

## Раздел IV. Геодинамическая безопасность и системы предупреждения и защиты при чрезвычайных ситуациях

УДК 62.1.088

**В.И. Короченцев, Е.В. Лисунов, А.П. Морозов**

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ ПРИЛИВОВ И ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ ОТ ПОЛОЖЕНИЯ ЛУНЫ

*Предложено описание взаимодействия между положениями Луны, морских приливов и «гравитационными» волнами. Выявление закономерности прихода «гравитационных» и приливных волн в зависимости от положения луны. Определение скорости влияния луны на формирование приливных волн, регистрируемые мареографами и гравиметром. Дано пояснение результатов эксперимента на основе уравнения динамики. Предложен метод расчета рассеяния «гравитационных» волн на поверхности океана, просачивание их в породу Земли.*

*Приливные волны; «гравитационные» волны; Луна.*

**V.I. Korochentsev, E.V. Lisunov, A.P. Morozov**

### THE STUDY OF THE TIDES AND GRAVITY FIELD OF THE POSITION OF THE MOON

*The interaction description between positions of the Moon, sea inflow and "gravitational" waves is offered. Identifying patterns advent of the "gravity" and tidal waves, depending on the position of the moon. Determining the speed of the influence of the moon on the formation of tidal waves recorded by tide gauges and gravity meter.*

*Keywords: tidal waves, "gravity" of the wave, the Moon. The explanatory of results of experiment on the basis of dynamics equation is given. The method of calculation dispersion of "gravitational" waves on ocean surfaces, their infiltration in breed of the Earth is offered.*

*Tidal waves; "gravity" of the wave; the Moon.*

В нашей статье [1] предложено линейное уравнение динамики деформированного тела с учетом одновременного воздействия на измерительный датчик компонентов упругих и гравитационных сил. Если в точке измерения поля расположен сейсмограф, то измеряют сейсмические волны, если гидрофон – упругие волны. В случае использования гравиметров логично назвать эти волны «гравитационными». Кавычки поставлены для того, чтобы подчеркнуть их отличие от классических поперечных гравитационных волн из общей теории относительности (ОТО).

Источником упругих сейсмических и «гравитационных» волн может быть один и тот же ускоренно движущийся элемент объема, например, очаг землетрясения, взрыв вулкана или искусственный источник. Если источник излучения расположен в твердом или жидком веществе (например, очаг землетрясения), то регистрирующий приемник имеет качественно одинаковый вид для всех разновидностей волн (сейсмических, упругих, «гравитационных»). Подобные измерения проводятся на многих станциях наблюдения и их результаты необходимы для изучения структуры Земли, возможного прогноза землетрясений, цунами и других целей.

Очень важно разделить трассу распространения волн и изучить особенности каждого их вида. В настоящей работе в качестве источника волн предложено использовать ускоренно движущую массу Луны. На практике давно используются гравиметры для изучения особенностей приливных волн в океанах и морях, которые возникают при искажении гравитационного поля системы «Земля-Луна». Однако, предполагается, что гравитационное взаимодействие в системе «Земля-Луна» распространяется со скоростью света, в рамках общей теории относительности. Запаздывание приливных волн от проекции Луны на поверхность Земли объясняется инерционными и гидродинамическими характеристиками среды.

Ниже приведены экспериментальные исследования измерений гравиметров (Avtograv CG5 и gPhone) и уровня приливных волн в районах Приморского края. Определена скорость распространения «гравитационной» волны, пришедшей от Луны до измерительных гравиметров. Показано, что время прихода «гравитационной» волны значительно меньше начала времени изменения уровня приливной волны в море.

В ходе эксперимента были выявлены закономерности прихода «гравитационных» и приливных волн в зависимости от положения луны, которые показаны на рис. 1 и 2.

В ходе эксперимента выявлена закономерность прихода волн при убывающей Луне (4 четверть и до новолуния).

На графиках видно, что когда Луна проходит кульминацию, то за ней, спустя приблизительно 3 часа, приходит «гравитационная» волна, вызванная ускоренным перемещением массы Луны. Приливная волна в это время «отстает» от Луны на 8 часов.

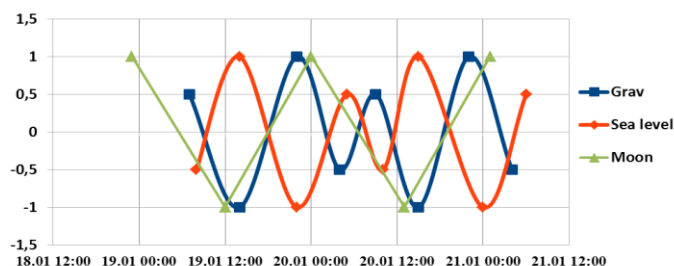


Рис. 1. Графики зависимости прихода «гравитационных» и приливных волн в зависимости от положения луны. За 18–21 января 2012 г.

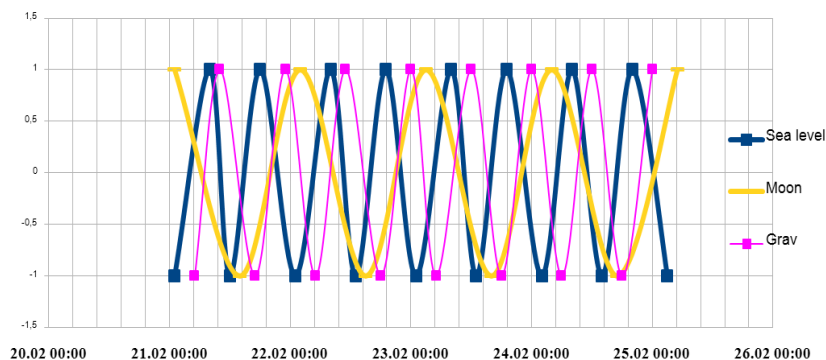


Рис. 2. Графики зависимости прихода «гравитационных» и приливных волн в зависимости от положения луны. За 20–26 февраля 2012 г.

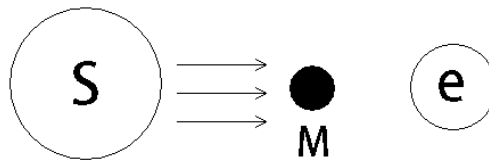


Рис. 3. Новолуние

Можно сделать вывод о том, что движение Луны вызывает «гравитационную» волну, воздействующую на гравиметр. Таким образом, можно сделать расчеты по определению скорости «гравитационной» волны и ее зависимости от движения и положения Луны. В данном случае расчетная скорость «гравитационной» волны составляет 36000 м/с. Эта скорость приблизительно совпадает со скоростью «гравитационных» волн от очага подводного землетрясения, измеренных авторами вблизи поверхности земли [3].

Поясним результаты эксперимента на основе уравнения динамики, предложенного в работе [1]

$$\rho_{\Sigma} \left( \frac{\partial^2 \Phi_j}{\partial t^2} \right) = \mu_{\Sigma} \frac{\partial^2 \Phi_i}{\partial x_k^2} + (\lambda_{\Sigma} + \mu_{\Sigma}) \frac{\partial}{\partial x_j} \frac{\partial \Phi_k}{\partial x_k}. \quad (1)$$

Здесь  $\Phi_i$  – компоненты суммарного потенциала поля взаимодействующих ускоренно движущихся масс;  $\mu_{\Sigma} = \mu_{\text{упр}} + \mu_{\text{грав}}$ ;  $\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\text{упр}} + \mu_{\text{грав}}$ ;  $\rho_{\Sigma}$  – плотность среды в пространстве между взаимодействующими массами;  $\mu_{\text{упр}}$ ,  $\lambda_{\text{упр}}$  – коэффициенты Ламэ, учитывающие упругие характеристики среды;  $\mu_{\text{грав}}$ ,  $\lambda_{\text{грав}}$  – коэффициенты, учитывающие гравитационные характеристики в пространстве между ускоренно движущимися взаимодействующими массами.

В этом уравнении учтены взаимодействия как при наличии вещества, так и в условиях взаимодействия между космическими объектами «Земля-Луна».

Уравнение (1) предполагает существование как продольных, так и поперечных «гравитационных» волн. Экспериментально в приведенных измерениях нами определена только поперечная волна. Поэтому, представим малые деформации  $\bar{U}$  среды в точке расположения гравиметра, как сумму деформации растяжения  $\bar{U}_e$  и сдвига  $\bar{U}_\tau$ , т.е.  $\bar{U} = \bar{U}_e + \bar{U}_\tau$ .

Используя стандартные преобразования уравнений, записанных в символической (1) форме в виде вектора  $\bar{U}$ , можно получить для сдвиговой компоненты следующее уравнение:

$$\Delta U_{\tau} = \frac{1}{C_{\tau}^2} \frac{\partial^2 U_{\tau}}{\partial t^2},$$

$$C_{\tau} = \frac{\mu_{\text{грав}}}{\rho_{\text{грав}}}.$$

Из экспериментальных данных, полученных выше, имеем

$$C_{\tau} = 36000 \pm 10\% \text{ м/с.}$$

Решив уравнение в сферической системе координат, для радиальной компоненты поля и гармонического изменения во времени с частотой  $\omega$ :

$$U_r = U_0 \frac{e^{i(\omega t - k_{\tau} r)}}{r}$$

где  $\omega$  – круговая частота изменения гравитационного поля.

$$K_r = \frac{\omega}{C_r},$$

где  $g$  – расстояние от Луны до гравиметра на Земле.

Используя предположенный волновой подход, можно рассчитать рассеяние «гравитационных» волн на поверхности океана, просачивание их в породу Земли.

Результаты работы можно использовать для более точного описания волновых процессов, происходящих в системе «Земля-Луна», понимания теории распространения «гравитационных» волн.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Короченцев В.И., Лисунов Е.В.* Увеличение вероятности правильного прогноза цунами на примере катастрофы 11 марта (Япония) // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 9 (122). – С. 216-219.
2. Pacific Congress on Marine Science and Technology, Honolulu, Hawaii, USA, «Increase in probability of the tsunami formation correct forecast», – 2010.
3. IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering (CSAE 2011) China, "Research on Dynamic Variations in the Gravitational Field of Forthcoming Volcano Eruption".

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.А. Воронин.

**Короченцев Владимир Иванович** – Дальневосточный федеральный университет; e-mail: vkoroch@mail.ru; 690950, г. Владивосток, ул. Суханова, 8; тел.: 89025579758; кафедра приборостроения; зав. кафедрой; д.ф.-м.н.; профессор.

**Лисунов Евгений Витальевич** – e-mail: lisunov.evgeniy@gmail.com; тел.: 89644307313; аспирант.

**Морозов Анатолий Петрович** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: gava\_am@mail.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371795; кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; к.т.н.; доцент.

**Korochentsev Vladimir Ivanovich** – Far Eastern Federal University; e-mail: vkoroch@mail.ru; 8, Sukhanov street, Vladivostok, 690950, Russia; phone: +79025579758; the department of instrumentation; dr. of phis.-math. sc.; professor.

**Lisunov Evgenij Vital'evich** – e-mail: lisunov.evgeniy@gmail.com; phone: +79644307313; postgraduate student.

**Morozov Anatoly Petrovich** – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education "Southern Federal University"; e-mail: gava\_am@mail.ru; 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371795; the department of hydroacoustic and medical engineering; cand. of eng. sc; associate professor.

УДК 65.012.122

**Е.П. Истомин, А.Г. Соколов, Е.М. Зоринова, Л.С. Слесарева**

#### **ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРИМОРСКОЙ РЕКРЕАЦИОННОЙ ТЕРРИТОРИИ**

*Рассмотрены основные аспекты геоинформационного управления развитием территориальных организационно-технических систем. Показаны специфика управления, возможность использования современных теоретических положений для управления рисками*