

## 14. ПРИЛИВЫ

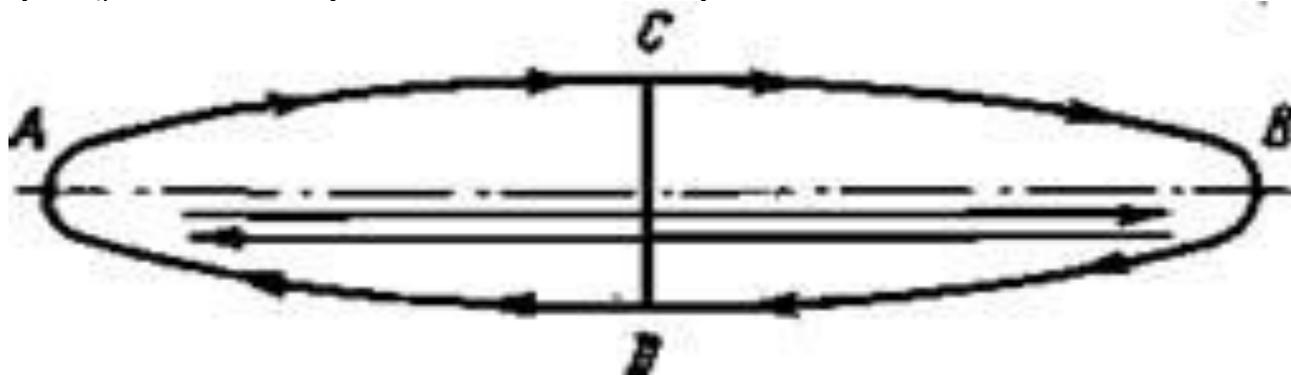
В Мировом океане наблюдаются **периодические долгопериодные** волновые колебания, возникающие под действием космических сил — сил притяжения между Землей, Луной и Солнцем.

Частицы воды в такой длиннопериодной волне движутся по орбитам, имеющим форму эллипса, с осью, очень сильно вытянутой по горизонтали.

**Движение частиц по орбитам** дает представление о двух формах приливных явлений.

**Проекция** движения частиц по их орбитам на **вертикальную ось** характеризуют **вертикальные колебания водных масс**, называемые приливами.

**Проекция** движения на **горизонтальную ось** определяют **возвратно-поступательные движения** частиц воды — **приливные течения**, которые характеризуются направлением и скоростью.



**Приливо-отливная орбита: СД — прилив; АВ — приливо-отливное течение**

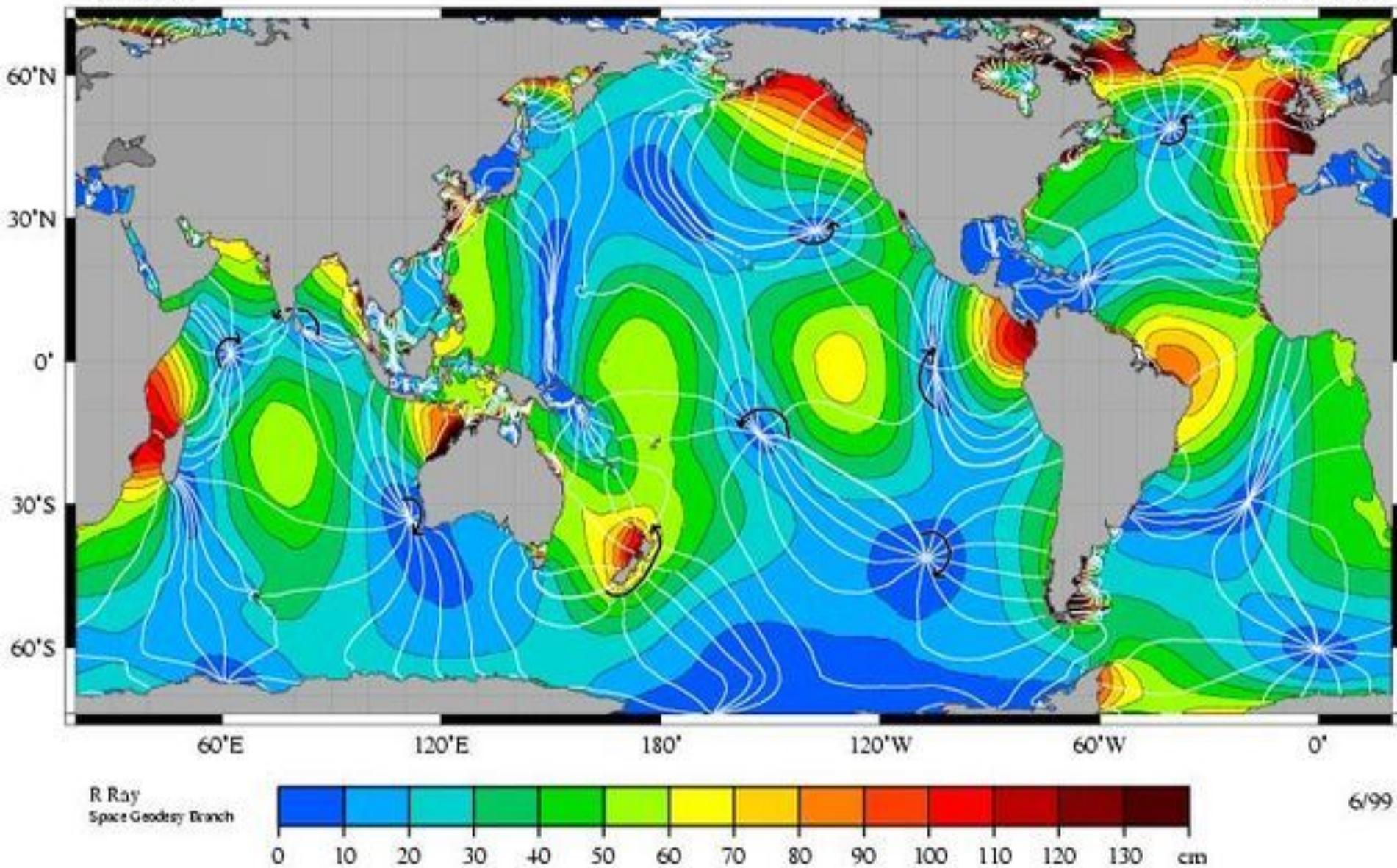
**Если бы вся Земля была покрыта водой, мы бы наблюдали два регулярных прилива и отлива ежедневно.**

Но так как беспрепятственному распространению приливных волн мешают участки суши, а также из-за действия Кориолиса, вместо двух приливных волн наблюдается **множество маленьких волн**, которые медленно (в большинстве случаев с периодом 12 ч 25,2 мин) движутся вокруг точки, называемой **амфидромической**, в которой **амплитуда прилива равна нулю**.

Доминирующая компонента прилива (лунный прилив M2) образует на поверхности Мирового океана около десятка **амфидромических точек** с движением волны **по часовой стрелке и примерно столько же — против часовой**.

Если соединить на карте точки с **одинаковыми фазами прилива**, то получаются так называемые **котидальные линии**, радиально расходящиеся из амфидромической точки.

Котидальные линии характеризуют положение гребня приливной волны **для каждого часа**. Фактически котидальные линии отражают скорость распространения приливной волны. Карты, на которых представлены линии равных амплитуд и фаз приливных волн, называются ***котидальными картами***



**Котидальные линии и амфидромические точки приливов**



Пример совмещённой карты котидальных линий и изоамплитуд для Северного моря

**Существенное влияние на величину и характер приливных явлений оказывают физико-географические условия — очертания берегов, рельеф дна, размеры водного бассейна и его связь с другими частями океана.**

В силу этого приливные явления на одной и той же широте меняются по своим характеристикам и величинам в весьма широких пределах. Так, например, у побережья Канады (залив Фанди) приливные колебания достигают **18 м**, а в Балтийском море, расположенном на той же широте, они составляют всего несколько сантиметров.

Обе стороны приливного явления взаимосвязаны между собой, так как они вызваны одними космическими силами. Однако между ними имеются и значительные различия, поэтому их обычно рассматривают отдельно.

**В приливных колебаниях уровня** воды на протяжении одних суток выделяют **следующие элементы**:

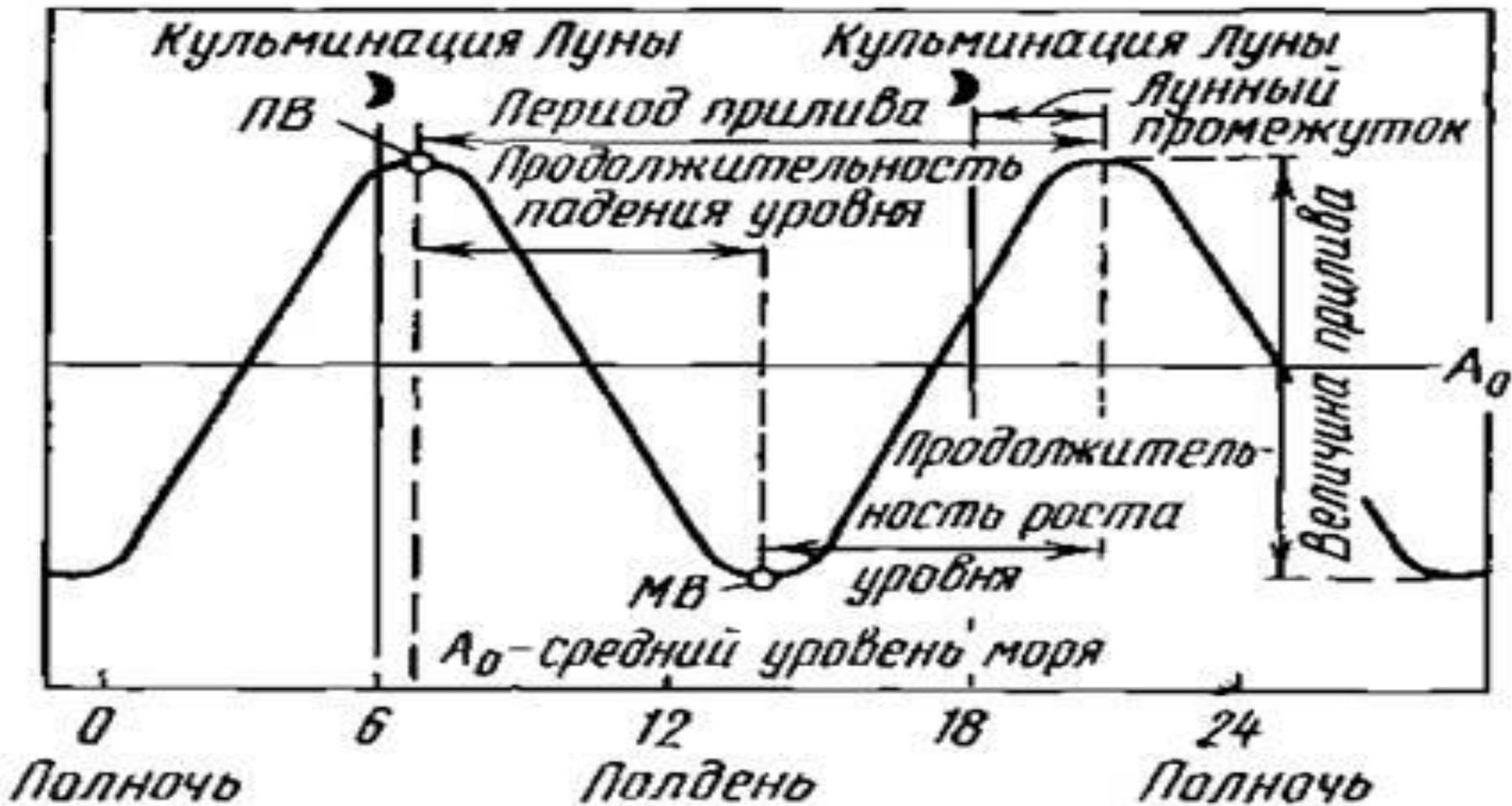
максимальный уровень в продолжение одного периода приливных колебаний — **полная вода (ПВ)**,

наинизший уровень за этот же период — **малая вода (МВ)**.

Разность уровней соседних полной и малой вод — **величина прилива**.

Высота полной или малой воды от среднего приливного уровня — **амплитуда прилива**.

Положение приливного уровня по отношению к нулю глубин — **высота прилива**.



Промежуток времени между моментом наступления малой воды и моментом наступления полной воды — **продолжительность роста уровня.**

Промежуток времени между моментом наступления полной воды и моментом наступления последующей малой воды — **продолжительность падения уровня.**

Промежуток времени между моментами двух соседних полных или двух соседних малых вод — **период прилива.**

Разность между моментом времени кульминации Луны на меридиане места и моментом наступления ближайшей полной воды — **лунный промежуток**.

Средний из лунных промежутков не менее чем за половину лунного месяца — **средний прикладной час**.

Средний из лунных промежутков **в полнолуние и новолуние** (наибольшие **сизигийные** приливы) при среднем расстоянии Земли от Луны и Солнца и при нулевых склонениях Луны и Солнца — **прикладной час порта**.

По характеру изменения уровня приливы разделяются на **правильные и неправильные**. При правильном приливе продолжительность роста и падения, **высоты соседних малых и полных вод почти одинаковы**, при неправильном могут **значительно отличаться**.

По периодичности приливы подразделяются на **полусуточные, суточные и смешанные**. При полусуточном приливе в течение лунных суток (24 ч 50 мин) наблюдаются две полные и две малые воды, при суточном приливе — одна полная и одна малая вода. **Смешанные** приливы являются **неправильными полусуточными или суточными**.

Приливообразующие **волны суточного периода образуют суточные приливные течения**, которые характеризуются **одним** максимальным приливным и одним максимальным отливным течениями.

Приливообразующие **волны полусуточного периода создают полусуточные приливные течения**, характеризующиеся **дважды** повторяющимися за **сутки** максимальными приливными и максимальными отливными течениями.

**Приливные течения смешанного типа** определяются двумя максимальными приливными и отливными течениями за сутки. Но **скорость максимального приливного течения**, первого за время лунных суток, существенно отличается от скорости такого течения, наступающего вторично.

По аналогии с приливными колебаниями уровня наблюдаются **сизигийные, промежуточные (средние) и квадратурные приливные течения**.

**Наибольшими скоростями обладают сизигийные течения, наименьшими — квадратурные.**

## **Влияние дна и суши на приливные движения.**

**Теоретические расчеты и натурные наблюдения показывают, что вдали от берегов и у отдельных океанических островов приливные колебания имеют величину порядка одного метра.**

**Незначительными по скорости являются и приливные течения.**

На величину приливов в **прибрежной зоне** большое влияние оказывают малые глубины, а также конфигурация берегов.

При уменьшении глубины моря на 50 % длина приливной волны и скорость ее уменьшаются на 29 %, а высота увеличивается на 20 %. Поэтому у побережий, где глубины заметно уменьшаются, величины приливов увеличивается до 2—6 м.

**Малые глубины** оказывают влияние и на **моменты наступления прилива**, а в отдельных случаях и на изменения его характера.

**Гребень приливной волны на мелководье распространяется быстрее, чем подошва, вследствие чего продолжительность роста уровня больше, чем продолжительность падения.**

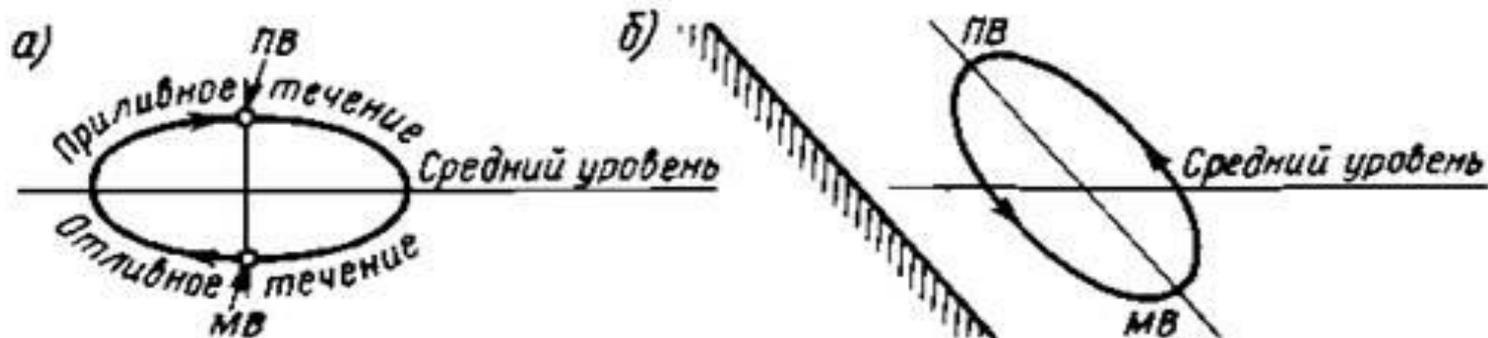
Глубина моря и характер рельефа дна в прибрежной зоне оказывают влияние на изменение времени смены и скорость приливных течений.

При значительных глубинах моря (а) большая ось приливной орбиты располагается параллельно поверхности моря.

В момент среднего уровня скорость приливного течения равна нулю (смена течения). С началом подъема уровня начинается приливное течение, направленное в сторону распространения приливной волны и достигающее максимальной скорости в момент полной воды. Затем приливное течение постепенно уменьшается до момента следующего среднего уровня, когда происходит смена приливного течения на отливное. Максимальная скорость отливного течения будет наблюдаться в момент малой воды.

$$v_{\text{пр}} = c \frac{A}{H} \cos(nT - kx), \quad (61)$$

где  $c = \sqrt{gH}$  — скорость распространения приливной волны;  
 $A$  — амплитуда приливного колебания;  
 $n = 2\pi/\tau$  — угловая скорость приливной волны;  
 $kx = \frac{2\pi x}{\lambda}$  — начальная фаза;  
 $\tau$  и  $\lambda$  — период и длина приливной волны.



**На мелководье (б) большая ось приливной орбиты занимает положение, параллельное берегу и смена течений происходит в момент полной и малой воды.**

**Максимальные скорости приливного и отливного течений наблюдаются на момент среднего уровня.**

**Скорость приливного течения равна нулю в момент полной и малой воды.**

Это положение подтверждается анализом уравнения, которое определяет скорость приливного течения на мелководье:

$$v_{\text{пр}} = -c \frac{A}{H} \sin kx \cos \left( nT - \frac{\pi}{2} \right). \quad (62)$$

**Аналогичные различия характера приливных течений под влиянием берегов наблюдаются и в проливах и заливах**



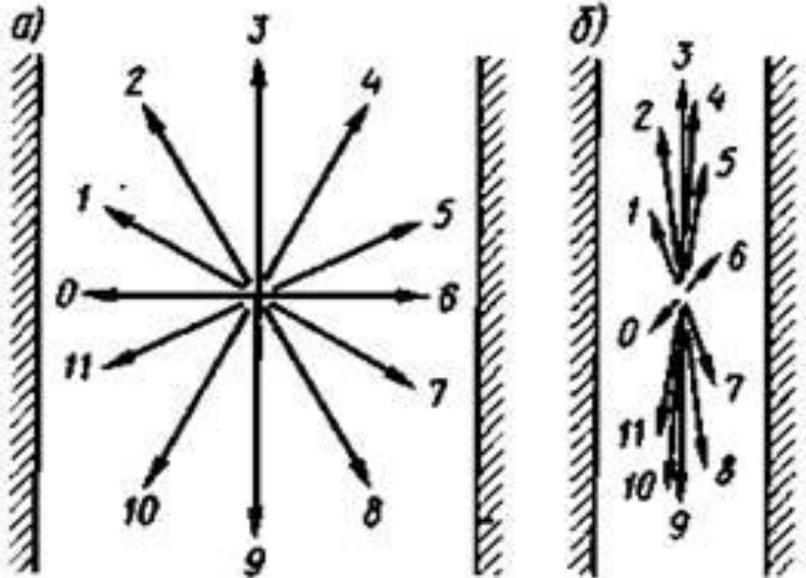
Если в заливе или проливе глубины уменьшаются от их оси к берегам, то приливная волна, испытывая трение о берега, продвигается фронтом в виде **выгнутой кривой**. Поэтому в более глубокой части бассейна **полная вода наступает раньше, чем у берегов**.

Когда приливная волна входит в залив с постепенно уменьшающимися глубинами и сужающимися берегами, то **при уменьшении глубины и одновременно ширины залива в два раза, величина прилива возрастает на 70%**.

В отдельных длинных узких заливах наблюдается аномально большая величина прилива. В Пенженской губе Охотского моря — 12 м, в Бристольском заливе на побережье Франции — 15 м, в Заливе Фанди на Атлантическом побережье Канады — 18 м.

В средних частях широких проливов и заливов (а) направления приливных течений **ежечасно изменяются** за период прилива. При этом скорости их **незначительно отличаются друг от друга**. Такие приливные течения называются **вращательными**.

В узких длинных проливах и заливах (б) наблюдаются **реверсивные** приливные течения. Наиболее характерный признак такого приливного течения — **отсутствие** постепенной смены направления течения.



Очень часто приливная волна, входя в реку, распространяется по ней на значительные расстояния.

На р. Амазонке приливная волна распространяется на 1400 км вверх по течению, на р. Св. Лаврентия — на 700 км от устья, по Северной Двине на 120 км от устья, на р. Печоре — на 85 км.

**Малые глубины, уклон дна** и наличие собственного течения реки создают препятствия для нормального распространения приливной волны вверх по реке.

**Особенное замедление в своем распространении испытывает подошва приливной волны.** Вследствие этого расстояние между гребнем и предшествующей подошвой постепенно уменьшается и **время падения уровня становится значительно меньше, чем время роста, передний склон входящей в реку приливной волны становится очень крутым.**

Это явление носит название **«бор»** или **«маскаре»**.

Такая волна **высотой 1—3 м** с большой скоростью, достигающей в отдельных случаях **9—11 уз**, распространяется вверх по реке. При дальнейшем повышении уровня бор прекращается.

В отдельных случаях явление бор наблюдается **на протяжении 70—80 км**. Бор встречается на р. Амазонке, Ганге и некоторых реках Англии и Франции, впадающих в Атлантический океан.



С приливными явлениями на реках связано еще одно явление, известное на Севере под названием «**маниха**».

Приливная волна, вступающая в устье реки, **задерживается течением реки** и может даже приостановить свое продвижение, **в результате чего уровень остается некоторое время неизменным**, а затем опять продолжает повышаться. Такое явление особенно ярко выражено в устье Северной Двины.

Приливные течения в реках носят реверсивный характер, на скорость течения оказывает влияние величина приливной волны ***B***, входящей в реку, глубины на реке ***H*** и скорость речного течения. Эти особенности описываются формулой

$$v_{np} = \sqrt{g / \left( H \pm \frac{B}{2} \right)} \pm v_p. \quad (63)$$



## Контрольные вопросы.

1. Приливы в Мировом океане. Причины их вызывающие и основные элементы.
2. Что такое амфидромические точки и котидальные линии?
3. Типы и характеристики приливов и приливных течений.
4. Влияние дна и суши на приливные движения.
5. Особенности приливов в устьях рек.

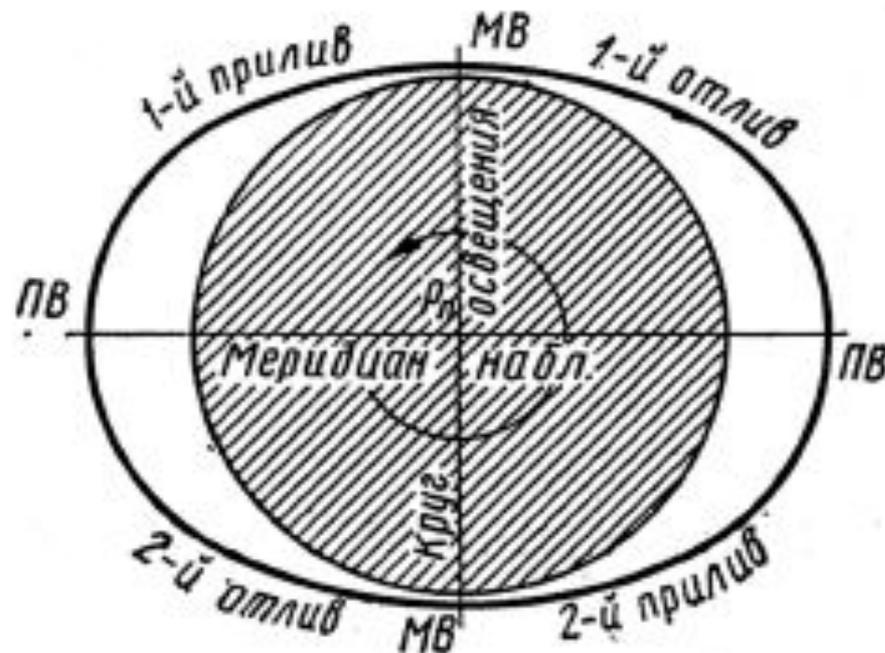
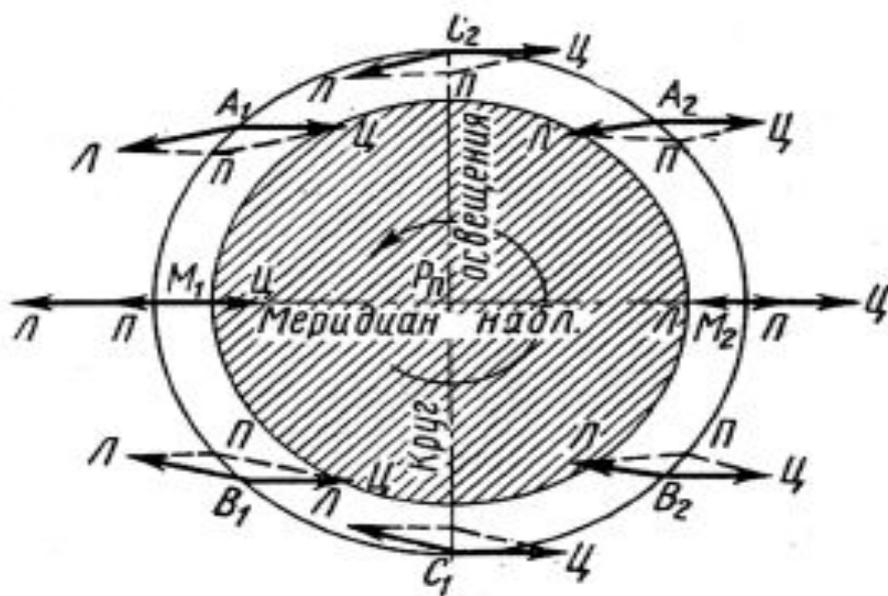
**Статическая теория приливов** (для постоянного склонения луны = 0) была разработана **Ньютоном**, который пришел к следующим основным выводам.

1. Приливные длиннопериодные волны возникают под воздействием приливообразующих сил Луны и Солнца. В каждой точке Мирового океана они являются геометрической суммой **центробежной силы**, возникающей при вращении систем Земля—Луна и Земля — Солнце вокруг их общего центра тяжести, и **силы притяжения** между данной точкой Земли и массами Луны и Солнца.
2. **Центробежная сила** в любой точке Земли одинакова по величине и направлению.
3. **Сила притяжения** обратно пропорциональна квадрату расстояния между данной точкой Земли и центром приливообразующего светила и направлена по кратчайшему расстоянию к нему.
4. Потенциал приливообразующей силы определяется выражением

$$V_n = \frac{3}{2} k \frac{Mr^2}{D^3} \left( \cos^2 z - \frac{1}{3} \right), \quad (56)$$

где  $M$  — масса приливообразующего светила;  $k$  — гравитационная постоянная;  $r$  — радиус Земли;  $D$  — расстояние между центрами Земли и приливообразующим светилем;  $z$  — зенитное расстояние светила.

Из выражения (56) следует, что **приливообразующая сила Луны в 2,17 раза больше приливообразующей силы Солнца.**



Приливной эллипсоид при склонении Луны, равном нулю

5. Приливообразующая сила может быть разложена на две составляющие: вертикальную, направленную по земному радиусу, и горизонтальную, направленную по касательной к поверхности земного шара в данной точке. Вертикальная составляющая совпадает с силой тяжести.

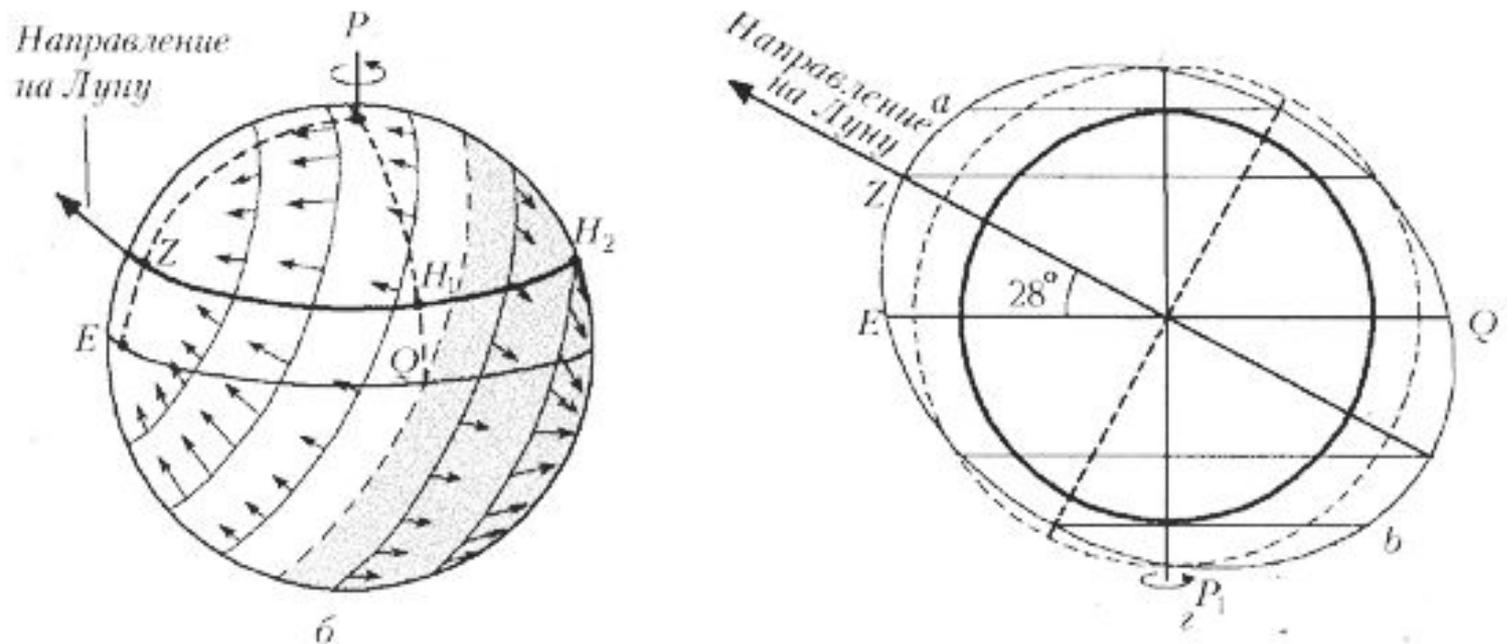
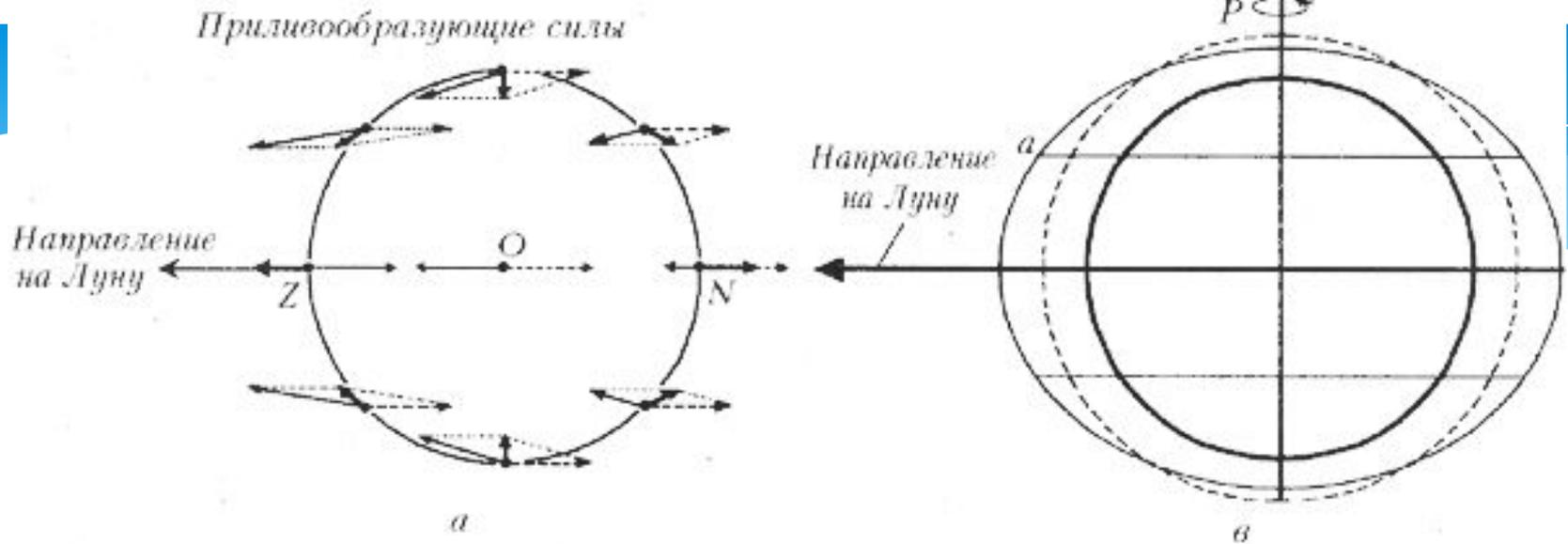
**Перемещение вод в океанах происходит под воздействием горизонтальной составляющей.**

6. На всех параллелях в течение суток будут наблюдаться полусуточные приливы. Самая высокая приливная волна будет наблюдаться на экваторе, с увеличением широты высота приливной волны будет уменьшаться.

Согласно теории период лунного прилива равен 12 ч 25 мин, а солнечного—12 ч. При этом полная вода должна приходиться на момент кульминации приливообразующего светила.

При выводах своей теории Ньютон не учитывал постоянные изменения влияния рельефа дна и очертания берегов на характер и величину приливных колебаний.

**Эти факторы учел в своей динамической теории Лаплас.**



Приливообразующие силы и статический прилив при  
 склонении Луны =  $28^\circ$

При глубинах, сравнимых с реальными глубинами океана, приливные вынужденные волны в низких широтах будут отставать от движения приливообразующего светила. В высоких широтах вынужденные приливные волны имеют тенденцию опережать светило и распространяться как волны свободные. Такое сочетание вынужденных и свободных приливных волн усложняет явление приливных колебаний на различных широтах Мирового океана.

Лаплас преобразовал формулу высоты прилива, в которой он заменил зенитное расстояние светила через широту, склонение и часовой угол светила.

Он ввел также коэффициенты и фазы, которые характеризуют особенности приливных колебаний в данной точке побережья в зависимости от физико-географических условий.

После таких преобразований формула высоты прилива по Лапласу имеет вид:

$$h = \frac{3}{2} \frac{Mr^4}{ED^3} \left[ \frac{(1 - 3 \sin^2 \varphi)(1 - 3 \sin^2 \delta)}{6} \right] + \\ + P_1 \sin 2\varphi \sin 2\delta \cos(t_m - \zeta_1) + P_2 \cos^2 \varphi \cos^2 \delta \cos 2(t_m - \zeta_2). \quad (60)$$

Эта формула впервые была применена для предвычисления приливов в Бресте (Франция).

**Заметные изменения характера и величин прилива под воздействием астрономических факторов называют неравенствами прилива.**

Основными астрономическими факторами, вызывающими неравенства, являются **различные значения часовых углов Солнца и Луны** (солнечный цикл = 24 ч; лунный цикл = 24 ч 50 мин), **периодическое изменение склонения Солнца и Луны**, а также **расстояния между центрами Земли, Луны и Солнца**.

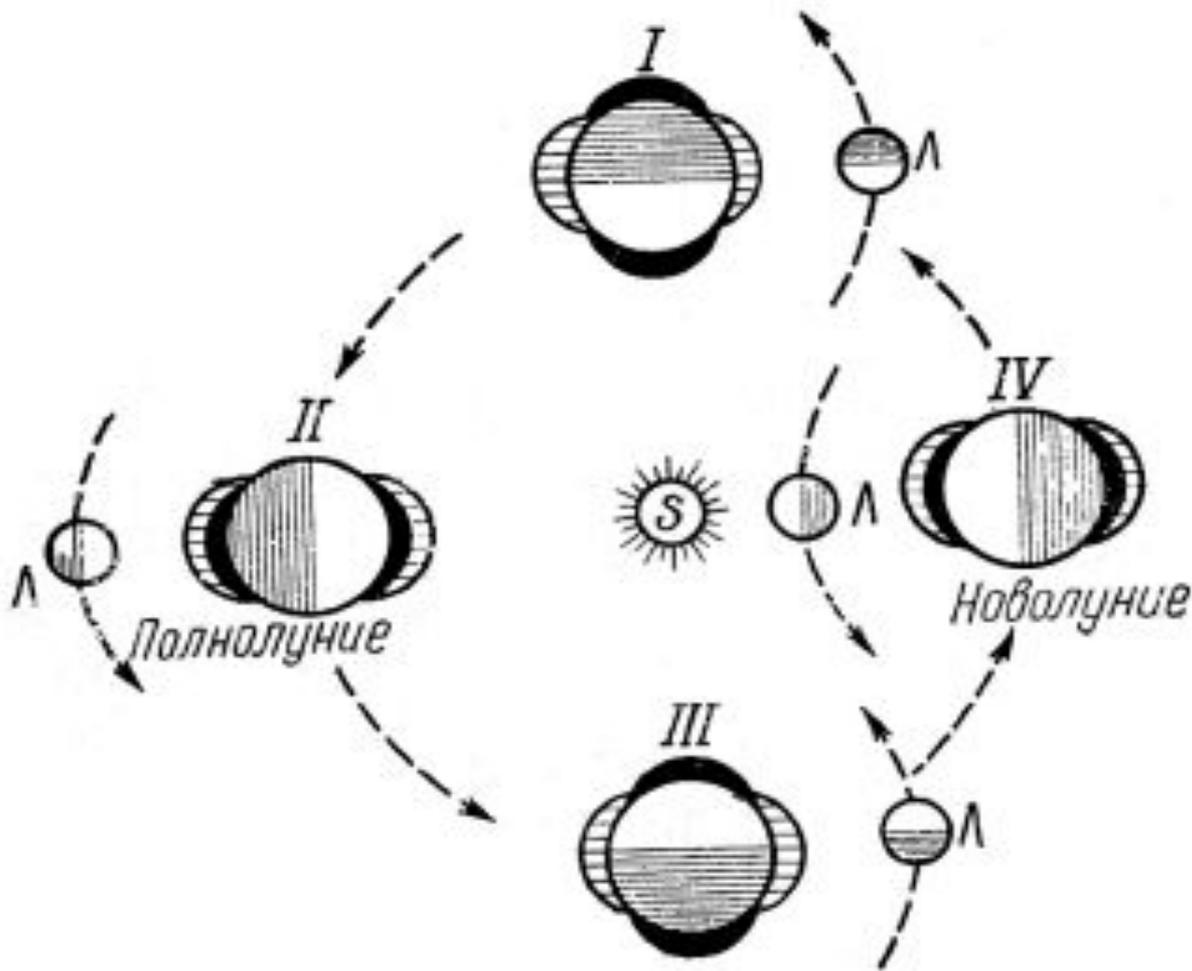
Самым большим является **полумесячное (фазовое) неравенство прилива**. Оно вызвано тем, что Солнце в своем движении **обгоняет Луну на 50 мин в сутки**, вследствие чего взаимное положение Земли, Луны и Солнца в пространстве **все время меняется**.

На моменты **новолуния и полнолуния** Луна, Земля и Солнце **располагаются на одной прямой (астрономическая сизигия)**.

Некоторое время спустя, обычно **через сутки или двое**, **приливные эллипсоиды**, вызванные приливообразующими силами Луны и Солнца, располагаются так, что их **большие оси совпадают**. Поэтому лунный и солнечный приливы будут наступать одновременно, и **суммарный прилив будет наибольшим (приливная сизигия)**.

Промежуток времени от новолуния или полнолуния до наступления сизигийных приливов называется **возрастом полумесячного прилива**.

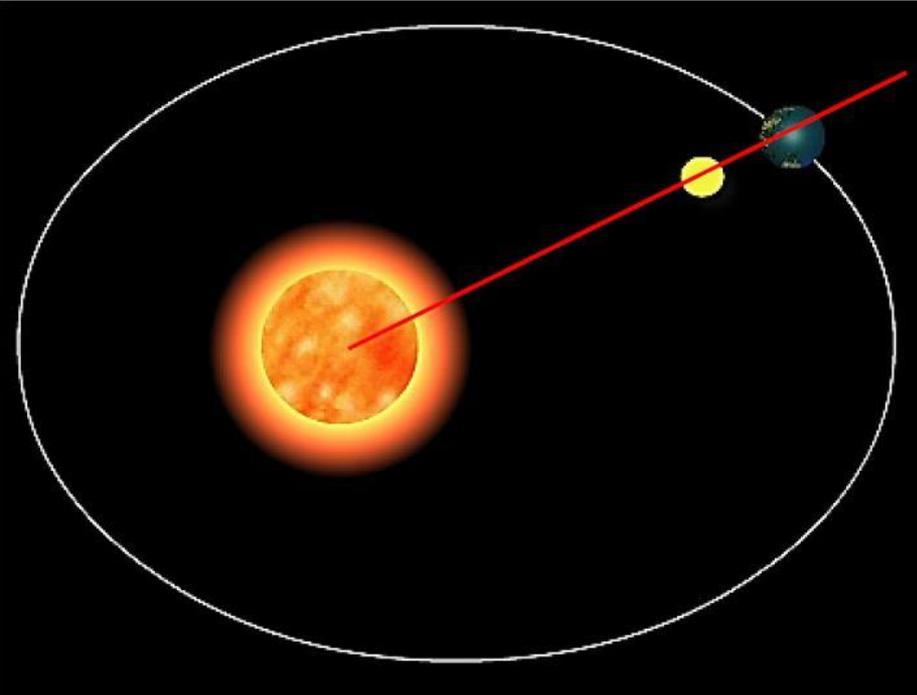
## Полумесячное неравенство прилива



В первую и третью четверть Луна и Солнце располагаются по отношению друг к другу под прямым углом, в вершине которого находится Земля (астрономическая квадратура).

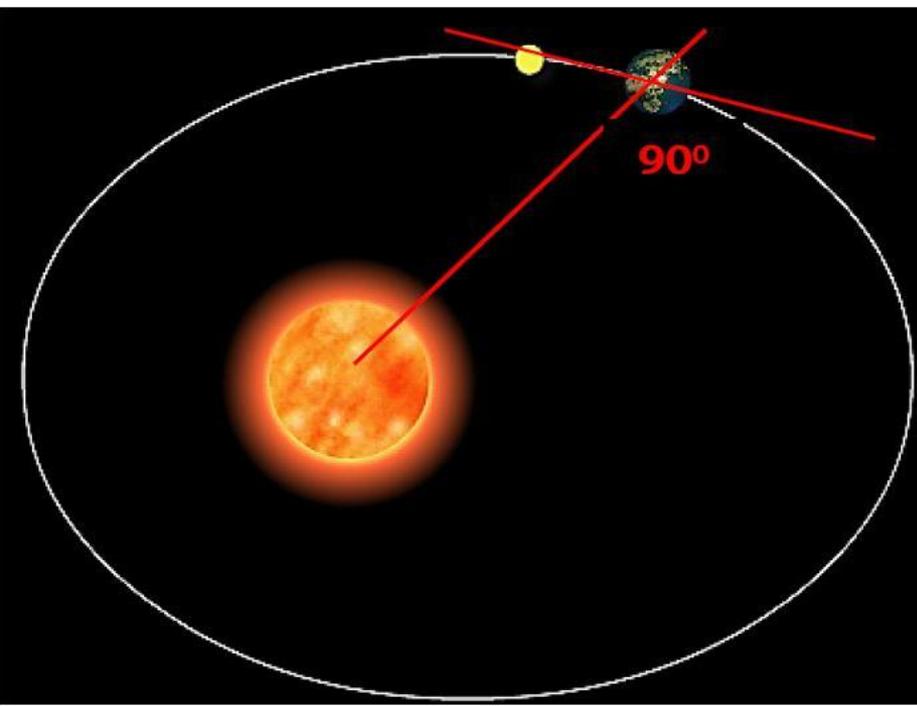
Через некоторый промежуток времени после квадратур (около 1,5 сут) большие оси приливных эллипсоидов располагаются под прямым углом.

Поэтому в тех местах, где Луна будет производить максимальный подъем уровня, Солнце будет вызывать максимальный спад уровня и, таким образом, суммарный прилив будет минимальным (приливная квадратура).



## Как формируются полусуточные неравенства.

После сизигийного прилива, вследствие того что Луна отстает в своем движении от Солнца на 50 мин в сутки, она будет кульминировать позднее Солнца. Вследствие этого полная вода суммарного прилива будет наступать несколько раньше, чем в сизигию.



Когда разность между кульминациями Солнца и Луны станет равной 6 ч, полная вода будет иметь наименьшую (квадратурную) величину.

После квадратуры лунная и солнечная волны снова будут смещаться относительно друг друга и момент наступления полной воды будет опережать кульминации Луны до 12 ч (т.е. до сизигийного прилива).

**Параллактическое неравенство** прилива связано с тем, что Луна и Солнце вращаются по **эллиптическим орбитам**, в одном из фокусов которого находится Земля. Поэтому **расстояние между Землей, Луной и Солнцем** **изменяется** от максимального удаления (**апогей**) до минимального удаления (**перигей**).

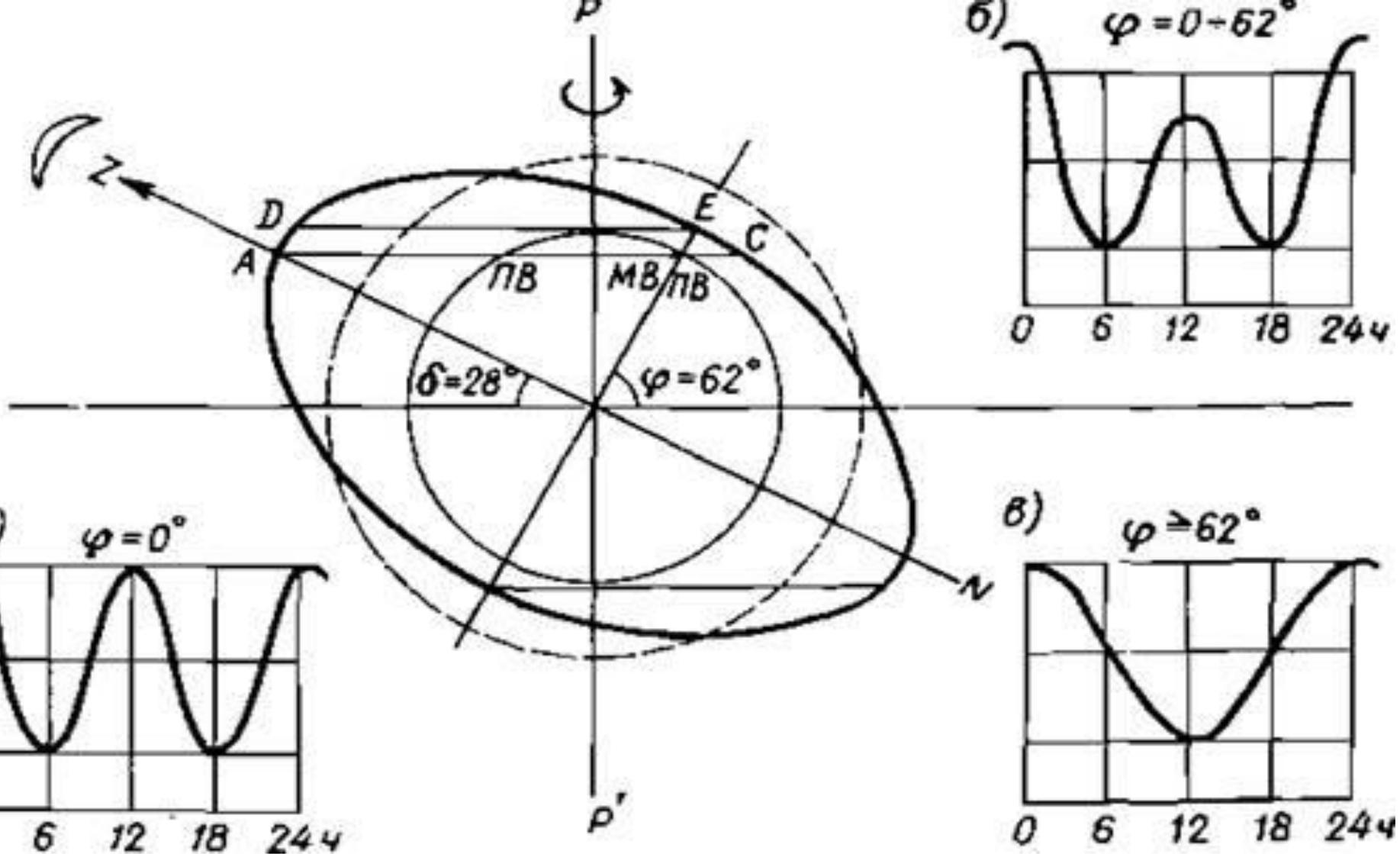
Луна возвращается в перигей через каждые 27,55 средних суток (**месячное неравенство**), Солнце — через каждые 365,26 средних суток (**годовое неравенство**).

Вследствие этого **величина лунного перигейного прилива примерно на 40% больше апогейного, а солнечного — на 10%.**

**Максимальные лунно-солнечные приливы** наблюдаются тогда, когда Луна и Солнце находятся **в сизигии и перигее.**

На протяжении лунного месяца (27,32 сут.) Луна дважды проходит через экватор, **изменяя свое склонение от  $28,5^\circ$  до  $-28,5^\circ$ .** С изменением **склонения Луны** связано тропическое, или **суточное неравенство.**

Далее показано положение эллипсоида лунного прилива, когда Луна имеет максимальное склонение  $28,5^\circ$ . **На экваторе** при этом будут наблюдаться **правильные полусуточные приливы**, но величина их будет меньше, чем при нулевом склонении Луны.



Эллипс лунного прилива при максимальном северном ее положении.

Суточное неравенство прилива определяет преобладания типа прилива в зависимости о широты:

*а — правильный полусуточный; б — неправильный полусуточный; в — суточный*

На параллели АС севернее экватора высота полной воды в точке А будет выше, чем вторая полная вода в точке С. **Такое явление носит название суточное неравенство по высоте.**

Кроме того (когда Луна начнет уменьшать угол склонения), следующая малая вода в точке А **наступает позже**, чем через 6 ч 12 мин (точка Д эллипса) после предшествующей полной, а в точке С - **раньше** (точка Е эллипса).

Таким образом возникает **суточное неравенство по времени**.

Очевидно, что при различных склонениях Луны значения **суточных неравенств на данной широте будут меняться по величине**.

При изменении **склонения Солнца на  $\pm 23^\circ$  в течение года** также **наблюдается суточное неравенство солнечного прилива**. Но оно **изменяется во времени гораздо медленнее**, чем при лунном, и не достигает такой же величины, так как **солнечный прилив меньше лунного**.

**!!! Рассмотрев теории приливов, сформулированные Ньютоном и Лапласом, следует отметить практическую невозможность получения расчетных формул для предвычисления приливов в реальном океане.**

Однако эти теории позволили определить наиболее эффективные пути решения задачи при использовании результатов непосредственных наблюдений над уровнем моря - метод гармонического анализа.

Для составления основных навигационных пособий по уровню — таблиц и атласов приливов, для штурманского метода предвычисления приливов, а также для вычисления «нуля глубин» необходимо получить данные о гармонических и негармонических «постоянных» прилива.

Теоретическим обоснованием вычисления гармонических и негармонических «постоянных» прилива и предвычисления элементов прилива является **гармонический анализ приливов**.

В гармоническом анализе приливов используются два известных положения механики:

1. **Принцип вынужденных колебаний** — период колебаний какой-нибудь системы, вызываемых периодической силой, равен периоду этой силы.

2. **Принцип наложения малых колебаний** — колебания, производимые каждой отдельной силой, можно рассматривать отдельно, а общий результат действия этих сил получить сложением составляющих колебаний.

На основании этих положений **общее приливное движение прилива раскладывается на ряд простых синусоидальных составляющих**, каждое из которых имеет **период**, соответствующий периоду того или иного **неравенства** в значении приливообразующей силы. Амплитуда этих колебаний пропорциональна амплитудам элементарной приливообразующей силы.

При полном гармоническом анализе рассматривается до **64** составляющих волн прилива.

В штурманской и гидрографической практике обычно рассматривают **четыре составляющие волны**.

Если склонение Луны и Солнца равно нулю, то в каждой точке земной поверхности наблюдаются **правильные полусуточные лунный и солнечный приливы**, которые определяются двумя составляющими волнами:

**$M_2$**  — главной лунной полусуточной с угловой скоростью  $28^\circ,98$ ;

**$S_2$**  — главной солнечной полусуточной с угловой скоростью  $30^\circ$ .

При склонении, неравном нулю, возникают **неправильные лунные и солнечные приливы**, которые представлены следующими составляющими волнами:

**$O_1$**  — лунной главной суточной с угловой скоростью  $13^\circ,94$ ;

**$K_1$**  — лунно-солнечной деклинационной суточной с угловой скоростью  $15^\circ,04$ .

Применяя принцип наложения малых колебаний для высоты суммарного лунно-солнечного прилива из 4 волн, получаем

$$\begin{aligned}
 h_{лс} = & f_{м2} H_{м2} \cos [q_{м2} T + (V_0 + u)_{м2} - K^{\circ}_{м2}] + \\
 & + f_{с2} H_{с2} \cos [q_{с2} T + (V_0 + u)_{с2} - K^{\circ}_{с2}] + \\
 & + f_{к1} H_{к1} \cos [q_{к1} T + (V_0 + u)_{к1} - K^{\circ}_{к1}] + \\
 & + f_{о1} H_{о1} \cos [q_{о1} T + (V_0 + u)_{о1} - K^{\circ}_{о1}], \quad (65)
 \end{aligned}$$

где  $f$  — редуционный множитель;

$(V_0 + u)$  — часовой угол светила в среднюю местную полночь;

$q$  — угловая скорость светила, производящего данный прилив.

**Все эти величины зависят только от астрономических причин и могут быть вычислены на любой срок вперед.**

$H$  — постоянная амплитуда — характеризует амплитуду данного простого колебания;

$K$  — угол положения, который характеризует запаздывание момента истинного прохождения данной волны через меридиан места по отношению к теоретическому времени.

Эти две величины зависят исключительно от местных физико-географических условий распространения составляющих волн прилива.

В 1936 году в Англии Дудсон и Варбург разработали упрощенный метод гармонического анализа и назвали его “адмиралтейским”. В СССР он получил название **штурманского метода**. В основу его положено вычисление гармонических постоянных **из ежечасных наблюдений** за колебаниями уровня за 1-2 суток. Этот метод позволяет:

1. **Предвычислять уровень** на любой час по гармоническим постоянным 4 основных составляющих волн прилива (M2, S2, K1, O1).
2. **Вычислять гармонические постоянные** четырех основных волн прилива (M2, S2, K1, O1) из суточной или двухсуточной серии ежечасных наблюдений над уровнем.
3. **Предвычислять** на любой день **моменты и высоты полных и малых вод** по гармоническим постоянным указанных четырех волн, без промежуточных расчетов высоты прилива на каждый час.

Штурманский метод основан на возможности объединения волн, близких по периоду, когда не требуется очень высокой точности предвычисления уровня.

**В штурманской практике эта точность составляет 0,1 м.** Поэтому штурманский метод наиболее удобен в судовых условиях, тем более, что предвычисления приливов этим методом требует не много времени и достаточно просты.

Однако проще использовать **«Ежегодник приливов»** — справочное пособие для вычисления времени наступления приливов и их высоты в различных пунктах земного шара, а также **Таблицы приливов**, с данными о моментах и высотах малых и полных вод, вычисленными на год вперёд для основных приливных портов.

В зависимости от изученности приливоотливных явлений все пункты в Мировом океане подразделяются на **три группы**:

1. **Основные пункты** (порты), для которых имеются подробные данные о приливах на каждый день в ежегодных изданиях.
2. **Дополнительные пункты**, приписанные к основным, для которых расчет приливов производится по данным основного пункта.
3. **Пункты, для которых даются прикладные часы**, позволяющие рассчитывать время полных и малых вод и их высоты исходя из моментов кульминации Луны.

С помощью **Таблиц приливов** решаются следующие **основные задачи**:

1. **Определение времени и высот полных и малых вод, продолжительности роста, продолжительности падения, величины прилива и отлива, величины среднего уровня.**
2. **Определение поправок глубин** на заданный момент времени.
3. **Определение времени**, когда поправка глубин достигает заданного значения.

**«Постоянные таблицы приливов»**, состоящие из трех книг:  
«Воды европейской части РФ и прилегающих зарубежных районов»,  
«Воды азиатской части РФ и прилегающих зарубежных районов» и  
«Зарубежные воды».

**Каждая книга содержит две части:**

ч. I — предвычисление **моментов и высот полных и малых вод** в основных портах,

ч. II — **поправки** для вычислений приливов в **дополнительных пунктах**, **гармонические постоянные** приливов и ряд вспомогательных таблиц.

В Постоянных таблицах **входным аргументом в ч. I являются астрономические параметры приливов**, вычисляемые по времени кульминации Луны **N** и учитывающие изменения параллакса Луны **C**. Эти параметры выбирают в приложении «Астрономические данные **N** и **C**» к ч. I на заданную дату.

Таблицы дают возможность с достаточной для практических целей точностью предварительно вычислить времена и высоты полных и малых вод, а также высоты уровней в промежуточные моменты для ряда отдельных пунктов.

Кроме Постоянных таблиц, выпускаются Ежегодные таблицы приливов, состоящие из четырех книг. «Зарубежные воды» представлены двумя книгами: «Атлантический, Индийский и Северный Ледовитый океан» и «Тихий океан».

Каждая книга Ежегодных таблиц состоит так же, как Постоянные таблицы, из двух частей. Часть I — Моменты наступления и высоты полных и малых вод в основных портах. Их получают без каких-либо промежуточных действий. По оглавлению и дате отыскивают соответствующую страницу ежегодника (на каждый пункт их несколько), на которой приведены полные данные о моментах наступления и высотах полных и малых вод в данном пункте на данную дату. Расчет промежуточных высот уровня в пунктах, где действуют правильные промежуточные и суточные приливы, производят с помощью Интерполяционной таблицы. Для районов, где характер прилива искажается мелководьем или другими причинами, в Таблицах приливов помещаются специальные дополнительные интерполяционные таблицы по вычислению промежуточных высот уровня прилива.

Построение ч. II Ежегодных таблиц и методы решения задач для дополнительных пунктов одинаковы с Постоянными таблицами.

Данные об элементах **приливно-отливных течений** выбирают из **Атласа приливно-отливных течений**, а для некоторых участков морей— из таблиц, помещенных **на навигационных картах**. Общие указания о течениях даны также в лоциях морей.

**Направление и скорость приливно-отливных течений являются переменными величинами**, и для того чтобы с достаточной полнотой отразить их **на карте**, нужна не одна стрелка, а система стрелок — **векторная диаграмма**. При всей наглядности векторных диаграмм они излишне загружают карту и делают ее трудночитаемой. Во избежание этого элементы приливно-отливных течений принято показывать на карте **в виде таблиц, помещаемых на свободных местах карты**.

**Полной таблицей на карте** считается таблица, в которой есть следующие данные:

**часы относительно полной воды** в ближайшем приливном пункте;

**надпись «Полная вода»**, соответствующая **нулю часов**, размещена **по середине графы**, от нее кверху в возрастающем порядке проставлены **значения часов до полной воды**, а внизу также в возрастающем порядке — **значения часов после полной воды**;

**географические координаты точек**, обозначаемых обычно буквами **А; Б; В; Г** и т.д. (те же самые буквы ставятся в соответствующих местах на карте);

**элементы течений**: направление в градусах и скорость в сизигию и квадратуру в узлах (с точностью до 0,1 узла).

**Определение скорости и направления течения на заданный момент в данном месте по Атласу находят следующим образом.**

По Атласу определяют **основной порт** для данного места, после этого по Таблице приливов (ч. I) находят **время полной воды**, ближайшей к заданному, **рассчитывают промежуток времени (в часах) до или после момента полной воды** в основном порту относительно заданного момента.

Затем на рассчитанный промежуток времени до наступления или после момента **полной воды** находят в **таблицах Атласа направление течения (в градусах) и скорость (в узлах)**.

**Элементы приливно-отливных течений необходимо определять заранее; рекомендуется составить таблицу течений для заранее рассчитанных моментов (через 1 ч), соответствующих счислимым местам судна.**

Для того чтобы выбрать элементы течения из таблицы, **надо знать, сколько часов проходит до или после момента полной воды** в основном порту относительно заданного момента, и с этим аргументом выбрать из таблицы **направление и скорость течения в районе заданной точки.**

## Пример таблицы приливно-отливных течений

Часы		А. ср=57°42',0 N			Б. ср=57°09',0 N			В. ср=56°18',0 N		
		Л=03°30',0 W			Л=02°05',0 W			Л=02°14',0 W		
		Направление	Скорость, узлы		Направление	Скорость, узлы		Направление	Скорость, узлы	
в си-зигию	в ква-дрантуру		в си-зигию	в ква-дрантуру		в си-зигию	в ква-дрантуру			
До полной воды в Дувре:	6	23	1,3	0,9	280	0,5	0,3	288	0,8	0,5
	5	265	1,2	0,8	274	0,4	0,3	316	0,8	0,6
	4	297	1,3	0,9	316	0,7	0,5	355	0,9	0,6
	3	321	1,5	1,0	333	1,1	0,7	18	1,0	0,6
	2	345	1,6	1,1	345	1,1	0,8	42	1,0	0,7
	1	11	1,4	1,0	358	1,0	0,7	65	1,0	0,6
Полная вода		41	1,3	0,8	21	0,6	0,4	92	0,8	0,6
	1	81	1,4	0,9	77	0,4	0,3	130	0,8	0,5
После полной воды в Дувре:	2	112	1,6	1,1	130	0,7	0,4	167	0,9	0,6
	3	138	1,8	1,2	150	1,0	0,6	193	1,0	0,6
	4	158	1,7	1,2	163	1,1	0,8	217	1,0	0,7
	5	184	1,6	1,1	175	1,0	0,7	240	1,0	0,6
	6	212	1,4	1,0	193	0,7	0,4	265	0,9	0,6

Для того чтобы выбрать элементы течения из таблицы, надо знать, сколько часов проходит до или после момента полной воды в основном порту относительно заданного момента

## Контрольные вопросы.

1. Основные приливообразующие силы.
2. Основные неравенства приливов.
3. Основные волны гармонических составляющих прилива.
4. Принципы и возможности «штурманского» метода предвычисления приливов.
5. Структура и принципы использования «Таблиц приливов» и «Атласа приливно-отливных течений».