

Златопольский Дмитрий Михайлович
Кандидат технических наук, доцент,
организатор и руководитель
музея истории вычислительной техники
школы № 1530 «Школа Ломоносова» Москвы

Логарифмы. История

В течение долгого времени люди искали способы упростить расчёты, которые необходимо было проводить в различных областях науки. Особенно важно это было в астрономии, где вычисления с многозначными числами являлись (и являются) необходимостью и требовали значительных усилий и времени. Шотландский математик Джон Непер (1550–1617) писал: «Ничто не причиняет столько проблем при занятиях математикой и не делает вычисления столь неприятными и затруднительными, как умножение, деление и извлечение квадратных и кубических корней из больших чисел. Операции эти помимо потери времени в большинстве случаев являются источником ошибок» [1].

Наиболее трудоёмкими были умножение и деление, поэтому если бы можно было упростить эти операции, то это было бы важным фактором, позволившим упростить и ускорить расчёты, повысить их точность.

С этой целью в XVI веке использовались два приёма. Один из них называется «простаферезис» (от греческого слова προσθαφαίρεσις[1]). Он заключается в замене тригонометрических расчётов, требующих деления или умножения, другими, в которых происходит сложение или вычитание.

Читателям, конечно, известны так называемые «формулы произведения тригонометрии»:

$$\sin A \cdot \sin B = \frac{1}{2}\left[\cos(A-B) - \cos(A+B)\right],$$

$$\cos A \cdot \cos B = \frac{1}{2}\left[\cos(A+B) + \cos(A-B)\right],$$

$$\sin A \cdot \cos B = \frac{1}{2}\left[\sin(A+B) + \sin(A-B)\right],$$

которые фактически и являются «простаферетическими».

Хотя простаферезис был разработан[2] для использования в астрономии, в которой расчёты с тригонометрическими функциями очень распространены, его идея могла быть применена и к «обычным» расчётам.

---

1 πρόσθεσις (сложение) + ἀφαίρεσις (вычитание).

2 В течение долгого времени приоритет в открытии метода простаферезиса отдавали различным людям, но в настоящее время большинство современных историков математики считают, что первым метод предложил (но не опубликовал) немецкий математик Иоганн Вернер примерно в 1513 году [2–3]. Об этом свидетельствуют его рукописи.

Например, первая формула позволяет вычислить, скажем, 2,577 · 6,131, без умножения, найдя значения A и B такие, что $\sin A = 0{,}2577$, $\sin B = 0{,}6131$, а затем использовать приведённое в ней выражение для вычисления $\sin A \cdot \sin B$ (используя только вычитание и деление на 2), после чего умножить результат на 100. чтобы получить значение 2,577 · 6,131.

Чтобы убедиться в сказанном, используя, например, программу Microsoft Excel или аналогичную программу, найдите соответствующие значения A и B, а также $\sin A \cdot \sin B$ и сравните значения $100 \cdot \sin A \cdot \sin B$ и 2,577 · 6,131.

Конечно, для расчётов нужно было знать значения арксинусов, арккосинусов, синусов и косинусов, но соответствующие таблицы были разработаны.

Другой приём, позволявший заменить произведение сложением и вычитанием, заключался в применении формулы:

$$ab = \frac{1}{4}\left((a+b)^2 - (a-b)^2\right).$$

Для таких расчётов использовались таблицы, содержавшие квадраты всех целых чисел до 100000, изданные итальянцем Джованни Маджини (1555–1617) в 1592 году под названием «*Tabula tetragonica*».

С целью облегчения вычислений пробовали также прибегать к сокращённым способам действий и механическим приёмам. Так, известный всем способ сокращённого умножения был введён в употребление Йостом Бю́рги около 1600 года [4]. На решение этой задачи было направлено и изобретение Непером счётного прибора для умножения — так называемых «палочек Непера» (см. [5]).

Но все эти приёмы достигали своей цели лишь отчасти и очень несовершенно.

Необходимость в упрощении числовых выкладок продолжала требовать изобретения более подходящего для этого средства.

В истории науки часто встречается, что какой-то вопрос получает почти одновременное решение разными исследователями (можно вспомнить, например, физический закон Бойля-Мариотта). Так случалось и с изобретением логарифма.

Введением в употребление логарифмов мы обязаны двум учёным XVI–XVII столетий: уже упоминавшимся Джону Неперу и швейцарскому и немецкому математику, астроному и часовых дел мастеру Йосту Бюрги (1552–1632), хотя их заслуги в этом отношении неравноценны. Таблицы логарифмов, составленные ими (у каждого по своему способу) разрабатывались, скорее всего [4], почти одновременно в самом конце XVI и начале XVII века. Но Непер опубликовал их в 1614 году, тогда как Бюрги — в 1620.

Но и они, так сказать, «стояли на плечах гигантов»[3]. Чтобы показать это, приведём большой фрагмент из малоизвестной книги [4][4].

---

[3] Это выражение получило особую известность как цитата из письма Исаака Ньютона: «Если я видел дальше других, то потому, что стоял на плечах гигантов».

[4] К перечисленным далее в цитате именам учёных можно добавить также французов Николу Шюке и Николая Орема, немца Михаэля Штифеля. Индийский математик Вирасена опубликовал свою, по сути — логарифмическую, таблицу в VIII веке. — **Прим. ред.**

«Первые идеи логарифмических вычислений в их грубейшей форме возникли из сопоставления членов геометрической прогрессии с арифметической их порядковых номеров или чисел, им пропорциональных.

Следы такого сопоставления восходят к древности и довольно ясно выражены в одном месте Архимедова «Псаммита». В этом месте Архимед выражается так: “Если будет дан ряд чисел в непрерывной пропорции (то есть, по нашей терминологии, находящихся в геометрической прогрессии), начиная с единицы, и если два члена его перемножить, то произведение будет членом того же ряда, на столько удаленным от большего множителя, на сколько меньший удален от единицы; он же будет удалён от единицы одним членом меньше против того, на сколько удалены от нее оба множителя вместе”.

При современных обозначениях смысл этого места можно передать так: если с геометрической прогрессией

$$1, a, a^2, a^3, \ldots$$

сопоставить арифметическую прогрессию порядковых номеров ее членов

$$1, 2, 3, 4, \ldots,$$

то произведение двух членов первой a^m и a^n будет членом той же прогрессии, порядковый помер которого равен сумме порядковых номеров множителей без единицы, т. е. $m + n + 1$.

Это, хотя и простое, но важное замечание Архимеда не осталось незамеченным и повторяется почти во всех значительных сочинениях XV и XVI столетий с тем лишь улучшением более позднего происхождения, что за порядковые номера членов геометрической прогрессии принимаются числа 0, 1, 2, 3, ... или им пропорциональные. Так, у французского математика Никола́ Шюке́ (Chuquet) в его сочинении 1484 года “*Le Triparty en la science des Nombres*” мы находим, в виде примеров, сопоставление прогрессий

$$0, 1, 2, 3, \ldots$$
$$1, 2, 4, 8, \ldots$$

или

$$0, 1, 2, 3, \ldots$$
$$1, 3, 9, 27, \ldots$$

с вполне ясным указанием на то, что произведению двух членов геометрической прогрессии отвечает в арифметической прогрессии член, равный сумме тех, которые отвечают множителям.

Подобные замечания встречаются и у других авторов того же времени, но и особенно развитом виде мы находим их у Штифеля[5] (Stifel) в его сочинении “*Arithmetica Integra*”1544 года. Штифель продолжил оба ряда влево, введя, как бы мы сказали, отрицательные показатели. Так, для примера, он сопоставляет ряды

...,	−3,	−2,	−1,	0,	1,	2,	3,	...
...,	1/8,	1/4,	1/2,	1,	2,	4,	8,	...

и даже числа первого ряда называет п о к а з а т е л я м и (exponentes).

Связь между этими рядами у Штифеля с полной ясностью установлена в следующих предложениях:

[5] См. сноску 4. — **Прим. ред.**

1° Сложению в арифметических прогрессиях отвечает умножение в геометрических.

2° Вычитанию в арифметических прогрессиях отвечает деление в геометрических.

3° Простому умножению (т. е. числа на число) в арифметических прогрессиях в геометрических отвечает умножение на себя (возвышение в степень). Так, удвоению члена арифметической прогрессии в геометрической отвечает возвышение в квадрат.

4° Делению в арифметических прогрессиях отвечает извлечение корпя в геометрических.

...

Нельзя не признать, что в приведенных замечаниях Штифеля очень ясно выражена основная идея логарифмических вычислений, т. е. указание на способ сводить действия умножения, деления, возвышения в степень и извлечении корня на более простые действии сложения, вычитания, умножения и деления.

Но для простого осуществления этой идеи нужно было ввести в рассмотрение весьма медленно растущую геометрическую прогрессию, так чтобы промежутки между соседними ее членами были невелики, с целью охватить возможно больше чисел в одной прогрессии. Это требовало выполнения гигантской вычислительной работы, после совершения которой принцип логарифмического вычисления действительно мог быть применим на практике...

Заметим здесь же, что одно лишь сопоставление прогрессий арифметической и геометрической не может служить теоретической основой общего понятия о логарифме. В самом деле, если сопоставить члены арифметической прогрессии с соответственными членами геометрической, как их логарифмы, то логарифмы будут определены лишь для дискретного ряда чисел и останется совершенно неясным, что следует понимать под логарифмом числа, не содержащегося в геометрической прогрессии.

В таком представлении о логарифме не будет достаточной общности.

Непер, как увидим ниже, далеко опережая современников, сумел избегнуть этой теоретической трудности, дав общее определение логарифма и введя таким образом в науку новый вид функциональной связи между непрерывно меняющимися величинами. Достойно удивления, что все это было сделано в то время, когда не было ясно выряжено даже самое понятие о функциональной связи.

Джон Непер и его труды, относящиеся к логарифмам.

Джон Непер (John Napier) ... родился в 1550 году в своем родовом замке Мерчистоп близ Эдинбурга в Шотландии. После предпринятой им в 1566 году поездки по континентальной Европе с целью пополнения первоначального образования, он возвратился в свой замок в 1571 году, где и прожил до своей смерти, последовавшей в 1617 году. Характерно для той эпохи, что Непер, проявивший в области математики такую гениальную изобретательность, в то же время усердно занимался теологией и магией. Первое печатное его произведение

1594 года, наполненной с нашей точки зрения в высшей степени странными вещами, посвящено толкованию Апокалипсиса. В богословской литературе того времени оно обратило на себя внимание и было переведено на многие иностранные языки.

Насколько Непер был убежден в силе своих магических знаний, доказывает заключенный им с соседним бароном письменный договор, по которому Непер обязывался силою магии обнаружить в поместьях этого барона клад, за что и выговаривал себе, в виде вознаграждения, третью часть найденного. Помогла ли магия Неперу в этом предприятии, мы не знаем.

Как бы то ни было, среди этих странных занятий Непер работал и над математическими вопросами. Когда у него зародилась первая мысль о логарифмах, сколько времени понадобилось, чтобы привести ее в законченную форму и, в особенности, какое время потребовалось для завершения гигантской работы по составлению таблиц — на все эти вопросы мы можем отвечать лишь очень гадательно. В последнем своем сочинении "*Rabdologia*", изданном в год смерти автора, т. е. в 1617 году, сам Непер говорит только, что его таблицы ИЛИ "канон" логарифмов были составлены задолго до их опубликования. Из переписки *Кеплера* мы узнаем, что еще в 1594 году один шотландец, друг семьи Непера, сообщил астроному *Тихо Браге* о некотором новом способе, весьма облегчающем вычисления.

Если принять эту дату, то окажется, что Непер владел, по крайней мере, принципом логарифмических вычислений за 20 лет до первой своей публикации по этому предмету.

В 1614 году плоды многолетних, без сомнения, трудов были опубликованы в сочинении, носящем заглавие: "*Mirifici Logarithmorum Canonis Descriptio*"».

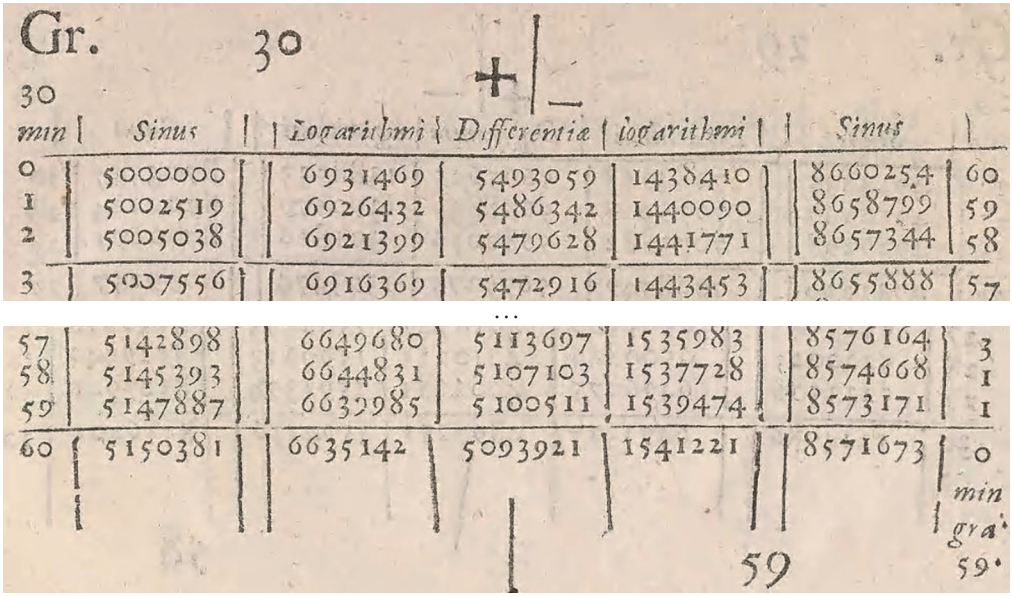
Фрагменты таблицы логарифмов из этой книги Джона Непера, название которой переводится с латыни как «Описание удивительной таблицы логарифмов», приведены на рис. 1.

Видно, что Непер привёл именно логарифмы тригонометрических функций. Как уже отмечалось, в то время была наибольшая необходимость в сокращении тригонометрических расчётов, поэтому понятно, что учёный постарался дать таблицу соответствующих логарифмов.

Интересно, что по принятому тогда обычаю радиус круга, применительно к которому проводились тригонометрические расчёты, или так называемый «полный синус» (*sinus totus*) принимался равным $10\,000\,000 = 10^7$, и в десятимиллионных его долях выражались все тригонометрические функции в виде целых чисел. Точно также (как целые числа, содержащие до восьми знаков) приведены значения логарифмов в таблицах Непера. Как пишет автор книги [4], это связано с тем, что десятичные дроби, хоть и уже известные тогда, ещё не вошли во всеобщее употребление.

На рис. 1 приведены фрагменты таблицы логарифмов для угла 30 градусов.

В левой колонке указаны значения минут от 0 до 60 (в дополнение к 30°), а в правой — минут от 60 до 0 (в дополнение к 59°). Например, в 3-й строке таблицы указаны:



Gr. 30

30 min	Sinus	Logarithmi	Differentiæ	logarithmi	Sinus	
0	5000000	6931469	5493059	1438410	8660254	60
1	5002519	6926432	5486342	1440090	8658799	59
2	5005038	6921399	5479628	1441771	8657344	58
3	5007556	6916369	5472916	1443453	8655888	57
...						
57	5142898	6649680	5113697	1535983	8576164	3
58	5145393	6644831	5107103	1537728	8574668	1
59	5147887	6639985	5100511	1539474	8573171	1
60	5150381	6635142	5093921	1541221	8571673	0

min gra

59 59

Рис. 1

- дробные части синуса угла 30°2' и его логарифма (2-й и 3-й столбцы);
- дробные части синуса угла 59°58', или косинуса угла 30°2', а также его логарифма (5-й и 6-й столбцы);
- дробная часть тангенса угла 30°2' (4-й столбец[6]).

Такая структура таблицы позволяла привести логарифмы синусов, косинусов и тангенсов углов от 0 до 90 градусов с шагом в одну минуту.

Необходимо отметить, что в таблицах Непера логарифм «полного синуса» (90 градусов) принят равным нулю. Логарифмы синусов остальных углов представляются положительными числами, уменьшающимися с увеличением угла.

И ещё интересная информация. Во многих источниках (например, в [6]) «Неперовыми логарифмами» называют логарифмы с основанием, равным числу e (2,71828...), но это ошибочное утверждение. В строгом смысле слова об основании логарифмов в книге Непера говорить нельзя по той причине, что в них ноль не является логарифмом единицы, а логарифмом «полного синуса», то есть 10^7. Если, однако, все табличные синусы и их логарифмы разделить на 10^7, то тогда получатся логарифмы по основанию $1/e$. Так что, если обязательно связывать логарифмы Непера с некоторым основанием, то этим основанием будет не число e, а обратная величина $1/e$ [4].

Первые таблицы логарифмов натуральных чисел опубликовал англичанин Генри Бригс в 1617 году в книге «Logarithmorum chilias prima» («Первая тысяча логарифмов»), в которой были представлены 14-значные десятичные логарифмы натуральных чисел от 1 до 1000. Семь лет спустя

[6] Заголовок этого столбца — *Difference* (рус. разность), что объяснимо.

Бригс, которого Непер в своей работе «Rabdoligia» называл «моим дражайшим другом» [4]) выпустил свой капитальный труд «Arithmetica logarithmica» («Арифметика логарифмов»), в котором приведены 14-значные таблицы логарифмов натуральных чисел от 1 до 20000 и от 90000 до 100000 (в ряде изданий — до 101000). Это был большой том, содержащий 88 страниц введения и 255 страниц таблиц (см. рис. 2).


ARITHMETICA
LOGARITHMICA
SIVE
LOGARITHMORVM
CHILIADES TRIGINTA, PRO
numeris naturali serie crescentibus ab vnitate ad
20,000: et a 90,000 ad 100,000. Quorum ope multa
perficiuntur Arithmetica problemata,
et Geometrica.
HOS NVMEROS PRIMVS
INVENIT CLARISSIMVS VIR IOHANNES
NEPERVS Baro Merchistonij: eos autem ex ejusdem sententia
mutavit, eorumque ortum et vsum illustravit HENRICVS BRIGGIVS,
in celeberrima Academia Oxoniensi Geometriae
professor SAVILIANVS.
DEVS NOBIS VSVRAM VITÆ DEDIT
ET INGENII, TANQVAM PECVNIÆ,
NVLLA PRÆSTITVTA DIE.
I R
LONDINI,
Excudebat GVLIELMVS
IONES. 1624.

Рис. 2

Пробел (для чисел от 20001 до 89999), который, таким образом, ещё оставался, был вскоре заполнен голландцем Адрианом Влакком, который в 1628 году выпустил под тем же заглавием, как второе издание книги Бригса («Arithmetica logarithmica»), большой фолиант, содержащий около 450 страниц. В нём были даны логарифмы всех чисел от 1 до 100000, но уже только с десятью 10 знаками и в виде приложения — таблица десятизначных логарифмов тригонометрических функций с промежутком для аргумента в 1'.

Более обширные таблицы логарифмов тригонометрических линий были подготовлены Бригсом, но он умер, не успев их издать. После его смерти, обработанные Генри Геллибрандом, они были изданы в 1633 году Влакком иод заглавием «Trigonometria Britannica». В этих обширнейших таблицах принято деление квадранта, как обычно, на 90 частей или градусов, но каждый градус подразделяется на 100 минут, минута — на 100 секунд.

В «Trigonometria Britannica» логарифмы синусов даны с 14 знаками, логарифмы тангенсов с 10 знаками, и прирост табличных аргументов принят в 1/100 градуса.

Ввиду необычности принятого в «Trigonometria Britannica» подразделения углов, Влакк в том же 1633 году выпустил работу «Trigonometria Artificialis», в которой при обычном разделении угла 10-значные логарифмы тригонометрических функций даны через каждые 10 секунд.

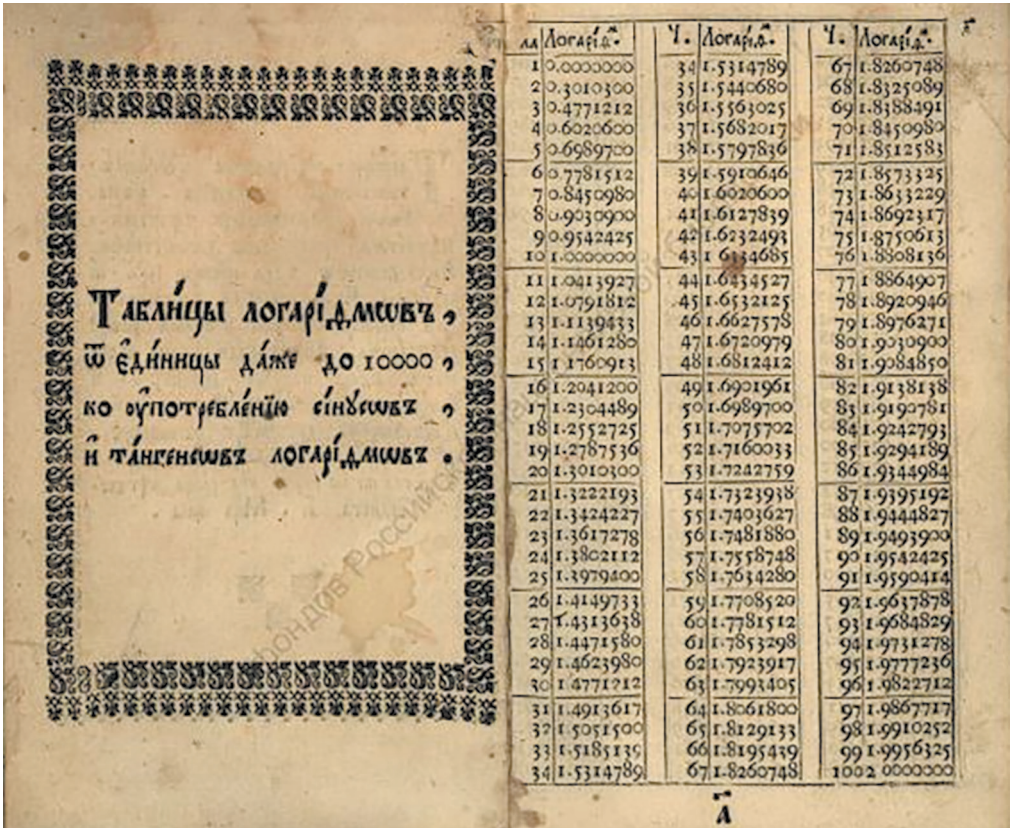
После появления «Arithmetica logarithmica» Бригса и Влакка, «Trigonometria Britannica» Бригса и «Trigonometria Artificialis» Влакка громадный труд вычисления первых обширных таблиц десятичных логарифмов был закончен. В дальнейшем оставалось лишь исправлять неизбежные при таких вычислениях ошибки, уменьшать объём таблиц и придавать им более удобную форму.

По при этом всегда основой служили упомянутые выше капитальные сочинения. Как справедливо пишет автор книги [4], «Эти сочинения навсегда останутся памятниками необыкновенного трудолюбия двух людей, которые, располагая столь незначительными средствами, не отступили перед задачей огромной трудности. Даже теперь, когда мы располагаем столь разнообразными и могущественными способами для вычисления логарифмов, немногие согласились бы взяться за труд составления таких обширных таблиц, каковы таблицы Бригса и Влакка».

После этого логарифмические таблицы повсеместно использовались для научных и инженерных расчётов более трёх веков, пока не появились электронные калькуляторы и компьютеры.

Известный французский математик, механик, физик и астроном Пьер-Симон Лаплас писал, что изобретение логарифмов «сократив труд астронома, удвоило его жизнь» [7].

В России первые таблицы логарифмов были напечатаны в Москве в 1703 году. Подготовленная Леонтием Фёдоровичем Магницким совместно с Андреем Фархварсоном и Степаном Гвином книга называлась «Таблицы логарифмов и синусов, тангенсов, секансов...» [8] (рис. 3)



лл	Логарiѳм.	Ч.	Логарiѳм.	Ч.	Логарiѳм.
1	0.0000000	34	1.5314789	67	1.8260748
2	0.3010300	35	1.5440680	68	1.8325089
3	0.4771212	36	1.5563025	69	1.8388491
4	0.6020600	37	1.5682017	70	1.8450980
5	0.6989700	38	1.5797836	71	1.8512583
6	0.7781512	39	1.5910646	72	1.8573325
7	0.8450980	40	1.6020600	73	1.8633229
8	0.9030900	41	1.6127839	74	1.8692317
9	0.9542425	42	1.6232493	75	1.8750613
10	1.0000000	43	1.6334685	76	1.8808136
11	1.0413927	44	1.6434527	77	1.8864907
12	1.0791812	45	1.6532125	78	1.8920946
13	1.1139433	46	1.6627578	79	1.8976271
14	1.1461280	47	1.6720979	80	1.9030900
15	1.1760913	48	1.6812412	81	1.9084850
16	1.2041200	49	1.6901961	82	1.9138138
17	1.2304489	50	1.6989700	83	1.9190781
18	1.2552725	51	1.7075702	84	1.9242793
19	1.2787536	52	1.7160033	85	1.9294189
20	1.3010300	53	1.7242759	86	1.9344984
21	1.3222193	54	1.7323938	87	1.9395192
22	1.3424227	55	1.7403627	88	1.9444827
23	1.3617278	56	1.7481880	89	1.9493900
24	1.3802112	57	1.7558748	90	1.9542425
25	1.3979400	58	1.7634280	91	1.9590414
26	1.4149733	59	1.7708520	92	1.9637878
27	1.4313638	60	1.7781512	93	1.9684829
28	1.4471580	61	1.7853298	94	1.9731278
29	1.4623980	62	1.7923917	95	1.9777236
30	1.4771212	63	1.7993405	96	1.9822712
31	1.4913617	64	1.8061800	97	1.9867717
32	1.5051500	65	1.8129133	98	1.9910252
33	1.5185139	66	1.8195439	99	1.9956325
34	1.5314789	67	1.8260748	100	2.0000000

Рис. 3. Разворот книги [8] 1703
https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_DIGIT_10050/

и была предназначена, как указано на её титульном листе, «К научению мудролюбивых тщателей». Это был перевод с латинского книги Адриана Влакка.

Второе издание этой книги (1716 г.) называлось «Таблицы синусов, тангенсов, и секансов, и логарифма синусов и тангенсов: Таже и числ, еже есть от единаго даже до 10000, : Со изъяснением удобнеишим: оных довольством возможно разрешити вся треугольники прямолинийныя, и сферическия и множайшая вопрошения астрономическая» (см. рис. 4).


ТАБЛИЦЫ
СИНУСОВЪ,
ТАНГЕНСОВЪ,
И
СѢКАНСОВЪ.
И
ЛОГАРИѲМА
СИНУСОВЪ И ТАНГЕНСОВЪ:
ТАЖЕ И ЧИСЛЪ, ЕЖЕ ЕСТЬ ОТ ЕДИНАГО ДАЖЕ ДО 10000,
СО ИЗЪЯСНЕНІЕМЪ УДОБНѢЙШИМЪ: ОНЫХЪ ДОВОЛЬСТВОМЪ ВОЗМОЖНО РАЗРѢШИТИ ВСЯ ТРЕУГОЛЬНИКИ ПРЯМОЛИНІЙНЫЯ, И СФЕРИЧЕСКІЯ И МНОЖАЙШАЯ ВОПРОШЕНІЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ.
СЮДЪ
ДРЕ
ВЫВАЕТО
ВО
ЗАПОВЕЛѢНІЕМЪ
ПРЕСВѢТЛѢЙШАГО ЦРСКАГО ВЕЛИЧЕСТВА.

Рис. 4

Сначала в книге приведены восьмизначные логарифмы натуральных чисел от 1 до 10000 (в три двойные колонки на странице — рис. 5).

Затем шёл раздел, который называется «Правила синусов, тангенсов, секансов» (рис. 6).

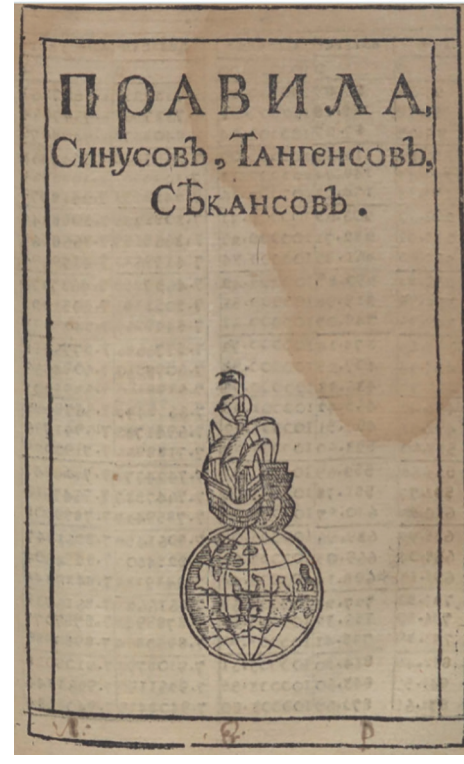
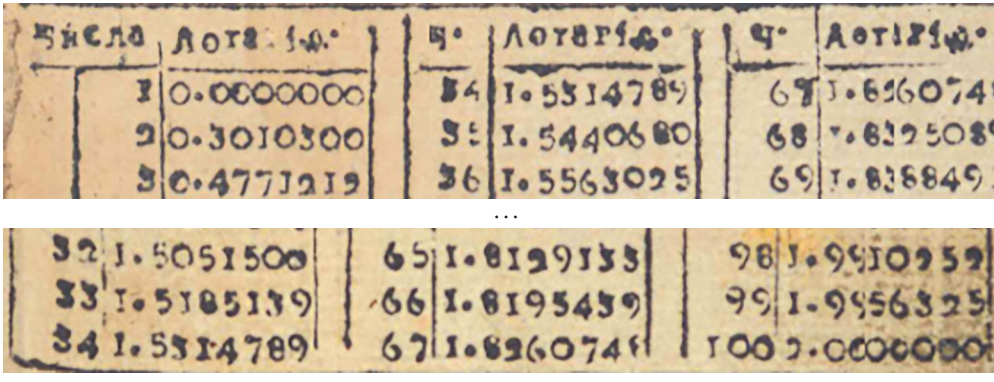

ПРАВИЛА,
СИНУСОВЪ, ТАНГЕНСОВЪ,
СѢКАНСОВЪ.

Рис. 6



Числа	Логарифм.	Ч.	Логарифм.	Ч.	Логарифм.
1	0.0000000	34	1.5314789	67	1.8260748
2	0.3010300	35	1.5440680	68	1.8325089
3	0.4771212	36	1.5563025	69	1.8388491

...

32	1.5051500	65	1.8129133	98	1.9910252
33	1.5185139	66	1.8195439	99	1.9956325
34	1.5314789	67	1.8260748	100	2.0000000

Рис. 5

В нём приведены значения синусов, тангенсов и секансов углов от 0 до 90 градусов с шагом в одну минуту и восьмизначные десятичные логарифмы синусов и тангенсов этих углов. Интересно, что на каждом развороте книги на странице слева была представлена информация для некоторого значения угла в градусах, а на странице справа — для дополнения этого угла до 90 градусов (рис. 7–8), что давало возможность для всех углов определять также значения косинусов, котангенсов и косекансов и логарифмы косинусов и котангенсов.

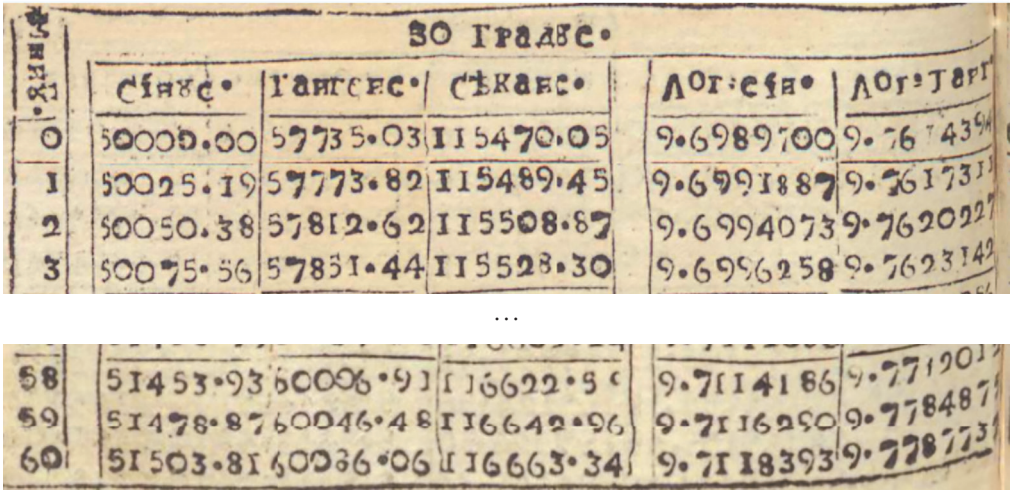


Рис. 7

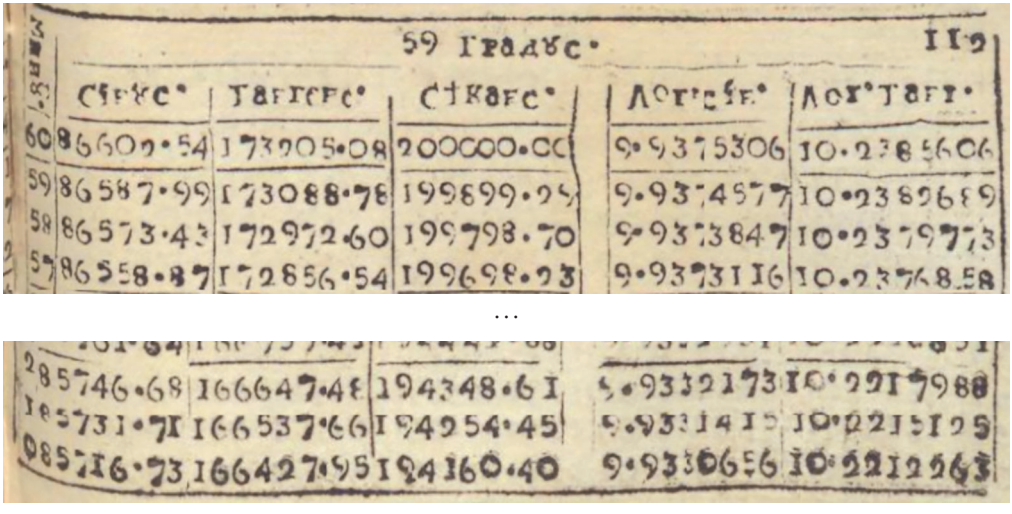


Рис. 8

Интересно, что качестве значений синуса угла 90 градусов, косинуса угла 0 градусов и тангенса угла 45 градусов вместо числа 1 в таблицах принято число 100000 (см. выше о понятии «полный синус»).

Литература

1. Дуран Антонио. Истина в пределе. Анализ бесконечно малых. https://litlife.club/books/247750/read?page=5
2. http://www.oughtred.org/jos/articles/PROSTHAPHAERESISandWERNERfinal.jmccLR8.8.pdf
3. Denis Roegel. B rgi's Progress Tabulen (1620): logarithmic tables without logarithms. B rgi's «Progress Tabulen» (1620): Logarithmic tables without logarithms. https://inria.hal.science/inria-00543936
4. Успенский Я.В. Очерк истории логарифмов. Петроград: Научное книгоиздательство, 1923.
5. Златопольский Д.М. История одного метода умножения // Потенциал. Математика, физика, информатика. 2023, № 8.
6. Неперов логарифм. https://ru.wikipedia.org/Неперов_логарифм
7. Логарифм. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D1%80%D0%B8%D1%84%D0%BC
8. Таблицы логарифмов и синусов, тангенсов, секансов. К научению мудролюбивых тщателей. М., 1703.

НОВОСТИ

Лунотрясения против землян: в МФТИ объяснили, как новое исследование повлияет на планы колонизации спутника

Опасны ли лунотрясения для жителей Земли, какие риски они несут для будущих лунных миссий и стоит ли опасаться землянам — рассказала старший научный сотрудник МФТИ Евгения Кравченко. Учёная прокомментировала новое исследование Смитсоновского института и Университета Мэриленда, опубликованное в журнале *Science Advances*, меняющее представления человечества о сейсмической активности Луны. В нём показано, что чаще всего именно лунотрясения, а не метеоритные удары, становились причиной изменения лунного ландшафта в районе долины Таурус-Литтров, где в 1972 году совершил посадку "Аполлон-17".

Ценность исследования

Основной прорыв работы заключается в том, что учёным впервые удалось доказать: оползни и смещения валунов в долине Таурус-Литтров вызваны именно сейсмической активностью, а не внешними воздействиями. Исследователи тщательно проанализировали образцы, собранные экипажем "Аполлона-17", и разработали новую модель лунотрясений. Особое внимание было уделено разлому Ли-Линкольн, который, как выяснилось, периодически проявляет активность в последние 90 миллионов лет. Эти данные крайне важны для выбора мест под строительство будущих лунных баз в рамках программы *Artemis* и других международных проектов по освоению Луны.

Опасность для Земли

Землянам бояться нечего. Лунотрясения происходят регулярно из-за приливных сил и остывания ядра Луны. Влияние Луны на Землю в настоящее время проявляется в основном в приливах и отливах. Однако для лунных миссий риск есть: даже относительно слабые толчки магнитудой около 3.0 могут представлять серьёзную опасность для высоких конструкций типа лунной посадочной версии космического корабля Starship. Особую угрозу представляют неглубокие лунотрясения, способные вызывать оползни и смещения грунта в непосредственной близости от эпицентра.

Продолжение статьи можно прочитать на сайте: https://mipt.ru/news/