



Государственный морской университет морского и речного флота  
имени адмирала С.О. Макарова  
Институт МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ

**Кафедра Навигации**

Доцент кафедры Навигации к.п.н., доцент Сличёнок М.Ю

## Тема 12: ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПРИЛИВОВ

### Содержание

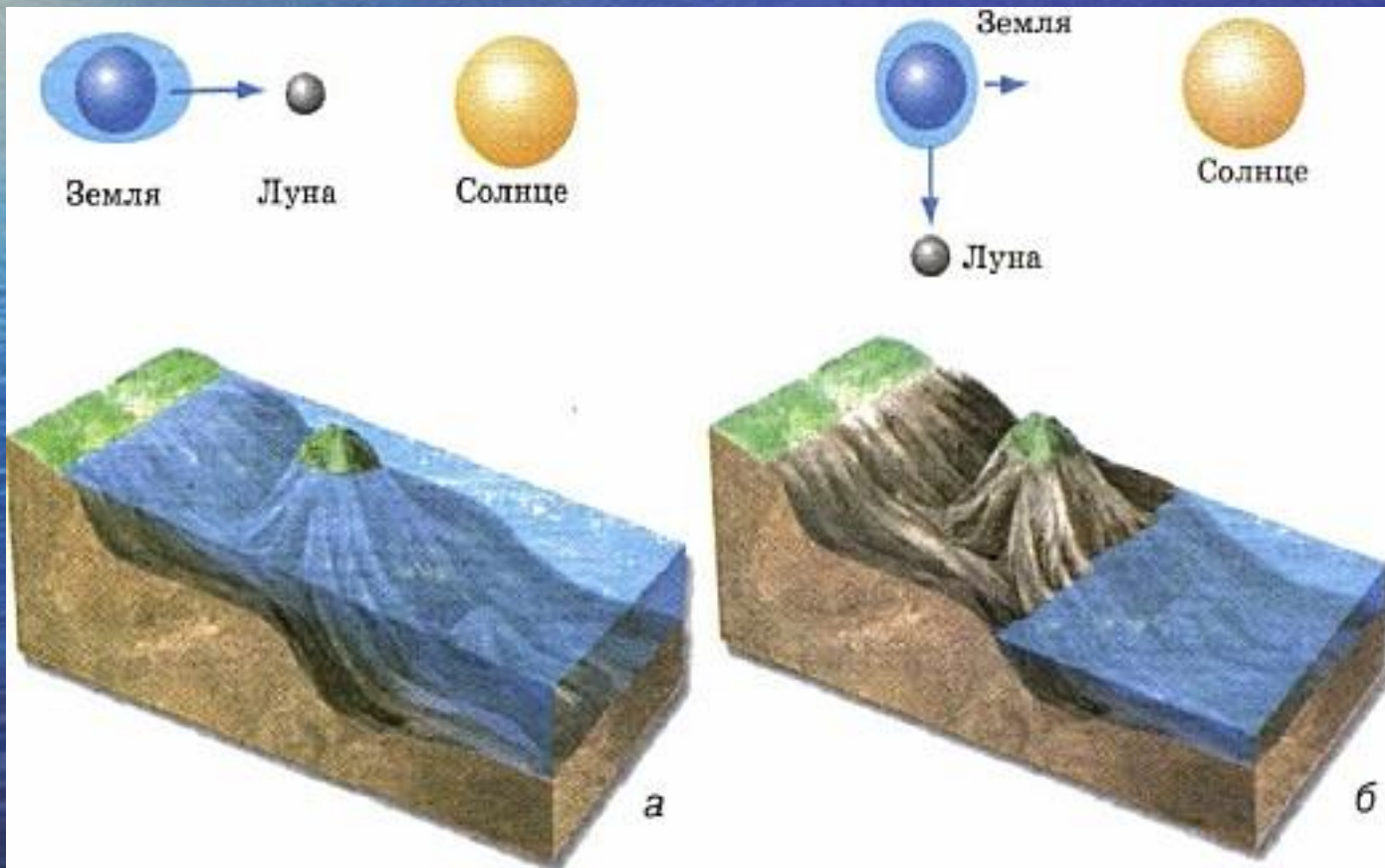
**Основные понятия и определения теории приливов.  
Физические основы приливных явлений**



# ПОНЯТИЕ О ПРИЛИВАХ

Периодические колебания уровня воды Мирового океана, происходящие под влиянием силы притяжения Луны и Солнца, называются приливами и отливами.

Приливообразующая сила Луны в 2,17 раза больше, чем Солнца, поэтому Луна является основным фактором для приливов и отливов.











© Michael Marten



© Michael Marten





# ВЛИЯНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРИЛИВЫ

Предвычисленные с соблюдением всех правил элементы приливов иногда не совпадают с фактическими.

Чаще всего это объясняется влиянием гидрометеорологических условий, которые при предвычислении приливов не могут быть учтены.

**Наибольшие расхождения** между предвычисленными и фактическими уровнями наблюдаются в **мелководных районах при сильных продолжительных сгонно-нагонных ветрах**: уровень обычно повышается в направлении действия ветра и понижается в противоположном направлении.

Определенное воздействие на уровень оказывает и **изменение атмосферного давления**. С уменьшением атмосферного давления уровень воды повышается, с увеличением - понижается. При этом изменению атмосферного давления на 1 гПа в среднем соответствует изменение уровня моря на 1 см.

**ПОПРАВКИ ВЫСОТ УРОВНЯ МОРЯ ЗА АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ ДАНЫ ВО ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ТАБЛИЦЕ 4.**



**Существенные отклонения** уровня от предвычисленного отмечаются также в **устьях рек во время паводков.**

В качестве примера значительных колебаний уровня, обусловленных гидрометеорологическими причинами, может служить Северное море.

Особенно существенны эти колебания в устье реки Темза и в южной части Северного моря, где возможны различия между предвычисленными и фактическими высотами от **+0.5 до +1.0 м.**

Поскольку методы долгосрочного прогноза изменений уровня под влиянием гидрометеорологических условий не разработаны, данные о приливах в основных пунктах вычислены только с учетом сезонных колебаний среднего уровня моря.

**ПОПРАВКИ ДЛЯ УЧЕТА СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СРЕДНЕГО УРОВНЯ МОРЯ В ОСНОВНЫХ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПУНКТАХ ПОМЕЩЕНЫ ВО ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ТАБЛИЦЕ 3.**



# **ВРЕМЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОЕ В ТАБЛИЦАХ ПРИЛИВОВ**

**В Таблицах приливов указан часовой пояс или меридиан по времени которого даются для основных пунктов или получаются для дополнительных пунктов моменты полных и малых вол. Летнее время при предвычислении не учено.**

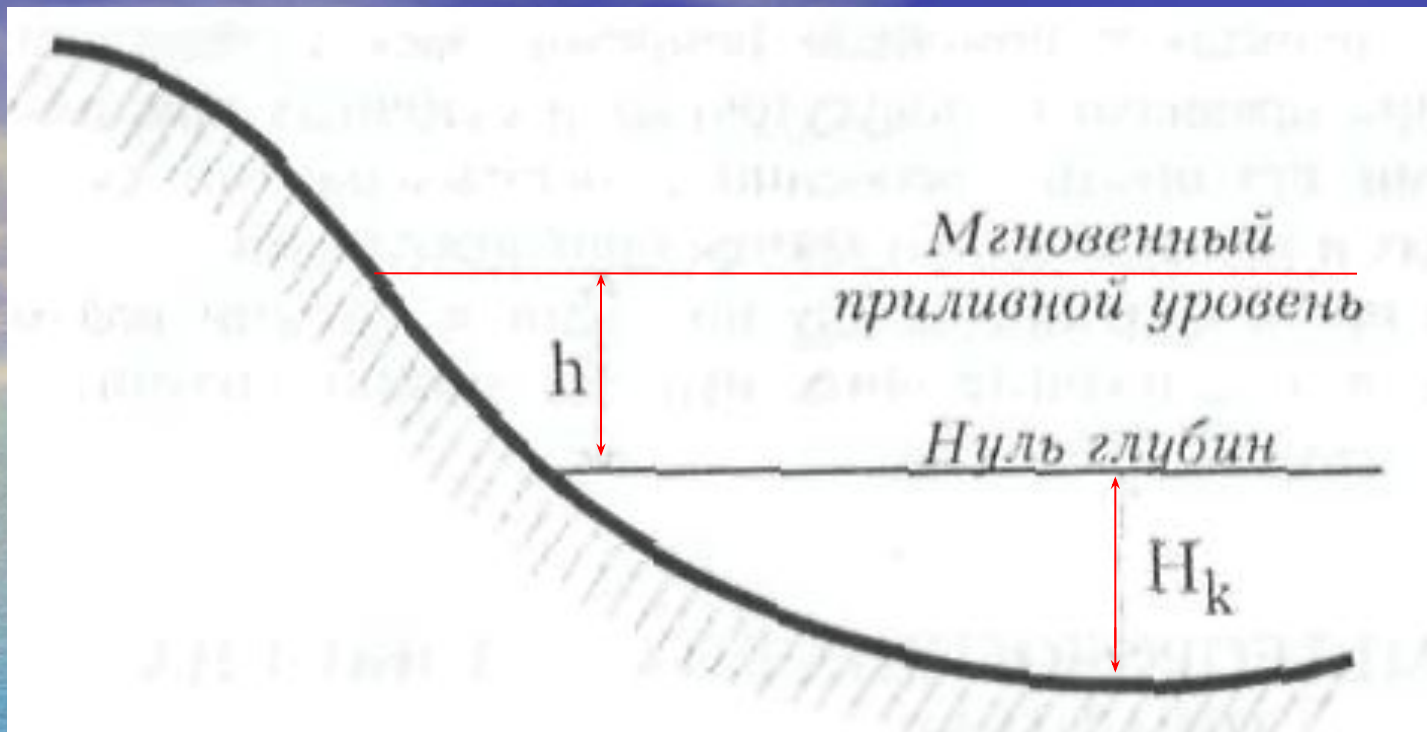
# ВЫСОТЫ ПРИЛИВНЫХ УРОВНЕЙ И НУЛЬ ГЛУБИН

Высоты полных и малых вод в Таблицах приливов даны в метрах над нулем глубин.

Нуль глубин - уровень, от которого даются отметки глубин на морских навигационных картах.

Действительная глубина в любой точке может быть определена путем алгебраического суммирования глубины  $H_k$ , указанной на карте, с высотой  $h$  мгновенного приливного уровня моря, определенного по Таблицам приливов (рис. 1).





**Рис.1. Схема отсчета глубин и высот прилива относительно нуля глубин**

В большинстве случаев в качестве нулей глубин выбираются наинизшие уровни уровни, **но возможны случаи, когда действительная глубина окажется меньше отметки, показанной на карте.**

**В Таблицах приливов на эти дни даются отрицательные высоты малых вод, которые и надо вычитать из отметок глубин на карте.**

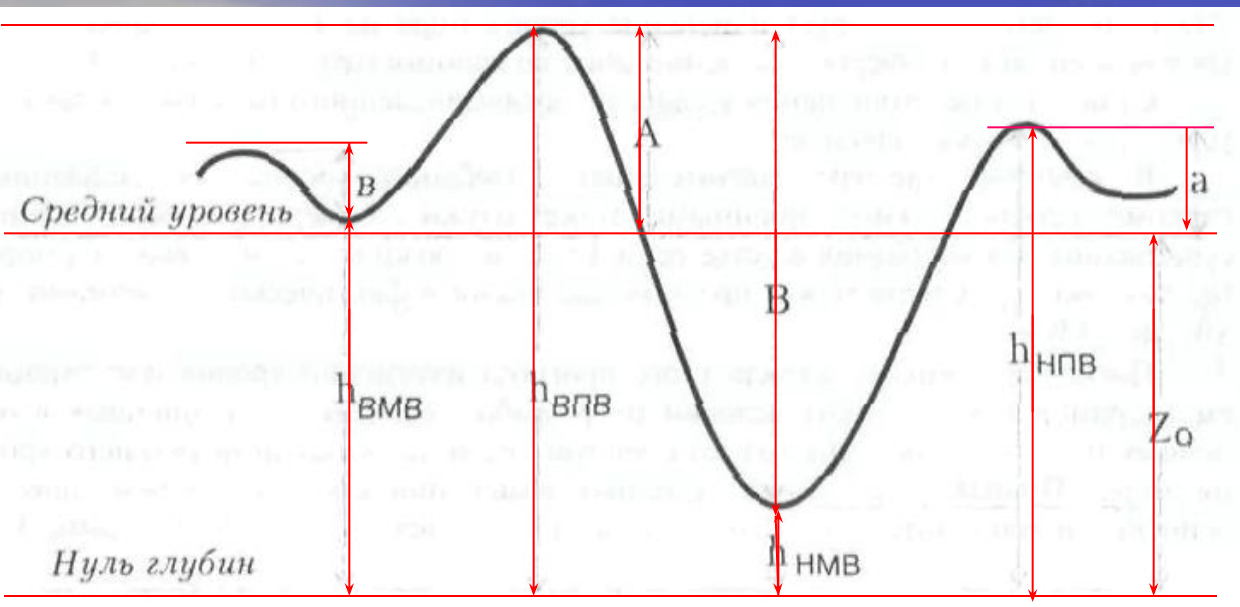
В Таблицах приливов и на отечественных морских картах на иностранные воды сохраняются те же нули глубин, какие приняты на соответствующих иностранных картах.

**ВСЛЕДСТВИЕ ЭТОГО ТАБЛИЦЫ ПРИЛИВОВ МОГУТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНЫ ПРИ РАБОТЕ С ЛЮБЫМИ ИНОСТРАННЫМИ КАРТАМИ.**





# ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ИХ ОБОЗНАЧЕНИЯ



Элементы приливных колебаний уровня моря показаны на рис.2, где представлен график смешанного прилива за одни сутки.

**Рис.2. Основные характеристики суточного хода прилива**

Большая из двух полных вод за сутки насыпается "высокая полная вода" (**ВПВ**), меньшая из двух полных пол - "низкая полная вода" (**НПВ**); большая из двух малых вод за сутки - "высокая малая вила" (**ВМВ**), меньшая из двух малых под - "низкая малая вода" (**НМВ**).

**Амплитуда прилива** – высота полной или малой воды от среднего уровня прилива.

**Величина прилива** – разность между высотами полной и следующей за ней малой воды.

# ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЫСОТ, АМПЛИТУД И ВЕЛИЧИН ПРИЛИВОВ

$h_{\text{ВПВ}}$  - высота высокой полной воды;

$h_{\text{НПВ}}$  - высота низкой полной воды;

$h_{\text{ВМВ}}$  - высота высокой малой воды;

$h_{\text{НМВ}}$  - высота низкой малой воды;

$Z_0$  - высота среднего уровня моря над нулем глубин;

$A = h_{\text{ВПВ}} - Z_0$  - большая амплитуда прилива за сутки;

$a = h_{\text{НПВ}} - Z_0$  - малая амплитуда прилива за сутки;

$B = h_{\text{ВПВ}} - h_{\text{НПВ}}$  - большая величина прилива за сутки;

$b = h_{\text{НПВ}} - h_{\text{ВМВ}}$  - малая величина прилива за сутки.

**ПРАКТИЧЕСКИ НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫ:**

$h_{\text{ВПВ}}, h_{\text{НМВ}}, B, Z_0$



Высоты полных и малых вод и величины приливов в дни сизигии, квадратур, наибольших склонений Луны и т.п. обозначаются соответствующими буквенными сокращениями впереди основного обозначения, например: **сз.ПВ**, **кв.ПВ**, **сз.В**, **тр.  $h_{ВПВ}$** , **тр.  $h_{НМВ}$**

где **сз.** - сизигийный прилив,

**кв.** - квадратурный прилив,

**тр.** - тропический прилив (при наибольшем склонении Луны).

# ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИЛИВОВ ПО ВРЕМЕНИ ПРИМЕНЯЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ ПОНЯТИЯ:

$t_{пв}$  - время (момент) полной воды,

$t_{мв}$  - время (момент) малой воды.

$T_r$  - время роста - интервал времени, в продолжение которого происходит подъем уровня от малой воды до полной; вычисляется по формуле

$$T_r = t_{пв} - t_{мв}$$

$T_{п}$  - время падения - интервал времени, в продолжение которого происходит падение уровня от полной воды до малой; вычисляется по формуле

$$T_{п} = t_{мв} - t_{пв}$$



# СУТОЧНЫЕ НЕРАВЕНСТВА ПРИЛИВОВ

Высоты двух полных, а также двух малых вод, наблюдаемых в один и тот же день, бывают **неравными**.

Разность высот двух последовательных полных или малых вод называется **суточным неравенством в высоте**.

Эти неравенства вызываются изменением приливообразующих сил в связи с изменениями склонений Луны и Солнца.

**Для различных пунктов суточные неравенства имеют различные величины** - от малозаметного различия в высотах смежных полных или малых вод до полного исчезновения одной полной и одной малой воды.

## ПОЛУМЕСЯЧНЫЕ НЕРАВЕНСТВА ПРИЛИВОВ

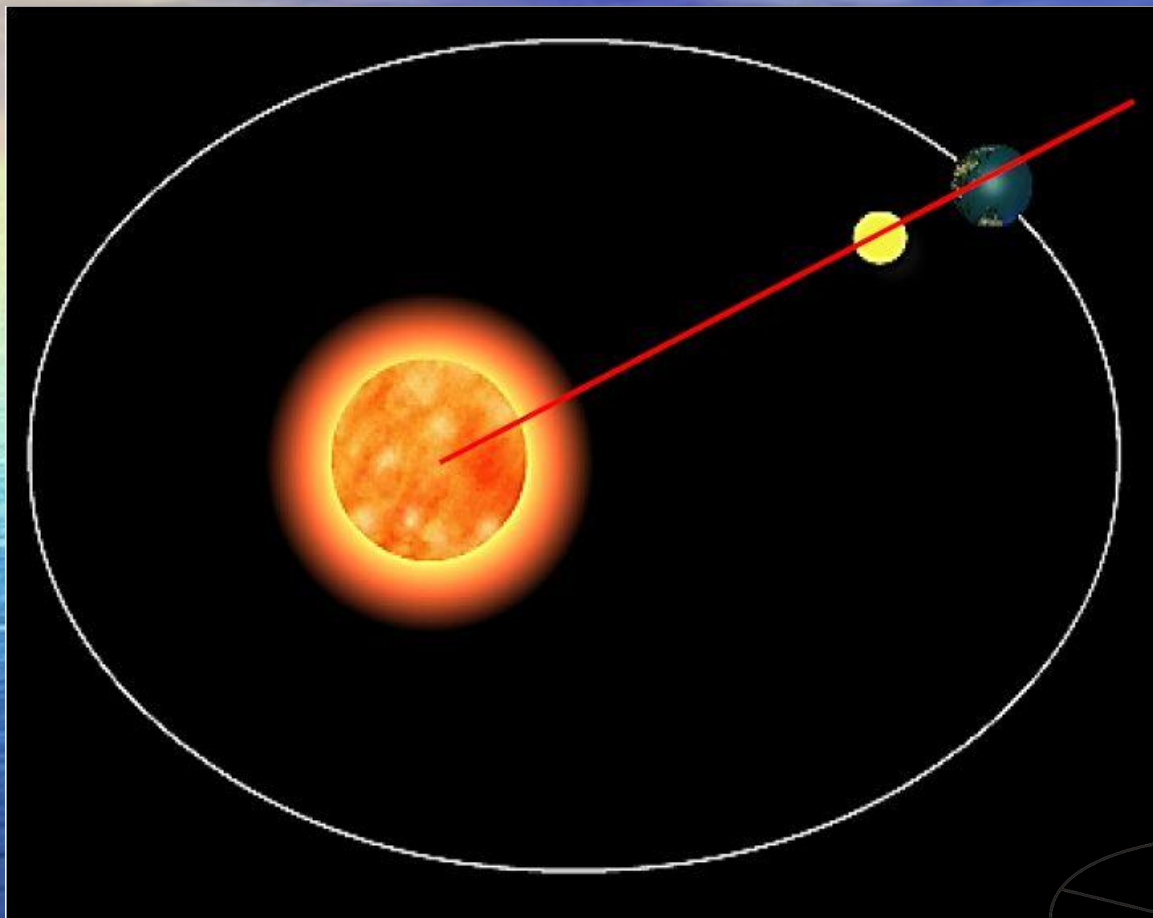
Величины приливов в течение месяца постепенно меняются: два раза в месяц наблюдаются приливы с большими величинами и два раза - с малыми.

Эти изменения называются **полумесячными неравенствами** в высотах или величинах приливов. Полумесячные неравенства приливов **зависят от фазы Луны и склонений Луны и Солнца.**

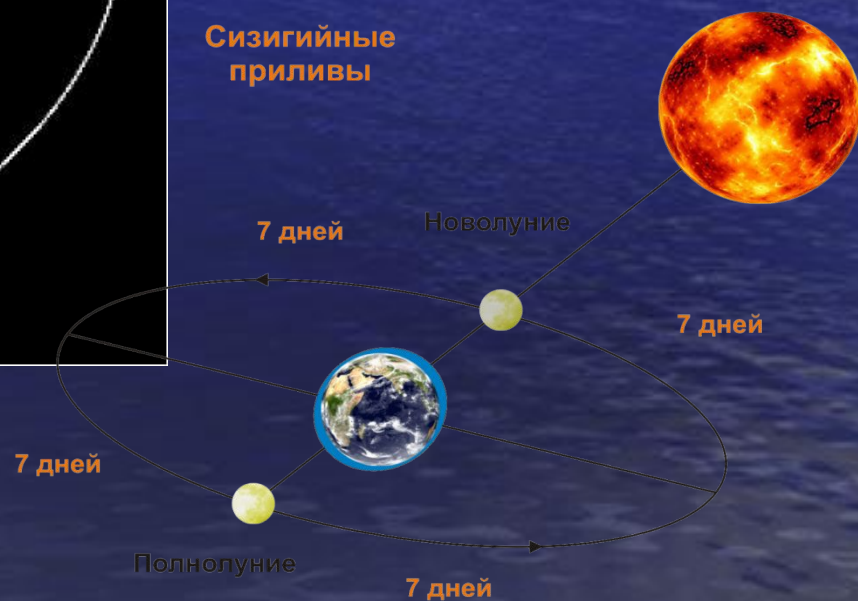
**Полумесячное неравенство, зависящее от фазы Луны (фазовое неравенство), наиболее ярко проявляется в приливах полусуточного характера.**



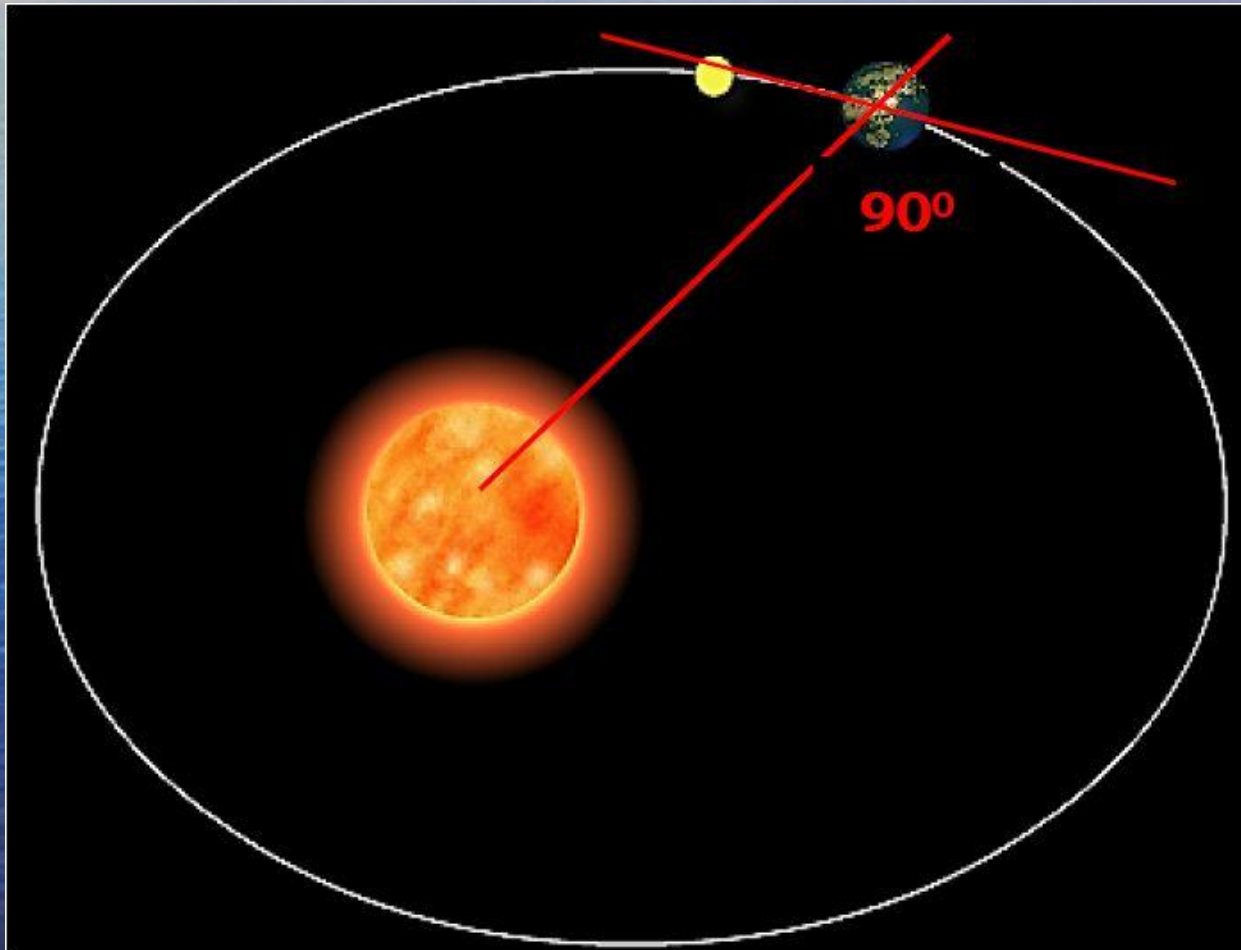
Во время полнолуния и новолуния (т.е. в сизигии) приливообразующие силы Луны и Солнца складываются, и величина полусуточных приливов бывает максимальной - наступают так называемые **СИЗИГИЙНЫЕ ПРИЛИВЫ**.



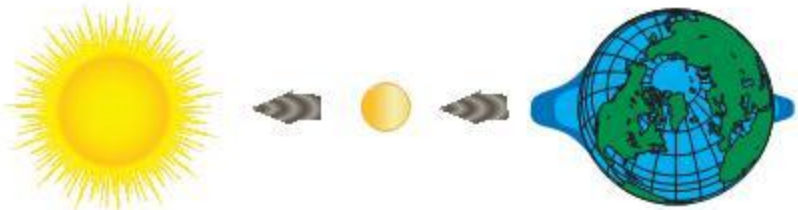
Сизигийные приливы



В первой и третьей четвертях (т.е. в квадратуры), когда приливообразующие силы Луны и Солнца действуют взаимно перпендикулярно, полусуточные приливы имеют наименьшую величину - наступают приливы, называемые **КВАДРАТУРНЫМИ**.







Сизигийный прилив



Сизигийный прилив



Квадратурный прилив

LuxWatch.ua

Сизигийный прилив



Квадратурный прилив



Полумесячное неравенство, зависящее от склонений Луны и Солнца (**тропическое неравенство**), обычно является основным в суточных и неправильных суточных приливах.

При **больших склонениях Луны** приливы называются **ТРОПИЧЕСКИМИ**, они отличаются **большой величиной**.

Во время прохождения Луны через экватор приливы называются **ЭКВАТОРИАЛЬНЫМИ** и имеют **малые величины**.

Величины тропических и экваториальных приливов постепенно изменяются в течение года в зависимости от склонений Луны и Солнца.



# МЕСЯЧНЫЕ НЕРАВЕНСТВА ПРИЛИВОВ

Месячное неравенство приливов (**параллактическое**) проявляется в зависимости от изменения расстояния между Землей и Луной.

Большие приливы наблюдаются при наименьшем расстоянии между Землей и Луной (**перигей**).

По мере удаления Луны от Земли приливы уменьшаются и достигают минимальных значений при наибольшем расстоянии между Землей и Луной (**апогей**).

# ХАРАКТЕР ПРИЛИВОВ

**Характер приливов в океанах и морях земного шара разнообразен.**

**В зависимости от характера приливов точность их предвычисления значительно меняется.**

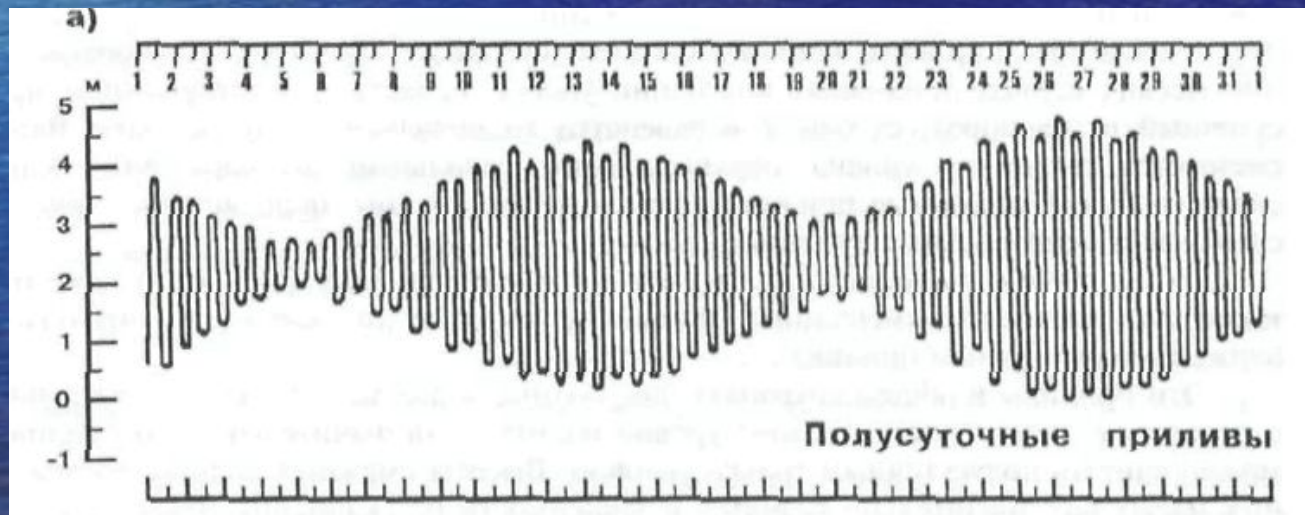
**В Российских навигационных пособиях принято следующее подразделение приливов:**

- Полусуточные,**
- Смешанные,**
- Суточные,**
- Аномальные.**



# ПОЛУСУТОЧНЫЕ ПРИЛИВЫ

При полусуточных приливах в **каждые сутки** бывают **две полные и две малые воды**, вследствие чего период явления составляет половину суток (точнее, половину лунных суток, так как этот период соответствует в среднем 12 ч 25 мин).



Высоты следующих друг за другом полных (малых) вод мало разнятся между собой, т.е. **суточные неравенства в высотах полных (малых) вод невелики.**

**Подъем и падение уровня протекают правильно и графически выражаются синусоидальной кривой.**

Время роста и время падения уровня практически равны.

Приливы с большими величинами наблюдаются в дни полнолуния и новолуния (**сизигийные приливы**).

В последующие дни эти величины постепенно уменьшаются и с переходом Луны в первую и третью четверти наступают приливы с наименьшими в течение месяца величинами (**квадратурные приливы**).

**ХОРОШО ВЫРАЖЕННЫЕ ПОЛУСУТОЧНЫЕ ПРИЛИВЫ НАБЛЮДАЮТСЯ В ПРЕДЕЛАХ ПОЧТИ ВСЕГО АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА И ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНАХ ТИХОГО ОКЕАНА.**



# СМЕШАННЫЕ ПРИЛИВЫ

Смешанные приливы наиболее сложны по своему характеру, На протяжении месяца период приливных колебаний уровня меняется с полусуточного на суточным и, наоборот, суточные неравенств то появляются, то исчезают или сменяются стояниями уровня, нарушающими правильный ход нарастания или спада уровни.

Смешанные приливы делятся на две группы: неправильные полусуточные и неправильные суточные.

## 1. НЕПРАВИЛЬНЫЕ ПОЛУСУТОЧНЫЕ ПРИЛИВЫ

Неправильные полусуточные приливы включают также разновидности смешанных приливов, которые по характеру подходит ближе к полусуточным приливам.



Эти приливы в общем сохраняют две полные и две малые воды в сутки, но в некоторые дни второе колебание уровня настолько незначительно, что прилив можно считать полусуточным только условно.

**ВЫСОТЫ СМЕЖНЫХ ПОЛНЫХ И СМЕЖНЫХ МАЛЫХ ВОД ЗНАЧИТЕЛЬНО РАЗНЯТСЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СКЛОНЕНИЯ ЛУНЫ.**

С увеличением склонения Луны суточные неравенства и высотах увеличиваются, приобретают наибольшее значение в дни максимального северного или южного склонения Луны (**тропические приливы**).



С уменьшением склонения Луны суточные неравенства по высоте уменьшаются и по время прохождения Луны через экватор (экваториальные приливы) имеют наименьшие значения.

В неправильных полусуточных приливах существует разница между временем роста и временем падения уровня.

**НЕПРАВИЛЬНЫЕ ПОЛУСУТОЧНЫЕ ПРИЛИВЫ  
РАСПРОСТРАНЕНЫ В ИНДИЙСКОМ И ТИХОМ ОКЕАНАХ.**

## 2. НЕПРАВИЛЬНЫЕ СУТОЧНЫЕ ПРИЛИВЫ

Неправильные суточные приливы характеризуются тем, что в них преобладают особенности приливов суточного характера.

В течение всего месяца все основные элементы этих приливов меняются в зависимости от склонения Луны.

При прохождении Луны через экватор наблюдаются приливы полусуточного характера с малыми величинами (**экваториальные приливы**).





По мере увеличения склонения Луны нарастают суточные неравенства и высотах смежных полных и смежных малых вод: от суток к суткам увеличивается большая величина приливов и уменьшается малая (тропические приливы).

Когда вторые полная и малая воды оказываются равными, приливы на некоторое время становятся суточными с одной полной и одной малой водами и с более или менее продолжительными стояниями уровня.

С уменьшением склонения Луны изменение периода прилива, суточных неравенств и величин неправильных суточных приливов протекает в обратном порядке.

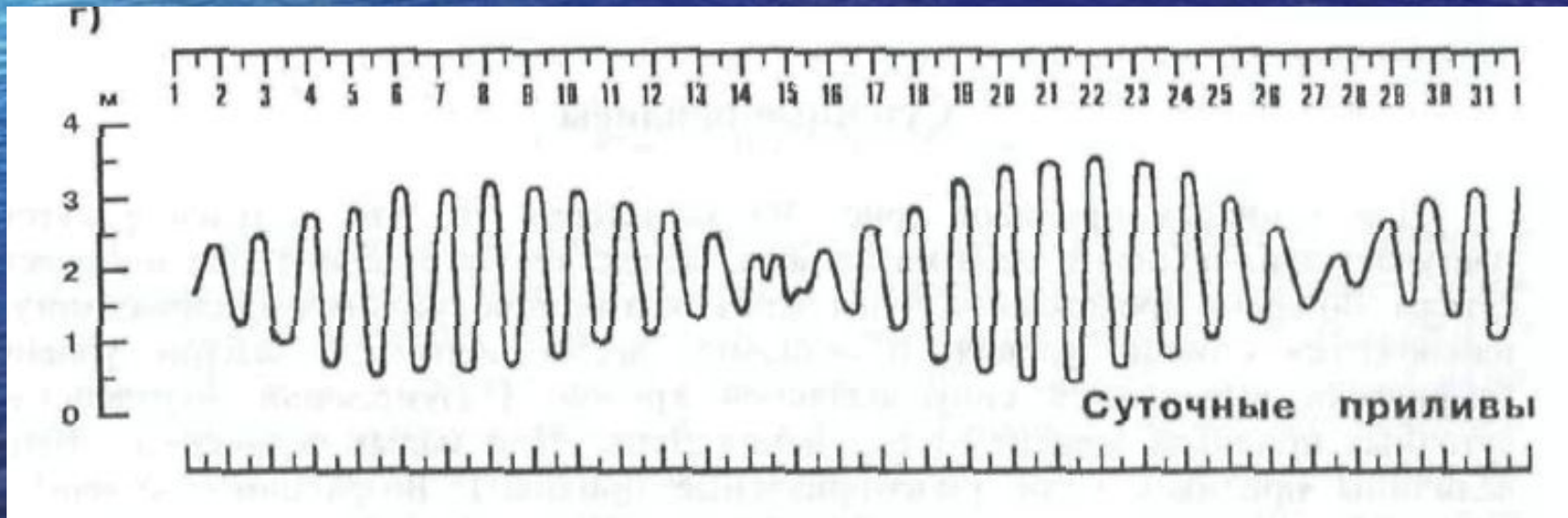
**НЕПРАВИЛЬНЫЕ СУТОЧНЫЕ ПРИЛИВЫ ЧАЩЕ ВСЕГО ВСТРЕЧАЮТСЯ В ТИХОМ ОКЕАНЕ.**

# СУТОЧНЫЕ ПРИЛИВЫ

Для суточных приливов характерно то, что в течение суток наступает **одна полная и одна малая вода**, вследствие чего период явления равен суткам.

Во время прохождения Луны через экватор при суточных приливах могут наблюдаться стоянии уровня.

В остальное время подъем и падение уровня графически выражаются синусоидальной кривой.





Полумесячное неравенство суточных приливов зависит от склонения Луны.

При малых склонениях Луны величины приливов малы (**экваториальные приливы**).

Возрастание величины приливов начинается с увеличением склонении Луны и достигает наибольшего значения в дни, когда склонение Луны становится максимальным (**тропические приливы**).

**СУТОЧНЫЕ ПРИЛИВЫ ВСТРЕЧАЮТСЯ РЕДКО, ГЛАВНЫМ ОБРАЗОМ В ТИХОМ ОКЕАНЕ.**

# АНОМАЛЬНЫЕ ПРИЛИВЫ

Аномальные приливы отличаются по отдельным признакам от перечисленных выше основных видов приливов.

Приливы могут усложняться **влиянием мелководья**, и там, где это влияние заметно выражено, к общему названию прилива добавляется наименование "**мелководный**".

Влияние мелководья проявляется чаще всею и полусуточных приливах и том, что изменяется продолжительности времени роста и падения уровня.

Графически это выражается в нарушении симметрии при подъеме и спаде уровня.



Иногда влияние мелководья настолько значительно, что на кривой полусуточных приливов появляются дополнительные полные и малые воды, т.е. приливы становятся двойными полусуточными.

**ТАКИЕ ПРИЛИВЫ ВСТРЕЧАЮТСЯ РЕДКО, В ЧАСТНОСТИ, ОНИ НАБЛЮДАЮТСЯ В ПУНКТАХ ПОРТЛЕНД И САУТГЕМПТОН (ПРОЛИВ ЛА-МАНШ).**

## БОР (БАРР, МАСКАРЭ, ПОРОРОКА )

Примером искажения приливов местными условиями может служить явление, известное под названием "бор" ("барр", "маскарэ", "поророка" ) и характерное тем, что прилив продвигается вверх по реке в виде волны или ряда волн с очень резким подъемом уровня.





Бор представляет собой редкое явление и наблюдается, например, в устьях рек Амазонка, Ганг, Цяньтанцзян (залив Ханч-жоувань) и некоторых рек Франции и Англии.



# ПОРОРОКА

Дважды в год, в промежуток между февралём и мартом, воды Атлантического океана накатывают вместе с приливом вверх от устья Амазонки на территории Бразилии, создавая самую длинную на земле волну.



Устье реки Амазонка



**ПОРОРОКА** - на языке индейцев тупи это название одновременно означает “невероятный шум”, «гремящая вода» и даже «убийца».

Масштабы разрушений, причиняемых окружающей среде тех мест, выжить в которых и без того непросто, временами поражают. Это настоящее чудовище, смертоносное и беспощадное.



**Устье реки Амазонка**



Эта приливная волна может достигать четырёх метров в высоту и длиться более получаса, за которые она может продвинуться на тринадцать километров вверх по течению Амазонки со скоростью до двадцати пяти километров в час.

Услышать поророку можно на полчаса раньше, чем увидеть; она настолько мощная, что разрушает всё на своём пути: вырывает с корнем деревья, смывает дома местных жителей, не говоря уже о животных.



**Устье реки Амазонка**





Приливная волна на реке  
Цяньтан в Китае, 31 августа  
2011 скорость до 40 км/ч, высота  
до 13 метров









**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

