://forumnsk.org/material/news/5568482.html>
- 13 K. Ramanujan, Alan D. Buis, S. Hines, J. Goldman // Satellites record weakening North Atlantic current. – 2004 <https://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2004/0415gyre.html>
- 14 Тарг С. М. Центр инерции (центр масс) // Физическая энциклопедия : [в 5 т.] Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Большая российская энциклопедия. - 1999. -т. 5. – С.692;
- 15 Справочник «Физические величины». Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова // Раздел "Физика земли" - И.А. Маслов - Москва. Энергоатомиздат, 1991. – С.1234.
- 16 В.С. Архипкин В.С., Добролюбов С. А. Физические свойства морской воды // Москва. Океанология. - 2005. – С.214;
- 17 Behringer, D.W., Y. Xue. Evaluation of the global ocean data assimilation system at NCEP: The Pacific Ocean. // Eighth Symposium on Integrated Observing and Assimilation Systems for Atmosphere, Oceans, and Land Surface, AMS 84th Annual Meeting, Washington State Convention and Trade Center, Seattle, Washington, - 2004; <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/datas.godas.html>
- 18 Lyubushin A.A. Analysis of coherence in global seismic noise for 1997–2012. // Izvestiya. Physics of the solid Earth. – Т. 50. - № 3. –С.325–333;
- 19 Lyubushin A.A. Global coherence of GPS-measured high-frequency surface tremor motions <https://doi.org/10.1007/s1029101807813>
- 20 Tamaz S, Luciano T, Vallianatos F (eds) Complexity of seismic time series: measurement and applications // Elsevier, Amsterdam. – 2018. P.548.
- 21 <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/>

Принято в печать 16.04.2019

А.В. Виляев, А.П. Стихарный

Институт ионосферы, Алматы, 050020, Казахстан, E-mail: vilayev@gmail.com

О ВОЗМОЖНОСТИ НАРУШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ ЗЕМЛИ ТЕХНОГЕННЫМ ФАКТОРОМ

Аннотация. Рассматривается гипотеза о возможности нарушения динамического равновесия Земли вследствие климатических изменений последних 150 лет и техногенного воздействия на примере катастрофической аварии нефтяной платформы компании British Petroleum в Мексиканском заливе 20 апреля 2010 г. Гипотеза соответствует постулату о неизбежности изменения механизмов взаимодействия различных физических полей вследствие случайных микровоздействий. На основе спутниковых данных показано, что в результате аварии произошло изменение траектории движения течения Гольфстрим, которое привело к изменению температурного режима, солености и плотности, значительных по объему океанических масс. Изменение плотности океанических масс в локальных областях могло вызвать смещение центра масс Земли на 10^{-4} м и отклонение оси ее вращения на $3.4 \cdot 10^{-6}$ ас. Показано, что процесс нарушения динамического равновесия Земли может сопровождаться возрастанием количества относительно слабых землетрясений (в диапазоне магнитуд 4.2–4.8 на 41.5%) и интенсивности сейсмического шума (тремора) по данным сетей широкополосных сейсмостанций и спутниковой GPS навигации. При этом суммарная величина выделяющейся сейсмической энергии остается практически неизменной. Авторы проводят обоснование сформулированной гипотезы с использованием эмпирических данных, математической модели и расчетов.

Ключевые слова: гипотеза, динамическое равновесие Земли, течение Гольфстрим, техногенный фактор, сейсмичность.

A.V. Vilayev, A.P. Stikharny

Institute of Ionosphere, Almaty, 050020, Kazakhstan, Email: vilayev@gmail.com

ON THE POSSIBILITY OF DISTURBANCE FOR DYNAMIC BALANCE OF EARTH BY TECHNOGENIC FACTOR

Abstract. The hypothesis about the possible disturbance for Earth's dynamic balance due to climate changes of the last 150 years and technogenic impact is considered on the example of the catastrophic accident of the British Petroleum oil platform in the Gulf of Mexico on April 20, 2010. The hypothesis corresponds to the postulate about the inevitability of changes in the interaction mechanisms of various physical fields due to random microeffects. Based on satellite data, it was shown that the accident caused a change in the trajectory of the Gulf Stream flow, which led to a change in temperature, salinity and density of significant ocean masses. A change in the density of ocean masses in some areas could cause a shift of the center of mass of the Earth by 10^{-4} m and a deviation of its axis of rotation by $3.4 \cdot 10^{-6}$ ac. It is shown that the process of disturbance the Earth's dynamic balance can be accompanied by an increase in the number of relatively weak earthquakes (in the range of magnitudes 4.2–4.8 by 41.5%) and the intensity of seismic noise (tremor) according to the data of broadband seismic networks and satellite GPS navigation. At the same time, the total value of the seismic energy released remains almost unchanged. The authors substantiate the formulated hypothesis using empirical data, a mathematical model, and calculations.

Keywords: hypothesis, dynamic balance of Earth, Gulf Stream current, anthropogenic factor, seismicity.

А.В. Виляев, А.П. Стихарный

Институт ионосферы, Алматы, 050020, Казахстан, E-mail: vilayev@gmail.com

ЖЕРДІҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ТЕҢГЕРІМІН ТЕХНОГЕНДІК ФАКТОРМЕН БҰЗУ МҮМКІНДІГІ ТУРАЛЫ

Аннотация. 2010 жылдың 20 сәуірінде Мексика шығанағындағы Бритиш Петролеум мұнай платформасындағы апатты жағдайдың мысалында соңғы 150 жылдағы климаттың өзгеруіне және техногендік әсерге байланысты Жердің динамикалық тепе-теңдігінің ықтимал бұзылуы туралы гипотеза қарастырылған. Гипотеза кездейсоқ микроэффекттерге байланысты түрлі физикалық өрістердің өзара әрекеттесу механизмдеріндегі өзгерістердің сөзсіздігіне сәйкес келеді. Спутниктік деректер аварияның салдарынан Гольфстрим ағынының бағыты өзгергенін көрсетті. Бұл мұхит массасының үлкен көлемінің температурасын, тұздылығын және тығыздығын өзгертуге әкелді. Жергілікті жерлерде мұхит массасының тығыздығының өзгеруі Жер массасының орталығында 10^{-4} м және айналу осінің ауытқуы $3.4 \cdot 10^{-6}$ ас болуы мүмкін. Сейсмикалық станциялар мен спутниктік GPS навигациясы бойынша Жердің динамикалық теңгеріміндегі өзгеріс нөлдік жер сілкіністердің 41.5% -ға ұлғаюымен және сейсмикалық шудың артуымен бірге жүруі мүмкін екендігі көрсетілген. Бұл жағдайда шығарылатын сейсмикалық энергияның жалпы құны іс жүзінде өзгермейді. Авторлар эмпирикалық деректерді, математикалық модельді және есептеулерді қолдану арқылы тұжырымдалған гипотезаны дәлелдейді.

Түйін сөздер: гипотеза, Жердің динамикалық тепе-теңдігі, Гольфстрим ағыны, техногендік фактор, сейсмикалық.