

- 6 Линии азимутов — вертикалы, большие круги небесной сферы ортогональные кругу горизонта и пересекающиеся в его полюсах — зените и надире. Ал-Хорезми имеет в виду астролябии, на тимпанах которых изображены линии азимутов. Определение азимута с помощью такой астролябии состоит в нахождении линии азимута, проходящей через изображение градуса эклиптики, соответствующего дню наблюдения, на «пауке», при таком повороте «паука», при котором изображение этого градуса попадет на альмукаштарат, соответствующий измеренной высоте Солнца.
- 7 Линия меридиана — большой круг, ортогональный небесному экватору и кругу горизонта, ее название (буквально «полуденная линия») объясняется тем, что Солнце пересекает ее в полдень.
- 8 Алидада (ал-'идада, буквально «приспособление») — линейка, вращающаяся на спишке астролябии вокруг ее центра; с помощью дюретров на алидаде измеряется высота светил.
- 9 «Спишка» (зухр) астролябии — инструмент для измерения высоты светил. На окружности спишки были выгравированы градусы высоты. Для измерения высоты светила астролябия подвешивалась вертикально, ее алидада направлялась на светило и угол, составляемый алидадой с горизонтальным диаметром астролябии, был равен высоте светила. Здесь для определения меридиана астролябия располагалась горизонтально вверх спишкой.
- 10 Обычно «троном» (курси) называется металлический треугольник, приваренный к корпусу астролябии; к «трону» с помощью кольца прикреплялся подвес — шнурок, за который астролябия подвешивалась для измерения высоты светил. Здесь «троном», по-видимому, является металлический треугольник, приваренный к алидаде.
- 11 Диаметр спишки астролябии, на котором находится подвес, — вертикальный диаметр астролябии. При горизонтальном расположении астролябии, если направить алидаду по азимуту Солнца, вертикальный диаметр будет направлен по линии меридиана.
- 12 Овен — знак зодиака, начало которого соответствует точке весеннего равноденствия — одной из двух точек пересечения эклиптики с небесным экватором. При видимом суточном вращении небесной сферы точка весеннего равноденствия описывает небесный экватор. Поэтому восхождение и заход Овна — точки пересечения небесного экватора с кругом горизонта.
- 13 Зенит (самт ар-ра'с, буквально «направление головы») — полюс круга горизонта. Здесь имеется в виду дуга круга азимута, соединяющая точки пересечения небесного экватора с кругом горизонта, т. е. круга азимута ортогонального кругу меридиана, находящаяся над горизонтом.
- 14 «Середина неба» и «колышек земли» — точки пересечения круга эклиптики и меридиана; первая — над горизонтом, а вторая — под горизонтом (эти две точки и точки пересечения круга горизонта с эклиптикой — «точка гороскопа» («точка восхода») и «точка захода») называются «колышками» (автад) и играют важную роль в астрологии.
- 15 Климаты (ақбалли) — широтные зоны, на которые ученые средневекового Востока, следуя Эратосфену, подразделяли обитаемую часть Земли. Приводимые здесь ал-Хорезми широты климатов совпадают с широтами средних параллелей климатов, приведенными им в его «Книге картины Земли» [3, с. 39, 43, 48, 51, 53, 57, 61].
- 16 В этой таблице ал-Хорезми приводит значения полуденной, т. е. максимальной, высоты Солнца  $h_{\max} = f(\varphi, \lambda)$  для широт  $\varphi$  средних параллелей климатов ( $\varphi = 16, 24, 30, 36, 41, 45, 48^\circ$ ) и для эклиптических долгот  $\lambda$  Солнца, соответствующих началам знаков зодиака ( $\lambda = 270, 300, 330, 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240^\circ$ ). Функция  $h_{\max} = f(\varphi, \lambda)$  выражается с помощью формул:
- $$h_{\max} = 90^\circ - (\varphi - \delta), \text{ если склонение северное;}$$
- $$h_{\max} = 90^\circ - (\varphi + \delta), \text{ если склонение южное,}$$

- где  $\delta$  — склонение Солнца (сферическое расстояние Солнца от небесного экватора), связанное с его долготой  $\lambda$  и углом  $\epsilon$  между эклиптикой и небесным экватором формулой сферической теоремы синусов  $\sin \delta = \sin \lambda \sin \epsilon$ . для прямоугольного сферического треугольника  $\gamma_{ST}$ , вершинами которого является точка  $\gamma$  весеннего равноденствия, Солнце  $S$  и основание  $T$  сферического перпендикуляра, опущенного из точки  $S$  на небесный экватор.
- 17 Цифры в этой строке представляют собой разности  $\varphi - 24^\circ$ ; цифры отсутствуют во втором столбце, где эта разность равна нулю, в первом столбце, где эта разность отрицательна.

\*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Таги-Заде А. К., Вахабов С. А. Астролябии средневекового Востока. — Историко-астрономические исследования. 1975, вып. 12, с. 169—204.
2. Frank J. Die Verwendung des Astrolabs nach al-Khwārizmī. — Abhandlungen zur Geschichte des Wissenschaften und Medizin. Heidelberg, 1922, N 3.
3. Das Kitāb Sūrat al-ard des Abū Ga'far Muḥammad ibn Mūsā al-Huwārizmī/ herausg. nach handschriftlichen Unikum der Bibliothèque de l'Université et Régionale in Strassburg (Cod. 4247) von Hans v. Mžik. Leipzig, 1926.

231об.

### ПОСТРОЕНИЕ ЧАСОВ НА ПЛОСКОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ЧАСОВ МУХАММАДА ИБН МУСЫ АЛ-ХОРЕЗМИ<sup>1</sup>

Если ты хочешь построить часы<sup>2</sup> на [поверхности] солнечных часов<sup>3</sup>, то начни с проведения круга любой величины. Затем раздели его на четыре части<sup>4</sup> двумя прямыми, пересекающимися в центре круга, напиши в их концах «восток», «запад», «север», «юг» и раздели каждую четверть на девятую-градусов<sup>5</sup>. После окончания этого наблюдай восход [Солнца] первого часа Козерога<sup>6</sup>, найди циркулем величину его [азимута] в градусах и, поставив одну ножку циркуля в точку запада, а вторую ножку — в направлении севера, отметь на окружности круга, куда она попадет. Положи линейку на центр круга и на эту отметку и проведи в его плоскости линию, пересекающую круг [равную тени] и доходящую до любого места внутри круга или вне его. Определи ее, возьми циркулем величину этой линии, проведи такую же в стороне и раздели ее на девятую-градусов частей. После этого ты будешь брать свои величины на этой линии и на той дуге<sup>7</sup>. Эта линия называется [линией тени, а дуга — дугой] азимута. Если ты хочешь построить часы, то наблюдай градус [азимута] первого часа любого знака зодиака и возьми циркулем величину его на девяносто градусов. Если час северный, то поставь одну ножку циркуля в точку востока и вращай вторую ножку до тех пор,

пока она не попадет на окружность круга в направлении севера; отметь то место, куда она попадет. Если же час южный, то сделай то же самое в направлении юга. Знай, что первые три часа от начала Рака, то есть первый, второй и третий, — от востока к югу и подобно этому, от запада соответственно к северу. Знай, что это построение сделано для Города Мира<sup>8</sup>. Если ты уже определил эту отметку, то положи линейку на центр круга и на эту отметку, проведи линию карандашом или краской или чем-нибудь другим<sup>9</sup>, возьми циркулем части линии азимута, на который была наклонена линейка, поставь одну ножку циркуля в центр круга, а другой — на проведенную тобой линию и отметь место, которого она достигнет. Это и есть место часа, которое ты строишь. Также противопоставь этому [место] второго, третьего, четвертого, пятого и шестого [часа]. Когда закончишь [построение для] Рака, произведи построение для Козерога со стороны запада, подобно тому как ты строил со стороны востока. Когда закончишь это, положи линейку на точку первого часа Рака и [на точку] первого [часа] Козерога и вырежь на солнечных часах линию от первой точки до второй. Точно так же и для второго, третьего, четвертого, пятого и шестого [часов]. Когда ты закончишь это, что я тебе описал, ты получишь линии правильных часов. Сотри те [линии], которые ты начертил карандашом или краской. Далее соедини концы этих линий, а затем прими линию тени за величину гномона<sup>10</sup>, то есть 12 частей<sup>11</sup>. Это и есть то, что будет видно на солнечных часах. Поступай иначе, если сможешь.

Эти солнечные часы — солнечные часы для Багдада, [на которых указаны тени и их азимуты] через одну шестую [каждого часа для начал] всех знаков зодиака<sup>12</sup> (см. табл. 1). Солнечные часы для места, у которого нет широты, то есть для линии экватора. Для них не нужен азимут. Если ты хочешь [построить] их, то раздели линейку тени на пятьдесят [частей], затем проведи на солнечных часах прямую линию и раздели ее пополам. Точка середины будет твоим центром, она и есть место гномона<sup>10</sup>. Далее возьми [циркулем] тень первого часа Овна и помести [одну ножку циркуля] в центр. Другая ножка циркуля попадет в один из двух концов тени; пусть она попадет в [точки] 1 и 11, а центр находится в [точке] 6. В точке 1 восставь перпендикуляр в обе стороны и тоже самое [сделай] в точке 11. Далее возьми тень первого часа Козерога, помести ножку циркуля в центр и посмотри, в какие [точки] перпендикуляров [восставленных] в обе стороны наверху и внизу попадет [другая его ножка]. [Точка] наверху — для Козерога, а [точка] внизу — для Рака. Далее,

234об.

Число	Азимут для Козерога		Тень для Козерога		Число	Азимут для Водолея		Тень для Водолея	
	градусы	минуты	градусы	минуты		градусы	минуты	градусы	минуты
10	29	37	460	24	10	26	34	428	14
20	30	47	225	14	20	26	45	214	12
30	31	57	154	16	30	27	38	104	6
40	33	9	116	45	40	29	12	98	23
50	34	28	93	48	50	30	28	87	10
1,0	35	38	78	31	1,0	31	46	72	45
10	36	53	67	34	10	33	5	62	34
20	38	53	59	28	20	35	26	54	54
30	39	34	53	30	30	35	50	48	57
40	40	53	47	16	40	37	16	44	10
50	42	22	43	47	50	38	44	40	16
2,0	43	49	40	19	2,0	40	54	37	1
10	45	38	37	23	10	41	47	35	17
20	46	48	34	15	20	43	22	31	56
30	48	24	32	43	30	45	0	29	54
40	50	0	30	51	40	46	41	28	8
50	51	39	29	13	50	48	24	26	35
3,0	53	19	27	46	3,0	50	11	25	13
10	55	3	26	29	10	52	1	24	1
20	56	49	25	22	20	53	53	22	16
30	58	37	24	20	30	55	7	21	58
40	60	23	23	26	40	57	48	21	7
50	64	25	22	38	50	59	19	20	21
4,0	65	21	21	16	4,0	61	55	19	40
10	66	27	21	17	10	64	3	19	4
20	68	28	20	44	20	66	13	18	31
30	70	30	20	19	30	68	27	18	3
40	72	39	19	49	40	70	43	17	38
50	74	40	19	26	50	73	1	17	27
5,0	77	6	19	4	5,0	75	21	16	58
10	78	57	18	51	10	77	44	16	43
20	84	17	18	51	20	80	8	16	30
30	85	21	18	28	30	82	31	16	21
40	86	36	18	28	40	84	58	16	15
50	87	45	18	17	50	87	27	16	10
6,0	90	0	18	16	6,0	90	0	16	9



Таблица 1 (продолжение)

Число	Азимут для Рыб		Тень для Рыб		Число	Азимут для Овна		Тень для Овна	
	градусы	минуты	градусы	минуты		градусы	минуты	градусы	минуты
10	15	3	370	34	10	1	7	331	20
20	16	21	185	31	20	2	30	164	5
30	16	38	128	18	30	3	15	109	7
40	18	54	93	3	40	5	20	81	39
50	20	13	74	28	50	6	46	65	7
1,0	21	41	62	42	1,0	8	15	54	2
10	23	5	53	10	10	9	44	45	54
20	24	31	46	13	20	11	18	40	8
30	25	59	41	18	30	12	13	35	28
40	27	30	37	40	40	14	31	31	43
50	29	3	33	42	50	15	12	23	34
2,0	30	39	30	51	2,0	16	17	26	2
10	32	19	23	25	10	19	45	23	19
20	34	2	26	20	20	20	18	21	15
30	35	48	24	32	30	22	36	20	15
40	37	37	22	18	40	24	17	18	57
50	39	32	21	33	50	26	36	17	29
3,0	41	30	20	19	3,0	28	17	16	20
10	43	31	20	36	10	30	49	15	17
20	45	36	19	15	20	33	4	14	21
30	57	50	17	22	30	35	28	13	30
40	50	6	16	35	40	37	18	12	44
50	52	28	15	32	50	40	38	12	2
4,0	54	14	15	13	4,0	43	26	11	23
10	57	26	14	39	10	46	24	10	49
20	60	2	14	11	20	49	32	10	18
30	62	44	13	42	30	52	50	9	49
40	65	32	13	18	40	56	19	9	25
50	68	24	12	36	50	60	0	8	2
5,0	71	20	12	40	5,0	63	55	8	43
10	74	19	12	25	10	67	56	8	27
20	77	22	12	13	20	72	5	8	14
30	80	29	12	2	30	76	23	8	3
40	83	39	11	14	40	80	34	7	57
50	86	48	11	17	50	85	26	7	51
6,0	90	0	11	11	6,0	90	0	7	50

Таблица 1 (продолжение)

Число	Азимут для Тельца		Тень для Тельца		Число	Азимут для Близнецов		Тень для Близнецов	
	градусы	минуты	градусы	минуты		градусы	минуты	градусы	минуты
10	12	20	311	1	10	22	7	310	17
20	10	56	158	25	20	21	18	154	5
30	9	25	82	33	30	19	49	81	52
40	7	59	76	28	40	18	22	76	9
50	6	34	61	57	50	16	17	60	1
1,0	5	7	50	15	1,0	15	28	49	29
10	3	11	42	42	10	14	3	41	16
20	2	14	37	1	20	12	39	36	14
30	0	47	32	33	30	11	14	31	17
40	0	42	28	18	40	9	55	28	11
50	2	52	26	0	50	8	26	26	13
2,0	3	53	23	30	2,0	7	1	22	43
10	5	59	21	22	10	5	35	20	34
20	6	57	19	31	20	4	8	18	43
30	8	38	17	55	30	2	39	17	5
40	10	22	16	29	40	1	8	15	33
50	12	17	15	12	50	0	25	14	21
3,0	14	6	14	3	3,0	2	3	13	10
10	16	7	13	0	10	3	45	12	6
20	18	14	12	3	20	5	31	11	8
30	20	30	11	11	30	7	25	10	14
40	22	54	10	24	40	9	25	9	23
50	25	30	9	39	50	11	36	8	37
4,0	28	17	8	18	4,0	13	16	7	13
10	31	22	8	21	10	16	32	7	12
20	34	42	7	46	20	19	26	6	34
30	38	21	7	14	30	22	40	5	18
40	42	21	6	46	40	24	22	5	24
50	46	47	6	18	50	30	38	4	52
5,0	51	38	5	14	5,0	35	38	4	23
10	56	16	5	34	10	41	34	3	56
20	62	46	5	54	20	47	37	3	33
30	69	3	5	4	30	57	2	3	13
40	75	44	4	54	40	66	15	2	58
50	82	45	4	47	50	78	10	2	47
6,0	90	0	4	45	6,0	90	0	2	45

Таблица 1 (окончание)

Число	Азимут для Рака		Тень для Рака	
	градусы	минуты	градусы	минуты
10	26	54	303	17
20	25	21	152	25
30	23	50	64	36
40	22	21	76	11
50	20	53	60	18
1,0	19	27	49	41
10	18	3	42	3
20	16	40	36	18
30	15	17	31	48
40	13	55	28	10
50	12	33	25	10
2,0	11	10	22	40
10	9	50	20	30
20	8	27	18	37
30	7	6	16	58
40	5	38	15	31
50	4	11	14	12
3,0	2	42	13	1
10	1	10	11	16
20	0	25	10	17
30	2	6	10	2
40	3	53	9	11
50	4	47	8	23
4,0	7	51	7	39
10	10	9	6	56
20	12	36	6	57
30	15	26	5	39
40	18	40	5	1
50	22	19	4	31
5,0	27	3	3	38
10	32	43	3	25
20	39	37	3	1
30	47	50	2	34
40	59	16	2	18
50	73	47	2	6
6,0	90	0	2	0

Таблица 2

	Первый азимут времени 'асра' для начал Козерога, Овна и Рака		Первая тень 'асра	
	Азимут для начал знаков зодиака	Тень		
Для начала Козерога	52	0	30	48
Для начала Овна	24	0	19	50
Для начала Рака	4	0	14	24

Таблица 3

	Последний азимут времени 'асра' для начал Козерога, Овна и Рака		Последняя тень 'асра' для начал знаков зодиака	
	Азимут для начал знаков зодиака	Тень		
Для начала Козерога	43	55	45	48
Для начала Овна	14	30	31	51
Для начала Рака	13	0	26	24

Таблица 4

Солнечные часы [для] широты 18							Солнечные часы [для] широты 21						
Часы	Рак						Часы	Рак					
	Высота	Азимут	Тень	Высота	Азимут	Тень		Высота	Азимут	Тень	Высота	Азимут	Тень
1	15	7	21	39	48	9	1	14	24	20	45	46	49
2	28	31	20	8	22	10	2	28	40	18	41	22	4
3	43	1	16	28	17	52	3	33	31	14	2	12	48
4	57	40	20	54	10	35	4	58	27	12	13	7	21
5	69	16	27	35	4	34	5	73	36	13	50	3	31
6	81	9	90	0	1	53	6	87	9	90	0	0	30
Часы	Козерог						Часы	Козерог					
	Высота	Азимут	Тень	Высота	Азимут	Тень		Высота	Азимут	Тень	Высота	Азимут	Тень
1	11	7	28	54	52	59	1	11	52	30	21	57	0
2	23	5	34	31	28	16	2	21	3	37	56	31	15
3	33	57	42	14	18	2	3	30	29	46	32	20	22
4	42	58	54	0	13	0	4	35	51	57	25	35	11
5	48	39	68	7	10	38	5	43	50	70	35	12	19
6	51	9	90	0	9	41	6	45	9	90	0	11	59
Солнечные часы [для широты 18]							Солнечные часы [для широты 21]						
Часы	Рак						Часы	Рак					
	Высота	Азимут	Тень	Высота	Азимут	Тень		Высота	Азимут	Тень	Высота	Азимут	Тень
1	14	57	21	52	48	0	1	14	13	20	15	43	2
2	28	26	19	24	22	10	2	29	0	19	25	21	48
3	43	25	15	15	12	50	3	43	50	10	34	52	33
4	57	58	19	33	7	30	4	59	0	7	5	50	52
5	71	20	27	1	4	6	5	78	2	3	3	3	40
6	84	9	90	0	1	14	6	89	0	90	0	0	2
Часы	Козерог						Часы	Козерог					
	Высота	Азимут	Тень	Высота	Азимут	Тень		Высота	Азимут	Тень	Высота	Азимут	Тень
1	11	21	21	5	67	20	1	10	15	32	0	68	2
2	25	3	36	13	29	45	2	19	13	39	8	33	
3	31	51	44	23	19	43	3	23	32	48		22	11
4	40	3	5	43	14	58	4	35	6	19	3	17	6
5	46	3	69	41	11	35	55	40	23	72	11	14	
6	48	9	90	0	10	47	6	42	9	90	0	13	17

широта 18

широта 24

E-2351

Солнечные часы [для] широты 27							Солнечные часы [для] широты 33						
Часы	Рак						Часы	Рак					
	Высота		Азимут		Тень			Высота		Азимут		Тень	
1	13	38	19	40	48	2	1	13	24	18	43	50	0
2	28		36		21	48	2	28	40	11	5	22	4
3	43	24	5	12	12	42	3	42	6	3	18	53	18
4	58	45	4	33	7	48	4	57		6	55	7	47
5	72	55	10	0	3	41	5	71	29	22	0	4	2
6	86	51	90	0		38	6	80	51	90	0	11	55

Козерог							Козерог						
Часы	Рак						Часы	Рак					
	Высота		Азимут		Тень			Высота		Азимут		Тень	
1	9	40	33	41	71	44	1	8	37	35	31	79	10
2	18	43	41	41	34	44	2	16	33	43	40	40	40
3	27	56	49	46	23	33	3	23	50	52	18	27	6
4	32	56	60	33	18	29	4	28	54	63	26	21	44
5	37	33	73	34	15	42	5	31	54	75	15	19	53
6	39	9	90	0	14	47	6	33	9	90	0	18	27

Солнечные часы [для] широты 30

Солнечные часы [для] широты 30							Солнечные часы [для] широты 36						
Часы	Рак						Часы	Рак					
	Высота		Азимут		Тень			Высота		Азимут		Тень	
1	13	33	59	3	49	58	1	13	15	18	29	57	1
2	28	44	52	31	22	3	2	28	35	9	45	22	2
3	42	58	5	50	12	52	3	41	12	2	5	13	48
4	57	30	2		10	38	4	56	39	3	48	7	56
5	72	49	16	29	3	43	5	58	9	31	13	4	22
6	83	51	90	0	1	16	6	78	11	90		2	19

Козерог							Козерог						
Часы	Рак						Часы	Рак					
	Высота		Азимут		Тень			Высота		Азимут		Тень	
1	9	3	35	22	75	45	1	8	41	36	40	74	45
2	17	32	43	1	38	5	2	15	40	45	16	42	50
3	30	0	51	35	24	36	3	21	49	57	20	30	4
4	34	46	62	3	20	3	4	26	52	64	50	23	33
5	35	44	74	18	17	23	5	29	56	76	37	20	17
6	36	9	90	0	15	14	6	31	9	90	0	19	58

Солнечные часы [для] широты 38							Солнечные часы [для] широты 40						
Часы	Рак						Часы	Рак					
	Высота		Азимут		Тень			Высота		Азимут		Тень	
1	13	0	18	22	61	58	1	12	40	18	18	64	10
2	27	33	9	37	28	0	2	26	50	9	29	23	28
3	40	55	1	32	13	48	3	40	38	1	0	13	52
4	55	48	10	24	8	50	4	54	53	10	58	8	44
5	68	32	30	7	4	46	5	67	0	30	0	5	4
6	85	51	90	0	2	40	6	78	51	90	0	3	26

Козерог							Козерог						
Часы	Рак						Часы	Рак					
	Высота		Азимут		Тень			Высота		Азимут		Тень	
1	7	33	37	50	81	44	1	6	50	39	8	88	54
2	14	24	46	33	48	0	2	13	8	48	0	51	54
3	16	38	55	19	41	20	3	17	26	56	18	38	55
4	24	45	66	3	25	54	4	22	39	67	16	29	25
5	27	33	86	15	23	0	5	25	51	77	6	25	42
6	28	9	90	0	22	33	6	26	9	90	0	24	35

Таблица 7

Солнечные часы <sup>1)</sup> для Суры ман Ра'а [широты] 34									
Часы	Рак				Число часов	Козерог			
	Азимут		Тень			Азимут		Тень	
1,0	50	29	49	56	1,0	35	53	78	12
1,30			31	57	1,30			52	14
2,0	10	54	22	46	2,0	44	46	40	18
2,30			14	3	2,30				49
3,0	2	2	13	6	3,0	54	31	27	56
3,30			10	6	3,30			24	37
4,0	9	7	7	43	4,0	65	41	22	16
4,30			5	43	4,30			20	40
5,0	29	35	4	50	5,0	77	26	19	40
5,30			2	44	5,30			19	10
6,0	90	0	2	9	6,0	90	0	19	6



Таблица 8

Солнечные часы для линии экватора

Тень часов Козерога и Рака		Тень [часов] Овна		Тень часов Козерога и Рака			Тень [часов] Овна		
1	49	5	44	36	4	9	12	7	5
2	23	15	20	47	5	6	19	3	13
3	14	6	12	0	6	5	14	0	0

возьми второй час Овна и помести его [с помощью циркуля] на линию Овна по обе стороны [от центра]. Пусть [ее конец] будет в [точках] 2 и 10. Затем восставь в них перпендикуляры. Возьми тень второго часа Козерога, [помести ножку циркуля в центр] и посмотри, куда она попадет, когда она достигнет [перпендикуляров, восставленных] также [в точках] 2 и 10. То же самое [проделай] внизу для всех часов. Вот изображение этого <sup>17</sup> (рис. 1).

Построение солнечных часов геометрическим способом для любой широты <sup>18</sup>.

Если мы хотим [выполнить] это, построим круг, в котором проведена амплитуда восхода желаемого нам места с помощью геометрии. Если мы не хотим [построить] этот круг, то все равно опишем круг, разделим его на четыре части и напомним на его квадрантах *A, B, C, D*. Далее мы начнем с часов Овна. Разделим дугу *AB* на шесть равных частей. Затем возьмем тень Овна для широты, в которой мы находимся, из линейки, которую мы уже разделили на тени знаков зодиака. При этом построении мы не нуждаемся в азимуте. Далее возьмем циркулем тень Овна из линейки тени, поставим [одну] его [ножку] в центр круга — точку *E* и посмотрим, куда она попадет на линии *ED*, являющейся полудиаментом. Пусть она попадет в точку *K*. В точке *K* восставим перпендикуляры в обе стороны. Далее начнем с первой части, примыкающей к *A*. Через нее и через центр проведем линию, доходящую до линии Овна. Там, где она пересечет ее, и есть точка первого часа, так же и с другой стороны. Далее из второй части, примыкающей к *A*, проведем [линию] тем же способом до второго часа, третьего часа и так для всех часов Овна <sup>19</sup>. Далее мы сотрем [отмеченные] шесть частей четверти круга от *A* до *B* и возьмем амплитуду восхода Козерога от точки *A*, как мы описали ранее для амплитуды восхода <sup>20</sup>. Пусть амплитуда восхода Козерога — от *A* до *O*. Далее разделим остаток квадранта круга, то есть [дугу] от *O* до *D*, на шесть равных частей. Через каждую из этих шести отме-

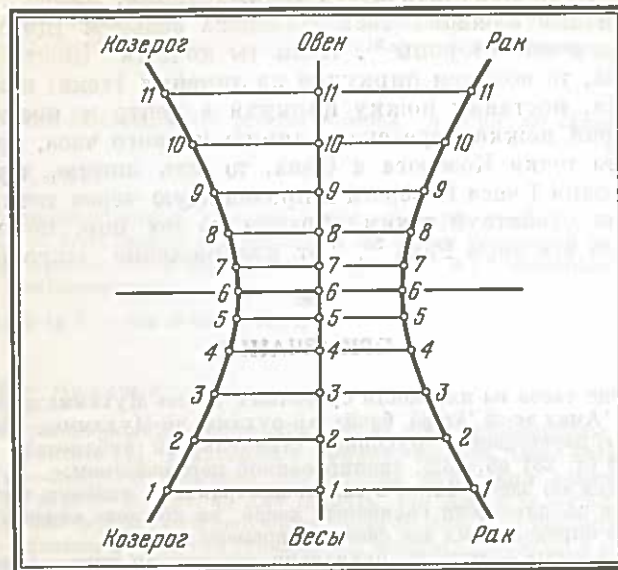


Рис. 1

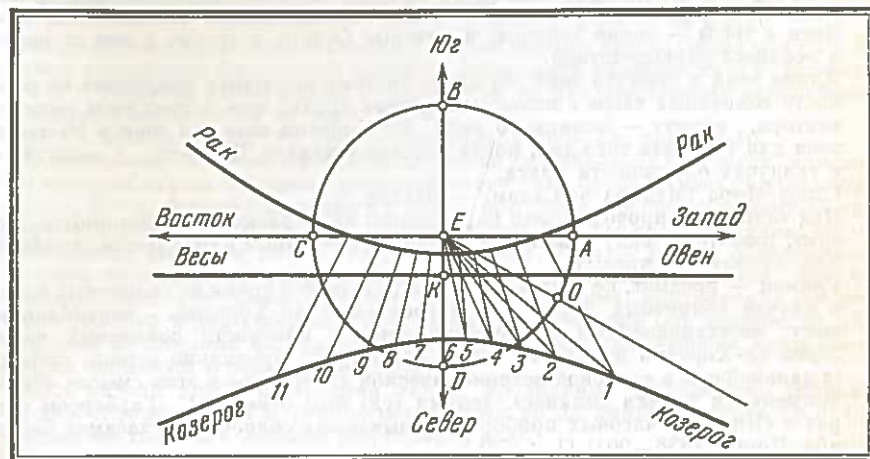


Рис. 2

ток проведем линию, проходящую через центр и продолжим их, чтобы получить шесть полных линий. Далее из линейки тени для каждого часа Козерога возьмем [циркулем] его тени в обе стороны<sup>21</sup>. Если ты хочешь [построить] часы Рака, то возьмем циркулем из линейки [тени] каждого часа Рака, поставим ножку циркуля в центр и посмотрим, где вторая ножка пересекает линию первого часа, проходящую через точки Козерога и Овна, то есть линию, проведенную из точки 1 часа Козерога и проходящую через точку 1<sup>22</sup> часа Овна. Действуй таким образом до тех пор, пока не закончатся все часы Рака<sup>23</sup>. Вот изображение этого (рис. 2)<sup>24</sup>.

\*

### ПРИМЕЧАНИЯ

- «Построение часов на плоскости солнечных часов» Мухаммада ибн Мусы ал-Хорезми ('Амал ас-са'ят фи басит ар-рухама ли-Мухаммад ибн Мусā ал-Хваризми) переведено с рукописи стамбульской библиотеки Айя София № 4830/20 (л. 231 об. 235), скопированной переводчиком.
- «Часами» (са'ят) здесь, как и в заголовке трактата, названы часовые линии, т. е. линии на плоскости солнечных часов, на которые конец тени гномона попадает в определенный час светлого времени суток.
- «Солнечные часы» — рухама, буквально «мраморная плита» (плоскости солнечных часов изготавливались первоначально из мрамора).
- «Раздели его на четыре равные части» выражено одним словом тарби'ихā.
- «Градусы» — здесь аджзā', буквально «части».
- Под «первым часом Козерога» имеется в виду первый час после вступления Солнца в знак Козерога, т. е. первый час дня зимнего солнцестояния. Далее под «первым часом Рака» имеется в виду первый час после вступления Солнца в знак Рака, т. е. первый час дня летнего солнцестояния. Упоминаемые далее Овен и Весы — знаки зодиака, в которые Солнце вступает в дни весеннего и осеннего равноденствий.
- Длина тени и азимута тени образуют систему полярных координат на плоскости солнечных часов с полюсом в центре круга: тень играет роль радиус-вектора, азимут — полярного угла. Ал-Хорезми измерял тени в 90 часов тени для 1-го часа того дня, когда Солнце в начале Козерога, с азимута в градусах окружности круга.
- Город Мира (Мадина ас-Салам) — Багдад.
- Под «линиями, проведенными карандашом или краской или чем-нибудь другим», имеются в виду стираемые линии, проведенные карандашом, грифелем или стираемой краской.
- Гномон — предмет, по тени которого определяется время на солнечных часах, в случае солнечных часов, рассматриваемых ал-Хорезми, — вертикальный шест, восстановленный перпендикулярно к плоскости солнечных часов. Здесь ал-Хорезми называет гномон словом 'ūd, буквально «ствол, стебель» (в дальнейшем в арабской астрономической литературе в этом смысле обычно применялся термин «миқйās», термин 'ūd был отмечен К. Гарберсом один раз в «Книге о часовых приборах, называемых солнечными часами» Сабита ибн Корры (836—901) [1, с. 77]).
- Гномон обычно подразделялся на 12 «пальцев» (или 7 «стоп»), тени высоты светила обычно измерялись в долях гномона, в данном случае — в «пальцах». В рукописи вместо «линии тени» ошибочно написано «линию азимута».

<sup>12</sup> В таблице указаны длины и азимуты тени гномона для дней вступления Солнца в знаки зодиака. Зависимости длины тени  $s$  и ее азимута  $A$  от широты местности  $\varphi$ , эклиптической долготы  $\lambda$  Солнца (определяемой днем года) и часового угла  $t$  выражается с помощью формулы плоской тригонометрии

$$s = l \operatorname{ctg} h, \quad (1)$$

где  $h$  — высота Солнца, а  $l$  — длина гномона, и формулы сферической тригонометрии

$$\sin \delta = \sin \lambda \sin \varepsilon, \quad (2)$$

где  $\delta$  — склонение Солнца, т. е. его сферическое расстояние от небесного экватора, а  $\varepsilon$  — угол между эклиптической и небесным экватором (максимальное склонение), причем  $h$  и  $A$  выражаются через  $\varphi$ ,  $\delta$  и  $t$  с помощью формул сферической тригонометрии:

$$\sin h = (\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta + \cos t) \cos \varphi \cos \delta \quad (3)$$

и

$$\sin A / \cos \delta = \sin t / \cos h. \quad (4)$$

Правила, равносильные формулам (3) и (4), были установлены Сабитом ибн Коррой в трактате [1], указанном в примеч. 10 (рус. пер. этих правил см. в [2, с. 199—204]). В таблицах ал-Хорезми приведены зависимости  $s = s(\lambda, t, \varphi)$  и  $A = A(\lambda, t, \varphi)$  для широты Багдада  $\varphi = 33^\circ 25'$  для  $\lambda = 0, 30, 60, \dots, 330^\circ$  и для  $t$  от 0 до 6 часов через 10 минут. В таблице как азимут, так и тень указаны в градусах (дараджа) и минутах (дакика), в случае азимута под градусами имеются в виду градусы круга, а в случае тени — 90-е доли основного градуса отрезка на «линии тени», минуты в обоих случаях — 60-е доли.

<sup>13</sup> Аср — пополуденная молитва мусульман. В этих таблицах приведены значения  $s$  и  $A$  для значений  $t$ , соответствующих началу и концу этой молитвы для  $\lambda = 90, 0, 270^\circ$  и для широты Багдада.

<sup>14</sup> В этой и следующих за ней таблицах приведены значения  $h$ ,  $A$  и  $s$  для  $\varphi = 15, 21, 24, 27, 30, 36, 38, 40^\circ$ ,  $t = 1, 2, 3, 4, 5, 6$  и  $\lambda = 90$  и  $270^\circ$ .

<sup>15</sup> В этой таблице приведены значения  $A$  и  $s$  для широты города Сурра маи Ра'а — новой резиденции багдадских халифов, основанной халифом ал-Му'тасимом в 836 г. Наличие этой таблицы указывает на то, что «Построение часов» было закончено ал-Хорезми не ранее 836 г.

<sup>16</sup> Здесь «гномон» — миқйās, буквально «измеритель», см. примеч. 10.

<sup>17</sup> На чертеже ал-Хорезми построены две ветви гиперболы по их точкам, каждая из которых задана полярным радиусом-вектором и одной из декартовых координат. Ветвь гиперболы, верху и внизу которой написано «Козерог», — линия, описываемая концом тени гномона в день зимнего солнцестояния; ветвь гиперболы, верху и внизу которой написано «Рак», — линия, описываемая концом тени гномона в день летнего солнцестояния; прямая линия, верху которой написано «Овен», а внизу — «Весы» — линия, описываемая концом тени гномона в дни весеннего и осеннего равноденствий (см. примеч. 6). На чертеже ал-Хорезми на правой гиперболе числовые обозначения часов ошибочно написаны в обратном порядке.

<sup>18</sup> Здесь описан прием построения линий, проходящих концом тени гномона в дни солнцестояний и равноденствий уже не на линии экватора ( $\varphi = 0$ ), а для местностей с любыми широтами  $\varphi \neq 0$ .

<sup>19</sup> Линия, описываемая концом тени гномона в дни равноденствий — прямая линия, являющаяся перпендикуляром, восстановленным к диаметру  $BD$  в точке  $K$ . Точки этой прямой, соответствующие целым часам, являются ее пересечениями с радиусами круга, проходящими через точки деления дуги

ую  
ей  
ет  
ю,  
м,  
6',  
на  
рта  
ду

над  
гда  
ра-

еля  
ьве  
оне  
р—  
ни,  
а —

ока  
ати  
ати

р —  
усах  
сах,  
х 20.

мая  
—  
два-

сах,  
цах  
яти

нце  
а —  
раке

ε\*



$AD$ , или с их продолжениями, или с кругами с центром  $E$  и с радиусами, равными длинам теней, приведенным в таблице.

- <sup>20</sup> Амплитуда восхода (са'а ал-машрик) — дуга круга горизонта от точки востока, в которой Солнце восходит в дни равноденствий (если рассматривать построенный ал-Хорезми круг как изображение круга горизонта, точка востока изображается точкой  $A$ ), до точек, в которых Солнце восходит в дни солнцестояний. Амплитудой восхода Козерога ал-Хорезми называет дугу горизонта, изображаемую дугой  $AO$  круга, в точках которой Солнце восходит зимой (амплитуда восхода Рака, аналогичная дуга для лета).
- <sup>21</sup> Здесь ал-Хорезми строит по точкам дугу гиперболы, описываемую концом тени гномона в день зимнего солнцестояния, каждая из этих точек определяется полярным радиусом-вектором и полярным углом (угол между радиусом  $ED$  круга и радиусом, проходящим через одну из точек деления дуги  $DO$ ).
- <sup>22</sup> В рукописи вместо «1» ошибочно написано «2».
- <sup>23</sup> Здесь ал-Хорезми строит по точкам дугу гиперболы, описываемую концом тени гномона в день летнего солнцестояния. Эти точки находятся как точки пересечения прямолинейных часовых линий, соединяющих одноименные точки прямой, описываемой концом тени гномона в дни равноденствий, и гиперболы, описываемой им в день зимнего солнцестояния, с кругами с центром  $E$  и с радиусами, равными длинам теней, приведенным в таблице.
- <sup>24</sup> В рукописи чертеж не закончен (начерчен только круг  $ABCD$ ), мы приводим реконструкцию чертежа, о котором говорит ал-Хорезми.

\*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Tabit b. Qurra. Ein Werk über ebene Sonnenuhren*/Herausg., übers. und erläutert von K. Garbers.— In: *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik. Astronomie und Physik. Abt. A. V., 1936, Bd. 4.*
2. *Хрестоматия по истории математики. Арифметика и алгебра. Теория чисел. Геометрия*/Под ред. А. П. Юшкевича. М.: Просвещение, 1976.

### КНИГА ИСТОРИИ <sup>1</sup>

*Мухаммад ал-Хорезми*

#### *I. Фрагменты, сохранившиеся в передаче ал-Бируни <sup>2</sup>*

(1) Обстоятельства и деяния пророка — мир над ним! — в дни его жизни

Родился он — мир над ним! — через пятьдесят дней после прихода в Мекку «людей со слонем» <sup>3</sup>, а именно в пошедельник 17 деймаха в сорок втором году царствования Ануширвана <sup>4</sup> или 20 нисана 882 года эры Александра <sup>5</sup> [20 апреля 571 г. н. э.] согласно «Книге истории» Мухаммада ибн Мусы ал-Хорезми <sup>6</sup>.

(2) Не дошли до нас сведения о чьих-нибудь измерениях [наибольшего склонения] после Птолемея <sup>7</sup> вплоть до времени повелителя правоверных ал-Ма'муна <sup>8</sup>. Он приказал Йахье ибн Абу Мансуру <sup>9</sup> возобновить эти расчеты, и тот выполнил это в Шаммасии <sup>10</sup>. Известно, что Йахья нашел наибольшее склонение [равным] ста пятидесяти

семи долям из двух тысяч четырехсот долей, составляющих полную окружность, а это соответствует  $23^{\circ} 33'$  <sup>11</sup>. Основываясь на последней величине, он и составил таблицы в своем зидже <sup>12</sup>. Так рассказывает о нем ал-Хорезми, относя данные сведения к увиденному воочию, поскольку он лично наблюдал за данными измерениями. А дело в том, что [наблюдатели] нашли наибольшую высоту Солнца, равной  $79^{\circ} 6'$ , и наименьшую — равной  $32^{\circ} 0'$ . Их разность —  $47^{\circ} 6'$ , а половина ее —  $23^{\circ} 33'$  <sup>13</sup>. Это было в двести тридцатом году хиджры [22 марта 828 г. — 10 марта 829 г. н. э.] <sup>14</sup> или в сто девяносто седьмом году Йездигерда <sup>15</sup>.

#### *II. Фрагмент, сохранившийся в передаче Якута ар-Руми <sup>16</sup>*

(1) Мухаммад ибн Муса ал-Хорезми сказал: пророк — да будет над ним молитва Аллаха и мир над ним! — завоевал Хайбар <sup>17</sup>, когда прошло шесть лет, три месяца и двадцать один день хиджры [21 раби' второго 7 г. хиджры — 29 августа 629 г.н.э.].

#### *III. Фрагменты, сохранившиеся в передаче ал-Я'куби <sup>18</sup>*

(1) Сказал ал-Хорезми: в день рождения пророка Аллаха [20 апреля 571 г. н. э.] Солнце было в Тельце в [одном] градусе, Луна — во Льве в восемнадцати градусах десяти минутах, Сатурн — в Скорпионе в девяти градусах сорока минутах в конечном движении, Юпитер — в Скорпионе в двух градусах десяти минутах в конечном движении, Марс — в Раке в двух градусах пятидесяти минутах, Венера — в Тельце в двенадцати градусах десяти минутах <sup>19</sup>.

(2) Сказал ал-Хорезми: в этот день [день «откровения» пророка Аллаха 12 ноября 601 г. н. э.] Солнце было в Водолее в двадцати четырех градусах пятнадцати минутах, Луна — в Раке в семнадцати градусах, Сатурн — в Водолее в девятнадцати градусах, Юпитер — в ... двенадцати градусах, Марс — в Рыбах в пятнадцати градусах тридцати минутах, Венера — в Овене в одиннадцати градусах, а Меркурий — в Водолее в тридцати градусах тридцати минутах <sup>20</sup>.

(3) Сказал ал-Хорезми: в день смерти пророка Аллаха [26 мая 632 г. н. э.] Солнце было в Близнецах в шести градусах, Луна — в Близнецах в двадцати трех градусах, Сатурн — в Стрельце в двадцати девяти градусах, Марс — в Рыбах в одиннадцати градусах, Венера — в Раке в восемнадцати градусах, Меркурий — в Близнецах в двадцати восьми градусах, а Голова — в Козероге в двадцати пяти градусах <sup>21</sup>.

(4) Сказал ал-Хорезми: в этот день [10 октября 680 г. н. э.] Солнце было в Весах в семнадцати градусах двадцати минутах, Луна — в Водолее в двадцати градусах двадцати минутах, Сатурн — в Раке