

УДК 51

## МАТЕМАТИКА ПРИЛИВОВ БЕЛОГО МОРЯ

### Булатова Алина Алексеевна

Мурманская область, г. Кандалакша, МАОУ «ООШ № 19», 8 класс;

Научный руководитель: Меркулова Татьяна Николаевна, г. Кандалакша, МАОУ «ООШ № 19», учитель математики

Прилив (отлив) – колебание уровня воды, в результате воздействия Луны и Солнца. Причём, «лунная приливообразующая сила является основной» [1]. Ближе к полюсам Земли приливы заметнее. Кандалакша расположена на берегу залива Белого моря. Приливы и отливы имеют сложную природу, и самостоятельное вычисление времени их наступления - трудная задача.

Судоводители подгадывают погрузочно-разгрузочные работы к полной воде, водолазы прокладывают подводные маршруты с учетом направления и силы приливных течений». Каждое лето в город приезжают учёные МГУ для работы на биологической станции, свои исследования они могут проводить только во время отлива. Случается, что гости города, отправляясь в поход по литорали, чтобы посетить древний лабиринт, попадают в неприятные ситуации, оказавшись прижатыми к скалам во время прилива. Поэтому очень важно знать время «большой» и «малой» воды. Специально для туристов и рыбаков на официальном сайте нашего города публикуется график с указанием времени и уровня воды, но пользоваться им не очень удобно и не везде на побережье есть Интернет.

**Цель** – выразить формулой зависимость времени наступления прилива от времени первого прилива и любой даты. **Объекты исследования:** график приливов, лунный календарь. **Предмет исследования:** закономерности начала и продолжительности прилива, изменения уровня воды.

1. Изучив официальный график (январь-март 2021 г.) [2], мы заметили, что на каждые земные сутки приходится 4 или 3 смены прилив—отлив, поэтому для построения графика и таблиц в MS EXCEL использовали не даты, а номера. В феврале было 109 смен. Уровень воды менялся волнообразно от 1,7 до 2,8 метра, а отлива – от 0,1 до 0,6 метра. Сопоставив «большую» и «малую» воду с фазами луны и датами по лунному календарю [3], мы пришли к выводу, что самые высокие приливы приходятся: на новолуние – 2,6 м; убывающую луну – 2,7 м; переход полнолуния в убывающую луну – 2,8 м., а самые низкие – на прибывающую луну – от 1,7 до 1,8 м.

2. Вычислив продолжительность каждого прилива (отлива), как разность текущего и предыдущего значений времени, нашли средние, минимальные и максимальные величины. Вывод: прилив идёт быстрее, пара прилив-отлив в феврале, в среднем, 12:25:34, что составляет половину лунных суток  $\approx 24,8$  часа.

Таблица 1. Статистика времени прилива и отлива. Кандалакша. Февраль 2021 г.

Продолжительность	Прилив	Отлив
Средняя	4:58:57	7:21:23
Минимальная	3:53:00	4:43:00
Максимальная	6:07:00	8:31:00

**«Идеальный» график.** Зная, что 1 февраля в 00:38:00 был отлив, а в 5:56:00 – прилив, мы построили в MS EXCEL свой прогноз – модель «идеального» графика на весь февраль с шагом  $G\$3=12:25:34$ .  $=F3+G\$3$  (1);  $=F4+G\$3$  (2), где F3 – время первого прилива, а F4 – время первого отлива. Для вычисления погрешности мы использовали функцию ABS – модуль разности «прогноз минус график». Формулы скопировали на всю таблицу. Среднее отклонение по таблице  $\pm 00:44:00$ , максимум – 2:27:00, минимум – 00:00:00. На конец февраля результаты совпали. Аналогичную работу мы выполнили для марта и октября 2021 года. Результаты сравнили с данными официального графика. (Рис. 1)

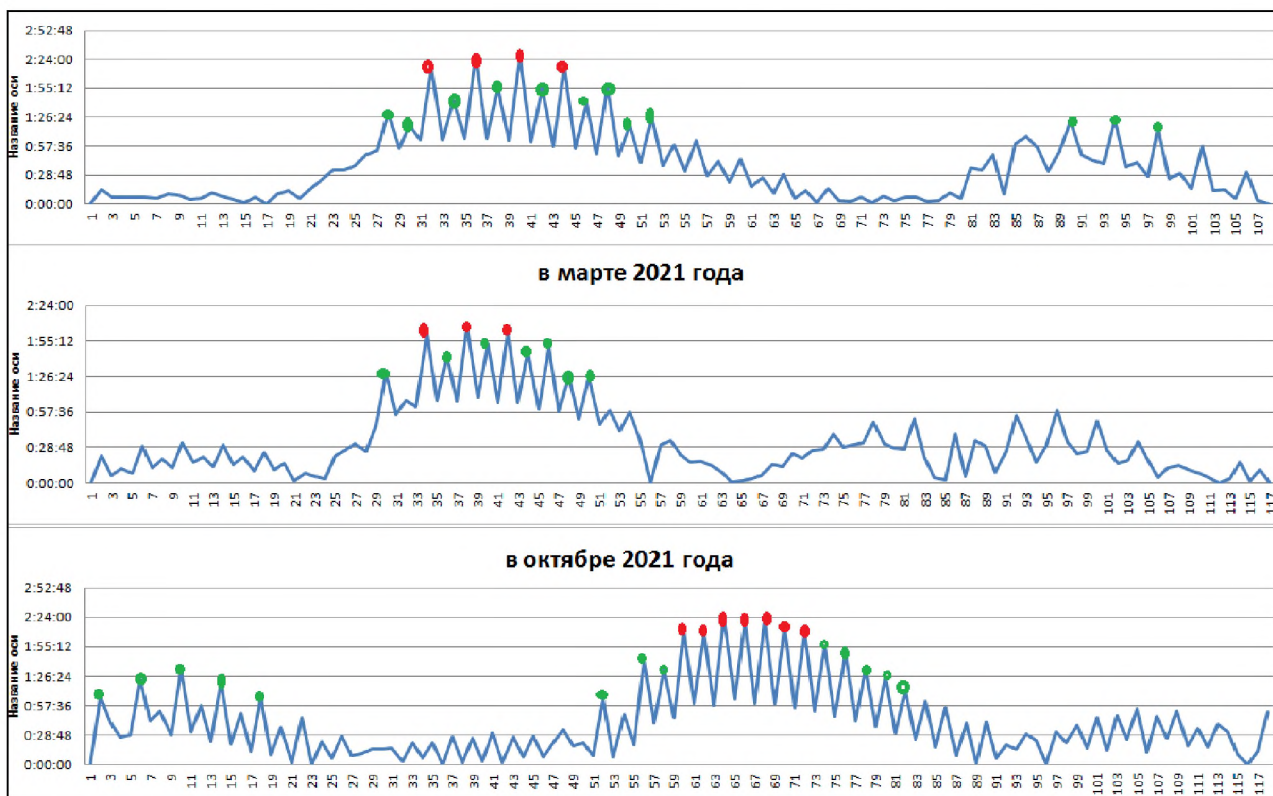


Рис. 1. Отклонение "идеального" и официального графиков

Отклонение 1,5-2,5 ч. отмечено красными точками, 1-1,5 ч. – зелёными. В большинстве случаев отклонения были менее 1 ч., а в половине – совпали с официальными данными. Факт прилива совпадает всегда. Вывод: «идеальный» график можно применять на практике для определения примерного времени прилива. <https://cloud.mail.ru/public/aQcm/TNMxbJhiP> (Все вычисления, «Идеальный» график).

**Формула времени приливов.** Пусть  $K \approx 24,8$  ч. – лунные сутки,  $X$  – число месяца,  $B$  – время первого прилива месяца. Общее время от нуля часов 1 числа до очередного прилива вычислим по формуле  $Y = K(X-1) + B$  (3). Остаток от деления  $Y$  на 24 часа – время прилива  $X$ . На рисунке 2 лунные сутки изображены красными отрезками, а земные – чёрными.

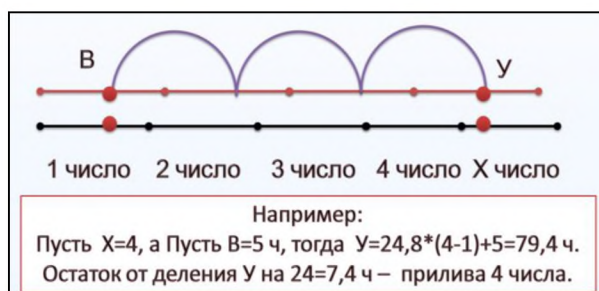


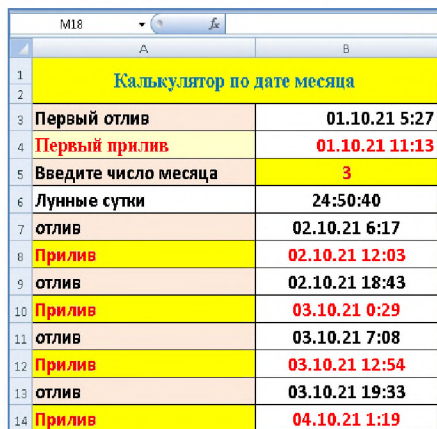
Рис. 2. Графическая модель

Мы построили модель калькулятора в MS EXCEL и провели **компьютерный эксперимент**. Оказалось, что формула работает без ошибок только для начала таблицы. Если  $0,8X + B \geq 24$  (4), происходит «сдвиг» на 1 день. То есть, по дате  $X$  мы получали прилив  $X+1$  дня.

Например: при  $X=29$ ,  $B=5$  ч.,  $Y=24,8*29+5=724,2$ ч. Целая часть частного при делении на 24 – количество земных суток в данном промежутке времени  $X1=724,2:24=30$ , так как  $X \neq X1$ , то остаток от деления 724,2 на 24 равен 4,2 ч. – время прилива не 29, а уже 30 числа. Для решения проблемы вычтем разницу лунных и земных суток – **0,8 ч.** и получим искомое время: **4,2-0,8=3,4 ч.** Мы решили проблему «сдвиг» и скорректировали дату с помощью ус-



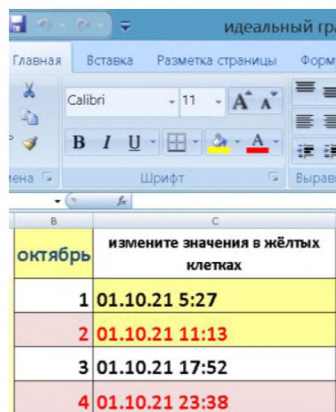
ловия: **=ЕСЛИ(И16=И7;И7+1;И7)** (5). Формула позволяет вычислить время приливов с нечётными номерами. Приливы с чётными номерами можно получить вычитанием половины лунных суток. **3,4 +24 – 12,4=15** часов – предыдущий прилив 28 числа. **3,4 +12,4=15,8** ч. – последующий прилив 29 числа. После каждого прилива следует отлив через  $\approx 7,4$  ч. При создании второй модели мы применили формулу **=(E\$11 - X)\*E\$10+E\$8(6)**, где X изменяется от 2 до 0,5 с шагом 0,5. Что позволяет выводить на печать серию смен прилив-отлив. Используемые форматы времени определяют дату автоматически, достаточно указать время первого прилива и любое число любого месяца.



	А	В
1	<b>Калькулятор по дате месяца</b>	
2		
3	<b>Первый отлив</b>	<b>01.10.21 5:27</b>
4	<b>Первый прилив</b>	<b>01.10.21 11:13</b>
5	<b>Введите число месяца</b>	<b>3</b>
6	<b>Лунные сутки</b>	<b>24:50:40</b>
7	<b>отлив</b>	<b>02.10.21 6:17</b>
8	<b>Прилив</b>	<b>02.10.21 12:03</b>
9	<b>отлив</b>	<b>02.10.21 18:43</b>
10	<b>Прилив</b>	<b>03.10.21 0:29</b>
11	<b>отлив</b>	<b>03.10.21 7:08</b>
12	<b>Прилив</b>	<b>03.10.21 12:54</b>
13	<b>отлив</b>	<b>03.10.21 19:33</b>
14	<b>Прилив</b>	<b>04.10.21 1:19</b>

Рис. 3. Калькулятор приливов

На основании «идеального» графика в MS EXCEL нами был создан календарь – «гармошка». В его основе таблица с шагом 12:25:20, которая заполняется автоматически, достаточно указать время первого прилива (отлива) любого месяца. Прилив отмечен красным, а отлив – чёрным цветом. Календарь распечатывается и складывается «гармошкой». Он компактен и удобен для чтения. Дизайн можно изменить по желанию. Использование различных материалов для обложки позволит реализовать готовый календарь в качестве оригинального сувенира с минимальной себестоимостью.



В	С
<b>октябрь</b>	<b>измените значения в жёлтых клетках</b>
<b>1</b>	<b>01.10.21 5:27</b>
<b>2</b>	<b>01.10.21 11:13</b>
<b>3</b>	<b>01.10.21 17:52</b>
<b>4</b>	<b>01.10.21 23:38</b>

Рис. 4. Фрагмент календаря – «гармошка»

Вывод: мы получили формулу, создали модели «идеального» графика и калькулятора, которые можно применять на практике для определения примерного времени прилива в любой день по времени первого прилива месяца. Цель достигнута. Планируем выполнить опытную часть исследований на природе и установить зависимость уровня воды от времени.

#### Список литературы:

1. Безруков Ю.Ф. Океанология. Симферополь: Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского Географический факультет, 2006. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <https://igabaza.ru/doc/92359-p6.html> (дата обращения: 15.09.2021).
2. Официальный сайт г. Кандалакша/ График приливов и отливов/ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kandalaksha.org/static/priliv.html> (дата обращения: 18.09.2021).
3. Восход солнца./Лунный календарь и фаза луны г. Кандалакша./[Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://voshod-solnca.ru/moon/кандалакша> (дата обращения: 23.12.2021).