



УДК 551.24:550.83

© 2008

М. М. Довбнич, В. П. Солдатенко

## О вибрационном воздействии лунно-солнечных приливов на геодинамические процессы

(Представлено членом-корреспондентом НАН Украины К. Ф. Тяпкиным)

*On the basis of the complex analysis of seismic events in the Crimea and the results of modeling a tide-induced stress-strain state of the tectonosphere, the conclusion about an essential influence of the tidal vibrating as a triggering mechanism of earthquakes is made.*

Вопрос о влиянии лунно-солнечных приливов на геодинамические явления имеет полутора-вековую историю. Впервые вопрос о связи сейсмичности Земли с приливным воздействием Луны и Солнца рассматривался в середине XIX в. французским ученым А. Ретгеу, установившим связь частоты землетрясений с фазами Луны, расстоянием Луны от Земли и ее кульминацией. Данные о связи землетрясений с периодическими изменениями приливо-образующих сил приводились Г. П. Тамразяном, Н. Н. Володичевым, А. Н. Подорольским, R. B. Hoffman, A. Ryall, T. H. Heaton, A. Polumbo, R. E. Weems. В то же время имеют место работы, авторы которых не разделяют эту точку зрения — L. Knopoff, J. F. Simpson, S. Shlien, P. A. Rydelek, H. Tsuruoka, J. E. Vidale. Наиболее полный обзор взглядов о влиянии лунно-солнечных приливов на геодинамические и в первую очередь сейсмические процессы дан в работе В. А. Николаева [1].

Следовательно, результаты о связи лунно-солнечных приливов с геодинамическими явлениями неоднозначны, и являются спорными по целому ряду вопросов.

Дополнительную информацию о связи геодинамических явлений с лунно-солнечными приливами, по мнению авторов, можно получить на основании совместного анализа пространственно-временных особенностей протекания сейсмических событий и результатов моделирования напряженно-деформированного состояния тектоносферы, вызываемого приливным влиянием Луны и Солнца. Именно напряженное состояние является одной из важнейших характеристик, определяющих протекание геодинамических процессов.

В работах [2, 3] рассмотрены методика и результаты оценки напряжений в тектоносфере, обусловленных космогоническими факторами, в частности лунно-солнечными приливами: максимальные растягивающие напряжения имеют величину  $2,24 \cdot 10^4$  Па, сжимающие напряжения —  $1,12 \cdot 10^4$  Па, максимальные вертикальные касательные напряжения —

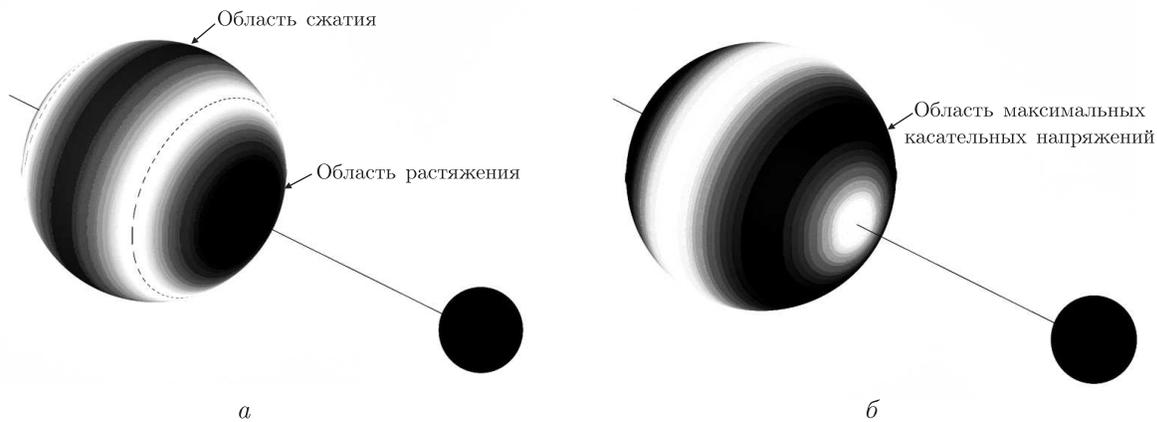


Рис. 1. Схемы приливных полей напряжений:  
 а — сумма нормальных напряжений; б — максимальные касательные напряжения

$0,42 \cdot 10^4$  Па. Для солнечных приливов: максимальные растягивающие напряжения имеют величину  $1,03 \cdot 10^4$  Па, сжимающие напряжения —  $0,51 \cdot 10^4$  Па, максимальные вертикальные касательные напряжения —  $0,19 \cdot 10^4$  Па. На рис. 1 представлена модель напряжений, возникающих в тектоносфере под приливным воздействием.

Необходимо отметить следующее: несмотря на то что величина рассматриваемых напряжений на несколько порядков меньше напряжений, необходимых для развития геодинамического, в частности сейсмического, процесса, их периодичность и скорость накопления позволяют рассматривать лунно-солнечные приливы как “тектонический вибратор” [4], оказывающий роль “спускового крючка” — триггерный механизм. Этот механизм применим к процессам или системам, находящимся в неустойчивом состоянии, близком к критическому, для которых небольшое изменение критического параметра приводит к качественному изменению протекания процесса.

В настоящем сообщении геодинамический процесс рассматривается как результат механического разрушения горных пород, возникающий при скачкообразном освобождении энергии упругих деформаций, которая накопилась под действием тектонических напряжений. При этом скачкообразные изменения во многом связаны с триггерным эффектом. В работах В. А. Николаева [1] с позиции триггерного воздействия исследуется влияние приливных сил на разномасштабные и разнообразные сейсмические процессы, глобальную и региональную сейсмичность, на афтершоки сильных землетрясений, а также на горные удары в шахтах.

Как отмечалось выше, количественный анализ пространственно-временных особенностей распределения напряжений, возникающих под действием Луны и Солнца, позволяет ответить на некоторые вопросы. Важным элементом при расчете приливных напряжений в заданной точке для конкретного момента времени является вычисление истинных положений Луны и Солнца, необходимых для получения значений приливных возмущений [5], определяющих величину и характер распределения напряжений.

На первом этапе задача расчета лунно-суточных вариаций (приливов, напряжений и т. п.) сводится к вычислению угла между направлениями на расчетную точку и возмущающее тело из центра Земли и расстояния между центрами Земли и возмущающего тела [6].

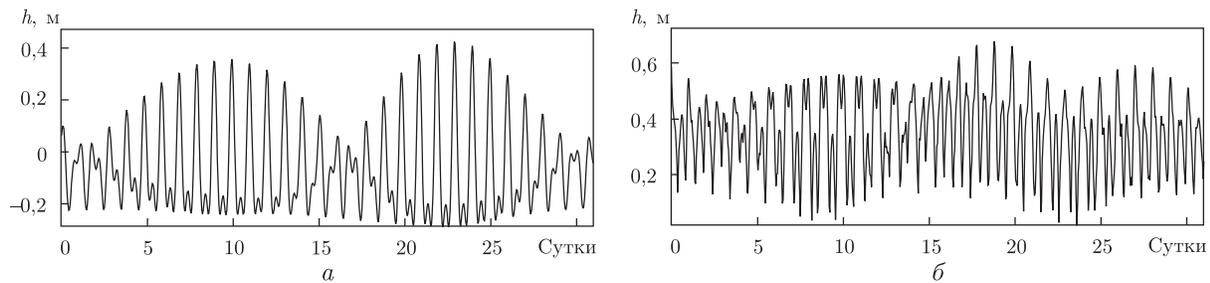


Рис. 2. Расчетные кривые:  
 а — приливных суммарных лунно-солнечных вариаций (м); б — максимальных касательных напряжений ( $10^4$  Па) в точке ( $\varphi = 48^\circ$  с. ш.,  $\lambda = 37^\circ 5'$  в. д.) в течение декабря месяца 2007 г.

Нами применен несколько упрощенный подход, учитывающий только основные аномалии в движении Солнца и Луны и достаточный для получения значения угловых величин с точностью до десятых долей градуса.

В последующих расчетах в качестве эпохи, относительно которой вычисляются положения Солнца и Луны, нами принята эпоха 1980 г., месяц январь 0,0, что часто используется в астрономии.

Расчет приливных лунно-суточных вариаций для любой точки поверхности Земли в любой момент времени позволяет, согласно алгоритму, рассмотренному в [2, 3], выполнить оценку полей напряжений. В качестве примера на рис. 2 приведены расчетные кривые лунно-солнечных приливных возмущений и возникающих при этом касательных напряжений.

При рассмотрении лунно-солнечных приливов как “тектонического вибратора” оказывается недостаточным анализ взаимосвязи геодинамических явлений с мгновенными значениями приливных напряжений. Необходим расчет и анализ интегральных характеристик, определяющих действие рассматриваемого “тектонического вибратора” в течение значительных промежутков времени. По мнению авторов, одной из таких характеристик может быть сумма среднесуточных напряжений, а, принимая во внимание, что большинство геодинамических процессов обусловлено касательными напряжениями, — сумма среднесуточных максимальных касательных напряжений. В связи с этим нами выполнен анализ связи землетрясений Крыма с приливными напряжениями, рассчитанными в интервале времени с 1960 по 1991 гг. Данные о землетрясениях взяты из электронных каталогов Мирового центра данных по физике твердой Земли и Института физики Земли, имеющих в свободном доступе в сети INTERNET. Каталог содержит информацию о 664 сейсмических событиях, произошедших в период с 1962 по 1989 гг.

Крымский регион — часть Крымско-Кавказского сейсмоактивного сегмента Альпийско-Гималайского пояса. Общий анализ сейсмологических данных показывает, что основная сейсмическая энергия для этого региона выделяется в коленообразной зоне, являющейся фрагментом северной границы Черноморской впадины. При этом наибольшее количество землетрясений происходит во фрагменте данной зоны, имеющем азимут простирания  $30\text{--}35^\circ$ .

Необходимо отметить, что, наряду с величиной приливных касательных напряжений, важное значение имеет азимут площадки, на которой эти напряжения действуют. Естественно ожидать, что азимуты площадок будут изменяться во времени в соответствии со взаимным положением Луны и Солнца относительно точки на земной поверхности. При этом в случае, если на территории исследования имеет место зона нарушения сплошности

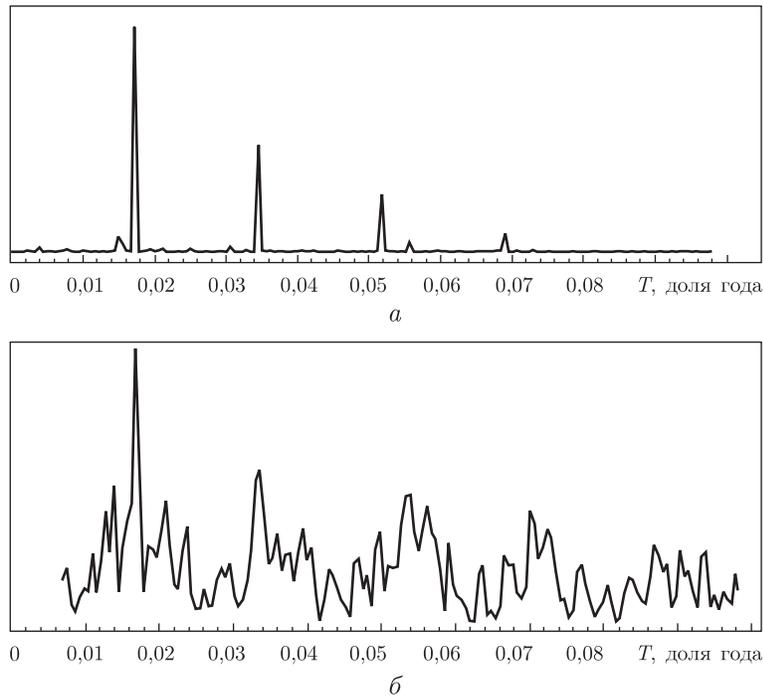


Рис. 3. Амплитудные спектры (по оси  $x$  — круговая частота  $\omega = 2\pi/T$ ,  $T$  — период):  $a$  — кривая суммы среднесуточных максимальных касательных напряжений за сидерический месяц для территории Крыма (после азимутальной селекции);  $b$  — кривая числа сейсмических событий Крыма, произошедших в течение сидерического месяца с 1962 по 1989 гг.

среды, то очевидно, что наибольшее триггерное воздействие на геодинамические процессы будут оказывать касательные напряжения, азимуты площадок их действия совпадают или близки к азимуту зоны нарушения сплошности.

Как отмечалось выше, для Крымского региона такой зоной является шовная зона, по которой происходит опускание блоков Черноморской впадины и в пределах которой наибольшей сейсмической активностью обладает фрагмент, имеющий азимут простирания  $30\text{--}35^\circ$ . В ходе проведения исследований была выполнена азимутальная селекция касательных напряжений. В процесс анализа вовлекались касательные напряжения, азимуты площадок за рассматриваемый промежуток времени были в интервале  $20\text{--}50^\circ$ .

Расчет амплитудного спектра кривой суммы среднесуточных максимальных касательных напряжений за сидерический месяц после азимутальной фильтрации свидетельствует о наличии четырех максимумов, соответствующих гармоникам с периодом год, полгода, четыре и три месяцев (рис. 3,  $a$ ).

Параллельно с анализом приливных напряжений для территории Крымского региона изучалась кривая числа сейсмических событий с 1962 по 1989 гг., произошедших в течение сидерического месяца. Также как и при исследовании временных особенностей напряженного состояния, для изучения скрытых периодичностей кривой числа землетрясений применялся спектральный анализ. Амплитудный спектр кривой числа сейсмических событий этих лет для территории Крымского региона представлен на рис. 3,  $b$ . Характерно, что в амплитудном спектре отмечается четыре основных максимума, соответствующие периодам максимумов в амплитудном спектре кривой приливных касательных напряжений

после азимутальной селекции (см. рис. 3, а). При этом соотношение амплитуд максимумов в спектре кривой землетрясений близко к соотношению амплитуд максимумов в спектре кривой приливных касательных напряжений.

Таким образом, выявленные закономерности позволяют утверждать о существенном влиянии приливного вибровоздействия как триггерного механизма при возникновении землетрясения. Кроме того, выполненные исследования позволяют утверждать о необходимости учета особенностей тектонического строения территории исследования, для которой выполняется анализ взаимосвязи геодинамических процессов с лунно-солнечными приливами.

1. Николаев В. А. Исследование напряженного состояния литосферы на основе анализа связи земных приливов и сейсмичности. – Москва: Наука, 2003. – 236 с.
2. Довбнич М. М. Оценка влияния космогонических факторов на напряженное состояние тектоносферы // Наук. вісн. НГУ. – 2007. – № 4. – С. 34–42.
3. Довбнич М. М. Влияние вариаций ротационного режима Земли и лунно-солнечных приливов на напряженное состояние тектоносферы // Доп. НАН України. – 2007. – № 11. – С. 105–112.
4. Шило Н. А., Ваццлов Ю. Я. Земные приливы как тектонический насос и вибратор // Докл. АН СССР. – 1989. – **307**, № 4. – С. 833–836.
5. Мельхиор П. Земные приливы. – Москва: Мир, 1968. – 482 с.
6. Абалакин В. К. Астрономический календарь. Постоянная часть. – Москва: Наука, 1981. – 704 с.

Национальный горный университет, Днепрпетровск

Поступило в редакцию 26.03.2008

УДК 553.98:550.4:551.21:549.214

© 2008

Член-корреспондент НАН Украины А. Е. Лукин

## Самородный алюминий в коллекторах нефти и газа

*The presence of morphologically various aluminum particles of assorted sizes within different-aged and petrographically diversified petroliferous reservoirs is established. It has been proposed that chemically active native Al has great role as a catalyst of the petroleum origin.*

Целенаправленное изучение обширной коллекции пород продуктивных горизонтов нефтяных и газовых месторождений различных регионов в широком стратиграфическом (докембрий — кайнозой), формационном (все основные формации осадочного чехла и кристаллического фундамента), фазово-геохимическом (нефть и битумы, газоконденсатные системы, жирные и сухие газы) диапазонах с применением сканирующей электронной микроскопии и рентгеноспектрального зондирования<sup>1</sup> позволило открыть важное природное явление. Суть его заключается в том, что коллекторы нефти и газа, сформированные на самом разнообразном породном субстрате (терригенные, карбонатные, кристаллические породы), “заражены” дисперсными частицами самородных металлов [1]. При этом, наряду с железом, медью, цинком, свинцом и их природными сплавами (интерметаллидами, твердыми

<sup>1</sup>Нами была использована ранее разработанная М. И. Новгородовой и другими исследователями система критериев, позволяющих отличать природные самородно-металлические частицы и их агрегаты от техногенных образований [2].