

## О ТЕОРИИ ПРИЛИВОВ ХИЗИРОВА

© Воронков С.С.

Контакт с автором: [vorss60@yandex.ru](mailto:vorss60@yandex.ru)

### Аннотация

*Рассматривается теория приливов Хизирова, согласно которой причиной приливов и отливов являются водовороты, возникающие в морях и океанах и прецессирующие в поле вращения Земли. Установлен механизм образования водоворотов, связанный с неравномерностью вращения Земли вокруг своей оси. Показано, что момент прецессии водоворотов имеет максимальное значение при  $45^{\circ}$  с.ш., что соответствует регионам с максимальным приливом: залив Фанди (Канада) и залив Сен-Мало (Франция).*

### Содержание

1. Приливы и отливы.....	1
2. Представления о приливах классической механики.....	1
2.1. Статическая теория приливов.....	2
2.2. Динамическая теория приливов.....	2
3. Теория приливов Хизирова.....	3
4. Представления о приливах «Общей динамики».....	3
4.1. Колебания частоты вращения Земли вокруг своей оси.....	3
4.2. Возникновение нестационарного движения воды в водной оболочке Земли.....	4
4.3. Возникновение вихревых трубок в водной оболочке Земли.....	5
4.4. Прецессия вихревых трубок под действием вращения Земли.....	6
Выводы.....	7
Литература.....	7

### 1. Приливы и отливы

**Прили́в** и **отли́в** — периодические колебания уровня океана или моря, являющиеся результатом воздействия приливных сил Луны и Солнца, однако приливообразующая сила Луны в 2,17 раз больше приливообразующей силы Солнца, поэтому характеристики прилива в основном зависят от взаимного положения Луны и Земли [1].

### 2. Представления о приливах классической механики

Первую количественную теорию приливов создал Ньютон [2], используя полученные им законы механики. Эта теория объяснила, почему и лунные, и солнечные приливы происходят

по два раза в сутки. Ньютон отмечает [2]: «Прилив и отлив моря происходит от действия Луны и Солнца» и находит силы Солнца и Луны, движущие море.

## 2.1. Статическая теория приливов

Считается, что главной причиной приливных явлений является притяжение водной оболочки Земли Луной.

По отношению к центру Земли гравитационные ускорения частиц водной оболочки в точках А и В – приливные ускорения – направлены по радиусу R от центра Земли и равны по величине [3]:

$$w = w_A - w_T = -(w_B - w_T) = \frac{Gm_L}{(r-R)^2} - \frac{Gm_L}{r^2} \approx \frac{Gm_L}{r^3} 2R. \quad (1)$$

Здесь G – гравитационная постоянная,  $m_L$  – масса Луны, R – радиус Земли, r – расстояние между Землей и Луной (расстояние между их центрами). Учтено, что радиус Земли  $R \ll r$ .

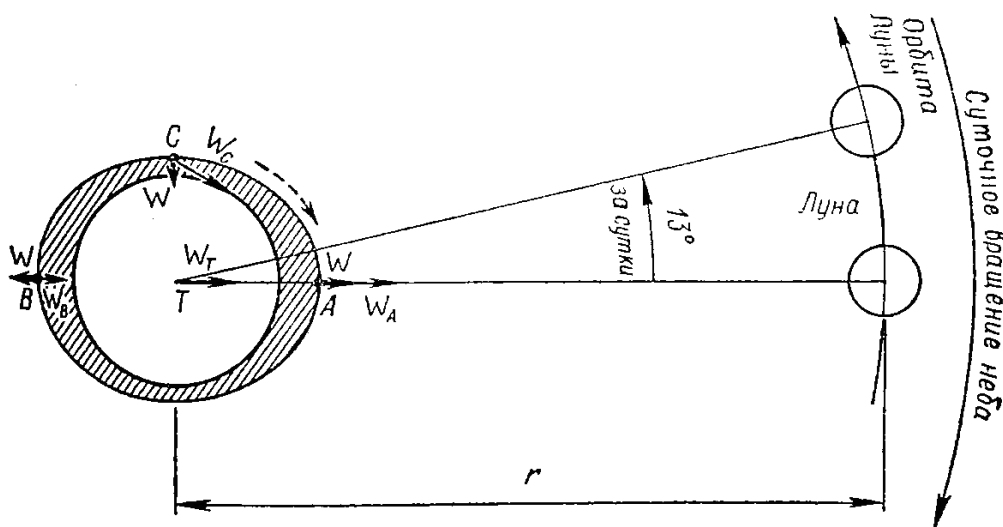


Рис. 1. Схема морских приливов. Приливное ускорение в точках А и В направлено от центра; в точке С – к центру Земли. Рисунок из работы [3].

В точках А и В появляются горбы – приливы, а между ними – отливы. Период между двумя приливами равен промежутку времени между последовательными верхними и нижними кульминациями Луны, равному 12 ч 26 м [3].

Но как отмечается в работе [4]: «...выводы статической теории приливов подтверждаются наблюдениями только в самых общих чертах. Так, например, высота приливов в среднем гораздо больше найденного нами выше значения в 0,5 м. Наибольшие приливы наступают не в момент прохождения Луны через меридиан, а на несколько часов позднее, и т. д. На самом деле приливы нужно рассматривать как явление динамическое, а именно – как вынужденные колебания масс океана, происходящие под действием приливообразующей силы».

## 2.2. Динамическая теория приливов

«Лаплас первый, - как отмечается в [4], - дал динамическую теорию приливов; он рассматривал приливы океана, целиком покрывающего Землю. Однако в силу сложности

явления приливов, происходящей от того, что колебания разного типа накладываются друг на друга, не удастся получить удовлетворительного согласия между данными опыта и результатами, выводимыми из динамической теории приливов».

### 3. Теория приливов Хизирова

Как показал Чуев [5], заслуживает внимания новая теория океанических приливов Юсупа Хизирова. Причиной возникновения приливов и отливов в теории Хизирова [6] являются водовороты в мировом океане. Во второй половине XX века в океане были открыты водные вихри. «Получается – как отмечается в работе [7], что океан вопреки всем ожиданиям весьма схож с атмосферой, где такие вихревые образования, как циклоны и антициклоны, обладают большей энергией, чем результирующий средний воздушный поток, определяющий общее направление перемещения воздушных масс. Поэтому в дальнейшем, по предложению члена-корреспондента АН СССР А. С. Моница, эти водные вихри открытого океана стали называть синоптическими. ...Подтвердилось, что не менее 90 % кинетической энергии океана заключено в вихрях». Водные вихри, вихревые трубки, водовороты в мировом океане в поле вращения Земли прецессируют, что и порождает приливы и отливы.

Но возникает вопрос: Какова причина возникновения вихрей, вихревых трубок в морях и океанах Земли? Хизиров не объясняет причины возникновения вихрей. На этот вопрос дает ответ «Общая динамика» [8], который мы рассмотрим в следующих параграфах.

### 4. Представления о приливах «Общей динамики»

Правы были Ньютон и Лаплас, что причиной приливов и отливов являются Луна и Солнце и что этот процесс динамический. Но Луна и Солнце воздействуют не напрямую на водную оболочку Земли, а воздействуют на вращение Земли в силу отличия конфигурации Земли от сфероида. Под действием Луны и Солнца возникают колебания скорости вращения Земли с частотой два раза в сутки – с этой же частотой происходят приливы и отливы.

Колебания скорости вращения Земли порождают вихревые трубки в морях и океанах Земли. Покажем это. При рассмотрении примем, что вся поверхность Земли покрыта водной оболочкой.

#### 4.1. Колебания частоты вращения Земли вокруг своей оси

Оценим неравномерность вращения Земли, возникающую под действием внешнего момента со стороны Луны, действие со стороны Солнца происходит аналогично. Для этого привлечем второе уравнение системы (7.1) с учетом (7.2) из работы [8]

$$I_y \frac{d\omega_y}{dt} + (I_x - I_z)\omega_z\omega_x = \frac{3Gm_l}{R_l^3}(I_x - I_z)\gamma_3\gamma_1. \quad (2)$$

Рассмотрение проведем в предположении  $\omega_y \gg \omega_x$  и  $\omega_y \gg \omega_z$ , где  $\omega_y$  представляет собой круговую частоту вращения Земли, а  $\omega_x$  и  $\omega_z$  определяются прецессией и нутацией земной оси, и они значительно меньше частоты вращения Земли. В этом приближении вторым

членом в левой части уравнения (2) можно пренебречь как величиной второго порядка малости.

Для оценки направляющих косинусов выразим их значения через углы Эйлера и оценим диапазон изменений [9]

$$\begin{aligned}\cos(z_1, x) &= \gamma_1 = \sin\psi \cos\varepsilon + \cos\psi \sin\varepsilon \cos\theta, \\ \cos(z_1, z) &= \gamma_3 = -\sin\psi \sin\varepsilon + \cos\psi \cos\varepsilon \cos\theta.\end{aligned}\quad (3)$$

Здесь  $\psi, \theta, \varepsilon$  – эйлеровы углы: прецессии, нутации, чистого вращения соответственно.

Угол чистого вращения определяется вращением Земли вокруг своей оси и за один оборот изменяется от 0 до  $2\pi$ . Его можно определить через скорость вращения Земли

$$\varepsilon = \omega_3 t, \quad (4)$$

где  $\omega_3$  – постоянное значение круговой частоты вращения Земли,  $t$  – время.

Оценим из (3) диапазон изменений произведения направляющих косинусов в предположении  $\psi = 0, \theta = 0$

$$\gamma_3 \gamma_1 = \cos\varepsilon \sin\varepsilon = \frac{1}{2} \sin 2\varepsilon, \quad (5)$$

то есть за один оборот Земли она будет дважды ускоряться и дважды замедляться под действием момента внешних сил, действующего со стороны Луны.

Перепишем уравнение (2) с учетом принятых допущений

$$I_y \frac{d\omega_y}{dt} = \frac{3Gm_L}{R_L^3} (I_x - I_z) \gamma_3 \gamma_1 = \frac{3Gm_L}{2R_L^3} (I_x - I_z) \sin 2\omega_3 t. \quad (6)$$

Найдем величину колебания скорости вращения Земли под действием возмущения Луны, проинтегрировав уравнение (6)

$$\Delta\omega = -\frac{3Gm_L}{4\omega_3 R_L^3} \frac{(I_x - I_z)}{I_y} \cos 2\omega_3 t. \quad (7)$$

Отметим, что колебание скорости вращения Земли, также как и приливное ускорение в (1), пропорционально гравитационной постоянной и массе Луны и обратно пропорционально кубу расстояния между Землей и Луной.

#### 4.2. Возникновение нестационарного движения воды в водной оболочке Земли

Будем рассматривать процессы, происходящие в водной оболочке Земли, в сферической системе координат – рис. 2, связанной с Землей.

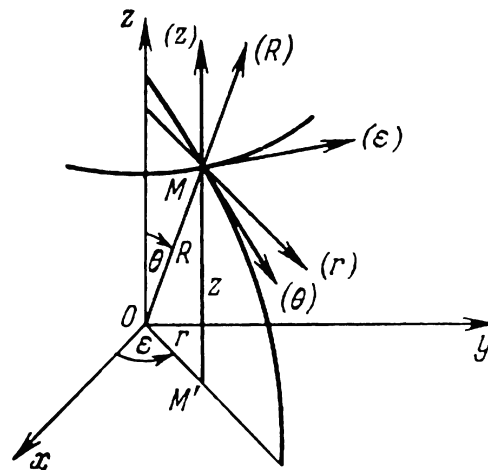


Рис. 2. Сферическая и цилиндрическая системы координат. Рисунок из работы [10].

Жидкость, находящаяся на Земле подвержена вращению и движется со скоростью вращения Земли. Но так как вращение Земли неравномерное, будет возникать пульсационная составляющая скорости, определяемая как

$$V_\varepsilon = \Delta\omega r = \Delta\omega R \sin\theta = -C_1 R \sin\theta \cos 2\omega_3 t, \quad (8)$$

где  $\Delta\omega$  – колебания круговой частоты вращения Земли,  $C_1 = \frac{3Gm_{\text{л}}}{4\omega_3 R_{\text{л}}^3} \frac{I_x - I_z}{I_y}$  – константа,  $R$  – радиус Земли.

Выпишем выражение для субстанциональной производной скорости  $V_\theta$  жидкости [10]

$$\frac{dV_\theta}{dt} = \frac{\partial V_\theta}{\partial t} + V_R \frac{\partial V_\theta}{\partial R} + \frac{V_\theta}{R} \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} + \frac{V_\varepsilon}{R \sin\theta} \frac{\partial V_\theta}{\partial \varepsilon} + \frac{V_R V_\theta}{R} - \frac{V_\varepsilon^2 \text{ctg}\theta}{R}, \quad (9)$$

где  $V_R, V_\theta, V_\varepsilon$  – проекции скорости жидкости на оси сферической системы координат  $R, \theta, \varepsilon$  соответственно.

Из выражения (9) следует, что под действием скорости  $V_\varepsilon$  (8) будет происходить изменение скорости  $V_\theta$ .

Пренебрегая величинами второго порядка малости, для оценки примем

$$\frac{dV_\theta}{dt} = -\frac{V_\varepsilon^2 \text{ctg}\theta}{R}. \quad (10)$$

Подставляя значение (8) в (10), после преобразований получим

$$\frac{dV_\theta}{dt} = -C_1^2 R \sin\theta \cos\theta \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 4\omega_3 t \right). \quad (11)$$

### 4.3. Возникновение вихревых трубок в водной оболочке Земли

Возникновение нестационарного движения воды в водной оболочке Земли порождает вихри, вихревые трубки, водовороты [10]

$$\omega_R = \text{rot}_R \mathbf{V} = \frac{1}{R \sin \theta} \left[ \frac{\partial(V_\varepsilon \sin \theta)}{\partial \theta} - \frac{\partial V_\theta}{\partial \varepsilon} \right]. \quad (12)$$

Вычислим производные в выражении (12). При вычислении производной  $\frac{\partial V_\theta}{\partial \varepsilon}$  учтем (4) и (11). В результате после преобразований получим

$$\omega_R = \left( \frac{C_1^2}{2\omega_3} + \frac{C_1^2}{2\omega_3} \cos 4\omega_3 t - 2C_1 \cos 2\omega_3 t \right) \cos \theta. \quad (13)$$

Анализ полученной формулы для круговой частоты вихревых трубок, водоворотов, возникающих в водной оболочке Земли, показывает:

1. Водовороты, возникающие в северном и южном полушариях Земли имеют противоположное направление вращения (угол  $\theta$  изменяет свое значение от 0 до  $\pi$  и на экваторе  $\cos \theta = 0$ ).
2. Первый член в круглых скобках означает, что имеются водовороты, имеющие постоянную круговую частоту в течение суток.
3. Второй член описывает водовороты, изменяющие направление вращения 4 раза за сутки и он соответствует приливам и отливам, изменяющимся 4 раза за сутки.
4. Третий член описывает водовороты, изменяющие направление вращения 2 раза за сутки и он соответствует приливам и отливам, изменяющимся 2 раза за сутки – два прилива и два отлива.
5. Значение константы  $C_1 = 2,567 \cdot 10^{-14}$  рад/с [8]. Круговая частота вращения Земли  $\omega_3 = 7,921 \cdot 10^{-5}$  рад/с [3]. Поэтому первый и второй члены в круглых скобках (13) являются величинами второго порядка малости по сравнению с третьим членом.

#### 4.4. Прецессия вихревых трубок под действием вращения Земли

Вращающаяся вихревая трубка в водной оболочке Земли будет прецессировать во вращающемся поле Земли. Момент прецессии определится [11]

$$\mathbf{M} = I(\boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{\omega}_3), \quad (14)$$

где  $I$  – момент инерции вращающейся вихревой трубки,  $\boldsymbol{\omega}$  – круговая частота вращения вихревой трубки,  $\boldsymbol{\omega}_3$  – круговая частота вращения Земли.

Модуль момента прецессии будет равен [11]

$$M = I\omega_R \omega_3 \sin \theta. \quad (15)$$

Момент прецессии стремится совместить ось вихревой трубки с осью вращения Земли, и направление действия момента осуществляется по меридиану.

Найдем момент прецессии, подставив (13) в (15)

$$M = I \left( \frac{C_1^2}{2} + \frac{C_1^2}{2} \cos 4\omega_3 t - 2C_1 \omega_3 \cos 2\omega_3 t \right) \frac{\sin 2\theta}{2}. \quad (16)$$

Анализ выражения (16) показывает, что максимальное значение момент прецессии имеет в северном полушарии при угле  $\theta = \frac{\pi}{4}$ , что соответствует  $45^\circ$  с.ш. Приблизительно на этой широте расположены регионы с максимальными приливами. Залив Фанди (Канада) –  $44,95^\circ$  с.ш. высота прилива до 18 м. Залив Сен-Мало (Франция) –  $48,65^\circ$  с.ш. высота прилива до 15 м.

Сведем полученные результаты в таблицу

Таблица № 1

Этапы возникновения приливов и отливов		
№ этапа	Название	Формулы
1.	Колебания частоты вращения Земли вокруг своей оси (под действием возмущения Луны).	$\Delta\omega = -\frac{3Gm_l}{4\omega_3 R_l^3} \frac{(I_x - I_z)}{I_y} \cos 2\omega_3 t.$
2.	Возникновение нестационарного движения воды в водной оболочке Земли.	$V_e = -C_1 R \sin\theta \cos 2\omega_3 t,$ $\frac{dV_\theta}{dt} = -\frac{V_e^2 \operatorname{ctg}\theta}{R}.$
3.	Возникновение вихревых трубок в водной оболочке Земли.	$\omega_R = \left( \frac{C_1^2}{2\omega_3} + \frac{C_1^2}{2\omega_3} \cos 4\omega_3 t - 2C_1 \cos 2\omega_3 t \right) \cos\theta.$
4.	Прецессия вихревых трубок под действием вращения Земли.	$M = I \left( \frac{C_1^2}{2} + \frac{C_1^2}{2} \cos 4\omega_3 t - 2C_1 \omega_3 \cos 2\omega_3 t \right) \frac{\sin 2\theta}{2}.$

### Выводы

1. Как показал Чуев [5], заслуживает внимания новая теория океанических приливов Юсупа Хизирова. Причиной возникновения приливов и отливов в теории Хизирова [6] являются водовороты в мировом океане. Водные вихри, вихревые трубки, водовороты в мировом океане в поле вращения Земли прецессируют, что и порождает приливы и отливы.
2. Правы были Ньютон и Лаплас, что причиной приливов и отливов являются Луна и Солнце и что этот процесс динамический. Но Луна и Солнце воздействуют не напрямую на водную оболочку Земли, а воздействуют на вращение Земли в силу отличия конфигурации Земли от сфероида. Под действием Луны и Солнца возникают колебания скорости вращения Земли с частотой два раза в сутки – с этой же частотой происходят приливы и отливы.
3. Показано, что момент прецессии водоворотов имеет максимальное значение при  $45^\circ$  с.ш., что соответствует регионам с максимальным приливом: залив Фанди (Канада) и залив Сен-Мало (Франция).

### Литература

1. Прилив и отлив – Википедия. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Прилив\\_и\\_отлив](https://ru.wikipedia.org/wiki/Прилив_и_отлив)
2. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. – М.: Наука, 1989. – 688 с.
3. Астрономия: Учеб. пособие / М. М. Дагаев, В. Г. Демин, И. А. Климишин, В. М. Чаругин. – М.: Просвещение, 1983. – 384 с.
4. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Часть первая. – М-Л.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1948. – 535 с.

5. Чуев А.С. Новая теория океанических приливов Юсупа Хизирова. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2019. [https://www.youtube.com/watch?v=9\\_SI-Нр-m6Y](https://www.youtube.com/watch?v=9_SI-Нр-m6Y)
6. Хизиров Ю. Приливы и отливы – результат вращения Земли и водоворотов. 06.07.2018. <https://www.rusnor.org/pubs/articles/15638.htm>
7. Сузюмов Е.М., Ципоруха М.И. Открывая тайны океана. – М.: Знание, 1991. – 91 с.
8. Воронков С.С. Общая динамика. – 9-е изд., переработанное. – Псков: ЛЕВИТРОН, 2022. – 307 с. Электронный вариант работы представлен на Яндекс.Диске: [https://disk.yandex.ru/i/DU9Zf\\_STwOgJUQ](https://disk.yandex.ru/i/DU9Zf_STwOgJUQ)
9. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. Т.1. Статика и кинематика. – М.: Наука, 1982. – 352 с.
10. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Изд. 5-е. – М.: Наука, 1978. – 736 с.
11. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Т.П.: Динамика. – М.: Наука, 1979. – 544 с.