

# Идентификация механизма тектонических движений земной коры

Аббас Гейдар оглы РЗАЕВ<sup>1, 2\*</sup>,  
Сакит Рауф оглы РАСУЛОВ<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup>Институт систем управления НАНА, Азербайджан, Баку

<sup>2</sup>Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Азербайджан, Баку

**Актуальность.** Землетрясения происходят в межплитном пространстве тектонических плит при их взаимном (относительном) движении в литосфере. При этом в зависимости от ситуации происходят процессы субдукции, коллизии и спрединга плит, которые приводят к накоплению напряжения до значения, превышающего устойчивость горной породы, и возникновению землетрясения. Однако в настоящее время нет четкого представления о природе силы, двигающей литосферные плиты земной коры. Считается, что горизонтальное движение плит происходит за счет мантийных теплогравитационных течений – конвекции. Источником энергии для этих течений служит разность температуры между температурой центральных областей Земли и температурой ее поверхности. Однако данная гипотеза не может четко объяснить процесс спрединга между плитами. Наряду с эндогенными силами на движение плит наиболее существенно влияют экзогенные (космогенные) силы. Следовательно, определение и математическое описание характера и особенностей этих сил является актуальной задачей, чему посвящена данная статья.

**Цель работы.** Математическое описание ускоренного движения планеты Земля вокруг Солнца и вокруг центра нашей Галактики, приводящего к колебательному движению литосферных плит.

**Методология исследования.** В работе использованы методы математического моделирования, теория движения блоков земной коры и дрейфа континентов, законы механики и орбитального движения Земли вокруг Солнца и Солнечной системы вокруг центра нашей Галактики.

**Результаты.** Разработаны математические модели процесса ускоренного орбитального движения планеты Земля вокруг Солнца и центра нашей Галактики с учетом приливной силы, силы, создаваемой магнитным полем Земли (силы Лоренца), силы трения между дном океана и океанской водой и силы Кориолиса. Показано, что предложенные модели с относительной погрешностью 4 % адекватно описывают орбитальное движение планет Меркурия и Марса вокруг Солнца.

**Выводы.** В результате комплексного исследования выявлено, что одним из главных факторов, провоцирующих движение тектонических плит, является ускоренное орбитальное движение Земли относительно центра нашей Галактики. При этом происходит передача огромного количества движения в горизонтальном направлении, приводящего к деформации (растяжение и сжатие) земной коры и повышению вероятности возникновения землетрясений в сейсмоактивных (дислокационных) зонах. Предложена математическая модель силы тектонического движения земной коры. Показано, что модель адекватно описывает ускоренное орбитальное движение планет Меркурия и Марса. При описании орбитального движения Земли учитываются дополнительные силы, такие как приливная сила, сила, создаваемая магнитным полем Земли, сила трения между дном океана и океанской водой, сила Кориолиса. Показано, что сила, движущая тектонические плиты, имеет космогенную природу.

**Ключевые слова:** тектонические плиты, глобальная тектоника, землетрясение, ядро, мантия, астеносфера.

**В**ведение  
Современная геологическая теория о движении литосферы утверждает, что земная кора (ЗК) состоит из относительно целостных блоков – тектонических плит, которые находятся в постоянном движении относительно друг друга.

При этом в зонах расширения (срединно-океанических хребтах (рис. 1) и континентальных рифтах) в результате спрединга образуется новая океанская кора (рис. 2), а старая поглощается в зонах субдукции.

Впервые идея о движении блоков земной коры была высказана в теории дрейфа континентов, предложенной Альфредом Вегенером в 1920-х гг. [1]. Эта теория была первоначально отвергнута. Возрождение идеи о движении в твердой оболочке Земли произошло в 1960-х гг., когда в результате исследования рельефа и геологии океанского дна были получены данные, свидетельствующие о процессах расширения (спрединга) океанской коры, пододвигания одних частей земной коры под другие (субдукция).

Объединение этих представлений со старой теорией дрейфа материков породило современную теорию тектоники плит (ТП), которая скоро стала общепринятой концепцией в науках о Земле.

В теории ТП ключевое положение занимает понятие геодинамической обстановки характерной структуры с определенным соотношением плит. В одной и той же геодинамической обстановке происходят однотипные тектонические, магматические, сейсмические и геохимические процессы.

За прошедшие десятилетия ТП значительно изменила свои основные положения. Ныне их можно сформулировать следующим образом.

Верхняя часть твердой Земли делится на хрупкую литосферу и пластичную астеносферу (рис. 3). Считается, что конвекция в астеносфере – главная причина движения плит. Современная литосфера делится на 8 крупных плит и множество мелких. Мелкие плиты расположены в поясах между крупными плитами. Сейсмическая, тектоническая и магматическая активность сосредоточена на границах плит.

При этом основными позитивными элементами тектонических гипотез являются контракционная, пульсационная, ротационная, глубинная дифференциации.

На плиты кроме силы вязкостного трения действуют также и другие, меньшие по величине, но также важные силы. Это силы Архимеда, обеспечивающие плавание более легкой коры на поверхности более тяжелой мантии и приливные силы, обусловленные гравитационным воздействием Луны и Солнца [2, 3].

\*abbas\_r@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2286-1074>

\*\*  [rasulovsakit@gmail.com](mailto:rasulovsakit@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-1548-3143>

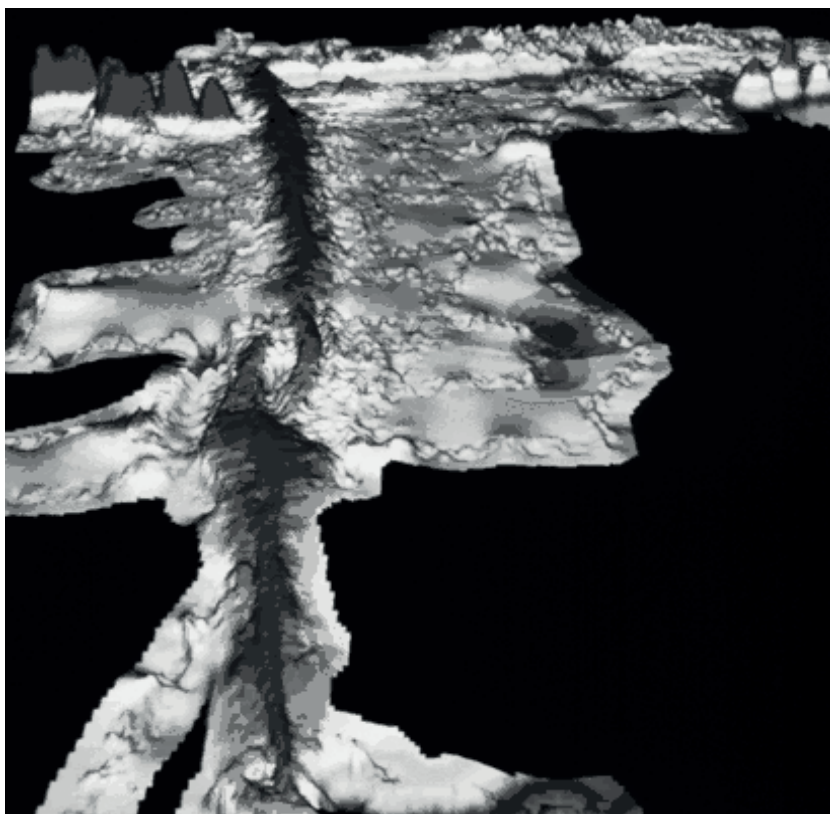


Рисунок 1. Среднеокеанский хребет.  
Figure 1. Mid-ocean range of mountains.

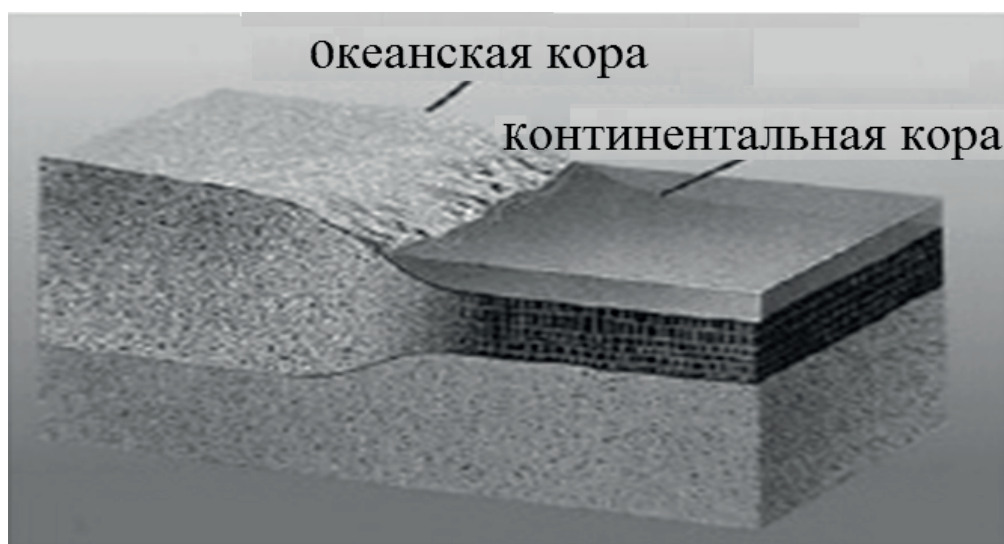


Рисунок 2. Океанская и континентальная кора.  
Figure 2. Ocean and continental crust.

Таким образом, теория тектоники литосферных плит – впервые в истории геологии физически обоснованное объяснение главных сторон тектонической жизни Земли, а также других производных от нее геологических процессов (магматизм, метаморфизм, сейсмичность, геоморфогенез, седиментогенез).

За четверть века эта теория получила убедительное подтверждение, в том числе глубоководным бурением, изучением океанского ложа со спускаемых подводных аппаратов, сейсмической томографией, методом космической геодезии, хотя одновременно выяснилась ее измененная схематичность и недостаточная полнота. Основные принципы этой теории остаются неизменными: дискретность (фрактальность) в строении литосферы, ее значительная подвижность не только в вертикальном (радиальном), но и в горизонтальном (тангенциальном, латеральном) направлении, связь этой подвижности с конвекцией мантии.

В отличие от изложенного, в работах [3, 4] указываются, что горизонтальное движение плит за счет конвективных потоков связано с ротационным режимом планеты Земля, т. е. происходит вращение геосфер от ядра до мантии, и эти движения достигают поверхности. Но скорость на поверхности, по данным [5], колеблется от 1,8 до 4 см/год.

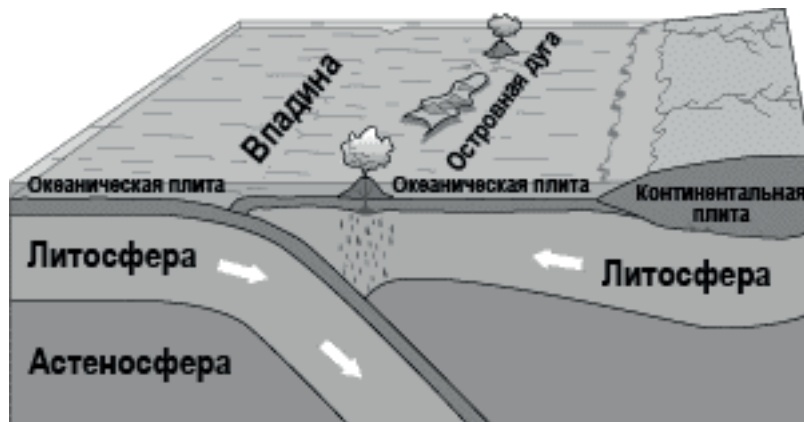


Рисунок 3. Субдукция океанской коры подконтинентальной корой.  
 Figure 3. Subduction of oceanic crust with subcontinental crust.

Гашение скорости, передаваемой от ядра (вращение которого достигает 20–40 м/с [6]), нижней и верхней мантии со скоростью 1–10 м/год, начинает происходить на уровне геосфер. Вращение геосфер и приводит литосферу в движение.

В работе [5] проанализированы данные о протяженности дивергентных (от лат. *расходящийся*) и конвергентных (от лат. *сходящийся*) границ и скорости перемещения литосферных плит в течение разных геологических отрезков времени. Обосновывается вывод о наличии прямолинейной зависимости между размерами литосферных плит и скоростями рифтинг-спредингового процесса на дивергентных границах. Показывается, что скорость субдукции (от лат. *пододвигание*) не зависит от протяженности плиты. Установленные закономерности тектонических процессов дают основания для предположения об их связи с ротационно обусловленными волновыми движениями земной коры.

Как показано ранее, сейсмичность является производной от тектонических движений литосферных плит. В связи с этим следует отметить важность исследования, приведенного в работе [6], где установлено наличие пропорциональной зависимости между скоростями миграции землетрясений и их магнитудами, т. е. величинами сейсмической энергии, выделяемой в их очагах. Оказалось возможным проинтегрировать эту зависимость в виде ротационно обусловленных волновых движений планетарного масштаба [7].

Показано, что сейсмичность тесно взаимосвязана с процессами, которые протекают в областях стыка ТП, являющихся прямым результатом их взаимодействия. Закономерность перемещения ТП и их взаимодействия в последнее время чаще описывают в рамках волновых геодинамических моделей, учитывающих особенности вращения планеты [5, 6, 8].

В работах [9–13] механизм погружения ТП обосновывается тем, что под влиянием сжимающих сил, действующих вдоль литосферного слоя, этот слой изгибается и происходит эклогитизация данного слоя горной породы.

Предлагается другой механизм, связанный с растяжением континентальной коры для объяснения его погружения на склонах Баренцевского и Прикаспийского сверхглубоких прогибов [14, 15].

В работах [16, 17] предложены новые методы мониторинга напряжения, возникающие в результате взаимодействия ТП. Достаточно полная подборка данных о скоростях геологических процессов приведена в работе [18]. Данные из этой работы, характеризующие значения скоростей субдукции и протяженности ТП планеты, представлены в табл. 1.

Подробные данные о параметрах зон субдукции, содержащиеся в работе [19], представлены в табл. 2.

Всегда считалось, что наиболее вероятной причиной движения ТП является процесс конвекции в мантии, но в

Таблица 1. Значения скоростей субдукции.  
 Table 1. Subduction velocity values.

Область	Пододвигание литосферных плит	Длина зоны, L, км	Скорость субдукции V, мм/год
Курилы, Камчатка, Хонсю	Тихоокеанская под Евразийскую	2800	75
О-ва Тонга и Кермадек, Новая Зеландия	Тихоокеанская под Индийскую	3000	82
Центральная Америка и Мексика	Кокос под Северо-Американскую	2800	95
Алеутские о-ва	Тихоокеанская под Северо-Американскую	3800	35
Ява, Суматра, Бирма	Индийская под Евразийскую	5700	67
Южные Сандвичевы о-ва	Южно-Американская под Скоша	650	19
Карибское море	Южно-Американская под Карибскую	1350	5
Эгейское море	Африканская под Европейскую	1550	27
Соломоновы о-ва, Новые Гебриды	Индийская под Тихоокеанскую	2750	87
О-ва Бонин и Марианские	Тихоокеанская под Филиппинскую	4450	12
Иран	Аравийская под Евразийскую	2250	45

Таблица 2. Параметры зон субдукции.

Table 2. Parameters of subduction zones.

Зона субдукции	Длина островной дуги над зоной субдукции, км	Скорость субдукции, см/год	Возраст коры погружающейся плиты/номера линейных магнитных аномалий в ней	$T_1 - T_2 = \tau$ , млн лет
Восточно-Алеутская	1625	5,8–6,4	Палеоцен–эоцен/18–24	54 – 43 = 11
Западно-Алеутская	1000	7,7	Палеоцен–эоцен/20–26	59 – 45 = 14
Северо-Курильско-Камчатская	1125	8,3	Ранний-поздний мел/30–M0	119 – 67 = 52
Южно-Курильская	950	9,5	Ранний мел/M1–M5	128 – 123 = 5
Японская (северная часть)	1700	9,5–10,3	Ранний мел/M5–M16	145 – 128 = 13
Японская (южная часть)	875	6,2	Палеоцен–средний миоцен/6–22	51 – 20 = 31
Рюкю	1100	5,2–6,5	Палеоцен–эоцен/18–21	49 – 43 = 6
Филиппинская (южная часть)	1000	7,0–9,3	Палеоцен–эоцен/18–22	51 – 43 = 8
Идзу-Бонинская	1380	4,7–7,7	Поздняя юра–ранний мел/M5–M21	154 – 128 = 26
Марианская	3000	3,1–3,8	Поздняя юра/M21–M32	169 – 154 = 15
Западно-Зондская	3000	6,0–6,7	Эоцен–ранний мел/20–M4	128 – 45 = 83
Восточно-Зондская	2250	7,6–8,0	Поздняя юра/M16–M26	163 – 145 = 18
Новая Британия и Соломоновы о-ва	2400	10,3	Палеоцен–плиоцен/2–26	59 – 2 = 57
Новые Гебриды	2000	8,5	Эоцен–средний миоцен/9–23	53 – 30 = 23
Тонга–Кермадек	3250	5,5–9,3	Поздняя юра–ранний мел/M0–M16	145 – 119 = 26
Анды	9000	7,4–15,4	Эоцен–средний миоцен/5–22	51 – 10 = 41
Центральная Америка и Мексика	3125	6	Средний миоцен–четвертичный период/1–6	20 – 1 = 19

отличие от указанного появились модели, основанные на гравитационной неустойчивости. Для разрешения этого узлового вопроса, как отмечено в работе [20], требуются дальнейшие исследования тектоники плит.

**Цель работы**

Математическое описание ускоренного движения планеты Земля вокруг Солнца и вокруг центра нашей Галактики, приводящего к колебательному движению литосферных плит.

Для решения поставленной задачи нами проведено исследование наиболее вероятных экзогенных и эндогенных факторов, влияющих на движение тектонических плит.

В результате комплексного подхода было выявлено, что одним из основных факторов, провоцирующих движения ТП, является ускоренное орбитальное (продольное) движение Земли (изменение абсолютной скорости по направлению и по значению) с годовым периодом. В связи с этим в данной статье рассматривается вопрос идентификации механизма тектонических движений земной коры, приводящих к возникновению землетрясений.

**Методология исследования**

В работе использованы методы математического моделирования, теория движения блоков земной коры и дрейфа континентов, законы механики и орбитального движения Земли вокруг Солнца и Солнечной системы вокруг центра нашей Галактики.

**Результаты**

В работе [20] предложено выражение для отклика упругой плиты полубесконечной длины на синусоидальное воздействие  $P = P_0 \sin \omega t$  с периодом  $T = 2\pi/\omega$ , приложенное на краю  $x = 0$ . Смещение имеет вид

$$u(x, t) = - (P_0 / \sqrt{2} RE) \exp(-Rx) \cos(\omega t - Rx + \pi/4),$$

а давление при этом определяется формулой

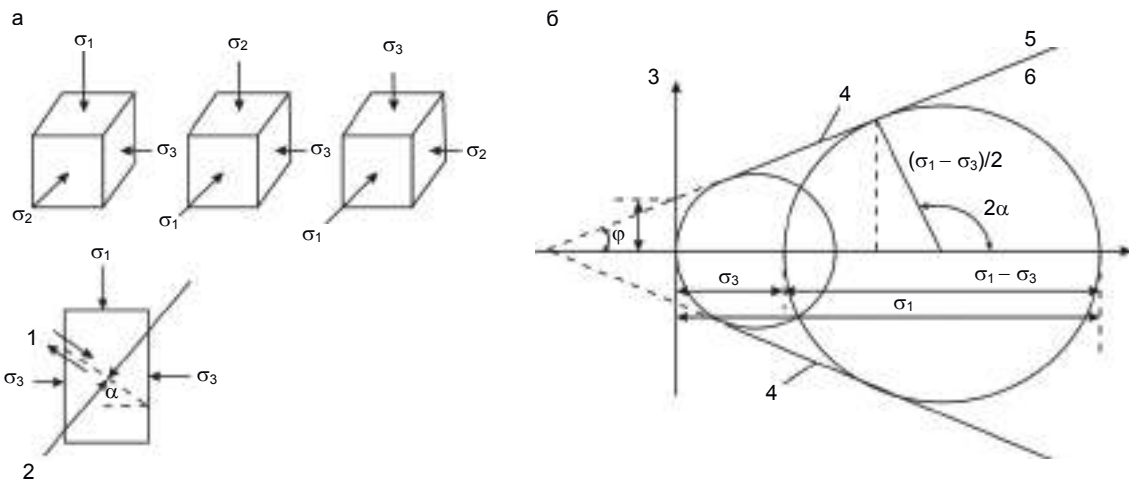
$$P(x, t) = P_0 \exp(Rx) \sin(\omega t - Rx),$$

где  $P_0$  – амплитуда давлений;  $E$  – модуль Юнга,  $x$  – расстояние,  $R = \sqrt{1/2\omega t}$ ,  $\omega$  – угловая частота,  $v = \omega/R$  представляет собой скорость дуга напряжения (или деформации) в направлении  $x$ .

Поскольку ГП по своей природе вязкоупруги, вертикальные напряжения порождают горизонтальные составляющие. Горизонтальные напряжения в земной коре (ЗК) видоизменяются под действием тектонических сил, которые действуют на протяжении всей геологической истории. Они сводят действительные напряжения в горных породах (ГП) к трем неравным основным составляющим, которые действуют под прямыми углами друг к другу. В таком случае  $\sigma_1$  – наибольшее основное напряжение,  $\sigma_2$  – промежуточное по амплитуде основное напряжение, а  $\sigma_3$  – наименьшее основное напряжение. Три возможных схемы действия этих напряжений показаны на рис. 4, а. Когда разность между  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  превышает прочность ГП, происходит сброс и напряжение снимается, но затем постепенно вновь возрастает.

Условия возникновения сброса могут быть выявлены путем построения диаграммы Мора на основании результатов испытания образцов ГП в камере при трехмерных нагрузках. Рассмотрим рис. 4, б, на котором значения продоль-





**Рисунок 4. Напряжения в земной коре.** а – возможные схемы проявления напряжений в земной коре; б – диаграмма Мора для пластического разрушения ГП; 1 – напряжение сдвига; 2 – нормальное напряжение; 3 – дифференциальное напряжение; 4 – линия разрушения; 5 – зона неустойчивости; 6 – зона устойчивости.  
**Figure 4. Stresses in the earth's crust.** а – possible ways of occurrence of stresses in the earth's crust; б – Mohr's diagram for plastic fracture; 1 – shearing force; 2 – normal stress; 3 – differential stress; 4 – line of fracture; 5 – zone of instability; 6 – stability zone.

ного и поперечного напряжения ( $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  соответственно) при максимальном напряжении сдвига на кривой «деформация–напряжение» отложены на оси абсцисс, а через отрезок, соответствующий их разности, проведена окружность с центром на этой оси.

Эта процедура повторяется для нескольких значений давления обжима. Площадь, ограниченная касательными к полученным окружностям, определяет условие устойчивости. Точка пересечения линии разрушения с осью ординат дает значение прочности сцеплений  $\tau_0$  горной породы, а наклон  $\varphi$  этой линии определяет угол внутреннего трения, который является мерой прочности.

С учетом геометрических соотношений на диаграмме Мора можно показать, что  $\sigma_3$ ,  $\sigma_n$ ,  $\tau$  могут быть определены следующими выражениями:

$$\sigma_3 = \sigma_1 (1 - \sin \varphi) / (1 + \sin \varphi) - (2c \cos \varphi) / (1 + \sin \varphi);$$

$$\sigma_n = 0,5 (\sigma_1 + \sigma_3) - 0,5 (\sigma_1 - \sigma_3) \cos 2 (90 - \mu);$$

$$\tau = 0,5 (\sigma_1 - \sigma_3) - \sin 2 (90 - \mu),$$

где  $c$  – прочность сцепления.

В работах [21–23] приведены диаграммы нагружения (рис. 5), где показано, что на начальном этапе деформации на диаграмме нагружения практически всегда существует более пологий, чем основной, квазилинейный упругий участок. Этот участок деформации объясняет наличие приоткрытых в породе трещин. В работе [22] с учетом экспериментов нами получена адекватная математическая модель (с погрешностью 2,13 %) в следующем виде:

$$Q = 237 (1 - 2,64 \exp(-\varepsilon/0,017)) + 1,64 \exp(-\varepsilon/0,023),$$

где  $Q$ ,  $\varepsilon$  – соответственно напряжение и деформация в горной породе.

Из изложенного следует, что вертикальные напряжения в ГП порождают горизонтальные составляющие. Однако приведенные нами комплексные исследования показали, что на горизонтальные составляющие напряжения ГП кроме геостатического давления не менее существенно влияет также ускоренное орбитальное движение Земли, в результате которого в ГП в горизонтальном направлении передается огромное количество движения –  $\Delta v m_3$  (где  $\Delta v$ ,  $m_3$  – соответственно изменение абсолютной орбитальной скорости и масса Земли), приводящие к деформации (растяжение и сжатие) ЗК. При совпадении частоты колебательных движений ЗК с частотой сейсмоактивной точки ГП возникает резонанс, способствующий сдвигу плит относительно друг друга и возникновению землетрясения. Далее приводится предложенная нами идентификация механизма тектонических движений ЗК, способствующих возникновению землетрясения.

Как известно, все планеты, в том числе Земля, вращаются вокруг Солнца и, как полагал Коперник, должны описывать окружности. Однако в ходе своего наблюдения за орбитой Марса Кеплер заметил, что эта орбита не окружность, а имеет форму эллипса. В дальнейшем было выяснено, что все планеты, вращаясь вокруг Солнца, описывают эллипс, в одном из фокусов которого находится Солнце. Следовательно, возникает естественный вопрос, чем же вызвана деформация кругового движения (движение по эллипсу). Сам Кеплер не знал причину деформации, так как он рассматривал изолированную солнечную систему, где Солнце покоится, а все планеты вращаются вокруг него. А в действительности Солнечная система в целом движется вокруг центра нашей Галактики со скоростью 250 км/с [24]. Следовательно, при

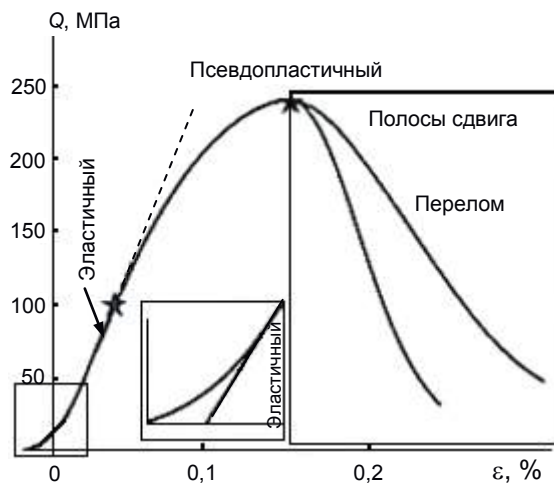


Рисунок 5. Характерный вид диаграмм нагружения образцов горных пород при дилатансивном режиме деформации.  
Figure 5. Typical form of loading diagrams of rock samples during dilatancy deformation.

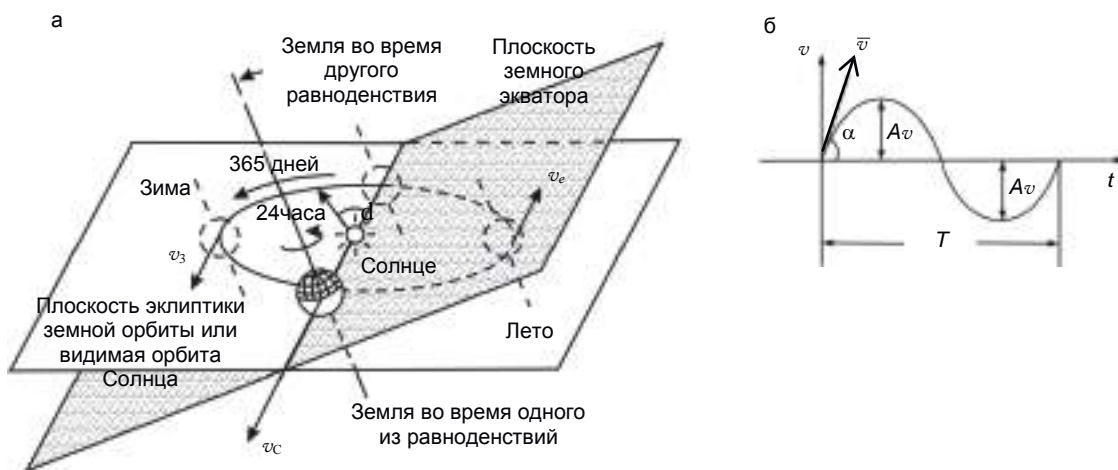


Рисунок 6. Ускоренное движение Земли. а – орбитальное движение Земли относительно движения Солнца; б – изменение абсолютной скорости Земли;  $t$  – время;  $T$  – годовое период (365,25 дней) обращения Земли,  $v$  – вектор скорости.  
Figure 6. Accelerated movement of the Earth. а – orbital movement of the Earth relative to the movement of the Sun; б – change in the absolute speed of the Earth;  $t$  – time;  $T$  – annual period (365.25 days) of the Earth's revolution,  $v$  – velocity vector.

этом абсолютная орбитальная скорость движения планет  $v$  будет изменяться не только по направлению с ускорением  $v^2/r$ , а также по значению согласно предложенной модели [7]:

$$v = v_c + A_v \sin \alpha \tag{1}$$

с ускорением

$$\frac{\Delta v}{\Delta T} = \frac{2A_v (\sin 90^\circ - \sin 270^\circ)}{T}, \tag{2}$$

где  $v_c$  – продольная скорость Солнца;  $A_v$  – амплитуда орбитальной скорости планет;  $T$  – период вращения планет;  $\alpha$  – угол между вектором скорости и времени,  $\alpha = \omega t$ .

Геометрическая интерпретация модели (1) на примере планеты Земля представлена на рис. 6, из которого видно, что при  $\alpha = 0^\circ, 180^\circ v = v_c = 250$  км/с. А при значениях  $\alpha = 90^\circ, 270^\circ$  соответственно  $v(90^\circ) = v_c + A_v$  и  $v(270^\circ) = v_c - A_v$ .

Проведенные нами расчеты показали адекватность математической модели (1) при описании движения планет группы Земли – Меркурия и Марса (табл. 3).

В случае движения Земли (рис. 6) с фактическим диапазоном изменения орбитальной скорости от 29,3 км/с в афелии до 30,3 км/с в перигелии адекватность модели (1) не соблюдается [25, 26].

Это связано с объективными причинами, заключающимися в том, что Земля по сравнению с планетами Меркурий и Марс, которые не имеют спутников, океанов, существенного магнитного поля (в 100 раз меньше МП Земли) и наклона к эклиптике (рис. 7), подвержена дополнительному ускорению, которое можно определить следующим образом:

$$a_3 = \frac{\Delta v}{\Delta T} - \frac{1}{m_3} \sum_{i=1}^4 F_i = \frac{2A_v (\sin 90^\circ - \sin 270^\circ)}{T} - \frac{1}{m_3} (F_1 + F_2 + F_3 + F_4), \tag{3}$$

**Таблица 3. Расчет погрешности модели (1).**  
**Table 3. Calculation error model (1).**

По предложенной модели	По фактическим данным [7,9, 26]	Погрешность модели
<i>Для Меркурия</i>		
Изменение абсолютной скорости:		
$\Delta v = \frac{A_v (\sin 90^\circ - \sin 270^\circ)}{v_s} = 0,384$	$\Delta v_f = \frac{v_p - v_a}{v_m} = 0,4$	$\Delta = \frac{\Delta v_f - \Delta v}{\Delta v_f} 100\% = \frac{0,4 - 0,38}{0,4} 100\% = 4\%$
с ускорением по (2)	где $v_p, v_a$ – скорость планеты в перигелии и афелии, $v_a = 1,5 v_p$ ;	
$\Delta v / \Delta T = 2,5263 \text{ см/с}^2$		
Ускорение, создаваемое Солнцем:		
$a = 3,99 \text{ см/с}^2$	$v_m = \frac{v_p + v_a}{2} = 0,4$	
с учетом того, что 48 км/с – орбитальная скорость Меркурия		
<i>Для Марса</i>		
$\Delta v = 0,1928$		
с ускорением по (2)		
$\Delta v / \Delta T = 0,1633 \text{ см/с}^2$	$\Delta v_f = \frac{v_{\max} - v_{\min}}{v_m} = 0,1867$	$\Delta = \frac{\Delta v_f - \Delta v}{v_m} 100\% = \frac{0,1928 - 0,1867}{0,1928} 100\% = 3,16\%$
Ускорение, создаваемое Солнцем:		
$a = 0,2578$		

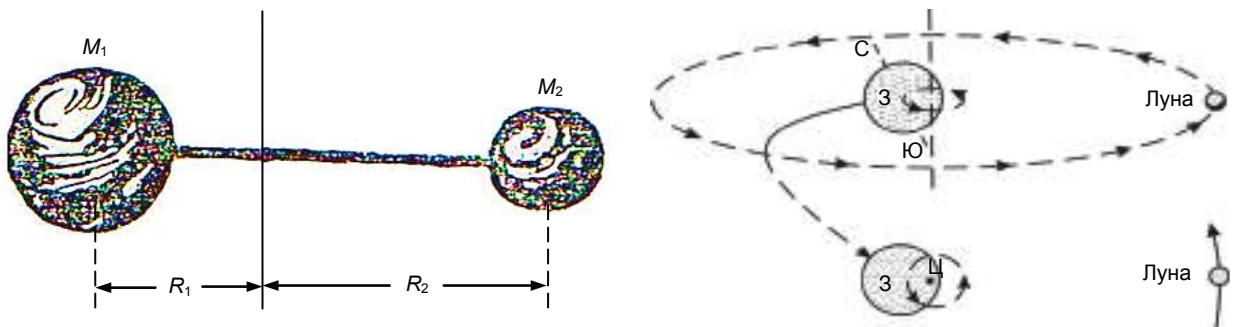
где  $F_1$  – приливная сила, создаваемая Луной;  $F_2$  – сила, создаваемая магнитным полем Земли (МПЗ);  $F_3$  – сила трения между дном океана и океанской водой;  $F_4$  – сила Кориолиса.

Ньютон показал, что приливы и отливы обусловлены неравномерным притяжением воды в океане со стороны Луны  $F_1$ . Луна и Земля вместе вращаются вокруг общего центра масс  $R$ , который согласно равенству  $R_1 M_1 = R_2 M_2$  находится на расстоянии примерно 4740 км от центра Земли, где  $M_1, M_2$  – соответственно масса Земли и Луны;  $R_1, R_2$  – расстояния от общего центра масс до центра Земли и Луны соответственно (рис. 7). Когда Земля притягивает Луну и в свою очередь Луна также притягивает Землю с равной и противоположно направленной силой (третий закон Ньютона), возникает сила  $M_1 v^2 / R_1$ , вызывающая движение Земли вокруг общего центра масс с периодом, равным одному месяцу. Луна движется по своей орбите вокруг общего центра, совершая полный оборот за месяц.

Дополнительное ускорение Земли, создаваемой Луной, имеет следующее значение:

$$a = \frac{M_2}{M_1 + M_2} \cdot \frac{R}{T^2}; R = R_1 + R_2,$$

где  $R$  – расстояние от центра Луны до центра Земли. Этот по сравнению с ускорением силы тяжести Земли «ничтожный» эффект является причиной мощных приливных волн. Он ежесуточно создает  $10^{15}$  Дж кинетической энергии, перемещая огромные массы воды. Следовательно, приливная сила Луны  $F_1$  создает дополнительное ускорение, противоположное абсолютному ускорению Земли, рассчитанное по формуле (2). Сила  $F_2$ , создаваемая МПЗ, связана с магнитным полем, находящимся в ядре Земли, состоящим из корпускул (протонов, электронов и некоторых тяжелых ядер, таких как кальций, железо и т. д.) и порождающим высоко в земной атмосфере электрические токи. При этом заряженные частицы движутся к полюсам и вращаются там по окружности под действием сил Лоренца:



**Рисунок 7. Вращение Земли и Луны вокруг общего центра масс.**  
**Figure 7. The revolution of the Earth and the Moon around a common center of gravity.**

$$F_2 = qv^*B \sin \alpha, \quad (4)$$

где  $q$ ,  $v^*$  – соответственно заряд и скорость отдельных частиц;  $B$  – модуль магнитной индукции.

В результате взаимодействия этих токов с нормальным МПЗ возникает изменение геомагнитного поля, которое, в свою очередь, индуцирует электрические токи. А по закону Ленца индукционный ток всегда имеет такое направление, при котором его магнитное поле противодействует изменению магнитного потока, вызывающего этот ток. Другими словами,  $F_2$  имеет противоположное направление к изменению  $v_{ab}$  Земли ( $v_{ab}^e$ ). Это и есть одна из причин, приводящих к неточности предложенной модели (1) при описании движения Земли.

Как известно, вращение Земли вокруг ее оси создало экваториальную выпуклость и заставило Землю принять форму, более близкую к сплюснутому сфероиду, чем к сфере. Гравитационное притяжение удаленным объектом и сплюснутым сфероидом несколько отличается от притяжения между таким объектом и сферой. Экваториальный выступ наклонен к эклиптике на  $23,5^\circ$  (рис. 6). Когда Луна притягивает к себе экваториальную выпуклость между дном океана и океанской водой, тогда возникают силы трения [27]:

$$F_3 = F_j = \mu S \Delta v / \Delta l, \quad (5)$$

где  $\mu$  – внутреннее трение;  $S$  – площадь соприкосновения слоев;  $\Delta v / \Delta l$  – градиент скорости, перпендикулярной к направлению  $S$ . Это приводит к торможению вращения Земли, и со временем сутки удлиняются. Было время, когда продолжение суток составляло всего 5–6 ч. Этот фактор также направлен противоположно к абсолютному ускорению Земли, определяемому по формуле (2).

При вращении вокруг своей оси и орбитальном движении Земля подвергается силе Кориолиса  $F_4$  [28]:

$$F_4 = 4\pi n v_q m_3, \quad (6)$$

где  $n$  – число оборотов, совершающихся системой (Землей) за единицу времени;  $v_q$  – скорость, перпендикулярная оси вращения, подобно градиенту скорости  $\Delta v / \Delta l$  в формуле (5). Сила Кориолиса всегда направлена против вращения и орбитального движения Земли и, следовательно, приводит к изменению  $v$ , определяемой по формуле (1).

Из изложенного следует, что тектоническое движение ЗК (или плит) тесно связано с ускоренным движением Земли, определяемым по формулам (1)–(6). Поскольку, как видно из рис. 6, от точки осеннего равноденствия до точки зимы движение Земли ускоряется и, следовательно, тектонические плиты и ядро Земли по инерции будут двигаться назад (против движения), а от точки зимы до точки весеннего равноденствия движение Земли замедляется и, следовательно, происходит обратный процесс, плиты и ядро по инерции двигаются вперед и таким образом происходит колебательное движение ЗК (или тектонических плит) и ядра с периодом 1 год. В связи с этим можно перечислить работы некоторых авторов [25, 26, 29, 30], утверждающих, что внутренне ядро никогда не бывает в геометрическом центре Земли и совершает пульсирующее движение вблизи него по некоторой замкнутой орбите. Полученные результаты [24] по движению ядра составлены наравне с известными фактами нестабильностей вращения Земли. Показано, что эти факты не противоречат друг другу.

Однако в перечисленных работах не указывается причина смещения ядра, а показывается только следствие приложенной силы, т. е. влияние последнего на изменение давления и деформации ЗК, способствующее возникновению АСП. Причем предложенная нами модель движения ядра подтверждается данными, приведенными в работе [29].

Как известно, наша Галактика (Млечный Путь) является членом «местной группы», которые хотя и отделены друг от друга сотнями тысяч парсеков ( $1 \text{ пк} = 3,086 \cdot 10^{18} \text{ см}$ ), образуют небольшое скопление и вращаются вокруг общего центра (черной дыры) со скоростью 500 км/с [25].

Если учесть, что 99 % массы Солнечной системы сосредоточено в Солнце и масса Солнца составляет  $1,99 \cdot 10^{33} \text{ г}$ , расстояние его от центра Галактики равно 8000 парсеков и постоянная тяготения  $G = 6,67 \times 10^{-8} \text{ дин} \times \text{см}^2 \times \text{г}^2$ , тогда ускорение, создаваемое центром нашей Галактики на Солнце, будет составлять, см/с<sup>2</sup>:

$$a = G \frac{m_\Gamma}{r_\Gamma^2} = G \frac{2 \cdot 10^{11} m_C}{r_\Gamma} = 0,11 \cdot 10^{-6},$$

где  $r_\Gamma$  – расстояние от центра Галактики до Солнца, см;  $m_\Gamma$ ,  $m_C$  – масса центра нашей Галактики и Солнца соответственно.

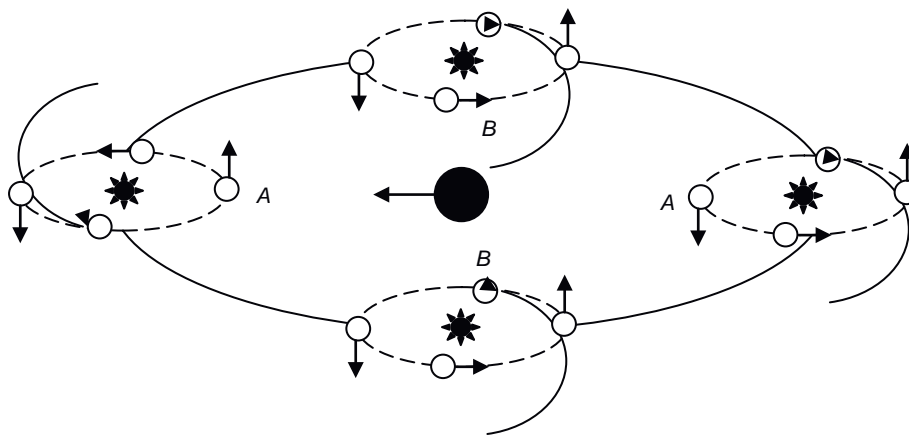
Кроме этого, солнечная система (СС) получает дополнительное ускорение, связанное с вращением нашей Галактики вокруг общего центра Галактик со скоростью 500 км/с. Абсолютная скорость СС будет рассчитываться уравнением, подобным уравнению (1), отличающимся тем, что в предложенном уравнении учитывается скорость движения Галактики, т. е.

$$v^* = v_\Gamma + A_C \sin \alpha = v_\Gamma + (v - A_\Gamma \sin \alpha) \sin \alpha,$$

где  $v_\Gamma$  – скорость Галактики,  $A_C$  – амплитуда орбитальной скорости Солнца (Солнечной системы);  $v_{ab}^*$  – абсолютная скорость движения планет с учетом скорости движения нашей Галактики. Геометрическая интерпретация данной модели представлена на рис. 8.

В положении  $A$  и  $A_1$  абсолютная скорость движения Солнца равна скорости движения Галактики. В точке  $B$  абсолютная скорость движения Солнца  $v_C v_e = 250 + 500 = 750 \text{ км/с}$ , а точке  $B_1$   $v_C = 500 - 250 = 250 \text{ км/с}$ . Следовательно, в первой половине орбитального движения Солнце получает положительное ускорение, его скорость движения изменяется по синусоидальному закону и в точке  $B$  ( $\sin \alpha = 1$ ) достигает своего максимального значения (750 км/с), при этом абсолютная скорость движения Земли изменяется в пределах  $750 + 30$  и  $750 - 30 \text{ км/с}$ . Во второй половине направление





**Рисунок 8. Схема вращения Солнечной системы (Солнце–Земля) вокруг центра нашей Галактики.**  
**Figure 8. The scheme of circulation of the Solar system (Sun – Earth) around the center of our Galaxy.**

орбитального движения Солнца будет противоположно направлению движения центра нашей Галактики, и при этом в точке  $B_1$  ее скорость будет минимальной ( $\sin \alpha = -1$ ) и равна 250 км/с. А абсолютная скорость движения планеты Земля будет меняться в интервале 250 + 30 и 250–30. Таким образом, изменение скорости движения планеты от минимального значения 220 км/с до максимального значения 780 км/с и наоборот создает силы,двигающие тектонические плиты, причем в первой половине (от точки  $A_1$  до точки  $A$ ) должен происходить спрединг ТП, а во второй половине (от точки  $A$  до точки  $A_1$ ) должен происходить процесс сближения (коллизия или субдукция) плит.

#### Заключение

В результате комплексного исследования выявлено, что одним из главных факторов, провоцирующих движение ТП и ядро Земли, является ускоренное орбитальное движение Земли относительно центра нашей Галактики. При этом происходит передача огромного количества движения в горизонтальном направлении, приводящая к деформации (растяжение и сжатие) земной коры и повышению вероятности возникновения землетрясений в сейсмоактивных (дислокационных) зонах. Предложена идентификация (математическая модель) силы тектонического движения земной коры. Показано, что предложенная модель адекватно описывает ускоренное орбитальное движение планет Меркурия и Марса. При описании орбитального движения Земли учитываются дополнительные силы, такие как приливные силы, сила, создаваемая магнитным полем Земли, сила трения между дном океана и океанской водой, сила Кориолиса. Полученные нами результаты подтверждены современными данными других авторов. Показано, что сила, движущая тектонические плиты, имеет космогенную природу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вегенер А. Происхождение материков и океанов: пер с нем. Л.: Наука, 1984. 285 с.
2. Лобковский Л. И., Никитин А. М., Хаин В. Е. Современные проблемы геотектоники и геодинамики. М.: Научный мир, 2004. 12 с.
3. Мельников О. А. Ротационный режим Земли – отправной пункт и основа численного и физического моделирования в любых геологических процессах // Тектоника и геодинамика континентальной литосферы: материалы совещ. М., 2003. Т. 2. С. 40–44.
4. Тарасенко Г. В. Происхождение нефти, тектоника плит и их будущее // Нефть, газ и бизнес. 2003. № 4. С. 36–39.
5. Викулин А. В., Тверитинова Т. Ю. О скоростях движения тектонических плит. С. 1–10. URL: <http://www.kscnet.ru/ivs/publication/whirlwinds/viktver.htm>
6. Уруцкоев Л. И., Ликсонов В. И., Циноев В. Г. Экспериментальное обнаружение «странного» излучения и трансформации химических элементов // Прикладная физика. 2000. № 2. С. 1–23.
7. Викулин А. В., Иванчин А. Г. Ротационная модель сейсмического процесса // Тихоокеанская геология. 1998. Т. 17, № 6. С. 95–103.
8. Трубицын В. П. Роль плавающих континентов в глобальной тектонике Земли // Физика Земли. 1998. № 4. С. 20–31.
9. Артюшков Е. В. Образование сверхглубокого Северо-Чукотского прогиба вследствие экологизации нижней части континентальной коры // Геология и геофизика, 2010. Т. 51, №1. С. 61–74.
10. Artyushkov E. V. Role of crustal stretching in subsidence of continental crust // Tectonophysics. 1992. Vol. 251. P. 187–215. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(92\)90081-G](https://doi.org/10.1016/0040-1951(92)90081-G)
11. Cloetingh S., McQueen H., Lambeck K. On a tectonic mechanism for regional sea level variations // Earth Planet. Sci. Lett. 1985. Vol. 51. P. 139–162. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(85\)90098-6](https://doi.org/10.1016/0012-821X(85)90098-6)
12. Nikishin A. M., Ziegler P. A., Stephenson R. A., Cloetingh S. A. P. L., Furne A. V., Fokin P. A., Ershov A. V., Bolotov S. N., Korotaev M. V., Alekseev A. S., Gorbachev V. I., Shipilov E. V., Lankreijer A., Bembinova E. Yu., Shalimov I. V. Late Precambrian to Triassic history of the East European Craton: dynamics of sedimentary basin evolution // Tectonophysics. 1996. Vol. 268. P. 23–63. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00228-4)
13. Watts A. B. Isostasy and flexure of the lithosphere. N. Y.; Melbourne: Cambridge University Press, 2001. 458 p. ISBN 0-521-62272-7.
14. Brunet M. F., Volozh Y. A., Antipov M. P., Lobkovsky L. I. The geodynamic evolution of the Precaspian basin (Kazakhstan) along a north-south section // Tectonophysics. 1999. Vol. 313. P. 85–106. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(99\)00191-2](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(99)00191-2)
15. Grantz A., May S. D., Hart P. E. Geology of the Arctic continental margin of Alaska // The North America. V. L. The Arctic Ocean region, The Geological Society of America. 1990. P. 257–286.
16. Rodkin M. V., Tikhonov I. V. The typical seismic behavior in the vicinity of a large earthquake // Physics and Chemistry of the Earth. 2016. Vol. 95. P. 73–84. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2016.04.001>
17. Stuart Crampin, Yuan Gao, Julian Bukits. A review of retrospective stress-forecasts of earth quakes and eruptions // Physics of Earth and Planetary interiors. 2015. Vol. 245. P. 76–87. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2015.05.008>
18. Кукал З. Скорость геологических процессов. М.: Мир, 1987. 246 с.
19. Гатинский Ю. Г., Рундквист Д. В., Владова Г. В., Мирлин Е. Г., Миронов Ю. В., Рожкова В. В., Соловьев А. А. Зоны субдукции: действующие силы, геодинамические типы, сейсмичность и металлогения // Вестник ОГГГН РАН: электр. журнал. 2000. Т. 1. № 2-1(12).
20. Касахара К. Механика землетрясений: пер. с англ. М.: Мир. 1985. 264 с.

21. Стефанов Ю. П. Некоторые нелинейные эффекты поведения горных пород // Физическая механика. 2016. № 6. С. 54–61. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27519087>
22. Рзаев А. Г., Расулов С. Р. Interaction mechanism of rock with deep water // Изв. УГГУ. 2018. № 3. Р. 89–97. <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2018-3-89-97>
23. Куксенко В. С., Махмудов Х. Ф. Экспериментальное и теоретическое изучение актов трещинообразования в гетерогенных материалах // Геология и геофизика. 2017. Т. 58, № 6. С. 915–923. <https://doi.org/10.15372/GiG20170607>
24. Малышков Ю. П., Малышков С. Ю. Периодические вариации геофизических полей и сейсмичности, их возможная связь с движением ядра Земли // Геология и геофизика. 2009. Т. 50, № 2. С. 152–172. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11751877>
25. Струве О., Линдс Б., Пилланс Э. Элементарная астрономия. М.: Наука, 1967. 487 с.
26. Антонов В. А., Кондратьев В. П. К вопросу о величине смещения внутреннего ядра Земли // Физика Земли. 2004. № 4. С. 63–66. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17699062>
27. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: ГНТИ химической литературы, 1960. 829 с.
28. Ландау Д. Д., Китайгородский А. И. Физические тела. М.: Наука, 1978. 206 с.
29. Авсюк Ю. Н., Адушкин В. В., Овчинников В. М. Комплексное исследование подвижности внутреннего ядра Земли // Физика Земли. 2001. № 8. С. 64–75.
30. Коровяков Н. И., Никитин А. Н. Закономерность эксцентрического вращения ядра и оболочки Земли в суточном и годовом периоде // Сознание и физическая реальность. 1988. Т. 3, № 2. С. 23–30.

*Статья поступила в редакцию 10 декабря 2018 г.*

# Identification of the mechanism of tectonic movements of the Earth's crust

Abbas Geydar ogly RZAYEV<sup>1, 2\*</sup>,  
Sakit Rauf ogly RASULOV<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Control System of ANAS, Baku, Republic of Azerbaijan

<sup>2</sup>Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Republic of Azerbaijan

**Relevance.** Earthquakes occur in the space of tectonic plates during their mutual (relative) movement in the lithosphere. At the same time, depending on the situation, subduction, collision and plates spreading, which lead to the accumulation of stress to a value exceeding the stability of the rock and the occurrence of an earthquake. However, nowadays, there is no clear idea about the nature of the force moving the lithospheric plates of the earth's crust. It is believed that the horizontal movement of plates occurs due to the mantle heat and gravitational flows – convection. The source of energy for these flows is the temperature difference between the temperature of the central zones of the Earth and the temperature of its surface. However, this hypothesis cannot explain the process of spreading between the plates. Along with endogenous forces, exogenous (cosmogenic) forces most significantly influence plate movement. Consequently, determination and mathematical description of the nature and characteristics of these forces is an urgent task. This paper is devoted to this task.

**Purpose of the work:** The mathematical description of the accelerated Earth's revolution around the Sun and around the center of our Galaxy leading to the oscillatory motion of lithospheric plates.

**Research methodology.** The authors used methods of mathematical modeling, the theory of movement of crustal blocks and continental drift, the laws of mechanics and the orbital movement of the Earth around the Sun and the Solar System around the center of our Galaxy.

**Results.** Mathematical models of the process of accelerated orbital movement of the Earth around the Sun and the center of our Galaxy have been developed taking into account a tidal force, the force created by the Earth's magnetic field (Lorentz force), the friction force between the ocean floor and ocean water, and the Coriolis force. It is shown that the proposed models with a relative error of 4% properly describe the orbital movement of Mercury and Mars around the Sun.

**Conclusions.** As a result of a comprehensive study, it was revealed that one of the main factors forcing tectonic plates to move is the accelerated orbital motion of the Earth relative to the center of our Galaxy. In this case, a huge amount of movement occurs in the horizontal direction leading to deformation (extension and compression) of the Earth's crust and an increase in the probability of earthquakes occurrence in seismic (dislocation) zones. A mathematical model of the force of tectonic movement of the earth's crust is proposed. It is shown that the model properly describes the accelerated orbital movement of Mercury and Mars. When describing the orbital movement of the Earth, additional forces are taken into account, such as a tidal force, the force created by the Earth's magnetic field, friction between the ocean floor and ocean water, and the Coriolis force. It is shown that the force moving the tectonic plates has a cosmogenic nature.

Keywords: tectonic plates, global tectonics, earthquake, core, mantle, asthenosphere.

## REFERENCES

- Wegener A. 1984, The origin of the continents and oceans: translated from German, 285 p.
- Lobkovsky L. I., Nikitin A. M., Khain V. E. 2004, *Sovremennyye problemy geotektoniki i geodinamiki* [Modern problems of geotectonics and geodynamics]. Moscow, 12 p.
- Melnikov O. A. 2003, *Rotatsionnyy rezhim Zemli – otpravnyy punkt i osnova chislenogo i fizicheskogo modelirovaniya v lyubyykh geologicheskikh protsessakh* [The rotational regime of the Earth is the starting point and the basis of numerical and physical modeling in any geological processes]. Tectonics and geodynamics of the continental lithosphere: proceedings of meetings. Moscow, vol. 2, pp. 40–44.
- Tarasenko G. V. 2003, The origin of oil, plate tectonics and their future. *Neft', gaz i biznes* [Oil, gas and business], No 4, pp. 36–39. (In Russ.)
- Vikulin A. V., Tveritina T. Yu. *O skorostyakh dvizheniya tektonicheskikh plit* [About the speeds of tectonic plates], pp. 1–10. <http://www.kscnet.ru/ivs/publication/whirlwinds/viktver.htm>
- Urutskoev L. I., Liksonov V. I., Tsinoev V. G. 2000, Experimental detection of "strange" radiation and transformation of chemical elements. *Prikladnaya Fizika* [Applied Physics], no. 2, pp. 1–23. (In Russ.)
- Vikulin A. V., Ivanchin A. G. 1998, Rotational model of the seismic process. *Tikhookeanskaya Geologiya* [Russian Journal of Pacific Geology], vol. 17, no. 6, pp. 95–103. (In Russ.)
- Trubitsyn V. P. 1998, The role of floating continents in the global Earth tectonics. *Fizika Zemli* [Physics of the Earth], no. 4, pp. 20–31. (In Russ.)
- Artyushkov E. V. 2010, Formation of superdeep North-Chukotski downfold due to ecologization of the lower continental crust. *Geologiya i geofizika* [Geology and Geophysics], vol. 51, no. 1, pp. 61–74. (In Russ.)
- Artyushkov E. V. 1992, Role of crustal stretching in subsidence of continental crust. *Tectonophysics*, vol. 251, pp. 187–215. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(92\)90081-G](https://doi.org/10.1016/0040-1951(92)90081-G)
- Cloetingh S., McQueen H., Lambeck K. 1985, On a tectonic mechanism for regional sea level variations. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 51, pp. 139–162. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(85\)90098-6](https://doi.org/10.1016/0012-821X(85)90098-6)
- Nikishin A. M., Ziegler P. A., Stephenson R. A., Cloetingh S. A. P. L., Furne A. V., Fokin P. A., Ershov A. V., Bolotov S. N., Korotaev M. V., Alekseev A. S., Gorbachev V. I., Shipilov E. V., Lankreijer A., Bembinova E. Yu., Shalimov I. V. 1996, Late Precambrian to Triassic history of the East European Craton: dynamics of sedimentary basin evolution. *Tectonophysics*, vol. 268, pp. 23–63. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00228-4)
- Watts A. B. 2001, *Isostasy and flexure of the lithosphere*. N. Y.; Melbourne: Cambridge University Press, 458 p.
- Brunet M. F., Volozh Y. A., Antipov M. P., Lobkovsky L. I. 1999, The geodynamic evolution of the Precaspian basin (Kazakhstan) along a north-south section. *Tectonophysics*, vol. 313, pp. 85–106. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(99\)00191-2](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(99)00191-2)
- Grantz A., May S. D., Hart P. E. 1990, Geology of the Arctic continental margin of Alaska. The North America. V. L. The Arctic Ocean region, The Geological Society of America, pp. 257–286.
- Rodkin M. V., Tikhonov I. V. 2016, The typical seismic behavior in the vicinity of a large earthquake. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 95, pp. 73–84. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2016.04.001>
- Stuart Crampin, Yuan Gao, Julian Bukits. 2015, A review of retrospective stress-forecasts of earth quakes and eruptions. *Physics of Earth and Planetary interiors*, vol. 245, pp. 76–87. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2015.05.008>

abbas\_r@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2286-1074>

\*\*  [rasulovsakit@gmail.com](mailto:rasulovsakit@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-1548-3143>

18. Kukul Z. 1987, *Skorost' geologicheskikh protsessov* [Speed of geological processes]. Moscow, 246 p.
19. Gatinsky Yu. G., Rundkvist D. V., Vladova G. V., Mirlin E. G., Mironov Yu. V., Rozhkova V. V., Soloviev A. A. 2000, Subduction zones: acting forces, geodynamic types, seismicity and metallogeny. *Vestnik Otdeleniya geologii, geofiziki, geokhimii i gornyx nauk Rossiyskoy Akademii nauk* [Bulletin of the Department of Geology, Geophysics, Geochemistry and Mining Sciences of the Russian Academy of Sciences], electronic journal, vol.1, no. 2-1 (12). (In Russ.)
20. Kasahara K. 1985, *Earthquake mechanics*: translated from English. Moscow, 264 p.
21. Stefanov Yu. P. 2016, Some nonlinear effects of rock behavior. *Fizicheskaya mekhanika* [Physical mechanics], no. 6, pp. 54–61. (In Russ.) <https://elibrary.ru/item.asp?id=27519087>
22. Rzaev A. G., Rasulov S. R. 2018, Interaction mechanism of rock with deep water. *News of the Ural State Mining University*, no. 3, pp. 89–97. <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2018-3-89-97>
23. Kusenko V. S., Makhmudov Kh. F. 2017, Experimental and theoretical study of cracking in heterogeneous materials. *Geologiya i geofizika* [Geology and Geophysics], vol. 58, no. 6, pp. 915–923. (In Russ.) <https://doi.org/10.15372/GiG20170607>
24. Malyshkov Yu. P., Malyshkov S. Yu. 2009, Periodic variations of geophysical fields and seismicity, their possible connection with the movement of the Earth's core. *Geologiya i geofizika* [Geology and Geophysics], vol. 50, no. 2, pp. 152–172. (In Russ.) <https://elibrary.ru/item.asp?id=11751877>
25. Struve O., Lynds B., Pillans E. 1967, *Elementary astronomy*. Moscow, 487 p.
26. Antonov V. A., Kondratyev V. P. 2004, On the question of magnitude of displacement of the inner core of the Earth. *Fizika Zemli* [Physics of the Solid Earth], no. 4, pp. 63–66. <https://elibrary.ru/item.asp?id=17699062>
27. Kasatkin A. G. 1960, *Osnovnyye protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii* [Basic processes and chemical technology equipments]. Moscow, 829 p.
28. Landau D. D., Kitaigorodsky A. I. 1978, *Fizicheskiye tela* [Physical bodies]. Moscow, 206 p.
29. Avsyuk Yu. N., Adushkin V. V., Ovchinnikov V. M. 2001, Complex study of the mobility of the inner core of the Earth. *Fizika Zemli* [Physics of the Solid Earth], no. 8, pp. 64–75. (In Russ.)
30. Korovyakov N. I., Nikitin A. N. 1988, The pattern of eccentric rotation of the core and the shell of the Earth in the diurnal and annual period. *Soznaniye i fizicheskaya real'nost'* [Consciousness and physical reality], vol. 3, no. 2, pp. 23–30. (In Russ.)

The article was received on December 10, 2018