ЎЗБЕКИСТОН ССР ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМИДАГИ ШАРҚШУНОСЛИК ИНСТИТУТИ

МУХАММАД ИБН МУСО АЛ-ХОРАЗМИЙ
(783—850)

АСТРОНОМИК РИСОЛАЛАР

Кириш мақоласи, таржима
ва изоҳлар муаллифи *А. Аҳмедов*

ТОШКЕНТ
ЎЗБЕКИСТОН ССР «ФАН» НАШРИЁТИ
1983

АКАДЕМИЯ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ВОСТОКОВЕДЕНИЯ ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ

МУХАММАД ИБН МУСА АЛ-ХОРЕЗМИ (783—850)

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ТРАКТАТЫ

Вступительная статья, перевод и комментарии *А. Ахмедова*

ТАШКЕНТ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФАН» УЗБЕКСКОЙ ССР
1983

ОГЛАВЛЕНИЕ

О «ЗИДЖЕ» АЛ-ХОРЕЗМИ

В странах Ближнего и Среднего Востока «Зидж» ал-Хорезми, как и его арифметический, алгебраический и географический трактаты, был одним из первых астрономических сочинений.

О времени написания «Зиджа» ал-Хорезми нет достоверных сведений. Не сохранилась и арабская рукопись сочинения. Согласно данным средневекового историка науки и библиографа Ибн ал-Кифти (XII—XIII вв.), который передает со слов своего предшественника ал-Хусейна ибн ал-Адами, в 773 г. в Багдад привезли одно из индийских астрономо-математических сочинений, известное под названием «Сиддханта», а среди арабов — под названием «Синдхинд». По поручению аббасидского халифа ал-Мансура (754—775) Мухаммад ибн Ибрахим ал-Фарази перевел его на арабский. Впоследствии перевод получил название «Большой Синдхинд». Однако этот вариант индийского сочинения, по-видимому, был весьма громоздким и трудным для восприятия, поэтому халиф ал-Мамун (813—833) поручил Мухаммаду ал-Хорезми сократить книгу[1]. Как мы увидим ниже, ал-Хорезми не только сократил перевод ал-Фазари, но и глубоко переработал его, включив огромное количество астрономических сведений эпохи эллинизма, раннего халифата и результаты собственных исследований. Позже труд ал-Хорезми стал известен под названием «Малый Синдхинд», а затем «Зидж» ал-Хорезми. Таким образом, создание «Зиджа» ал-Хорезми мы можем датировать промежутком времени между 819—833 годами, когда ал-Мамун правил в Багдаде и ал-Хорезми руководил библиотекой багдадской академии.

В средние века «Зидж» ал-Хорезми стал широко известен в Европе в обработке испано-арабского астронома и математика Масламы ал-Маджрити, выполненной в 1007 г. В 1126 г. этот обработанный вариант перевел на латинский язык Аделард из Бата.

---

[1] Ибн ал-Кифти, Китāб аẖбāр ал-'уламā би аẖбар ал-ḥукамā (на арабс.). Каир, 1326/1908, с. 177—178.

В переводе Аделарда «Зидж» ал-Хорезми состоит из 37 глав и 116 таблиц. Внимательное рассмотрение «Зиджа» ал-Хорезми показывает, что Маслама ал-Маджрити не подверг его глубокой обработке, лишь внес незначительные изменения, включив «эру путешествия» (*«та' рих ас-сафар»*) и в главах 33—36, связанных с затмениями Солнца и Луны, преобразовал их времена к полудню Кордовы вместо Багдада, которое, несомненно, имелось в оригинале ал-Хорезми. Небольшие изменения внес и Аделард из Бата. Однако в целом сочинение ал-Хорезми сохранило свое построение и оригинальность.

В небольшом предисловии к «Зиджу» ал-Хорезми пишет о цели написания этого сочинения - определить движения планет относительно меридиана Арина. И. Ю. Крачковский доказал, что Арин отождествляется с городом Уджайном в Индии[2]. Первые пять глав сочинения посвящены вопросам хронологии и календаря, необходимым в астрономии.

Во времена ал-Хорезми (как и в наше время) на Ближнем и Среднем Востоке использовались три вида календарей — солнечный, лунный и лунно-солнечный. К солнечным календарям относились юлианский, применявшийся в Западной Европе до реформы календаря римским папой Григорием XIII в 1582 г., а в России до 1918 г., и зороастрийский, использовавшийся в Иране и Средней Азии до арабского завоевания. Лунный календарь — это мусульманский, лунно-солнечный - иудейский. В солнечных календарях продолжительность года 365 или 366 дней, год делится на 12 солнечных месяцев по 30—31 дню, в лунном календаре год содержит 354 или 355 дней и состоит из 12 лунных месяцев по 29—30 дней: в лунно-солнечном календаре год и месяцы — лунные, но когда разница между лунным и солнечным годом достигает месяца, вставляется 13-й месяц, так называемый месяц «наси»: таким календарем пользовались и арабы до ислама, но в 631 г. Мухаммад запретил вставлять месяц «наси» и арабы возвратились к лунному календарю. Юлианский календарь был распространен на территории Византийской империи: после образования арабского халифата им продолжали пользоваться вошедшие в его состав египетские христиане (копты) и сирийцы-христиане. Христианское население Сирии и Месопотамии пользовалось летосчислением, называемым «эрой Александра», началом которого считалось 1 октября 312 г. до н. э. — день вступления на престол одного из наследников Александра Македонского — Селевка Никатора, копты пользовались римской «эрой» Диоклетиана (начало — 29 августа 284 г. н. э.). Персы продолжали пользоваться солнечным календарем и после арабского завоевания, так как земледельческие работы удобнее было регулировать по солнечному календарю, при этом

---

[2] Крачковский И. Ю. Арабская географическая литература. Избр. сочинения, т. IV. М. - Л., 1957, с. 69—71.

они пользовались «эрой Йездигерда», началом которой было вступление на престол последнего сасанидского царя Ирана Йездигерда III — 16 июня 632 г. В еврейском календаре годы отсчитывались от «сотворения мира», якобы произошедшего 7 октября 3761 г. до н. э.

В 1-й главе «Зиджа» («Описание года арабов») описываются годы, месяцы и дни мусульманского лунного календаря, во 2-й главе («Описание года румов») — юлианский календарь. Далее в этой же главе рассматриваются: 1) «эра потопа» (*ат-тӯфāн*, в рукописи athofen), 2) «эра Александра» (Искандара З̱ӯ-л-Ḳарнайна — «Двурогого», в рукописи elkarnein), 3) «эра асофра», которую переводчик именует «нашей испанской эрой», 4) «эра господа», т. е. христианская эра, и 5) мусульманская эра хиджры. Ал-Хорезми пишет, что от начала эры потопа до начала эры Александра прошло 2793 года 2 месяца 5 дней, от начала эры Александра до начала эры «асофра» — 273 года 9 месяцев 17 дней, от начала эры «асофра» до начала христианской эры — 38 лет, от начала христианской эры до начала эры хиджры — 621 год 6 месяцев 15 дней. Фактически «эра потопа» — индийская эра Калиюга, началом которой считается 18 февраля 3102 г. до н э. «Испанская эра» — в арабских источниках *та' рӣх ас-сафар* (эра путешествия) — применялась в Испании в V—XV вв., начало ее — 1 января 37 г. до н. э: «асофра» — искажение слова «ас-сафар». К тем же главам относятся таблицы: 1а — «Составные годы румов, распределенные по 28», 1 б — «Время, прошедшее от одного царствования до другого». Кроме упомянутых выше эр, в этой таблице указаны вавилонская «эра Набонассара» (начало 26 февраля 747 г. до н. э.), греческая «эра Филиппа» (Филипп Арридей, начало 12 ноября 323 г. до н. э.), «эра Диоклетиана» и «эра Йездигерда». В 3-й главе («О заглавиях столбцов») ал-Хорезми формулирует правила построения таблиц эфемерид Солнца, Луны и пяти планет, в которых указаны годы, месяцы, дни, часы и минуты наблюдения этих светил и их положения на эклиптике. В 4-й главе («О началах месяцев арабов») определяются начала арабских месяцев при помощи таблиц. К этой главе относится таблица 2, в которой, кроме начал арабских месяцев, указываются также начала месяцев по персидской «эре Йездигерда» и по «эре Александра»: в таблице даны также дни недели, на которые приходятся начала месяцев. К 5-й главе («Об определении високосного года [румов]»), посвященной переводу дат из одной эры в другую, относятся таблицы 3 и 3 а. В 6-й главе «Зиджа» («О подразделении кругов») ал-Хорезми делит круг на 12 знаков Зодиака, знак Зодиака — на 30 градусов, градус — на 60 минут, минуту — на 60 секунд, секунду — на 60 терций и т. д. Переводчик Аделард круг называет felek, транскрибируя арабское слово *фалак* (т. е. круг), минуту называет dakaica (*«дақāиқа»* — мн. от *«дақӣқа»*).

7—22-я главы посвящены вопросам движения Солнца, Луны и пяти планет в соответствии с геоцентрической системой Птолемея. В 7-й главе («Об определении среднего положения планет») разъясняется способ определения средней долготы $\bar{\lambda}$ планеты на деференте (или эксцентричной орбите) при помощи истинной долготы λ и уравнения Θ. В заглавии «среднее положение» передано в латинском elwazat, являющимся транскрипцией арабского *«ал-васат»*. Сказано также, что момент средней планеты измеряется относительно меридиана Арина, о котором говорилось выше.

В 8-й главе («Об определении положения Солнца») приводится способ пользования таблицами для определения положения Солнца. Для определения истинной эклиптической долготы λ

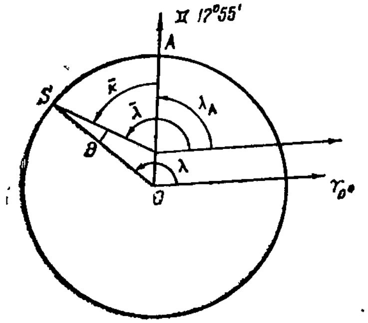

Рис. 1

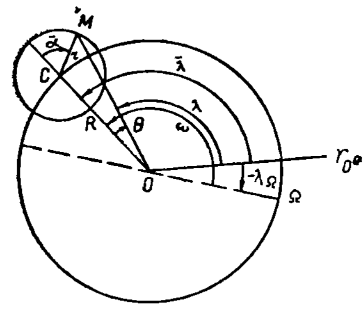

Рис. 2

Солнца ал-Хорезми из таблицы определяет «среднее Солнце», т. е. долготу $\bar{\lambda}$ центра эпицикла Солнца, отсчитываемую как угол между линией, соединяющей центр O′ эксцентричного круга с Солнцем S (рис. 1), и прямой, параллельной линии, соединяющей центр эклиптики с точкой весеннего равноденствия. Здесь эклиптическая долгота λ Солнца связана с $\bar{\lambda}$ соотношением $\lambda=\bar{\lambda}+\Theta$, где Θ — «уравнение Солнца». Ал-Хорезми находит Θ по таблицам как функцию «аномалии» $\bar{k}=\bar{\lambda}-\lambda_A$, где λ_A — эклиптическая долгота апогея Солнца, равная 17° 55′ Близнецов, т. е. 77° 55′ от начала Овна. К этой главе относятся таблицы 4—5 («Среднее положение Солнца») и столбцы 1—3 таблиц 21—26 («Уравнений Солнца и Луны»). В этой главе ряд арабских терминов, как el-aug (от *«ал-аудж»* — апогей), el-vazat (от *«ал-васат»* — среднее положение), al-heza (от арабского *«ал-хисса»* — аномалия) и tadil (от *«та'дил»* — уравнение), переданы без перевода в транскрипции.

Зависимость «уравнения Солнца» Θ от «аномалии» $\bar{k}$ может быть выражена формулой $\operatorname{tg}\Theta=\dfrac{e\sin\bar{k}}{e\cos\bar{k}+R}$ (R — радиус эксцентра, $e=00'$ — расстояние между центрами эклиптики и эксцентра), применив теорему синусов к треугольнику SOO′, где S — центр Солнца.

В 9-й главе («Об определении положения Луны») определяется положение Луны для данного времени, для этого по таблице находят эклиптическую долготу Луны λ и среднюю аномалию Луны $\bar{\alpha}$, т. е. угол между прямыми, соединяющими центр эпицикла с Луной и центр мира с центром ее эпицикла (рис. 2). По $\bar{\alpha}$ находят уравнение Луны $\Theta=/\lambda-\bar{\lambda}/$, где λ — средняя долгота Луны, т. е. эклиптическая долгота центра ее эпицикла. Зависимость Θ от $\bar{\alpha}$ может быть выражена формулой:

$$\operatorname{tg}\Theta=\frac{r\sin\bar{\alpha}}{r\cos\bar{\alpha}+R}$$

(R — радиус эксцентра, r — радиус эпицикла Луны), применив теорему синусов к треугольнику ОСМ, где С — центр эпицикла Луны, М — положение центра Луны на ее эпицикле. К этой главе относятся столбцы 2 и 3 таблиц 6—8 («Средняя [долгота] и [средняя] аномалия Луны»), выражающие зависимость $\bar{\alpha}(t)$ и $\bar{\lambda}(t)$, и столбец 4-й таблиц 21—26, в котором приведено значение уравнения Луны как функции от средней аномалии.

В 10-й главе («Об определении положения Сатурна, Юпитера и Марса») определяются положения планет Сатурн, Юпитер и Марс, в 11-й главе («Об определении положения Венеры и Меркурия») — положения планет Венера и Меркурий. В этих и других главах «Зиджа», посвященных движению планет, ал-Хорезми основывается на положениях геоцентрической системы Птолемея, согласно которой планеты движутся по эпициклам, а центры их — вокруг Земли по деферентам. Следует сказать, что А. Берри и О. Нейгебауэр[3] отметили важную особенность системы Птолемея, являющейся модификацией гелиоцентрической системы одного из его предшественников (по-видимому, Аристарха Самосского), состоящую в том, что отрезок, соединяющий центр эпицикла с планетой, всегда должен быть равен и параллелен отрезку, соединяющему Землю и Среднее Солнце. Эта особенность объясняется так. Если планета P ближе к Солнцу S, чем Земля E, то движение P, согласно гелиоцентрической системе, изобразится рисунком 3, а. В геоцентрической системе движение планеты P по отношению к Земле состоит в том, что Солнце движется вокруг Земли по кругу радиуса SE, а планета — вокруг Солнца по кругу радиуса SP, последний круг и является в этом случае эпициклом (рис. 3, *б*). Если планета P дальше от солнца S, чем Земля E, то ее движение, согласно гелиоцентрической системе, изображается рисунком 4, *а*. В геоцентрической системе движение планеты P по отношению к Земле E состоит в том, что Солнце также движется вокруг Земли по кругу радиуса SE, а планета

[3] Берри О. Краткая история астрономии. Перевод С. Г. Займовского. Изд. 2-е. М.—Л., 1964, с. 105—110; Нейгебауэр О. Точные науки в древности. Перевод Е. В. Гохман. М., 1968, с. 128—129.

вокруг Солнца по кругу радиуса SP (рис. 4, *б*). То же движение мы получим, если дополним фигуру *SPE* до параллелограмма с вершиной *C*. Точка *C* описывает вокруг Земли круг радиуса $EC=SP$, а планета движется вокруг точки *C* по кругу радиуса $CP=ES$; последний круг и является в этом случае эпициклом.

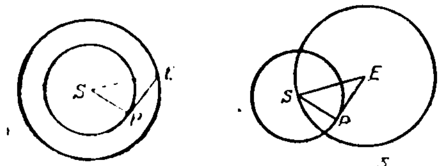

Рис. 3

Помимо упомянутых 10- и 11-й глав, теории движения планет посвящены также 13-, 14-, 17—19-я главы «Зиджа» ал-Хорезми. В 10-й главе для определения положения трех «верхних планет» ал-Хорезми поступает следующим образом. Для данного момента времени по таблицам находит среднюю долготу Солнца $\bar{\lambda}_s$ и планеты $\bar{\lambda}$. Затем узнает «аномалию» $\alpha_1=\bar{\lambda}_s-\bar{\lambda}$. Как уже отмечено,

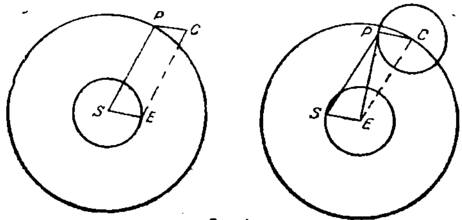

Рис. 4

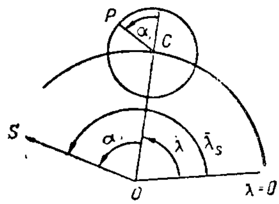

Рис. 5

важная особенность системы Птолемея — параллельность линий CP, соединяющих планету P с центром C эпицикла, и линии OS, соединяющей центр мира O со средним Солнцем S (рис. 5). Далее по аномалии α_1 по таблице находят уравнение $\sigma_1(\alpha_1)$, т. е. угол POC (рис. 6). Зависимость σ_1 от α_1 может быть выражена формулой $\operatorname{tg}\sigma_1=\frac{r\sin\alpha_1}{r\cos\alpha_1+R}$, полученной из теоремы синусов для треугольника POC. Далее определяется „исправленная долгота апогея“ $s(\alpha_1)=\lambda_A-\frac{1}{2}\sigma_1$. Затем находят „центр“ $k_1=\bar{\lambda}-\lambda_A$, т. е. угол AOC (рис. 7), и величину $k_2=k_1+\frac{1}{2}\sigma_1=\lambda-S$, т. е. угол A′OC = AOC′. Затем по k_2 по таблице находят „уравнение центра“ μ_1, являющееся поправкой на эксцентриситет, т. е. на то, что деферент эпицикла смещен по сравнению с эпициклом с центром на концентричном деференте на расстояние *e* и центр эпицикла занимает не положение C, а положение Г ($e=C'\Gamma$); уравнение μ_1 — угол ГOC′. Зависимость μ_1 от k_2 может быть выражена формулой $\operatorname{tg}\mu_1=\frac{e\sin k_2}{e\cos k_2+R}$, получаемой из теоремы синусов для треугольника OC′Г (рис. 8). Далее определяется

„исправленный центр“ $k_3 = k_2 + \mu_1$ и „исправленная аномалия“ $\alpha_2 = \alpha_1 - \mu$, т. е. угол СОС″ (рис. 9). По новому центру С″ эпицикла устанавливается положение Р″ планеты (рис. 10) и определяется поправка уравнения аномалии $\sigma_2(\alpha_2)$, т. е. угол С″ОР″.

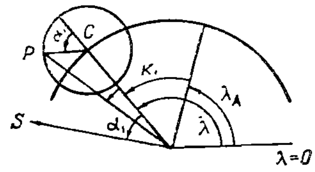

Рис.6

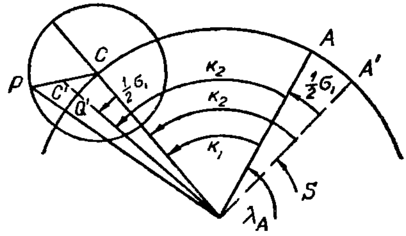

Рис.7

Зависимость σ_2 от α_2 можно выразить формулой $\operatorname{tg}\sigma_2 = \frac{r \sin \alpha_2}{r \cos \alpha_2 + R}$, получаемой из теоремы синусов для треугольника Р″ОС″. Далее определяется окончательный „центр“ $k_4 = k_3 + \sigma_2$ и истинная долгота планеты $\lambda = k_4 + s = k_3 + \sigma_2 + \lambda - k_2 = \bar{\lambda} + \mu_1 + \sigma_2$.

В 11-й главе аналогично определяется положение двух нижних планет с той лишь разницей, что в силу указанной особеннос-

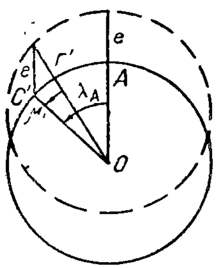

Рис.8

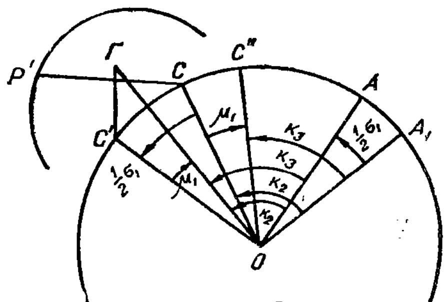

Рис.9

ти системы Птолемея для нижней планеты «средняя планета» совпадает со «средним Солнцем», т. е. $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_S$, и аномалия $\bar{\alpha}_1$ не зависит от $\bar{\lambda}_s$; в этом случае $\bar{\lambda}$ и $\bar{\alpha}_1$ находят по таблицам.

К рассмотренным двум главам относятся таблицы 27—56 («Уравнения Сатурна», «Уравнения Юпитера», «Уравнения Марса», «Уравнения Венеры» и «Уравнения Меркурия»), в которых указаны «средние планеты» (эклиптические долготы центров их эпициклов), их «аномалии», определяющие их положения на эпициклах, «уравнения центра» и «уравнения аномалии»— поправки, уточняющие эти данные и некоторые другие характеристики планет.

В 12-й главе («Об определении положения *джаузахира*») ал-Хорезми показывает, как определяется положение восходящего и нисходящего узлов Луны. К этой главе относятся таблицы 19—20 («Средний *джаузахир* [Луны]»).

В 13-й главе („Стояния, прямые и попятные движения планет“) ал-Хорезми описывает видимые движения планет. Если эпицикл планеты — круг с центром в D (рис. 11), а Φ и Ψ — точки касания касательных $O\Phi$ и $O\Psi$, проведенных к этому эпициклу из точки O, то Φ и Ψ — точки стояния планет, соответственно I-я и 2-я. По дуге $\Psi\Phi$ происходит прямое движение планет, а по дуге $\Phi\Psi$ — попятное движение.

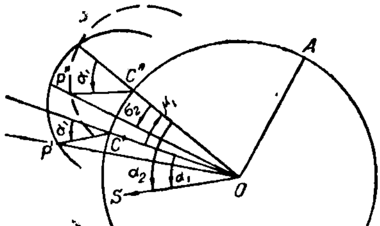

Рис.10

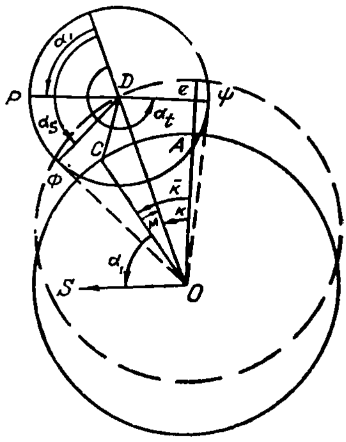

Рис.11

Угол между прямыми OD и $D\Phi$ обозначим α_S, а угол между прямыми OD и $D\Psi$ обозначим α_t(очевидно, что $\alpha_t = 360^\circ - \alpha_S$). Здесь находится аномалия α, связанная с аномалией α_1 соотношением $\alpha = \alpha_1 - \mu$, где μ — угол COD — „исправленный эксцентриситет“. При прямом движении аномалия α меньше α_S или больше α_t, при попятном аномалия α больше α_S или меньше α_t.

14-я глава («Об интервале времени, соответствующем вышеупомянутым стояниям») посвящена специальному изучению стояний, к ней относятся пятые столбцы таблиц 27—56 («Первые стояния»). К 15-й главе («Об определении склонения Солнца») относится столбец 4 таблиц 21—26. К 16-й главе («О широте Луны») относится столбец 5 таблиц 21—26 («Широта Луны»).

В 17-й главе («О широтах трех верхних планет») определяются широты планет. Изменение широт верхних планет объясняется постоянным наклоном деферента к эклиптике при параллельности плоскости эпицикла плоскости эклиптики, а изменение широт нижних планет — постоянным наклоном эпицикла к плоскости эклиптики при совпадении плоскости деферента с плоскостью эклиптики. Здесь приводятся следующие значения угла наклона плоскости деферента к плоскости эклиптики: для Сатурна 5°, для Юпитера 2° 30′, для Марса 3° 45′. Значения угла наклона плоскости эпицикла к плоскости эклиптики для Венеры 5° и для Меркурия 16° 15'. Заслуживает внимания один параметр, введенный ал-Хорезми в этой главе. По-латински он передан терминами elheca examinatum и argumentum examinatum, соответствующими арабскому *«ал-хисса ал-му'аддала»*, т. е. «уравненный аргумент».

В 18-й главе («Об апогеях и перигеях планет») указаны апогеи и перигеи планет. По ал-Хорезми апогеи планет равны: Сатурна — 4° 55' Стрельца, Юпитера — 22° 32' Девы, Марса — 8° 24' Льва, Венеры — 21°15' Близнецов, Меркурия — 14°51' Скорпиона. Ал-Хорезми отмечал, что за сутки апогей Луны совершает движение, равное 0°0'40"8'''48^{IV}, а за час 0°0'36"42'''27^{IV}.

В 19-й главе («Об узлах планет») приведены долготы восходящих узлов планет: Сатурна — 13°12' Рака, Юпитера — 22°1' Близнецов, Марса — 21°54' Овна, Венеры — 29°27' Тельца, Меркурия — 21°10' Овна. По словам ал-Хорезми, за сутки узел Луны передвигается на 0°3'11"48''', за час — на 0°0'7"57'''.

В 20-й главе («О суточном движении Луны») говорится, что за сутки Луна передвигается на 13°10'34"52'''48^{IV}, за час на 0°32'56"47'''52^{IV}.

В 21-й главе («О суточном движении Солнца») приводятся данные о суточном и часовом продвижении Солнца, а также некоторые сведения из «Альмагеста» Птолемея. Первая из этих величин у ал-Хорезми равна 0°59'8", вторая — 0°2'27"50'''25^{IV}.

В 22-й главе описывается появление новой Луны вечером 29-го дня лунного месяца. Чтобы узнать видна ли Луна вечером 29-го дня, находят долготу λ_L Луны, ее элонгацию $\lambda_L - \lambda_S$, т. е. расстояние от Солнца, и широту β. Вычисления производят для 6 часов после полудня 29-го лунного месяца. Составляя выражение

$$\Delta\lambda = \lambda_L - \lambda_S + \beta,$$

сравнивают его со значением $\Delta\lambda_0$, найденным в таблице 57а для аргумента λ_l. Для видимости Луны необходимо и достаточно, чтобы было $\Delta\lambda \geqslant \Delta\lambda_0$.

23-я глава («Определение синуса по дуге и обратно») посвящена тригонометрии. Здесь ал-Хорезми излагает правило нахождения «плоского синуса», т. е. линии синуса $\mathrm{Sin}\alpha = R\sin\alpha$, где R — радиус круга, и «обращенного синуса» $\mathrm{Sinvers}\alpha = R\,\mathrm{sinvers}\alpha = R(1-\cos\alpha)$ при помощи таблиц. К этой главе относятся таблицы умножения шестидесятеричных чисел (таблица 57 а) и «Таблицы синусов» (58 и 58 а).

В Оксфордской и Шартрской рукописях слово «синус» передано в форме elgeib, являющийся транскрипцией арабского *«ал-джайб»*, в Мадридской рукописи дан его перевод sinus. Само слово *«ал-джайб»* — искажение санскритского слова *джива* — «тетива». Впоследствии, введя линию синуса, индусы назвали ее *ардха-джӣва* — «полутетива», позже для краткости частицу *ардха* отбросили. Слово sinus — перевод первоначального значения слова *джайб* — «впадина, пазуха». «Плоским синусом» (*ал-джайб ал-муставu*) арабы называли линию синуса, «обращенным синусом» — линию синус-версуса (sinus-versus — перевод арабского названия), ту же линию индусы, а впоследствии и арабы, называли «стрелой». Вслед за александрийскими и индийскими математиками и астрономами синус измеряют в шестидесятых частях радиуса круга.

Связь между „плоским синусом" $\operatorname{Sin}\alpha$ и „обращенным синусом" $\sin\operatorname{vers}\alpha$ дуги α, изложенную ал-Хорезми, можно выразить формулами

$$\operatorname{Sin}\operatorname{vers}\alpha = 60 - \operatorname{Sin}(90° - \alpha), \text{ при } \alpha < 90°,$$

$$\operatorname{Sin}\operatorname{vers}\alpha = 60 + \operatorname{Sin}(\alpha - 90°), \text{ при } \alpha > 90°.$$

Эти правила равносильны нашему $\sin\operatorname{vers}\alpha = 1 - \cos\alpha$, где в первом случае $\cos\alpha > 0$, а во втором случае $\cos\alpha < 0$.

24—27-е главы «Зиджа» ал-Хорезми посвящены математической географии. В 24-й главе («Как определить широту любой местности») ал-Хорезми приводит математические и астрономические правила нахождения широты местности. Когда Солнце стоит в начале знаков Овна и Весов, оно находится на небесном экваторе, и наибольшая высота (в тексте artifa — искажение арабского *иртифа'*) будет высотой точки пересечения небесного экватора с небесным меридианом, связанной с широтой местности φ соотношением $h_{max} = 90° - \varphi$. Если Солнце находится вне небесного экватора и имеет склонение δ, то для весны и лета действует соотношение $90° - \varphi = h_{max} - \delta$, а для осени и зимы $90° - \varphi = h_{max} + \delta$. В 25-й главе («Восхождения знаков [Зодиака] на прямой сфере») определяются прямые восхождения знаков Зодиака. К этой главе относятся таблицы 59—59 б. Правило ал-Хорезми нахождения прямого восхождения α по склонению δ и наибольшему склонению ε можно выразить формулой

$$\operatorname{Sin}\alpha = \frac{\operatorname{Sin}\delta \cdot \operatorname{Sin}(90° - \varepsilon)}{\operatorname{Sin}\varepsilon} \cdot 60 \cdot \frac{1}{\operatorname{Sin}(90° - \delta)},$$

что равносильно формуле $\operatorname{Sin}\alpha = R \cdot \frac{\operatorname{tg}\delta}{\operatorname{tg}\varepsilon}$. В настоящей главе $\operatorname{Sin}\varepsilon$ назван «первым синусом» (elgeib primum — полуперевод выражения *ал-джайб ал-аввал*), $\operatorname{Sin}(90° - \varepsilon)$ — «вторым синусом» (elgeib secundum — полуперевод выражения *ал-джайб ас̱-с̱āнū*), $\operatorname{Sin}\delta$ — «третьим синусом» (elgeib tertium — полуперевод выражения *ал-джайб ас-с̱āлис̱*) и $\operatorname{Sin}(90° - \delta)$ — «четвертым синусом» (elgeib quartum — полуперевод выражения *ал-джайб ар-раби'*). В 26-й главе («Со сколькими градусами восходит в любой местности каждый знак [зодиака]»), рассматривается более сложная задача: определяются восхождения любого градуса зодиака для любой местности. В 27-й главе («Длина часа в любой день и в любой местности») определяется длина «косого часа», т. е. 1/12 светлого или темного времени суток, в зависимости от дня года и широты местности. Зависимость «косого часа» самого длинного дня от широты местности можно выразить формулой

$$h_s = 1^h + \frac{1^h}{12 \cdot 15} \operatorname{arc}^\circ \cos\left(2\frac{\cos^2\varphi - \sin^2\varepsilon}{\cos^2\varphi \cdot \cos^2\varepsilon} - 1\right),$$

где φ — широта местности, ε — наибольшее склонение.

В 28-й главе («Каким образом по высоте Солнца определяется плоская тень любого тела») ал-Хорезми опять обращается к тригонометрии. Он приводит правила определения «плоской тени», т. е. линии котангенса 12 ctgh (h — высота Солнца) и «обращенной тени», т. е. линии тангенса 12 tgh гномона, длина которого равна 12 «пальцам». Если «плоскую тень» обозначить s, «обращенную тень» — $\bar{s}$, то правила ал-Хорезми можно выразить формулами

$$s = \frac{12 \operatorname{Sin}(90^\circ - h)}{\operatorname{Sin} h} = 12 \operatorname{ctg} h,$$

$$\bar{s} = \frac{12 \operatorname{Sin} h}{\operatorname{Sin}(90^\circ - h)} = 12 \operatorname{tg} h.$$

В рукописи слово «плоская» передано в транскрипции — elmustevia (от *ал-муставийа* — плоская). К этой главе относится таблица 60 (Таблица теней»).

В 29-й главе («О *бухте* [планеты] и о способе его определения») ал-Хорезми формулирует правила определения скорости движения планеты.

В 30-й главе («О величине солнечного диска») приводится правило определения размеров диска Солнца: «Движение [Солнца] за один день нужно помножить на 33 минуты; результат будет ответом на твой вопрос. Если вопрос касается одного часа, то движение Солнца за час нужно помножить на 13 и одну пятую. Этим способом ты определишь то, что хотел»[4]. Если диаметр диска Солнца обозначить d_s, его движение в градусах за сутки обозначить $v^{0\,d}$, движение в градусах за час обозначить $v^{0\,h}$, то правило ал-Хорезми можно выразить формулой

$$d_s = = O^\circ 33' \cdot v^{0/d} = 13^\circ 12' \cdot v^{0\,h}.$$

К этой главе относятся столбцы 1—3 и 5 таблиц 61—66 («Таблицы *бухтов*»).

---

[4] Suter H. Die astronomichen Tafeln des Muhammed ibn Mūsā al-Khwarizmi, S. 22—23; Neugebauer O. The Astronomical Tables of al-Khwarizmi, p. 33.

В главе 30 а («О величине лунного диска») формулируется аналогичное правило для определения диаметра диска Луны:

$$d_L = 0^{\circ}2'16'' \cdot v_L^{0\,d} = 0^{\circ}58'10'' \cdot v_L^{0\,h} \ ,$$

где $v_L^{0\,d}$ движение Луны за сутки в градусах, $v_L^{0\,d}$ — движение Луны за час в градусах.

31—32-я главы посвящены астрономическим вопросам астрологии. В 31-й главе («О соединении и противостоянии [планет]») описывается определение положений, когда Солнце, Луна и Земля находятся на одной прямой; эти положения называют сизигиями (от греческого syzygia—сопряжение). Здесь по таблицам 69—72 определяются истинные сизигии и средние сизигии. 39-я глава («Определение градуса кульминации и эквализация 12 домов») посвящена «эквализации домов» (в рукописи tezwiet elbuiut — искажение арабского «*тасвийату-л-буйӯт*») — одной из основных астрологических операций. Несмотря на применение этой операции в астрологии, в ее основе лежали астрономические вопросы, решение которых требовало наличия точного астрономического представления и выполнения сложных математических вычислений. К двум этим главам относятся таблицы 69—72.

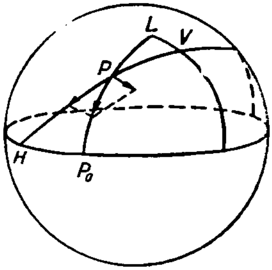

Рис. 12

33—35-е главы посвящены затмениям Солнца и Луны и проблемам параллакса. В 33-й главе («Как определяются затмения Солнца или Луны») при помощи таблиц определяется величина затемненной части светила. К этой главе относятся таблицы 73—76, причем в таблицах 73—74 («Затмения Луны при наибольшем удалении») говорится о затмениях Луны в апогее эпицикла. Таблица названа elkusufet elkamarie libod elabad — искажение арабского *«Ал-кусуфат ал-ḳамарийа ли-бу'д ал-аб'ад»*. Таблицы 75—76 («Затмения Луны при наименьшем удалении») содержат значения затмения Луны в перигее эпицикла. Фазы затмения Луны в рукописи названы elzukut, elmukdh, elingile, являющиеся искажением арабских слов «*ас-суḳӯт*» (т. е. «впадение» в затмение), «*ал-мукс*» (полное затмение), «*ал-инджилā*» (т. е. «прояснение» — конечная фаза затмения).

В 34-й главе «Зиджа» ал-Хорезми («О параллаксе Луны по долготе и широте, [выраженным] в часах») при помощи таблиц находят долготный и широтный параллаксы Луны. Долготный параллакс определяют следующим образом. Если обозначить H — точку восхода эклиптики, т. е. гороскоп, а V — высшую точку эклиптики, то долгота этой точки $\lambda_V = \lambda_H - 90^{\circ}$. Если L — место

Луны на эклиптике, то по таблицам 59, 59в находится разность прямых восхождения точек L и V (рис. 12):

$$\Delta\alpha = \alpha_L - \alpha_V, \text{ если } \lambda_L \geqslant \lambda_V, \quad \Delta\alpha = \alpha_V - \alpha_L, \text{ если } \lambda_L \leqslant \lambda_V .$$

В таблицах 77, 77а приведены значения широтного параллакса P_λ в часах и минутах. Параллакс $\pi_з$ находится по правилу $\pi_з = \pi_0 \cdot \sin \bar{a}$, где π_0 — „горизонтальный параллакс", т. е. значение параллакса для того случая, когда точка L занимает положение L_0 на горизонте $(h = 90°)$, π_0 имеет величину равную $0°48'45''$. Зенитное расстояние $\bar{a}$ высшей точки V эклиптики находится по правилу

$$\left.\begin{aligned} \bar{a} &= \varphi - \delta, \text{ если } \delta \leqslant \varphi \\ \bar{a} &= \delta - \varphi, \text{ если } \delta \geqslant \varphi \end{aligned}\right\} \text{и } \delta \text{ северное,}$$

$$\bar{a} = \varphi + \delta, \text{ если } \delta \text{ южное,}$$

где φ — географическая широта местности, а δ — склонение точки V.

Параллакс P_λ находится по правилу

$$P_\lambda = 1^h 36' \cdot \sin \Theta,$$

где Θ — решение так называемого уравнения Кеплера

$$\Theta - \pi_0 \cdot \sin \Theta = \Delta\alpha,$$

известного и решенного итерационным процессом коллегой ал-Хорезми Хабашем ал-Хасибом[5]. Долготный параллакс в градусах π_λ связан с P_λ соотношением $\pi_\lambda = v \cdot P_\lambda$, где v — скорость Луны в час в градусах, равная $6° 24^h$. Полный параллакс π связан с параллаксами $\pi_з$ и π_λ соотношением $\pi^2 = \pi_з^2 + \pi_\lambda^2$.

В 35-й главе («О параллаксе при солнечных затмениях») производится вычисление солнечных затмений с учетом параллакса. Значения широтного параллакса Луны $\pi_з$ и радиуса Луны r_L , известные в градусах, пересчитываются в «пальцы», равные 1/12 диаметра Солнца d_S :

$$\pi_з' = 12 \frac{\pi_з}{d_S}, \quad r_L' = 12 \frac{r_L}{d_S} .$$

Очевидно, что $r_L' = 6$. Так как параллакс изменяет высоту Луны, величина затемненной части Солнца в „пальцах" 1/12 равна m, определяемому из столбца 3 таблицы 78;

---

[5] Kennedy E. S., Transue W. B. A medieval iterative algorism. American Mathematical Monthly, 1956, vol. 63, N 2, p. 80—83

в случае, когда Луна севернее Солнца, $m+\pi''_\beta$, а когда Луна южнее Солнца, $m-\pi'_\beta$. Поэтому вычисление затмения производят по правилу: в случае, когда Луна севернее Солнца, составляется выражение $m+\pi''_\beta-\left(r'_S+r'_L\right)$ и если

$$m+\pi'_\beta-\left(r'_S+r'_L\right)\begin{cases}\geqslant r''_S+r''_L \text{ — нет затмения}\\ =O \text{ — полное затмение}\\ < r''_S+r''_L \text{ — частичное затмение.}\end{cases}$$

Когда же Луна южнее Солнца, то вместо $m+\pi'_\beta$ рассматривается выражение $m-\pi''_\beta$. Максимальное значение затмения $m=12\,\frac{r_L}{r_S}$. В таблице 78 приводятся значения m и r_L для случаев, когда Луна находится в апогее эпицикла и когда в перигее эпицикла.

В 36—37-й главах ал-Хорезми обращается к астрологическим вопросам. В 36-й главе («Об эквализации 12 домов») рассматривается астрологическая операция «эквализации», т. е. поправка при «уравнивании» домов при помощи таблиц. К этой главе относятся таблицы 79—90 («Эквализация двенадцати домов»), построенные для каждого знака Зодиака. Вместе с латинским переводом названия таблицы в рукописи приведена транскрипция tezwiet elbuiut idhnascer liburug elhamel арабского *«Тасвийат ал-буйӯт иснā ʻашара ли-бурдж ал-ҳамал»*. В 37-й главе («Как определяются аспекты планет — гексагональный, квадратурный и тригональный»), определяются так называемые аспекты (*назар*) светил и астрологическая операция «проектирование лучей» (*матāрӣх аш-шуʻāʻ*) в различных аспектах. «Гексагональным аспектом» называется расположение светил с разностью эклиптических долгот в 60°, «квадратурой» — расположение светил с разностью тех же долгот в 90°, а «тригональным аспектом» — расположение тех же светил с разностью долгот в 120°. К этой главе относятся таблицы 91—114 («Проектирование лучей»), таблицы 115 («Таблица перемены годов рождений») и 116 («Таблица домовладык»).

Источники «Зиджа» ал-Хорезми

Как мы уже упоминали, одним из названий, под которым был известен «Зидж» ал-Хорезми, было «Малый Синдхинд» (или «Зидж Синдхинда»), свидетельствующее о том, что «Зидж» ал-Хорезми был обработкой одной из индийских «сиддхант». Важнейшим среди «сиддхант» было сочинение «Усовершенствованное учение Брахмы» (Брахмаспхута сиддханта) крупнейшего индийского астронома и математика VII в. Брахмагупты[6]. И. Я. Буркхард, сравнив данные «Зиджа» ал-Хорезми с сиддхантой Брахмагупты[7], вычислил по таблицам ал-Хорезми среднее движение Солнца, Луны и каждой из пяти планет и сравнил их со средними движениями этих светил в труде Брахмагупты. Его сравнение показало, что периоды обращения Солнца, Луны, Юпитера и Марса в «Зидже» совпадают с периодами обращения этих светил у Брахмагупты, периоды обращения Венеры и Меркурия в «Зидже» мало отличаются от таковых у Брахмагупты; существенная разница отмечена только для периода обращения Сатурна.

О способах вычисления ал-Хорезми дисков Солнца и Луны Беруни писал в своей «Индии»: «Что касается способов вычисления диаметров Солнца и Луны, как они приводятся в индийских зиджах, таких как «Кхандакхадьяка» и «Каранасара», то они те же, как и способ, который мы находим в «Зидже» ал-Хорезми. Вычисление диаметра тени в «Кхандакхадьяке» такое же, как у ал-Хорезми»[8]. Упоминаемый здесь Беруни индийский астрономический труд «Кхандакхадьяка» на самом деле «Карана-Кхандакхадьяка» — астрономический труд Брахмагупты, относящийся к типу индийских астрономических сочинений, называемых «Карана», о которых Беруни писал, что эти сочинения «стоят на более низкой ступени, чем сиддханты», причем «карана» значит то, что следует, то есть следует сиддханте»[9]. «Каранасара» — «Извлечение из каран» — сочинение Виттешвары.

В «Каноне Мас'уда» Беруни писал о вычислении появления новой Луны, что ал-Хорезми и другие багдадские астрономы «взяли это у индийцев», но «перешли от минут к *заманам* (т. е. от 60-х долей суток к 360-м долям суток)»[10]. Там же по поводу вычисления положения Луны Беруни писал: «Что касается ал-Хорезми, то он действовал согласно действиям индийцев, неверным способом»[11]. Однако в «Индии» Беруни отмечает отклонения ал-Хорезми от методов индийцев: «Я не премину отметить, что различные виды затмений, описанные в «Зидже» ал-Хорезми хотя и хорошо представлены на словах, но противоречат действительным наблюдениям. Описание индийцами этого явления более верно и правильно»[12].

Таким образом, критикуя ошибки ал-Хорезми, Беруни отмечает, что в одном случае эти ошибки объясняются следованием ал-Хорезми за индийцами, в другом случае, наоборот, отклонением от них.

---

[6] Brahmagupta. The Brahma-sphuta-siddhanta, S. Dvivedi (Ed., notes). Benares, 1902.

[7] Burckhardt J. J Die astronomischen Tafeln von Al-Khwārizmi. Verhandlungen d. Schweizerischen Naturforsch Ges, 1956, p. 73—75.

[8] Беруни Индия, с. 413.

[9] Там же, с. 163.

[10] Беруни. Канон Мас'уда, ч. 2, с. 225.

[11] Там же, с. 228.

[12] Беруни. Индия, с. 439.

Среди работ, написанных до ал-Хорезми и основанных на индийских научных традициях, следует назвать труды современника уже упоминавшегося Ибрахима ал-Фазари—Якуба ибн Тарика. Основываясь на сведениях индийских ученых, он составил трактаты «Строение небесных сфер» (*Таркиб ал-афлак*), «Распределение *карданжей* синуса» (*Такти' кардаджат ал-джайб*) и «Книгу зиджа, содержащегося в Синдхинде градуса к градусу» (*Китаб аз-Зидж ал-махлул фи-с-Синдхинд лидараджа дараджа*), которые наряду с «Большим Синдхиндом» ал-Фазари были широко распространены до «Зиджа» ал-Хорезми[13]. Безусловно, на «Зидж» ал-Хорезми определенные влияния оказали и работы Якуба ибн Тарика.

Говоря об источниках «Зиджа» ал-Хорезми, нельзя не упомянуть среднеперсидский «Шахский зидж». Это сочинение, известное в халифате под названием «Зидж аш-Шах» или «Зидж аш-Шахрийар» и составленное при последнем сасанидском шахе Йездигерде III, также основывалось на традициях индийской астрономии. При составлении своего сочинения ал-Хорезми пользовался этим зиджем[14].

Третьим, весьма важным источником «Зиджа» ал-Хорезми был «Альмагест» Птолемея. Теорию движений Солнца, Луны и пяти планет ал-Хорезми, безусловно, заимствовал у своего знаменитого греческого предшественника. На авторитет Птолемея ссылается сам ал-Хорезми в 23-й главе «Зиджа»: «Если же кто-нибудь спросит, каким образом таким-то аргументам приписываются такие-то синусы и наоборот, то пусть знает, что по поводу причины этого правила следует обратиться к «Альмагесту» Птолемея»[15].

Действительно, в первый раз на арабский язык «Альмагест» Птолемея был переведен еще до 803 г. по поручению визиря Яхъи ибн Халида, возможно, с сирийского[16]. Перевод был не качественный, поэтому около 827—828 гг. по поручению халифа ал-Мамуна «Альмагест» перевели вторично, но уже с греческого. Еще во времена ал-Хорезми эти переводы были популярны и также повлияли на его творчество.

Таким образом, при составлении своего «Зиджа» ал-Хорезми основывался на индийских, иранских и эллинских источниках, а также на своих наблюдениях и наблюдениях багдадских коллег.

---

[13] Володарский А И Очерки истории средневековой индийской математики М, 1977, с 174; Sezgin Fuat Geschichte des Arabischen Schrifttums, Bd. VI, Astronomie, Leiden, 1978, S 124—127

[14] Крачковский И Ю Сочинения, IV, с. 73

[15] См ниже, с 42

[16] Крачковский И Ю Сочинения, IV, с. 78

«Зидж» ал-Хорезми в последующие столетия

Сразу же после появления «Зидж» ал-Хорезми привлек внимание ученых халифата. Первый комментарий к нему составил соратник и коллега ал-Хорезми по багдадской академии знаменитый Ахмад ибн Касир ал-Фаргани (IX в.) под названием *«Та'лил ли-Зидж ал-Хуваразми»* («Разъяснение зиджа ал-Хорезми»)[17]. Основываясь на «Зидже» ал-Хорезми, Абу-л-Фадл ибн Машааллах (IX в.)[18] составил свой «Зидж». В X в. сочинение ал-Хорезми комментировал Мухаммад ибн Абд ал-Азиз ал-Хашими в трактате *«Та' лил зидж ал-Хуваразми»*[19].

Пожалуй, наибольшее внимание уделил астрономическому труду ал-Хорезми его соотечественник великий Абу Райхан Беруни (973—1048 гг.). Он посвятил «Зиджу» ал-Хорезми три сочинения. Одно из них *«Китаб ал-маса'ил ал-муфида ва-л-джавабат ас-садида»* («Полезные вопросы и верные ответы»), состоявшее из 250 листов, о теоретической аргументации «Зиджа» ал-Хорезми[20]. В следующем сочинении *«Ибтал ал-бухтин би-йрāд ал-бурхан 'ала а'мал ал-Хуваразми фи зиджихи»* («Опровержение лжи путем приведения доказательств к действиям ал-Хорезми в его зидже»)[21], состоявшем из 360 листов, Беруни критиковал некоего врача Абу Талху, по-видимому, неверно толковавшего «Зидж» ал-Хорезми. И, наконец, третий труд *«Китаб ал-васиṭа байна Абу-л-Ḫасан ал-Ахвази ва ал-Ḫуварāзмӣ»* («Книга посредничества между [взглядами] Абу-л-Хасана ал-Ахвази и ал-Хорезми») написан Беруни в защиту от несправедливой критики «Зиджа» ал-Хорезми астрономом IX в. Абу-л-Хасаном ал-Ахвази[22]. Эта книга Беруни состояла из 600 листов, т. е. была одним из самых крупных его сочинений, однако, как и предыдущих два сочинения, к сожалению, до нашего времени не сохранилась.

Одной из средневековых обработок сочинения ал-Хорезми были комментарии испано-арабского астронома XI в. Ахмада ибн ал-Мусанны ибн Абда-л-Карима. В XII в. его комментарии перевел на древнееврейский язык Абрахам бен Эзра. В настоящее время известны испанский[23] и английский[24] переводы труда

---

[17] Sezgin F. GAS, Bd VI, S. 142

[18] Al-Biruni On Transits Beirut, 1959, p 68

[19] Sezgin F Ibid

[20] Булгаков П Г Жизнь и труды Беруни Ташкент, 1972, с. 127

[21] Там же, с 128

[22] Там же

[23] Millás Vallicrosa J. M. La autenticidad del comentaro a las tablas astronómicas de al Jwarizmi por Ahmad ibn al-Mutanna; in Isis, 54/1964, p. 114—119

[24] Goldstein B. R Ibn al-Muthanna's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwārizmi, New Haven—London, 1967.

Ибн ал-Мусанны и некоторые исследования, посвященные этому сочинению[25].

Выше мы говорили о варианте «Зиджа» ал-Хорезми в небольшой обработке другого испано-арабского астронома Масламы ал-Маджрити (XI в.), которого точнее было бы назвать переписчиком «Зиджа». В настоящее время известно четыре рукописи латинского перевода с экземпляра ал-Маджрити, выполненных в 1126 г. Аделардом из Бата. Эти латинские рукописи хранятся в Бодлеянской библиотеке Оксфордского университета (N. Cod. auct F. 1. 9), Национальной библиотеке в Париже (№ 3642/1258), Шартрской библиотеке (№ 214/173) и Национальной библиотеке Мадрида (№ 10016)[26]. На основе этих четырех рукописей А. Бьёрнбо и Р. Бестхорн подготовили критический латинский текст «Зиджа», изданного в 1914 г. Г. Зутером, снабдившим его предисловием и комментариями на немецком языке[27]. По изданию Г. Зутера в 1962 г. О. Нейгебауэр выполнил английский перевод «Зиджа».[28] В своем издании таблицы «Зиджа» он опустил, что, на наш взгляд, является недостатком его издания. Однако этот недостаток в значительной мере компенсируется тем, что О. Нейгебауэр приводит таблицы по анонимной обработке «Зиджа» ал-Хорезми, хранящейся в фонде Корпус Кристи колледж (MS 283) Бодлеянской библиотеки Оксфордского университета, с комментариями. Наш перевод осуществлен на основе изданий Г. Зутера и О. Нейгебауэра. Таблицы нами заимствованы из критического текста Г. Зутера, поэтому разночтения цифр не комментируем. Мы приводим их в сокращенном виде.

Ю. Х. Копелевич и Б. А. Розенфельд опубликовали тригонометрические главы с соответствующими таблицами «Зиджа»[29]. Ранее тригонометрические таблицы были опубликованы А. А. Бьёрнбо на датском языке[30]. И. Я. Буркхардт в упомянутой

---

[25] Kennedy E S Rezension Goldstein B. R. Ibn al-Muthannā's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwārizmi, in JAOS, 89/1969, p. 297; Bruins E M Rezension Goldstein B. R. Ibn Al-Muthnna's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwārizmi, in Janus, 55/1968, p 236—237; Burckhardt J. J Rezension Goldstein B. R. Ibn al-Muthannā's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwarizmi, in· Isis, 60/1969, p 240—242.

[26] В дальнейшем для удобства обозначим рукописи первыми буквами городов, где они хранятся Оксфордскую — О, Парижскую — П, Шартскую — Ш, Мадридскую — М, текст Г Зутера, подготовленный на основе этих рукописей, обозначим шифром Т

[27] [Suter H.] Die Astronomischen Tafeln des... al-Khwārizmi, Copenhage, 1914

[28] Neugebauer O. The astronomical tables of al-Khwarizmi. Kbenhavn, 1962.

[29] Мухаммад ал-Хорезми Математические трактаты Ташкент, с 89—93, 125—129

[30] Bjórnbo A. A Al-Chwarizmi's trigonometriske Tavler, Festskrift til H G Zeuthen Köbenhavn, 1909, p 1—17

выше работе[31] сравнил таблицы планетных движений ал-Хорезми с таковыми в «Брахмаспхута сиддханте» Брахмагупты: он же изучил влияние «Зиджа» ал-Хорезми на развитие астрономии в средневековой Европе[32]. Есть и исследования Г. Зутера[33], Э. С. Кеннеди и В. Укаши[34], Э. С. Кеннеди[35], Б. А. Розенфельда и Н. Д. Сергеевой[36].

Влияние «Зиджа» ал-Хорезми на европейскую науку изучено Г. Зутером, К. А. Наллино и советским востоковедом-историком науки И. Ю. Крачковским. Мнение исследователей единогласно в том, что «Зидж» ал-Хорезми, как и его арифметический и алгебраический трактаты, появился именно в тот момент, когда такая работа была необходима, тем самым ал-Хорезми «стандартизировал» астрономию на несколько веков вперед, вплоть до эпохи Улугбека включительно. Как замечено Г. Зутером и И. Ю. Крачковским, «Зидж» ал-Хорезми в обработке ал-Маджрити послужил основой для последующих астрономических работ в Западной Европе[37]. В Западной Европе до Колумба был широко распространен «Зидж» ал-Баттани (IX в.) также багдадского астронома, жившего на несколько десятилетий позже ал-Хорезми. Известно, что в свое сочинение он включил некоторые таблицы из «Зиджа» ал-Хорезми.

«Зидж» ал-Хорезми оказал влияние, хотя и косвенное, и на великие географические открытия. Как уже неоднократно говорилось, за центральный меридиан в «Зидже» ал-Хорезми принят меридиан Купола Арина, отождествляемого с индийским городом Узайном (нынешний Уджайн). Идею Купола Арина пропагандировали в Западной Европе крупнейшие переводчики арабских сочинений Аделард из Бата и Герардо из Кремоны (1114—1187). В XIII в. сторонниками этой идеи становятся Роджер Бэкон и Альберт Великий[38]. Как заметил И. Ю. Крачковский, «Исключительную роль... сыграл для европейской науки и позднейших географических открытий Петр из Айи.., главным образом благодаря своему трактату «Imago mundi», написанному около 1410 г., изданному около 1480—1487 г.»[39]. В этом сочине-

---

[31] Burckhardt J J Die astronomischen Tafeln von Al-Khwārizmi Verhandlungen d Schweizerischen Naturforsch. Ges, 1956, S. 73—75.

[32] Burckhardt J. J. Die mittleren Bewegungen der Planeten im Tafelwerk des Khwarizmi, Virteljahrsschrift d. Naturf. Ges, Zürich, 106 (1961), S. 213—231

[33] Suter H Der Verfasser des Buches «Gründe der Tafeln des Chowaresmi», Bibliotheca Mathematica, 3 Folge 4 (1903), S. 123—129

[34] Kennedy E. S., Ukashah W. Al-Khwarismi's planetary Latitude tables Centaurus, vol. 14, 1969, p. 86—96.

[35] Kennedy E S A fiften-century lunar eclipse computer, Scripta mathematica, vol 17, N 10/2, 1951, p 91 97; Он же A Survey.

[36] Розенфельд Б А, Сергеева Н Д Об астрономических трактатах ал-Хорезми Историко-астр исслед, вып. XIII М, 1977, с 201—218

[37] Suter H. Einleitung, in Die astronomischen Tafeln des. al-Khwarizmi, S. VIII—IX; Крачковский И Ю Сочинения, IV, с 92.

[38] Крачковский И. Ю. Там же, с. 71.

[39] Там же.

нии и в приложенных к нему картах полностью отразилась теория Арина. Христофор Колумб с теорией Арина познакомился по этой книге, в экземпляре книги Петра из Айи, принадлежащем Колумбу, сохранились его собственноручные заметки. Однако следует отметить, что хотя «География» Птолемея в латинском переводе была издана в 1478 г., она не была известна Колумбу. Из его записок выяснилось, что согласно теории Арина, он считал, что Земля грушевидной формы, что в диаметрально противоположной к Куполу Арина стороне должен быть купол выше первого.

Таким образом, «Зидж» ал-Хорезми оказал влияние на развитие не только астрономии и тригонометрии, но в определенном смысле и географии.

ТРАКТАТ ОБ ИУДЕЙСКОМ КАЛЕНДАРЕ

В сороковые годы XX столетия в рукописехранилище Банкипура (Индия) индийские ученые обнаружили трактат ал-Хорезми «Об определении календаря евреев и их праздников». В 1947 г. в Хайдарабаде (Индия) по Банкипурской рукописи (каталог №2448 л. 113 а—117 б) осуществлено издание арабского текста трактата[40].

Издатели арабского текста называют трактат *макала,* т. е. статья. Обычно в средние века в странах Ближнего и Среднего Востока название *макала* применялось к небольшим по объему трактатам или к разделам крупного сочинения. Так, в арабском переводе книги «Альмагеста» носят название *макала,* то же название носят все одиннадцать книг «Канона Мас'уда» Беруни. Поэтому не исключено, что рассматриваемый трактат ал-Хорезми представлял главу или раздел его более крупного сочинения.

Написание ал-Хорезми сочинения о календаре (или эрах) не случайно, так как это было вызвано общественно-экономическими потребностями халифата. Еще во времена ал-Хорезми халифат охватывал огромную территорию от Индии до Испании. В его состав вошли различные государства и народности со своей историей, своими традициями, верованиями и религиозными обрядами. К началу IX в. арабы утратили былую воинственность: это совпало с началом века просвещения в халифате — теперь уже сами халифы покровительствуют ученым. Вместе с этим установилась и относительная веротерпимость. В Багдаде и других городах халифата наряду с мусульманами отправляли свои обряды христиане, иудеи, зороастрийцы и буддийцы.

Вполне допустимо, что халиф поручил ал-Хорезми составить сочинение об эрах, календарях и праздниках входящих в состав

---

[40] Макала фи-стихрадж та'рих ал-йахуд ўа а'йадихим, та'лиф Абӯ Джа'фар Мухаммад ибн Мӯсā ал-Хуāразми (на арабск). Хайдарабад, Деккан, 1366 х /1947.

халифата народностей с различными верованиями для упорядочения взимания налогов, организации военных походов и т. д.

Можно с уверенностью констатировать, что своим сочинением ал-Хорезми положил начало исследовательским работам и в области хронологии. Два столетия спустя его великий соотечественник Абу Райхан Беруни напишет хронологический труд «Памятники минувших поколений», а также «Канон Мас'уда» и «Науку о звездах», тоже имеющих хронологические разделы (в том числе о еврейском календаре), тем самым продолжив традиции ал-Хорезми.

Рассматриваемый трактат — единственный среди трудов ал-Хорезми с датой написания. Ал-Хорезми в качестве настоящего времени упоминает «тысяча сто тридцать пятый год Двурогого [Александра]»[41], т. е. Селевкидской эры, начавшейся 1 октября 311 г. до н. э. Эта дата соответствует 824 г. н. э.

В небольшом по объему трактате ал-Хорезми в лаконичной форме излагает особенности, свойственные еврейскому календарю. Он сосредоточивает внимание на вопросах високоса и переноса начала месяца *тишри* на дни, отличные от воскресенья, среды и пятницы, связанных с религиозными обрядами евреев.

Трактат ал-Хорезми исследовал Э. С. Кеннеди[42].

Публикуемый русский перевод трактата — первый перевод сочинения на современный язык.

* * *

В тексте обоих сочинений все знаки над цифрами: знаки Зодиака — s, части — p, часы — h, градусы — $^{\circ}$, минуты — $'$, секунды — $''$ — проставлены нами.

---

41 См. ниже с 132, прим. 16.

42 Kennedy E. S Al-Khwarizmi on the Jewish calendar, Scripta mathematica, 27, N 1, 1962, p. 55—59.

ЗИДЖ АЛ-ХОРЕЗМИ

(ВВЕДЕНИЕ). ЗДЕСЬ НАЧИНАЕТСЯ «ЗИДЖ» АЛ-ХОРЕЗМИ[1], ПЕРЕВЕДЕННЫЙ С АРАБСКОГО АДЕЛАРДОМ ИЗ БАТА[2]

Эта книга содержит положения семи планет и восходящего узла[3] [Луны], отсчитанные от полудня 4-го дня [недели] по полдень 5-го дня [недели]. Это же правило охватывает и остальные дни, то есть [они отсчитываются] от полудня предшествующего дня по полдень следующего [дня]. Начало хиджры[4] и месяца мухаррам[5] было в полдень 4-го дня, это начало также взято за [основу] в этом зидже.

Итак, в этой книге ал-Хорезми уравнения планет и [исчисление] времени выполнены относительно среднего места на Земле, называемого Арин[6], от которого расстояния во все четыре конца равны, а именно, 90 градусам или квадранту. Поскольку описание всех районов на Земле и установление всех [местных] времен [на ней] утомительно и неосуществимо, ибо [количество] таких районов неисчислимо, [а следовательно], и [местные] времена [тоже] неисчислимы, то [за основу] был принят меридиан, [проходящий через] Арин. Таким образом, благодаря этой основе отпала трудность геометрического и арифметического определения [всех] других мест и их времени.

Однако от читателя требуется [знать] следующее: если он подходит к этой [работе] не зная эти искусства, то он может подумать, что эти линии являются результатами вычислений по более поздним правилам, чем было определено на самом [деле][7]. В том же случае, когда он окажется [хорошо] обученным [в пользовании] этими [правилами] и имел практику [изучения] «Альмагеста» Птолемея, тогда он не будет сомневаться во всем том, что здесь имеет место по необходимости и во всем, что касается этого[8].

А теперь, поскольку речь пойдет о движениях планет, мы прежде всего должны обратить внимание на это[9].

Глава 1. Описание года арабов

Арабский год регулируется движением Луны. Они называют «годом» [промежуток] времени, за которое Луна отходит от Солнца и возвращается к нему двенадцать раз, что составляет 354 дня с 1/5 и 1/6 дня, т. е. 11/30 дня[10]. Этот избыток [в дробях] не принимается в расчет, если он составляет 1/2 дня или меньше; тогда год состоит из 354 дней. Однако если [в дроби] накопится более 1/2 дня, тогда это считается за один целый день и, таким образом, год будет состоять из 355 дней. Тогда этот год по-арабски называется *ал-кабиса*[11].

Таким образом, арабский год состоит из 12 месяцев, первый из которых называется мухаррам и составляет 30 дней; второй называется сафар[12] и так далее, попеременно, как показано в следующей таблице[13], кроме последнего [месяца], зу-л-хиджжы[14], который согласно его позиции, должен иметь 29 дней, но часто состоит из 30 дней из-за упомянутого выше накопления дробей.

Так случается, что начало арабского года из-за изменчивости его окончания иногда падает на зиму, а иногда — на лето[15].

Глава 2. Описание года румов[16]

Год румов, в соответствии с движением Солнца, содержит 365 и 1/4 дня[17]. Эта прибавляемая [дробь] не принимается в расчет, если она не составляет 1/4 или 1/2 дня. Если же эта [дробь] больше 1/2 дня, тогда она дополняется до целого дня, и год будет иметь 366 дней, который румы называют *биссекстилис*[18], а арабы — *ал-кабиса*. Год румов состоит из 12 месяцев, первый из которых — октябрь — содержит 31 день, ноябрь 30, декабрь 31 1/4, и *биссекстус* устанавливается в конце декабря, так что этот месяц три года считается по 31 дню, а на четвертый — 32 дня; январь — 31, февраль — 28, март — 31, апрель — 30, май — 31, июнь — 30, июль — 31, август — 31 и сентябрь — 30 [дней][19].

Из приведенного определения года ясно, что солнечный год на 11 дней длиннее лунного, так как 30 пятых и шестых [дня] составят 11 дней.

Если теперь вместе с увеличивающимся числом вышеупомянутых лет, кто-либо пожелает узнать какое количество арабских лет какому количеству годов румов соответствует в точности, то он может [количество каждого] из двух [годов] преобразовать в сутки, тогда их соотношение станет ему очевидным[20].

Поскольку эту книгу рассчитано сделать полезной различным народам, из которых не все следуют одинаковому [способу] времяисчисления, то данная ниже таблица[21], содержащая времена [правления] царей и событий, такова, что так как даны правила и записи в соответствии со временем хиджры, то время и годы можно преобразовать к какому-либо определению, [имеющемуся] у различных народов.

Теперь исходя из требований этого трактата, мы должны приступить к [изложению] протяженности года и рассказать о его делении. Таким образом, год делится на 12 месяцев, месяц — на различные количества суток, сутки — на 24 часа, час — на 60 *дакаик*[22], *дакаика* — на 60 *сания*[23], т. е. секунд.

А теперь, поскольку, как упомянуто выше, различные [народы] исчисляют время по-разному, то нам следует включить [в трактат исчисление] времени при различных царях. От *атофена*[24], т. е. потопа Ноя[25], до Двурогого, т. е. Александра[26], [истекло] 2793 года 2 месяца и 5 дней; от Александра до *асофра*[27], т. е. [нашей Испанской] эры[28] — 273 года 9 месяцев 17 дней; от [нашей] эры до воплощения Христова — 38 лет; от воплощения Христова[29] до хиджры — 621 год 6 месяцев 15 дней.

Поскольку в этой книге, как упомянуто выше, устанавливаются положения планет и восходящего узла в соответствии с арабскими годами и месяцами, и так как мы касаемся и [вопроса] об их полезности для их латинских [форм], то в начале мы указываем о всей таблице, приведенной ниже[30], способом, примененным к румским годам, месяцам и суткам, начинающимся с истинного года, которые в переводе на наш язык приведены для неограниченного времени в соответствии с арабскими годами, месяцами и днями[31].

Входить в эти таблицы следует так: если вы хотите узнать, сколько лет, месяцев и дней прошло от начала хиджры [до данной даты], то сначала нужно войти [в таблицу] 30-летних групп составных лет от [воплощения] Христа, [найти] соответствующие им арабские годы, войти в этот соответствующий [столбец] и записать их; затем идти через [столбец] простых лет и соответствующие им [арабские годы] и записать их; подобным образом [следует поступать] с месяцами [и днями]. Все эти [числа] малых [единиц] нужно, собрав, преобразовать в большие, то есть 12 месяцев преобразовать в один год, сколько бы велико [ни было] время 6 дней, надо прибавить к числу дней [года]. Однако если оставшиеся месяцы не дополняют [целого] года, то к ним прибавляют один [месяц], к двум [месяцам] — один день, к трем — снова один, к четырем — два [дня]. Этим способом вы получите арабские годы, месяцы и дни, эквивалентные годам, месяцам и дням румов[32].

Глава 3. О заглавиях столбцов

К тому, что мы излагали до сих пор, можно сделать много добавлений, из которых станет ясным смысл каждого заглавия; так, почти все таблицы этой книги озаглавлены названиями месяцев, составных и простых годов арабов.

Когда философы изучили орбиты планет и окружности [их] орбит и когда они разделили окружности на знаки [Зодиака], знаки — на градусы, градусы — на минуты, минуты — на секунды, то они пожелали [узнать], сколько этих делений пройдет каждая планета за единицу времени. Таким образом, время тоже нужно было делить [на доли], и они подразделили год на месяцы, месяцы — на дни, дни — на часы, часы — на минуты [и т. д.].

Определив количество лет или месяцев, за которое каждая планета сделает [полный] оборот вокруг своей орбиты, они из годов перешли к месяцам, из месяцев — к дням, из дней — к часам, из часов — к минутам. Получив такой результат для одного года, они от одного года перешли к 30 годам. Таким же образом, обнаружив сколько оборотов сделает [каждая из] упомянутых планет за 30 лет, они к 30 прибавили 30 и пришли к 60. Таким путем они измерили движения светил за бесчисленные годы, месяцы, дни и часы.

Таким образом, первые линии [таблиц] озаглавлены минутами часов, часами, днями, месяцами, простыми и составными годами. Тогда, в соответствии с движениями отдельных планет, они присоединили [к предыдущим] знаки [Зодиака], градусы, минуты, секунды, и годы от 1 до 30 они назвали «простыми», а более чем 30-летний период — «составными»[33]. Однако мы перейдем к следующему.

Глава 4. О началах месяцев арабов согласно нижеследующей таблице

Действие с нижеследующей таблицей[34], при помощи которой определяется начало арабского месяца, таково. В начале записывают значение[35] составного года, затем — значение простого года в соответствии с текущим временем и, наконец, значение месяца, начало которого мы хотим определить. Сложив все три значения, следует вычесть из суммы семь[36], в остатке будет требуемый первый день месяца. Если остаток равен 1, то он показывает первое *ферия*[37], если 2, то второе и так далее.

Значения месяцев упорядочивают следующим образом. Если 1-е *ферия* дано для первого месяца, который исчисляется 30 днями, то 3-е *ферия* относится ко второму месяцу; если этот [месяц] содержит 29 дней, то 4-е *ферия* относится к третьему месяцу и т. д. Однако [когда] в основе данного числа дней значение последнего месяца будет 4, то первый простой год отмечается [цифрой] 4.

Значение второго простого года получается прибавлением 4 к этим 4 и вычитанием 7 из этой суммы, и так далее до тех пор, пока сумма не возрастет на 1 из-за упомянутого выше накопления из 1/5 и 1/6 [дня], тогда этот порядок меняется. Согласно этому правилу, значение последнего простого года будет равно 5 — и прибавлением 4 и вычитанием 7 или накоплением дробей — при любом из этих двух [случаев] первый из составных годов отмечается [цифрой] 5. Отсюда определяется значение второго составного года путем прибавления 5 и вычитания 7 из суммы и т. д. Так обычно приводится в таблицах, согласно упомянутому выше методу вычисления.

Первый день мухаррама и третий *ферия* 1126 года со дня воплощения господня падал на 26-й день января, а арабский год был 520-й[38].

Глава 5. Об определении високосного года [румов][39]

Метод определения високосного года и *ферия*, [т. е. дня недели], с которого начинается месяц румов, при помощи нижеследующей таблицы[40] таков: иди через [столбец] составных арабских годов, а затем через [столбец] простых годов к соответствующим годам Александра; точно также через арабские месяцы [иди] к соответствующим [им месяцам Александра]. Общую сумму следует преобразовать из меньших [единиц] в бо́льшие, т. е. дроби — в сутки, сутки — в месяцы, месяцы — в годы. Таким образом, поскольку перечисленные ниже месяцы содержат по 30 дней, мы должны вычесть[41] 5 1/4 дня, когда 12 месяцев преобразуем в год, так как 12 раз по 30 будет только 360, хотя год румов содержит 365 1/4 дня. Полученная этим путем сумма должна считаться с октября до настоящего месяца; и количество дней сверх 30, которые считались в каком-то месяце, должны быть вычтены из этой суммы. Если, однако, истекает февраль, в котором 28 суток, то к той сумме должно быть прибавлено двое суток. Этим путем будут определены месяц и день румов, [которые соответствуют данной арабской дате].

Из суммы [годов румов], определенных приведенным выше способом, по возможности всегда нужно вычитать 28 лет[42]. Для того, чтобы преобразовать в этом вычитании данную таблицу, в последующем число в столбце умножают на 28. Если число, которое ты нашел в этой таблице, близко к данному числу, но меньше его, то вычти его [из данного] и остаток запомни. В соответствии с этим остатком войди в таблицу високосных [годов], которую арабы называют *кабисех* и из которой станет очевидным, какая часть високосного прошла в этом году. Отсюда также очевидно, какой *ферия* какого месяца прошел.

Установление правильности таблиц в этом вопросе в первых месяцах, затем в простых годах и, наконец, составных годах таков: поскольку арабские месяцы, помещенные [в таблицу] после простых годов, должны быть преобразованы в простые годы и солнечные месяцы, каждый из которых, как мы говорили, содержит 30 дней, то число 1 дано рядом с первым лунным месяцем, длительность которого также 30 дней. Для второго [лунного месяца], данного в [таблице] 1, будет [месяц] от предыдущего [месяца] и 29 дней в нем самом. После этой процедуры следуют 11 [месяцев] и 24 [суток], данные в последнем [арабском] месяце. Согласно этому способу, последний месяц объединяется с 11 [месяцами] и 24 [сутками], эти одинаковые числа также приписываются к первому простому году. В соответствии с этим процессом последняя линия простых годов считается 29 [годами] 1 [месяцем] 8 3/4 [суток], также первая линия составных годов объединяется с этой суммой. Это разъясняется следующим образом: если вычесть из этой [строки 30 лет] основу, то получится упомянутое число. И поскольку составные годы возрастают 30-летними ступенями, то для каждой линии это количество нужно прибавить к предыдущей линии, т. е. число простых лет последней линии, а именно 29 [лет] и 1 и 8 и 3/4. В этом направлении таблицу можно продолжать бесконечно.

Установление таблицы високосов достигается наличием дней, записанных наверху каждого месяца [в таблице 3а]. Так как октябрь начинается с *ферна* 2 и его продолжительность 31 день, то ноябрь начинается с *ферна* 5. Подобным образом поступают и для других [месяцев][43].

Глава 6. О подразделении кругов[44]

Следует предпослать [дальнейшему] с надлежащим вниманием [главу] о кругах планет. Круг, который арабы называют *фелек*[45], подразделяется на 12 знаков Зодиака[46], каждый знак Зодиака — на 30 градусов[47], некоторые называют их частями[48], градус — на 60 минут[49], минута — на 60 секунд[50], секунда — на 60 терций[51], и таким образом величина [делений] круга уменьшается сколько угодно, хотя бы до бесконечности[52].

Глава 7а. Об определении *эль-васат*, то есть среднего положения планет[53]

Теперь мы покажем, как можно определить среднее положение каждой планеты.

Следует войти в таблицу среднего движения[54] для каждого данного времени с числом составных годов; затем — с числом простых годов, не принимаемых во внимание, то есть не принимаемого в счет текущего года; таким же образом и для месяцев, суток, часов и дробей, слагая соответствующие [числа], сначала знаки со знаками, градусы с градусами, минуты с минутами и секунды с секундами, затем поднимая секунды в минуты, минуты в градусы, градусы в знаки [Зодиака]. Остатки от поднятия меньшие [целых] запоминают. Если, например, они [равны] 70 секундам, то 10 запоминают: если 70 минутам, также 10 запоминают: если 40 градусам, 10 [градусов] нужно обязательно запомнить. Если, однако, в результате поднятия накопится 12 знаков [Зодиака], то мы их не принимаем в расчет. То, что запоминается [в каждом случае], будет средним местом каждой планеты, то есть той планеты, которая рассматривается, для полудня данных суток и относительно местоположения Арина, для которого выработано это правило.

Если мы по долготе удалимся от этого [места, то есть Арина], тогда расстояние между нашим местом и местоположением Арина должно быть вычислено. Установив на сколько градусов и минут отстоит наше место от Арина, каждый один час нужно перевести в 15 градусов. А то количество, которое не достигает 15 [градусов], нужно помножить на 4, преобразуя в «минуты» часов[55].

То, что накопится из всех этих часов [и минут], принимается за разность [времени] между нашим полуднем и полуднем местоположения Арина. Следует иметь в виду, если данное место находится в восточной части [ойкумены], то для каждой планеты количество вышеупомянутых часов, [представленных как разность] от полудня Арина, нужно вычесть и прибавить, если оно расположено в западной части. Этим способом устанавливается среднее положение планеты для полудня нашего места[56].

[Запись на полях]. Заметь, что долгота климата считается с востока или запада *аль-мухра* до [данного] места, а широта — от Арина до [данного] места[57].

Глава 7б. Об *эль-васат* [58], то есть среднем [положении] планет, сначала для местности Арина, затем для полудня любого региона

Для каждого [данного] момента, для каждой частной планеты ты войди в таблицу, [называемую] *эль-васат* с составными годами, затем с простыми годами, затем с месяцами, днями, часами и минутами, полностью со всеми из них. Найденные там суммарные [числа] ты преобразуй начиная с наименьших [единиц], то есть секунд.

Если при этом преобразовании накопятся 12 знаков [Зодиака], то ты не учитывай их и запиши [только] остатки от знаков, [то есть недостающие до полного знака Зодиака]. Иначе говоря, вместо 12 запиши символ цифры ъ[59]. Также [делай] и для других [единиц]. Весь остаток, найденный этим способом, будет *эль-васат* данной планеты для полудня местности Арина, для которой выработано это правило.

Согласно этому [способу], вычти долготу твоей местности из долготы местности Арина, равной 90 градусам, и каждые 15 градусов остатка считай за один час[60]. Количество, не достающее до 15, помножь на 4, произведение будет числом «минут». С часами и минутами войди в таблицу среднего движения. То, что ты нашел для каждого, прибавь к среднему движению, если твоя местность относительно Арина расположена к западу, но вычти из нее, если твоя [местность расположена] к востоку от нее. Этим путем устанавливается среднее место каждой планеты для твоей местности.

Заключительная часть[61]

Также запомни, что, согласно халдеям[62], 4000 шагов верблюда составляют одну милю, и что 33 1/3 мили[63] на земле [соответствуют] 1/2 градуса на небе, так что полная окружность земного [шара] содержит 24000 милей. [Об] этом рассуждается так: если двигаться от любого места в направлении юга, тогда пройдя 66 2/3 мили звезда, отмеченная на первом месте, будет увидена [на втором месте] на один градус выше, если она [будет наблюдаться] в те же минуты часа. В результате 1 и 1/2 градуса составят 100 милей, так что 15 [градусов] — 1000 милей, 1 знак [Зодиака] — 2000 [милей], а 12 [знаков] — 24000 милей[64].

Глава 8. Об определении положения Солнца

[Истинное] положение Солнца определяют следующим образом. Сначала для данного часа нужно найти его *эль-васат,* то есть среднее [положение]. Далее из него нужно вычесть *эль-ауг,* то есть апогей Солнца[65], а именно 2 знака [Зодиака] 17 градусов 55 минут. Остаток называется *эль-хеса*[66], то есть аномалией. С числом этой аномалии нужно войти в [таблицу, называемую] *тадил,* то есть уравнение[67]. Любое соответствующее число, найденное этим способом, нужно записать и запомнить.

Тогда, если упомянутая аномалия будет больше шести знаков [Зодиака], то уравнение нужно прибавить к среднему положению: если, однако, она меньше [их], то его нужно вычесть из них. Таким образом ты определишь для Солнца знак [Зодиака], градусы, минуты и секунды. [Исходя] из этого ты устанавливаешь начало в первом градусе Овна — знак в знак, градус в градус, минута в минуту и секунда в секунду.

Если у аномалии останутся минуты, то с ними нужно войти [в таблицу уравнений] с предшествующими [им целыми] градусами и прибавить то, что нужно прибавить, или вычесть соответствующие [остающимся] минутам уравнения. Секунды меньшие 30 не учитываются, но большие 30 дополняются до одной целой [минуты]. То, что получится в результате упомянутого деления, будет истинным положением [Солнца], которое ты хотел определить.

Также [следует] знать, что если аномалия будет равна шести знакам [Зодиака], за которыми для градусов следует *цифра*[68], то есть ничто, тогда само среднее положение будет [истинным] положением, которое ты хотел найти[69].

Глава 9. Об определении положения Луны

[Истинное] положение Луны определяется следующим образом. Для данного часа нужно войти [в таблицу] среднего положения и аномалии[70]. Вместе с аномалией нужно брать соответствующее значение в [таблице для] уравнения. После этого дроби следует преобразовать в целые по упомянутому способу. Далее нужно учесть влияние уравнения на аномалию. Если аномалия будет больше шести знаков [Зодиака], то уравнение нужно прибавить к среднему положению; если же меньше, его нужно вычесть из него [среднего положения][71].

Глава 10. Об определении положения Сатурна, Юпитера и Марса

[Истинные] положения Сатурна, Юпитера и Марса определяются следующим образом. Сначала нужно для каждой из них и для Солнца определить среднее положение. Затем средние положения планет нужно вычесть из среднего положения Солнца. Каждый из остатков при этом будет называться *эль-хеса*[72].

С этим аргументом нужно войти в [таблицу] *экзаминацио сублимационис дефинита*[73], если *эль-хеса* будет меньше шести знаков [Зодиака]; если больше, то нужно войти с обоими *сублимацио дефинита*[74] и *экзаминацио* того же аргумента и прибавить это *сублимацио* к *экзаминацио* [того же] аргумента: эта сумма называется *сублимацио экзамината*[75]. Эту *сублимацио экзамината* вычитают из среднего положения планет и остаток называют центром.

Теперь с центром нужно войти в [таблицу] *экзаминацио центри*[76]. Тогда, если сам центр превосходит шесть знаков [Зодиака], то *экзаминацио* нужно прибавить к самому центру и вычесть из самого аргумента. Если, однако, центр меньше шести знаков [Зодиака], то его *экзаминацио* нужно вычесть из центра и прибавить к аргументу. Эти величины, увеличивающиеся или уменьшающиеся таким образом, называются, соответственно, *центрум экзаминатум*[77] и *аргументум экзаминатум*[78].

Далее с *аргументум экзаминатум* нужно войти [в таблицу] *экзаминацио аргументи* и результат сохранить. Если *аргументум экзаминатум* превосходит шесть знаков [Зодиака], то *экзаминацио* вычитается из центра, если меньше их, то прибавляется к ним. [Полученный] результат был назван халдеями *эль-хасил*[79], а нами— окончательным или конечным центром. К этому конечному центру нужно прибавить *сублимацио экзамината*. Эта сумма укажет тебе [истинное] положение планет.

Помни, что это нужно держать готовым под рукой. Если там останется несколько избыточных минут, когда ты входишь в таблицы для *экзаминацио* планет, для одного из двух, то есть *аргументума* или центра, с его знаками [Зодиака] и градусами, тогда ты должен еще раз войти с тем же знаком [Зодиака], но с прибавленным одним градусом. Если предварительно определено *экзаминацио*, то несколько минут прибавляются к последнему или, наоборот, секунды прибавляются к первому; нужно вычесть или прибавить столько, сколько соответствует этим оставшимся минутам, являющимся избытком над предыдущим *экзаминацио*. То, что получится из этого, оценивается так: что было дано в минутах и более считается как *ал-сение*[80], то есть секунды для каждой минуты[81].

Глава 11. Об определении положения Венеры и Меркурия

[Истинное] положение Венеры и Меркурия определяется способом, описанным выше [для верхних планет], кроме того, что было названо в этой книге их аномалией; однако их средние положения идентичны среднему [положению] Солнца[82].

Глава 12. Об определении положения джаузахира[83] [Луны]

Положение *джаузахира* [Луны] определяется следующим образом. Запиши ее среднюю долготу и вычти это из 12 знаков [Зодиака]. Ты обнаружишь, что остаток [будет] положением, [т. е. долготой], *джаузахира.*

Глава 13. Стояния, прямые и попятные движения планет

Следующий способ позволяет определить, в какое время планеты находятся в прямом движении, когда в попятном и когда в [состоянии] стояния. Нужно войти с числом уравненного центра любого из пяти планет в таблицу первого стояния[84] и записать внизу соответствующее [этому] число. Затем первое стояние следует вычесть из 12 знаков; остаток называется *эльмукаам эльсени*[85], т. е. вторым стоянием. Далее берут уравненный аргумент планеты; если он равен какому-либо одному из двух стояний, то планета будет находиться в этом стоянии. Если же она будет между обоими [стояниями], а именно больше первого, но меньше второго [стояния][86], то [планета находится] в попятном движении. В других случаях, без сомнения, [планета] находится в прямом движении[87].

Глава 14. Об интервале времени, соответствующем вышеупомянутым состояниям

Если ты хочешь узнать, как долго они [планеты] бывают в попятном движении после того, как одна из планет вошла в попятное движение, то ты должен взять первое стояние и уравненную аномалию[88], [уже ранее] найденные, и определить аргумент, соответствующий этому исследованию, [то есть соответствующую разность аномалии]. С ее помощью нужно установить, в какое время данная планета проходит избыток уравненной аномалии над первым стоянием; тогда ты можешь сказать, что эта [планета] в течение этого времени совершает попятное движение.

Количество времени попятного движения планеты определяется так. Устанавливается, на сколько уравненная аномалия превосходит второе стояние. Тогда из аргумента, соответствующего этому исследованию, устанавливается, сколько времени она находится в движении Так ты найдешь то, что хотел.

Если ты хочешь узнать о прямом движении, сколько времени прошло от начала ее прямого движения до настоящего момента, то ты установи, насколько ее уравненная аномалия превосходит второе стояние и за сколько времени она проходит [этот промежуток]. Это и есть то, что ты хотел[89].

Если [планета] отстоит недалеко от первого стояния, а вопрос таков: на каком удалении она находится от него, то тогда нужно установить, на сколько уравненная аномалия превосходит первое стояние и за какое время она проходит [этот промежуток]. Этим способом в результате ты найдешь то, что хотел.

В настоящем зидже для каждой из трех верхних планет описан их упомянутый аргумент. Для Венеры и Меркурия для этой цели потребуются только те аргументы, которые перечислены в этой книге[90].

Глава 15. Об определении склонения Солнца[91]

Нижеследующее есть метод определения расстояния, на которое Солнце отклоняется от [определенного] места на равноденственном круге. Нужно войти в таблицу солнечных склонений с предварительно исправленным положением Солнца.

Величина, найденная при этом, есть величина отклонения Солнца от экватора[92].

То, что определено между первым градусом Овна и третьим знаком [Зодиака], называется *шемели*[93], то есть [находящееся] на его [северной] стороне, и возрастающим; если же [находится] между третьим и шестым знаками [Зодиака], то [называется] *шемели* и убывающим. Если [находится] между шестым и девятым [знаками Зодиака], то это называется *генуби*[94], то есть на другой [южной] стороне, и убывающим; если оно между девятым и двенадцатым знаками Зодиака, то это называется на прямой стороне и возрастающим[95].

Начало отсчета [ведется] от начала Овна; если оно обнаружено внутри первых трех знаков [Зодиака], то это будет *эльмейл*[96], то есть склонение на севере, и восходящим; если оно [Солнце] находится внутри следующих вторых трех, опять северных, знаков [Зодиака], то [будет] нисходящим. Если оно обнаружено внутри третьих трех знаков Зодиака, то [склонение будет] южным и нисходящим, если внутри оставшихся трех [знаков Зодиака], то будет южным [склонением], но [квадрант] восходящим.

Глава 16. О широте Луны

Широта Луны определяется следующим образом: найдя положение Луны, к нему прибавляют среднее положение восходящего узла. Эта сумма является аргументом, с которым входят [в таблицу] широт Луны, и берется то, что будет находиться [в столбце] широты Луны. Нужно учесть, что все сказанное о [склонении] Солнца имеет силу и в случае определения положения Луны, как относительно восходящего узла, так и относительно ее склонения[97].

Глава 17. О широтах трех верхних планет

Раздел о широтах трех верхних планет. Нужно с *эль-хеса экзаминатум* одной из них войти в таблицу первой широты и запомнить найденную там широту. Затем число ее восходящего узла нужно прибавить к ранее определенному положению планеты; эта сумма называется аргументом. С ним нужно войти в [таблицу] второй широты. Затем вторая широта слагается с первой. Результат есть то, что ты хотел, [а именно, широта планеты].

Для Венеры и Меркурия, однако, поступают следующим образом. Нужно войти с их *аргументум экзаминатум* в [столбец] первой широты. Затем число восходящего узла одной из этих двух планет слагают со средним положением Солнца и с *аргументум экзаминатум* планет: эта сумма будет *эль-хеса*. С нею нужно войти в [таблицу] второй широты. Затем вторую широту нужно прибавить к первой. Результат есть то, что ты хотел, [а именно, широта планеты][98].

Глава 18. Об апогеях и перигеях планет[99]

Апогеи[100] планет и их перигеи следующие: апогей Солнца $2^S\,17^\circ55'0''$, Сатурна $8^S\,4^\circ55'0''$, Юпитера $5^S\,22^\circ32'0''$, Марса $4^S\,8^\circ24'$, Венеры $2^S\,21^\circ15'0''$, Меркурия $7^S\,14^\circ54'$.

Апогей Луны продвигается за сутки на $0^S\,0^\circ\,6'40''18'''48^{IV}$ и за час[101] на $0^S\,0^\circ0'16''42'''27^{IV}$.

Глава 19. Об узлах[102] планет

[Восходящие] узлы планет [следующие]: Сатурна $3^S\,13^\circ12'$, Юпитера $2^S\,22^\circ1'$, Марса $0^S\,21^\circ54'$. [Восходящий] узел Венеры в $1^S\,29^\circ27'$. *Джавзахр*[103], то есть [восходящий], узел Меркурия [в] $0^S\,21^\circ10'$.

И, наконец, узел Луны подвижен и [продвигается] за день на $0^S\,0^\circ3'11''48'''$, за час на $0^S\,0^\circ0'7''57'''$.

Глава 20. О суточном движении Луны

Продвижение Луны за день равно $0^S\,13^\circ10'34''52'''48^{IV}$, за час — $0^S\,0^\circ32'56''47'''52^{IV}$.

Глава 21. О суточном движении Солнца

Суточное движение Солнца равно $0^S\,0^\circ59'8''$, за час $0^S\,0^\circ2'27''50'''25^{IV}$.

Согласно „Альмагесту" Птолемея, год состоит из $365^{P}14'48''$ [суток], день — около $0^{\circ}59'8''17'''13^{IV}12^{V}31^{VI}$, а час — около $0^{\circ}2'27''50'''43^{IV}3^{V}3^{VI}$, месяц — $29^{\circ}34'8''35'''36^{IV}15^{V}30^{VI}$, египетский год — $359^{\circ}45'24''45'''21^{IV}8^{V}35^{VI}$; составные годы, которых 18 лет, [содержат] $1350^{\circ}37'25''36'''29^{IV}34^{V}30^{VI}$. Числом остатка от 18 составных после полных циклов пренебрегают[104].

Глава 22. О появлении [новой] Луны в 29-й день вечером

До сих пор описывались уравнения планет и то, что относится к [данному] вопросу. Теперь же мы изложим [вопрос], который касается появления [новой] Луны. [Для] того чтобы [решить] вопрос, будет ли видима или невидима Луна вечером 29-го дня лунного месяца, нужно найти положение Солнца и Луны в полдень в этот день и прибавить поправку на шесть часов; этим способом будет найдено ее положение вечером этого дня. Затем внимательно записать, на сколько положение Луны превосходит положение Солнца. Далее, если Луна будет *шемели*[105], то есть севернее этой части, то широту нужно прибавить к ранее записанной разности [положений]; если, однако, [будет] *генуби*[106], то есть по направлению к полудню или к югу этой части, то [широту] нужно вычесть из этой [разности], так будет определено расстояние.

Далее мы войдем в таблицу, данную ниже [107] со знаком [Зодиака] Луны и ее деканом[108], и соответствующий угол запишем. Если упомянутое расстояние больше этих чисел, то предполагаемое новолуние будет в этот же вечер; если меньше, то нет; если равно, то она может быть видима только при остром зрении и в ясном небе.

Относительно проблемы [последней видимости] в 27-й день в утренний час нужно отметить положение Солнца и то, что у Луны в момент полудня этого дня, вычесть величину [движения] в течение шести часов и действовать с остатком как сказано выше.

Нужно также представить себе, что упомянутые выше часы должны быть поняты как относимые к данной местности, подобно тому, что было установлено выше при определении среднего движения планет. А именно, если наше место находится восточнее Арина, то величину этого расстояния следует прибавить к нашему меридиану, в том порядке, что этим суммированием вычисление соответствует меридиану, принятому для данного трактата. Если же мы находимся в стороне запада, то действие будет противоположно [приведенному]. Таким образом, опасность ошибки проходит и упомянутая поправка на шесть часов либо будет прибавлена [в случае первой видимости], либо вычтена в случае [последней видимости][109].

Глава 23. Определение синуса по дуге и обратно[110]

Здесь следует знать, что синус бывает плоский[111] и обращенный[112]. Плоский синус любого места находится таким образом: с данным аргументом[113] входят в столбец[114] синусов и устанавливают, что соответствует ему. Если аргумент также содержит минуты, то [в таблицу] входят вторично, увеличив градусы аргумента на один градус. Если рассмотреть, как относится второй синус к первому, то будет ясно, сколько из него приходится на эти минуты. Поэтому если второй синус больше первого, нужно к первому прибавить столько, сколько приходится на эти минуты, а если он меньше, то нужно это же количество отнять от первого [синуса][115]. Таким образом можно найти синус, который ты хотел определить.

Если же ты хочешь найти обращенный синус и аргумент, с которым входят [в столбец синусов], меньше девяноста градусов, то этот [аргумент] нужно вычесть из девяноста [градусов] и найти [плоский] синус остатка, затем вычесть его из шестидесяти[116]. То, что останется, и есть то, что ты ищешь. Но если первый аргумент больше девяноста градусов, то этим девяноста [градусам] дается соответствующий им плоский синус, а остатку — относящийся к нему; затем этот относящийся [синус] нужно прибавить к шестидесяти, все это вместе и есть то, что называется обращенным синусом[117].

Подобным образом можно и обратно перейти от синуса к дуге, как это указано в следующей таблице[118].

Всякий, кто стремится познать астрономическую науку, изучит этот трактат с прилежанием и полным вниманием В нем устанавливаются правила не только сложения и вычитания поправок, но и определения самих долгот. Если же кто-нибудь спросит, каким образом таким-то аргументам приписываются такие-то синусы и наоборот, то пусть знает, что по поводу причины этого правила следует обратиться к «Альмагесту» Птолемея[119]

Глава 24. Как определить широту любой местности

Мы больше не будем касаться изложения об аргументах и [их] синусах, связанных с ними Теперь, по-видимому, настал черед рассказать об определении широт отдельных местностей, то есть их расстояний от Арина[120].

Если Солнце зафиксировано в первом градусе Овна или Весов, его *иртифа*[121], то есть высоту, достигающую максимума в данной местности в полдень, нужно вычесть из девяноста градусов. Тогда остаток, несомненно, будет широтой данной местности.

Если же Солнце будет в каком-нибудь другом знаке [Зодиака], его полуденную высоту минус склонение Солнца, если оно к северу [от небесного экватора], или плюс [склонение Солнца], если оно к югу [от небесного экватора], нужно вычесть из девяноста [градусов]. Результат этого вычитания укажет [тебе] широту места.

Кроме того, то же самое нужно установить со средним *эль-махвар*[122], то есть полюсом. Это означает, что при помощи астролябии наблюдается величина высоты полюса на данном месте, а также обязательно и широта этого места.

Высоту полюса можно [также] найти следующим способом. Для любой незаходящей звезды наблюдается ее *эль-мухит*[123], то есть [суточный] круг, путем определения ее наибольшей и наименьшей высот. Найденный этим способом его центр, очевидно, есть полюс[124].

Глава 25. Восхождение знаков [Зодиака][125] на прямой сфере[126]

Здесь следует напомнить читателю, что есть отдельные места, не имеющие широты, но бесчисленное множество их имеет широту, поэтому мы должны [также] рассматривать восхождения знаков [Зодиака] для данного места, не имеющего широты. В тех местах, а именно, [в местах], имеющих широту, их восхождения и захождения будут разными в различное время. Эти знаки [Зодиака] — те, которые восходят быстро и заходят медленно и наоборот. Однако в местах, не имеющих широты, подобно местности Арина, где дни всегда равны, их восхождения всегда одинаковы. Но в каждом месте они восходят на меридине, как в Арине[127].

Если кто-либо хочет знать восхождения знаков [Зодиака], он должен записать синус склонения Солнца по отношению к экватору, величина которого [равна] 23 градусам 51 минуте и который называется первым синусом. Затем нужно вычесть из 90 [градусов] *эль-мейл*[128], то есть склонение, и у остатка, как аргумента, нужно найти синус, называемый вторым. После этого в качестве аргумента нужно взять склонение последнего градуса рассматриваемого знака Зодиака и найти его синус, который будет называться третьим. Наконец, склонение этого последнего градуса нужно вычесть из 90 и у остатка, как аргумента, определить его синус, называемый четвертым. [Из] этих найденных данных третий синус нужно помножить на второй и произведение разделить на первый синус, частное помножить на шестьдесят. Далее это произведение нужно разделить на четвертый синус. Полученный результат нужно преобразовать в дугу упомянутым выше способом. Эта дуга дает величину восхождения полного знака [Зодиака], то есть Овна, на [небесном] экваторе.

Подобно этому нужно поступить и для других [знаков Зодиака]. Однако следует учесть, что для дуги вне Тельца, величина которого относится к Овну, ее нужно вычесть из последней дуги, найденной по данному выше правилу: остаток будет равен восхождению Тельца. Точно так же при распределении вместе с восхождением Близнецов; тогда то, что относится к Овну и Тельцу, нужно вычесть из последней дуги, найденной согласно приведенному правилу; остаток есть время восхождения Близнецов.

После [восхождения] для трех знаков [Зодиака] этим же путем легко определяется восхождение для остальных знаков. [Созвездие] Рыб соответствует Овну, Весы — Деве, Лев — Тельцу и Скорпион — Водолею; и, наконец, Рак — Близнецам и Козерог — Стрельцу. Все они приведены для облегчения использования в следующих таблицах для прямой сферы[129].

В эти [таблицы] входят следующим образом. начиная с Козерога входи в таблицу восхождений любого градуса какого-либо знака [Зодиака], данного как заглавный для равноденственного круга[130], то есть *эль-мустаким*. Соответствующее число непосредственно покажет восходящую точку Зодиака, место восхождения знака [Зодиака] на [небесном экваторе][131].

Глава 26. Со сколькими градусами восходит в любой местности каждый знак [Зодиака][132]

С этих рассмотренных нами [вещей] мы можем перейти к другим, а именно к рассмотрению того, как определить величину [времени] восхождения знаков [Зодиака] в произвольной местности; например, для Овна.

Когда Солнце будет замечено в первом градусе Овна, нужно точно измерить полуденную тень[133] данного тела: сколько пальцев из 12 пальцев, на которые равномерно разделено это тело, содержит она [тень]. Число этих пальцев, [содержащихся в длине тени], нужно помножить на 114 и произведение разделить на 115. Частное от этого деления будет аргументом для Овна. Этот аргумент вычитают из числа [времени] восхождения Овна на [небесном] экваторе или прибавляют к нему: разность представляет [время] восхождения Овна и Рыб, а сумма — [время] восхождения Девы и Весов.

Так же [поступают] и для Тельца. Полуденную тень Солнца, когда оно в начале Овна[134], умножают на 113 и произведение делят на 116. То, что получится на этой первой ступени, будет аргументом для Тельца. Этот аргумент сначала вычитают из [времени] восхождения Овна на прямой [сфере], затем прибавляют к нему. Разность будет представлять [время] восхождения Тельца и Водолея, а сумма — [время] восхождения Льва и Скорпиона.

Подобным образом [поступают] и для Близнецов. Упомянутую тень Овна делят на три, а эта его треть будет аргументом для Близнецов. Этот аргумент сначала вычитают из прямого восхождения Близнецов, затем прибавляют к нему. Разность дает [время] восхождения Близнецов и Козерога, а сумма — [время] восхождения Рака и Стрельца[135].

Глава 26а. О восхождениях знаков [Зодиака] в любой местности по отношению к [небесному] экватору[136]

Для того, кто хочет знать для любой местности с широтой величину разности [времени] восхождения [знаков] Зодиака по отношению к [небесному] экватору, ниже приведена таблица для их определения, которой пользуются следующим образом: сначала для данной местности нужно отметить полуденную тень Солнца, когда оно [находится в начале] Овна. Затем с данным градусом [долготы] нужно войти в таблицу [восходящих] разностей и далее помножить соответствующее число с упомянутой выше тенью и, [наконец], найти дугу произведения. Это будет дуга, представляющая собой разность [между] Овном и [небесным] экватором для данного градуса [долготы]. Подобно этому так же и для Рыб. Однако для Весов и Девы оно [представляет собой] приращение [по отношению к положению прямой сферы]. Телец и Водолей последуют за Овном и Рыбами в убывании. Однако Скорпион и Лев снова противоположно [следуют] Весам и Деве в приращении. Близнецы и Козерог, в противоположность [им], следуют Тельцу и Водолею в убывании, а Рак и Стрелец [следуют] Скорпиону и Льву, но различно, с приращениями. Так как Овен дает его время до Весов, пять последующих [знаков] дают для их [диаметрально] противоположных [знаков], значения которых не сохраняются[137].

Глава 27. Длина часа в любой день и в любой местности

Определение длины часа в любой день и в любой данной местности объясняется следующим образом. Найденную дугу данного дня [на данном месте] нужно разделить на 12: эта 12-я [часть] будет ответом на вопрос.

Для ночи [поступают] следующим образом: нужно вычесть дугу дня [этой ночи] из 360° и разделить остаток на 12, результат [деления] будет мерой одного ночного часа[138].

Глава 28. Каким образом[139] по высоте[140] Солнца определяется плоская тень[141] любого тела

С *артифа*, то есть с дневной высотой Солнца, следует войти в [таблицу] синусов, затем вычесть эту высоту из 90 и с остатком снова войти в [таблицу] синусов. Этот второй синус умножают на двенадцать, и произведение делят на первый синус. Если же там есть минуты, то их умножают на шестьдесят, и произведение снова делят, как выше. Мы утверждаем, что число частного равно числу пальцев тела, содержащихся в тени, если считать, что всякое тело разделено на 12 пальцев[142].

Глава 28а. Каким образом по тени определяется высота Солнца

Если ты будешь определять высоту [Солнца] по тени, то длину] тени умножь на себя и к произведению прибавь 144, затем найди корень [143] суммы, то есть сторону квадрата [144]; этот корень будет диаметром этой тени[145]. Далее [длину] тени умножь на 60, и произведение раздели на упомянутый диаметр: [из таблицы синусов] найди дугу частного. Найденную дугу вычти из 90. Остаток указывает высоту, которую ты хотел найти[146].

Глава 28б. Каким образом по высоте Солнца определяется обращенная тень[147]

С той же высотой [входят] в тот же столбец синусов, затем эту высоту вычитают из 90 и с остатком снова входят в столбец синусов. Далее первый синус делят на второй синус. Если есть минуты, то их умножают на шестьдесят, а произведение делят, как указано выше. Тогда в частном мы получим пальцы и минуты, указывающие обращенную тень[148].

[Таким образом], вхождение в приведенную ниже таблицу теней[149] таково: если ты войдешь в эту таблицу с каждой высотой Солнца, тогда соответствующее ей [число] укажет ее тень.

Глава 29. О бухте [планеты] и о способе его определения

Теперь мы можем говорить о *бухте*, который в дословном переводе можно назвать *ступором*[150]. *Бухтом* называется сегмент круга, который данная планета отсекает за данное время. Это можно определить следующим образом. Возьми истинное положение[151] данной планеты в настоящий день и снова в [этот же момент] следующего дня. И когда ты определишь разность между этими двумя положениями, это даст тебе величину *бухта* планеты, соответствующую одному дню. И таким же образом можно определить движение [планеты] за один час или за одну минуту.

Глава 30. О величине солнечного диска[152]

Определим здесь величину солнечного диска. Движение [Солнца] за один день нужно помножить на 33 минуты; результат будет ответом на твой вопрос. Если вопрос касается одного часа, то движение Солнца за час нужно помножить на 13 и одну пятую. Этим способом ты определишь то, что хотел[153].

Глава 30а. О величине лунного диска

Величина лунного диска определяется следующим образом. Помножив движение [Луны] за день на 2 минуты 16 секунд, ты определишь то, что хотел. Ты можешь получить искомое [также] помножив движение за час на 58 минут и 10 секунд[154].

Нужно войти в приведенную ниже таблицу следующим образом: для того чтобы узнать сколько знаков Зодиака прошло Солнце или Луна в данном положении, ты войди с аномалией [или аргументом] любого из них в столбец чисел, прилежащее число означает движение за час. Этим же способом устанавливается диаметр диска Солнца или Луны, а также тени[155].

Глава 31. Об эль-истима и эль-истикбел[156], то есть о соединении и противостоянии планет

Если кто-либо хочет узнать соединение или противостояние Солнца и Луны при помощи таблицы соединений и противостояний, данной ниже[157], то способ этого следующий. Нужно войти в названную таблицу с составными полными арабскими годами, близкими к настоящему году, и внимательно записать соответствующие дни, часы и части. Таким же образом следует отдельно отметить среднее [положение] Солнца, Луны, аномалию Луны и аргумент широты. Затем следует войти [в таблицу] с отдельными [простыми] годами и, наконец, с рассматриваемым месяцем. Далее, [если есть необходимость], мы преобразуем малые [единицы] в большие и из составной суммы вычтем один день. Часы следует преобразовать с полудня следующего дня. В соответствии с этими часами должны быть преобразованы среднее соединение и противостояние Солнца и Луны.

Тот, кто хочет определить эти вещи, должен поступить следующим образом. Из среднего положения Солнца и Луны и из аномалии Луны, данной в упомянутой таблице, нужно определить их истинные положения, то есть вычесть апогей из среднего [положения] и прибавить или вычесть уравнение, соответствующее этой аномалии, как было показано в начале [этого трактата]. Здесь следует напомнить, что когда для аномалии Луны требуется *тадил*[158], то есть ее уравнение, прибавляемое к среднему положению, тогда та же самая величина также прибавляется к аргументу широты; соответственно вычитается, [если уравнение] вычитаемое.

Затем следует обратиться к [тем найденным] положениям Солнца и Луны. В случае точного совпадения их положения, ты [уже] имеешь то, что хотел: а если нет, то нужно найти расстояние [между] ними, вычитая меньшую [долготу] из большей, и половину одной шестой этого промежутка следует внимательно запомнить и в свою очередь прибавить последнюю к одной из двух. Далее, в зависимости от того, какое [тело] предшествует другому, интервал [между ними] называется [либо] «принадлежит предшествующему Солнцу», либо «принадлежит [предшествующей] Луне». Если [интервал] относится к Солнцу, то та сумма прибавляется к положению Луны, а половина шести [знаков] — к положению Солнца: если [интервал] относится к Луне, то эти [величины] вычитаются из тех [положений]. Подобным же образом та же сумма прибавляется или вычитается из аргумента широты. Эти определенные результаты либо в точности соответствуют положениям Солнца и Луны в [момент] соединения, либо, если ты рассмотришь противоположное, это даст тебе положение Солнца и противоположное положение, то есть с прибавлением шести знаков [Зодиака], будет [положением] Луны. Таким образом, наконец, аргумент широты будет определен этим способом, который [более] полезен для исследования затмений.

Далее положения [точек сизигиев] определяются следующим образом: с положением Солнца следует войти в таблицу *бухтов* и в ней найти движение Луны за час. Затем сравнивая упомянутую сумму с движением Луны за час, можно точно вычислить, сколько часов соответствует ей; если интервал относится только к [предшествующему] Солнцу, то результат нужно прибавить к упомянутой величине часов. Если же [интервал] относится только к [предшествующей] Луне, то результат нужно вычесть из нее [суммы]. Этим способом можно установить часы соединения и противостояния в соответствии с ночью и днем, также данных с равными часами.

Если ты хочешь найти аномалию Луны после прибавления этих часов [между средним и истинным сизигиями], то эти прибавляемые часы и их дроби следует помножить на 32 минуты 40 секунд, произведение прибавить к первой аномалии или вычесть из нее, если она дана в часах. Это будет определяемой аномалией Луны в [момент истинного] соединения или противостояния.

Все это сказано для местоположения Кордовы[159]. Поэтому, если ты наблюдаешь светила где-нибудь в другом месте, то ты должен учитывать разность долгот между твоим местом и Кордовой, считая в ней каждые 15 градусов [соответствующими] одному часу. Далее, если твое место восточнее [Кордовы], то упомянутые часы нужно вычесть из часов [сизигиев] в Кордове, если же оно западнее, — то нужно их прибавить.

Чтобы уметь преобразовать равные часы в неравные и обратно, мы имеем заранее данную для этого таблицу уравнения времени. Правила [пользования] ею таковы: для любого градуса Солнца войди в данный знак [Зодиака], соответствующее число, [найденное в таблице], вычти из данных неравных [часов] дня; так получатся дни с равными часами. И обратно, путем прибавления из равных часов получаются неравные.

Истинная [продолжительность] естественных суток равна 25 часам, то есть обращению в 360 градусов 59 минут 5 секунд. Следовательно, один час равен 15°2′28″. Но поскольку один градус [небесного] экватора, в соответствии с которым определены эти [градусы] и [один градус] эклиптики, по которой движется Солнце, меридианом пересекается не в одно и то же время и поскольку Солнце, к тому же, движется то быстрее, то медленнее по отношению к небесной [сфере], необходимо иногда прибавлять к естественным средним суткам, иногда вычитать из них.

Однако эта таблица построена так, что из средних суток всегда нужно вычитать — иногда больше, чем для последующих суток, а иногда меньше, чем для предыдущих суток. Когда [вычитается] больше, то исправленные сутки от полудня до полудня будут меньше средних суток. Но если [вычитается] меньше, то [промежуток времени от полудня до полудня] будет, безусловно, больше [средних суток]. Однако большее вычитание уменьшает средние сутки, в то время как меньшее вычитание из средних и уравненных [суток] составляет бо́льший остаток, чем оставило бы большее вычитание.

Пример. Если сегодня из одного [полного] обращения [небесной] сферы и 59′ и 8″ вычесть 2′ и 8″, а в следующий день 3′ и 8″, то исправленные сутки будут [состоять] из одного вращения небесной сферы и 58′, которые меньше средних суток. Точно так же, если в предыдущие сутки вычтены 3′ и 8″, а в последующие сутки — только 2′ и 8″, то исправленные сутки будут [состоять] из одного вращения [небесной] сферы и 60′, которые больше средних суток[160].

Глава 32. Определение градуса кульминации и эквализация 12 домов[161]. Эта эквализация называется тецвиет эльбуйут[162]

Отметь градусы восхождения[163], войди с ними в столбец, [названный] градусы соответствия[164] восхождений на прямой сфере, возьми соответствующее [число] восхождений и прибавь к нему время двух ночных часов, соответствующих времени градуса восхождения в твоей местности. Полученную при этом сумму [снова] найди в [столбце] восхождений на прямой сфере и с ними обратно иди к относящимся к ним градусам соответствия. Полученное при этом число этих градусов будет началом второго дома.

Таким же образом прибавь время двух ночных часов к градусам восхождения, при помощи которых ты определил [начало] второго дома, и ты найдешь ранее описанным способом начало второго дома. И далее прибавь [снова] ту же самую величину [двух ночных часов] к числу, при помощи которого ты нашел третий дом, из этой суммы ты найдешь, как ранее, начало четвертого дома. Начала пятого и последующих домов получают при помощи аналогичной процедуры, с той лишь незначительной разницей, что для первых четырех [домов] берутся ночные часы, а для остальных [домов] требуется прибавлять два дневных часа времени твоей местности. Заметь также, что твое вычисление будет точным [только] тогда, когда седьмой дом [в точности] совпадет с градусами восхождения.

Если ты хочешь найти время, [соответствующее] двум часам твоего заданного восхождения, то войди с градусами восхождения в столбец чисел [таблицы] восхождений для твоей местности под тем же знаком [Зодиака], под которым находится и Солнце, возьми соответствующее число времени [градусов] и удвой его. Так ты получишь время [градусы] двух дневных часов. Далее вычти это удвоенное [число] из 60, остаток будет временем [градусами] двух ночных часов, с которыми ты будешь действовать, как было разъяснено выше.

Глава 33а. Как определяются затмения Солнца и Луны[165]

После приведенного выше изложения можно без труда установить, когда и где имеют место соединение и противостояние Солнца и Луны, и, по-видимому, [теперь настало] подходящее время изложить [все], что касается определения их затмений. Я думаю следует начать с Луны, поскольку она ближе [к нам]. После соединения и противостояния, как отмечено и уже сказано выше[166], так же и в каждом случае для того же самого времени нужно найти аргумент широты, затем из этого аргумента следует заключить, имеет место затмение или нет. Если [настало] соответствующее [обстоятельство] чтобы войти в столбец затмений [с аргументом широты], то нужно поступить так: то, что соответствует этому входу, указывает на затмение в смысле его качества и продолжительности, если ни та ни другая [величины] не соответствуют, то затмения не будет.

Для [определения] возможности затмения нужно войти в таблицу затмений; первое соответствующее число показывает затмение и его величину, вторая величина [также] указывает диаметр тени, деленный на 20 пальцев, а один палец на 60 минут; диаметр Луны, однако, делится на 12 пальцев. Таким образом, второе число определяет качество и продолжительность затмения.

Каждое затмение будет либо частичным, либо полным; частичное затмение в течение времени вхождения ее [Луны] в [тень Земли] у арабов называется *ас-сукут*, а по нашему «впадение»[167]; промежуток времени выхода из тени — *ал-инджила*, которое мы можем назвать «выход»[168]. В общем это у них называется *ал-мукс*, то есть «пребывание»[169], можно сказать, что это интервал [времени], в течение которого Луна полностью [пребывает] в затмении. Упоминаемую [фазу затмения] также можно назвать «впадением» или «прояснением». В приведенной ниже таблице время пребывания [в затмении], а также продолжительности даны в минутах и секундах. Однако когда ты пользуешься ими, таблицу, [озаглавленную] «для дальних расстояний», ты можешь понимать как для дальних расстояний Луны, а таблицу, [озаглавленную] «для близких расстояний», как для близких расстояний Луны. Примечательно то, что на дальнем расстоянии диаметр тени делится на 20 пальцев, а на ближнем на 21 или несколько больше [пальцев], причина этого в том, что орбита каждой планеты находится, как эксцентр по отношению к Земле. Если Луна не обнаружена в каком-либо из упомянутых мест, то нужно войти с аргументом широты в обе эти таблицы и записать соответствующие числа. Далее следует войти с аномалией Луны в таблицу пропорциональных частей и записать соответствующее значение. Упомянутое выше число нужно помножить с этим числом и произведение следует прибавить к числу, найденному для [данного] аргумента широты на дальнем расстоянии. Этим путем ты установишь для каждого лунного затмения определенную величину в пальцах.

Глава 33б. Способ исследования лунных затмений[170]

Если ты хочешь знать лунные затмения, то найди [ее] противостояние, так чтобы Луна находилась на восходящем или нисходящем узле. После точного определения аргумента широты в точности соответствующего часам противостояния, ты можешь найти [положение] Луны на дальнем расстоянии. В этом случае ты войди с аргументом широты в таблицу лунных затмений для дальнего расстояния и возьми число пальцев, которые ты нашел, а также минуты [и секунды] впадения и *эльмухта*[171], то есть пребывания [в полном затмении], если имеется *эльмухт*. Однако если Луна находится на близком расстоянии, тогда с аргументом широты ты войди в таблицу [лунных] затмений для близких расстояний и возьми то, что найдешь напротив нее для пальцев и минут впадения[172] и для пребывания, если имеется пребывание.

Если Луна обнаружена на одном из этих двух [расстояний], то войди с аргументом широты в обе таблицы. Затем первое значение, [т. е. апогей], вычти из второго значения, [т. е. перигея], для каждого вида в отдельности и запомни величину их разности. Далее со [значением] исправленной аномалии войди в столбец чисел в таблице пропорциональных частей, возьми соответствующее число как минуты запоминаемого и помножь на эти минуты запоминаемое, которое ты запомнил, а именно, пальцы и минуты впадения и пребывания. Результат прибавь к каждому из обоих видов расстояний в отдельности, которые ты нашел. Это будет исправленными пальцами затмения по отношению к диаметру Луны и исправленными минутами впадения и пребывания в середине затмения[173].

Далее, к минутам впадения прибавь половину ее одной шестой и результат дели на движение Луны за час. Получившиеся часы показывают [время] от начала затмения до полного затмения, если [в самом деле] наступит полное [затмение]. Затем к минутам полного затмения прибавь половину его одной шестой и [результат] дели на движение Луны за час: частное будет половиной полного лунного [затмения]. Удвой ее, прибавь к этому удвоенные часы частного затмения и ты получишь [время] от начала [затмения] до полного выхода из него.

Здесь следует отметить, что Солнце и Луна находятся на наибольшем удалении, если они обнаружены в последнем градусе Близнецов или в первом градусе Рака, и будут на наименьшем удалении, когда оно, [т. е. затмение], охватывает последний градус Стрельца или первый [градус] Козерога.

Здесь следует сказать, что Солнце находится на наибольшем удалении [от Луны], когда оно будет в 18-м градусе Близнецов, и на наименьшем удалении, когда занимает 18-й [градус] Стрельца. Удаление Луны будет наибольшим, когда ее аномалия равна $0^0 0'$, и наименьшим, когда она равна 6 знакам [Зодиака][174].

Глава 34. О параллаксе[175] Луны по долготе и широте, [выраженном] в часах

Ранее мы уже подготовились перейти к солнечным затмениям, [однако сейчас] должны рассказать о [параллаксе] Луны. Так, если ты хочешь узнать ее параллакс по долготе и [соответствующие] часы расстояния, то аккуратно и точно нужно отметить восхождение за [один] час соединения. Отсюда путем вычитания трех знаков [Зодиака] из долготы восхождения следует найти среднюю точку. После того как определено это, следует войти в таблицу прямых восхождений с [долготой] средней точки, относящейся к восхождению, затем следует снова войти в [таблицу] прямых восхождений с градусом [долготы] Луны и взять соответствующее число. Далее, если Луна находится между восхождением и средней точкой, то [число, найденное] для средней точки, следует вычесть из [числа, найденного] для положения Луны. Однако если Луна находится между нисходящей и средней точками, тогда [число] для положения Луны следует вычесть из [числа, найденного] для средней точки. Остаток дает промежуток [в прямом восхождении] между Луной и средней точкой, [относящейся к] этому восхождению. С этим значением нужно войти в таблицу параллаксов, данную ниже, и записать соответствующие часы и их части. Это соответствующее число [часов и т. д.] следует помножить на переменное часовое движение Луны, и полученное при этом произведение покажет параллакс Луны по долготе. Если Луна находится между восхождением и средней точкой, тогда это произведение прибавляют к часам соединения; если, однако, [Луна] находится между нисходящей и средней точками, тогда следует вычитать из них В любом случае при этом результат даст часы параллакса для места наблюдения, исправленные по параллаксу.

Определение параллакса по широте. Если ты хочешь знать параллакс по широте, то заранее нужно знать восхождение для этого часа. Для этого берут среднюю точку, как [говорилось] выше. Затем точно определяют величину склонения для этой средней точки. Если оно северное и меньше [географической широты], то оно вычитается из [географической] широты данной местности; если же оно северное и больше [географической широты], то [географическую] широту вычитают из него Однако если [склонение] южное, оно [всегда] прибавляется к [широте места]. Результат будет расстоянием между средней точкой, относящейся к данному восхождению, и зенитом. После этого нужно найти широту Луны: если она северная, то широту следует вычесть из упомянутого расстояния [зенита], если южная, то прибавить к нему. Полученный таким образом результат покажет расстояние между Луной и зенитом.

С этим числом нужно войти в таблицу параллакса и взять соответствующее число в [столбце] широты. Оно представляет параллакс по широте. Очевидно, что параллакс также будет северным, если средняя точка находится к северу от зенита, и южным, если [средняя] точка находится к югу от [него][176].

Это [имеет место] около меридиана, а где-нибудь в другом месте [происходит следующим образом]: после определения истинной широты Луны...[177] градус соединения установи в астролябии над часом соединения и посмотри, сколько градусов из градусов соединения отстоит от центра наименьшего *альмукантарата*[178]; и если истинная широта Луны северная, то ее нужно вычесть из этих градусов, если южная, то прибавить [к ним]. Затем с этим [числом] входят в таблицу параллакса по широте[179].

Глава 35. О параллаксе при солнечных затмениях

Если ты спросишь о разновидностях солнечных затмений, то в их порядке нет [особого] недостатка, как это ты увидишь ниже. Во-первых, нужно установить, что соединение происходит в дневное время, когда Солнце находится около восходящего или нисходящего узла. При этом условии солнечное затмение может произойти, может, однако, и не [произойти]. Здесь мы рассмотрим [только] случай возможности затмения.

Теперь внимательно нужно записать аргумент широты [Луны] и [долготу] средней точки [затмения] для момента соединения, а также параллакс за час и параллакс по долготе. Затем, если соединение имеет место между восхождением и средней точкой [эклиптики], то параллакс по долготе следует вычесть из [долготы] места соединения; точно так же параллакс за час следует вычесть из величины соединения. Если соединение имеет место между точкой захода и средней точкой [эклиптики], то параллакс прибавь к [долготе] места соединения и таким же образом параллакс за час [прибавь] к моменту соединения. Результат этого прибавления или вычитания указывает место Луны на эклиптике в [момент] затмения, которое ты хотел узнать. А результат, полученный из момента соединения путем такого прибавления или вычитания, дает [истинный] момент исследуемого соединения.

В эти таблицы[180] входят следующим образом: в начале следует посмотреть на расстояние [точки] соединения Луны и Солнца до восходящего или нисходящего узла, и если Луна находится на большой долготе ее малого круга, [т. е. эпицикла], то ты должен войти в первую таблицу, а если иначе, то во вторую и взять все соответствующие пальцы упомянутого расстояния [от узла]. Затем нужно взять параллакс Луны и посмотреть, скольким пальцам он равен. Далее, если Луна была севернее Солнца, то эти пальцы прибавляют к пальцам, найденным в таблице: если же она находится южнее [Солнца], то их следует вычесть по возможности, в противном же случае затмение невозможно. Этим путем определяется и величина затмения.

Затем следует в таблице найти из этой [величины, исправленной для параллакса], минуты пребывания, [данные] на этой линии; тогда это будет продолжительностью затмения [от ее начала] до ее середины.

Равное пальцам параллакса находится следующим образом. Из таблицы [истинного] движения следует найти величину диска Солнца и разделить ее на 12 равных частей, так как 12-я часть солнечного диаметра всегда называется одним пальцем. Далее следует посмотреть, сколько двенадцатых [частей диаметра Солнца] содержится в параллаксе, тогда результат даст соответствующие пальцы.

Таким образом, если [параллакс] будет найден по величине, большей 12ᵖ48′ пальцев в случае наименьшей долготы, или больше 10ᵖ48′ в случае наибольшей [долготы] и если Луна будет находиться севернее Солнца, тогда упомянутые пальцы нужно вычесть из полученной [суммы величины и параллакса] и остаток [покажет, какая] часть Солнца попала в затмение. Если же Луна была южнее [Солнца], то полученный остаток [покажет величину] выходящей из затмения части Солнца. Так происходит для тех, у которых Солнце всегда находится на юге, а для тех, у которых [оно] всегда на севере, происходит обратное сказанному.

Однако[181] при наибольшей элонгации до нисходящего узла или после восходящего узла солнечное затмение охватывает 23 градуса [расстояния от узла]. И затем истинная широта Луны будет известна, а также ее параллакс по широте; затем меньшее [число] следует вычесть из большего, из остатка станет известна величина затемненной [части Солнца], а ее пальцы можно найти по величинам [диаметра] Солнца и остатка, как сказано выше, а по ним [можно] из таблицы [найти] и продолжительность [затмения]. [Далее] нужно сложить полудиаметры Солнца и Луны и, если упомянутый остаток равен этой [сумме] или несколько больше ее, тогда затмения не будет; если остаток равен нулю, то [затмение] будет полное; если же остаток меньше [суммы полудиаметров], то будет частное затмение[182].

Глава 36. Об эквализации 12 домов

Среди [вопросов], рассмотренных до сих пор, гороскоп не имеет особо большой силы во всех астрономических предсказаниях, но ему также придается значение в последовательности [домов], в их надлежащей упорядоченности. Данная ниже таблица эквализации 12 домов[183] показывает их начала. В нее входят следующим образом. Начинают с Овна и входят в таблицу с градусами, в котором был найден гороскоп: далее, соответствующие числа представляют начала второго, третьего, четвертого, пятого и шестого домов. Нужно следить за тем, чтобы [начало] седьмого [дома] соответствовало [началу] первого, а [начало] восьмого — [началу] второго и остальные [дома] тоже в порядке их [последовательности]. Следовательно, остальные шесть знаков [Зодиака] в таблице не учитываются[184].

Глава 37. Как определяются аспекты[185] планет — гексагональный, квадратурный и тригональный[186]

Аспекты планет находятся следующим образом. Какой бы ни был аспект — гексагональным, квадратурным или тригональным — для его определения нужно сначала установить, в каком [градусе] своего знака [Зодиака] находится гороскоп, то есть является ли это пятым, десятым, пятнадцатым, двадцатым или двадцать пятым, или в точности тридцатым [градусом того знака]. Тогда нужно записать градус отдельной планеты, для которой ты хочешь найти аспект. С соответствующим градусом планеты или с ближайшим большим числом, [содержащимся в таблице], следует войти в [таблицу] числа градусов, сначала пользуясь малой таблицей в случае пяти градусов [как места гороскопа], затем в случае десяти градусов, в-третьих, — для пятнадцати, в-четвертых, — для двадцати, в-пятых, — для двадцати пяти, в-шестых, — для тридцати [градусов]. Затем это нужно продолжить в таблице гороскопов для числа [градусов] знака [Зодиака] данной планеты и использовать соответствующее число. К нему нужно прибавить число, записанное на верху таблицы для аспекта, о котором идет речь, и полученную при этом сумму или ближайшую к ней нужно найти в этой же таблице. Один из двух знаков [Зодиака], данный в соответствующей главе, и число градусов указывают на искомый аспект.

Если таблица не содержит ни одну из ее [суммы] чисел или близкую к ним, то вычти из нее ближайшее меньшее число, [данное в таблице], и найди остаток в таблице. Это покажет тебе знак [Зодиака] и градус аспекта в указанном порядке, с тем лишь исключением, что непосредственно найденное [число] или [число], следующее за ним, идет вместе с верхним знаком, [данном в начале], тогда как число, найденное вычитанием, обычно следует вместе с нижним знаком.

Если гороскоп находится между [точками, показывающими] 10, или 15, или 20, или 25, или 30 [градусов], тогда будут использованы два аспекта, а именно, из двух малых таблиц, касающихся чисел, содержащих гороскоп. Например, если он падает между [5 и] 10, первый аспект устанавливается из малой таблицы для пяти, поскольку она первая, второй [аспект] — из малой таблицы для десяти, так как она вторая; подобным образом [поступают] и для остальных. После того как это установлено, нужно отметить разницу между этими аспектами и разделить ее на пять, частное нужно помножить на приращение восхождения. Если первый аспект больше [второго], то это произведение нужно вычесть из него; если же он меньше, то его следует вычесть. Этим способом можно получить правильный аспект в случае рассматриваемого вопроса.

Все сказанное [относится] к левым аспектам; но есть и другие, называющиеся правыми. Например, левому гексагональному аспекту в противоположном соответствует правый тригональный, но против левой квадратуры лежит правая квадратура и левому тригональному соответствует правый гексагональный.

Если ты хочешь знать[187] проектирование лучей[188] планет в гексагональном, квадратурном и тригональном аспектах, то ты должен [также] знать и [знак] гороскопа, и сколько [градусов в знаке] охватывает его луч: пять градусов ли, или 10, или 15, или 20, или 25, или 30 градусов. Ты также должен знать градус планеты, аспект которого хочешь найти, и знак, в котором [планета] находится. После этого с градусом планеты войди в столбец градусов таблицы градусов гороскопа и возьми то, что ты нашел соответствующего ему для гороскопа и для знака, в котором находится планета, и сохрани это в своей памяти. Если теперь ты спрашиваешь для гексагонального аспекта, то прибавь к нему то, что дано в начале таблицы для гексагонального аспекта; или если ты спросишь для квадратуры, то прибавь то, что дано в начале [таблицы] для квадратуры; или если ты спросишь для тригонального аспекта, то прибавь к нему то, что дано в начале [таблицы] для тригонального аспекта. Полученную сумму попытайся найти подобным образом в той же таблице, или [число], которое ближе к ней, но меньше ее; когда найдешь это малое [число], возвратись в [столбец] градусов, и этим же образом следует от градусов гороскопа возвращаться к [соответствующим] градусам. Однако ты узнаешь, что градус, которым ты закончил [в столбце] градусов, является [градусом], на который падает левый аспект — в последовательности знаков [Зодиака] — планеты от знака, данного в начале таблицы.

Ты [также] узнаешь [и следующее]: когда светило падает в направлении к концу знаков, перечисленных в первой линии, тогда ты получишь сумму, от которой должен идти обратно и которая больше [числа] в конце малой таблицы: вычти из нее число, находящееся в конце малой таблицы и найди остаток в той же малой таблице, затем возьми знак, данный для этого числа в начале таблицы на второй линии.

Если гороскоп [находится] между 5 и 10 [градусами своего знака], или между его 10 и 15 [градусами], или между 15 и 20 [градусами] и т. д., то найди аспект, у которого пять [градусов] впереди него, то есть меньше, затем [тот, у которого] пять градусов после него, то есть больше, и возьми разность. Затем найди, на сколько градусов гороскоп превосходит [те] пять [градусов], которые впереди него, найди отношение этой разности к пяти [градусам], возьми такое же отношение разницы между двумя числами [аспектов] и [результат] запомни. Затем посмотри обратно на первый аспект, если он превосходит второй, то вычти из него число, о котором я говорил тебе, чтобы ты запомнил; если [первый аспект меньше] второго, то прибавь его [запоминаемое число] к нему [первому аспекту]. Результат этого прибавления или вычитания будет аспектом планеты.

Касающиеся [этого] сведения: гороскоп является владыкой[189] и нужно исследовать знак Луны и владыку этого знака. Эти зависящие от [него] данные в сильном или слабом знаке поддерживают или ослабляют владыку[190].

Таблица 1

Составные солнечные годы румов, распределенные по 28[191]

Составные годы румов, распределенные по 28					Время, прошедшее от одного царствования до другого	Годы	Месяцы	Дни
28	56	84	112	140	От потопа до начала царствования Йездигерда[192]	3735	10	23
168	196	224	252	280	От воцарения Набонассара[193] до Йездигерда	1379	3	0
308	336	364	392	420	От царствования Филиппа[194] до Йездигерда	955	3	0
448	476	504	532	560	От Александра до Йездигерда	942	8	$17\frac{1}{2}$
588	616	644	672	700	От Диоклетиана [195]до Йездигерда	347	9	21
728	756	784	812	840	От [начала] эры арабов до Йездигерда	9	11	4
868	896	924	952	980	От Александра до начала эры арабов	932	9	17
1008	1036	1064	1092	1120	[Годы] между Филиппом и [началом] эры арабов	945	3	26
1148	1176	1204	1232	1260	[Годы] между Диоклетианом и эрой арабов	337	10	$20\frac{1}{4}$
1288	1316	1344	1372	1400	[Годы] между асофром и эрой арабов	659	6	17
1428	1456	1484	1512	1540	[Годы] между Христом и эрой арабов	621	6	15
1568	1596	1624	1652	1680	[Годы] между Александром и Христом	311	3	0
1708	1736	1764	1792	1820	[Годы] между Александром и асофром	273	3	0
1848	1876	1904	1932	1960	[Годы] между Александром и Диоклетианом	594	11	$2\frac{1}{2}$
1988	2016	2044	2072	2100	От потопа до эры арабов	3725	11	19
					От Адама до начала потопа	2280	—	—

Таблица 2

Нахождение дня [недели], с которого начинается арабский лунный месяц[196]

Составные годы арабов	Значения	Простые годы	Значение	[Високосы]	Арабские лунные месяцы арабов	значения
30	5	1	4		Мухаррам 30	1
60	3	2	1	Кабиса		
90	1	3	6		Сафар 29	3
120	6	4	3			
150	4	5	7	Кабиса	Раби' ал-аввал 30	4
180	2	6	5			
210	7	7	2	Кабиса	Раби' ал-ахир 29	6
240	5	8	7			
270	3	9	4		Джумада ал-ула 30	7
300	1	10	1	Кабиса		
330	6	11	6		Джумада ал-ахир 29	2
360	4	12	3			
390	2	13	7	Кабиса	Раджаб 30	3
420	7	14	5			
450	5	15	2		Ша'бан 29	5
480	3	16	6	Кабиса		
510	1	17	4		Рамадан 30	6
540	6	18	1	Кабиса		
570	4	19	6		Шаввал 29	1
600	2	20	3			
630	7	21	7	Кабиса	Зу-л-ка'да 30	2
660	5	22	5			
690	3	23	2		Зу-л-хиджжа 29	4
720	1	24	6	Кабиса		
		25	4			
		26	1	.		
		27	6			
		28	3			
		29	7	Кабиса		
		30	5			

Таблица 2а

Нахождение дня [недели], с которого начинается персидский месяц[197]

Номер персидских месяцев	Наименования месяцев	[Дни]	[Знаки и значения] 1	2	3	4	5	6	7
1	Фарвардин-мах	30	3	4	5	6	7	1	2
2	Урдибихишт-мах	30	5	6	7	1	2	3	4
3	Хордад-мах	30	7	1	2	3	4	5	6
4	Тир-мах	30	2	3	4	5	6	7	1
5	Мурдад-мах	30	4	5	6	7	1	2	3
6	Шахривар-мах	30	6	7	1	2	3	4	5
7	Мехр-мах	30	1	2	3	4	5	6	7
8	Абан-мах	35	3	4	5	6	7	1	2
9	Азар-мах	30	3	4	5	6	7	1	2
10	Дай-мах	30	5	6	7	1	2	3	4
11	Бахман-мах	30	7	1	2	3	4	5	6
12	Исфендармуз-мах	30	2	3	4	5	6	7	1

Таблица 2б

Нахождение дня, с которого начинается египетский месяц[198]

Простые египетские годы	1 30 Тот	2 30 Фаофи	3 30 Асур	4 30 Кувак	5 30 Туби	6 30 Макир	7 30 Фаменот	8 30 Фармути	9 30 Пахон	10 30 Пауни	11 30 Эфифи	12 $35\frac{1}{4}$ Месори	Високосные годы
1	6	1	3	5	7	2	4	6	1	3	5	7	
2	7	2	4	6	1	3	5	7	2	4	6	1	Високос
3	2	4	6	1	3	5	7	2	4	6	1	3	
4	3	5	7	2	4	6	1	3	5	7	2	4	
5	4	6	1	3	5	7	2	4	6	1	3	5	
6	5	7	2	4	6	1	3	5	7	2	4	6	Високос
7	7	2	4	6	1	3	5	7	2	4	6	1	
8	1	3	5	7	2	4	6	1	3	5	7	2	
9	2	4	6	1	3	5	7	2	4	6	1	3	
10	3	5	7	2	4	6	1	3	5	7	2	4	Високос
11	5	7	2	4	6	1	3	5	7	2	4	6	
12	6	1	3	5	7	2	4	6	1	3	5	7	
13	7	2	4	6	1	3	5	7	2	4	6	1	
14	1	3	5	7	2	4	6	1	3	5	7	2	Високос
15	3	5	7	2	4	6	1	3	5	7	2	4	
16	4	6	1	3	5	7	2	4	6	1	3	5	
17	5	7	2	4	6	1	3	5	7	2	4	6	
18	6	1	3	5	7	2	4	6	1	3	5	7	Високос
19	1	3	5	7	2	4	6	1	3	5	7	2	
20	2	4	6	1	3	5	7	2	4	6	1	3	
21	3	5	7	2	4	6	1	3	5	7	2	4	
22	4	6	1	3	5	7	2	4	6	1	3	5	Високос
23	6	1	3	5	7	2	4	6	1	3	5	7	
24	7	2	4	6	1	3	5	7	2	4	6	1	
25	1	3	5	7	2	4	6	1	3	5	7	2	
26	2	4	6	1	3	5	7	2	4	6	1	3	Високос
27	4	6	1	3	5	7	2	4	6	1	3	5	
28	5	7	2	4	6	1	3	5	7	2	4	6	

Таблица 3

Сопоставление годов Александра с хиджрой[199]

Составные годы арабов	Составные годы Александра с високосом: годы	месяцы	дни	часы	Простые годы арабов	Простые годы Александра: годы	месяцы	дни	часы	Месяцы арабов	Обычные месяцы: месяцы	дни	Годы румов, распределенные по 28
Основа	932	9	17	0	1	0	1	24	0				
30	961	10	25	3/4	2	1	11	13	3/4	Мухаррам	1	0	1400
60	990	12	4	1/2	3	2	11	2	1/2				1428
90	1020	1	8	0	4	3	10	21	1/4	Сафар	1	29	1456
120	1049	2	16	3/4	5	4	10	11	0				1484
150	1078	3	25	1/2	6	5	9	29	3/4	Раби' ал-аввал	2	29	1512
180	1107	5	4	1/4	7	6	9	19	1/2				1540
210	1136	6	13	0	8	7	9	8	1/4	Раби' ал-ахир	3	28	1568
240	1165	7	21	3/4	9	8	8	27	0				1596
270	1194	9	0	1/2	10	9	8	16	3/4	Жумада ал-ула	4	28	1624

Составные годы арабов	Составные годы Александра с високосом: годы	месяцы	дни	часы	Простые годы арабов	Простые годы Александра: годы	месяцы	дни	часы	Месяцы арабов	Обычные месяцы: месяцы	дни	Годы румов, распределенные по 28
300	1223	10	9	1/4	11	10	8	5	1/2				1652
330	1252	11	18	0	12	11	7	24	1/4	Жумада ал-ахар	5	27	1680
360	1282	0	21	1/2	13	12	7	14	0				1708
390	1311	2	0	1/4	14	13	7	2	3/4	Раджаб	6	27	1736
420	1340	3	9	0	15	14	6	21	1/2				1764
450	1369	4	17	3/4	16	15	6	11	1/4	Ша'бан	7	26	1792
480	1398	5	26	1/2	17	16	6	0	0				1820
510	1427	7	5	1/4	18	17	5	19	3/4	Рамадан	8	26	1848
540	1456	8	14	0	19	18	5	8	1/2				1876
570	1485	9	22	3/4	20	19	4	27	1/4	Шаввал	9	25	1904
600	1514	11	1	1/2	21	20	4	17	0				1922
630	1544	0	9	1/4	22	21	4	5	3/4	Зу-л-ка'да	10	25	1960
660	1573	1	18	0	23	22	3	24	1/2				1988
690	1602	2	26	3/4	24	23	3	14	1/4	Зу-л-хиджжа	11	24	2016
					25	24	3	3	0				
					26	25	2	22	3/4				
					27	26	2	11	1/2				
					28	27	2	0	1/4				
					29	28	1	20	0				
					30	29	1	8	3/4				

Таблица 3а

Определение [того], в какой день недели начинается любой солнечный месяц румов[200]

Простые годы румов	Тишрин ал-аввал	Тишрин ал-ахир	Канун ал-аввал	Високосные годы	Канун ал-ахир	Шубат	Азар	Нисан	Айяр	Хазиран	Таммуз	Аб	Элул
	числа				дней месяцев								
	31	30	31 1/4		31	28	31	30	31	30	31	31	30
	Октябрь	Ноябрь	Декабрь		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
1	2	5	7		3	6	6	2	4	7	2	5	1
2	3	6	1		4	7	7	3	5	1	3	6	2
3	4	7	2	Високос	6	2	2	5	7	3	5	1	4
4	6	2	4		7	3	3	6	1	4	6	2	5
5	7	3	5		1	4	4	7	2	5	4	3	6
6	1	4	6		2	5	5	1	3	6	1	4	7
7	2	5	7	Високос	4	7	7	3	5	1	3	6	2
8	4	7	2		5	1	1	4	6	2	4	7	3
9	5	1	3		6	2	2	5	7	3	5	1	4
.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.
22	7	3	5		1	4	4	7	2	5	7	3	6
23	1	4	6	Високос	3	6	6	2	4	7	2	5	1
24	3	6	1		4	7	7	3	5	1	3	6	2
25	4	7	2		5	1	1	4	6	2	4	7	3
26	5	1	3		6	2	2	5	7	3	5	1	4
27	6	2	4	Високос	1	4	4	7	2	5	7	3	6
28	1	4	6		2	5	5	1	3	6	1	4	7

Среднее Солнце[201]

Составные годы	Среднее Солнце в составных годах: знаки	градусы	минуты	секунды
Основа	3	23	25	48
30	5	1	22	51
60	6	9	19	55
90	7	17	16	59
120	8	25	14	3
150	10	3	11	6
180	11	11	8	9
210	0	19	5	13
240	1	27	2	17
270	3	4	59	20
300	4	12	56	23
330	5	20	53	26
360	6	28	50	29
390	8	6	47	32
420	9	14	44	36
450	10	22	41	39
480	0	0	38	42
510	1	8	35	45
540	2	16	32	49
570	3	24	29	52
600	5	2	27	9
630	6	10	24	13
660	7	18	21	17
690	8	26	18	21
720	10	4	15	25

Простые годы	Среднее Солнце в простых годах: знаки	градусы	минуты	секунды
1	11	18	54	13
2	11	8	47	34
3	10	27	41	47
4	10	16	36	0
5	10	6	29	21
6	9	25	23	34
7	9	15	16	55
8	9	4	11	9
9	8	23	5	22
10	8	12	58	43
11	8	1	52	56
12	7	20	47	9
13	7	10	40	30
14	6	29	34	45
15	6	18	28	57
16	6	8	22	18
17	5	27	16	31
18	5	17	9	52
19	5	6	4	5
20	4	24	58	19
21	4	14	51	40
22	4	3	45	53
23	3	22	40	7
24	3	12	33	28
25	3	1	27	41
26	2	21	21	3
27	2	10	15	16
28	1	29	9	29
29	1	19	2	50
30	1	7	57	3

Арабские месяцы	Среднее Солнце в арабских месяцах: знаки	градусы	минуты	секунды
Мухаррам	0	29	34	5
Сафар	1	28	9	2
Раби' I	2	27	43	7
Раби' II	3	26	18	4
Джумада I	4	25	52	9
Джумада II	5	24	27	6
Раджаб	6	24	1	11
Ша'бан	7	22	36	8
Рамадан	8	22	10	13
Шаввал	9	20	46	10
Зу-л-ка' да	10	20	19	15
Зу-л-хиджжа	11	18	54	12

Названия знаков	Среднее Солнце в начале каждого знака: знаки	градусы	минуты	секунды
Овен	11	27	48	12
Телец	0	28	18	38
Близнецы	1	29	17	33
Рак	3	0	28	20
Лев	4	1	29	58
Дева	5	2	9	7
Весы	6	2	9	37
Скорпион	7	1	26	55
Стрелец	8	0	40	40
Козерог	8	29	33	42
Водолей	9	28	35	28
Рыбы	10	27	55	0

Таблица 5

Среднее Солнце[202]

Числа суток	Среднее Солнце в сутках: Знаки	Градусы	Минуты	Секунды	Числа часов	Среднее Солнце в часах: Знаки	Градусы	Минуты	Секунды	Доли часов	Среднее Солнце в долях часов: Знаки	Градусы	Минуты	Секунды
1	0	0	59	8	1	0	0	2	28	2	0	0	0	5
2	0	1	58	16	2	0	0	4	56	4	0	0	0	8
3	0	2	57	24	3	0	0	7	24	6	0	0	0	15
4	0	3	56	33	4	0	0	9	51	8	0	0	0	20
5	0	4	55	41	5	0	0	12	19	10	0	0	0	25
6	0	5	54	49	6	0	0	14	47	12	0	0	0	30
7	0	6	53	57	7	0	0	17	15	14	0	0	0	34
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23	0	22	40	8	23	0	0	56	49	46	0	0	1	53
24	0	23	39	16	24	0	0	59	8	48	0	0	1	58
25	0	24	38	24						50	0	0	2	3
26	0	25	37	32						52	0	0	2	8
27	0	26	36	40						54	0	0	2	13
28	0	27	35	49						56	0	0	2	18
29	0	28	34	57						58	0	0	2	23
30	0	29	34	5						60	0	8	2	28

Примечание. Таблицы 6–8 (Средняя Луна и ее аномалии[203]) и 9—20 (Средний Сатурн[204]) не приводятся.

Таблицы 21–23

Уравнение Солнца и Луны[205]

Столбцы чисел: Для вычисления уравнения возрастающими числами: Знаки	Градусы	Для вычисления уравнения убывающими числами: Знаки	Градусы	Уравнение Солнца [при] замедленном движении: Градусы	Минуты	Секунды	Уравнение Луны [при] замедленном движении: Градусы	Минуты	Секунды	Склонение Солнца возрастает: Градусы	Минуты	Секунды	Широта Луны возрастает: Градусы	Минуты	Секунды
0	1	11	29	0	2	17	0	5	1	0	24	16	0	4	42
0	2	11	28	0	4	33	0	10	2	0	48	31	0	9	25
0	3	11	27	0	6	49	0	15	3	1	12	45	0	14	8
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	28	9	2	2	13	55	4	55	49	23	50	5	4	29	49
2	29	9	1	2	13	59	4	55	58	23	50	47	4	29	56
3	0	9	0	2	14	0	4	56	0	23	51	0	4	30	0

Уравнения Солнца и Луны[206]

Столбцы чисел				Уравнение Солнца [при] ускоренном движении			Уравнение Луны [при] ускоренном движении			Склонение Солнца убывает			Широта Луны убывает		
Для вычисления уравнения возрастающими числами		Для вычисления уравнения убывающими числами													
Знаки	Градусы	Знаки	Градусы	Градусы	Минуты	Секунды	Градусы	Минуты	Секунды	Градусы	Минуты	Секунды	Градусы	Минуты	Секунды
3	1	8	29	2	13	59	4	55	58	23	50	47	4	29	56
3	2	8	28	2	13	55	4	55	49	23	50	5	4	29	49
3	3	8	27	2	13	49	4	55	34	23	48	55	4	29	38
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	28	6	2	0	4	33	0	10	3	0	48	31	0	9	25
5	29	6	1	0	2	17	0	5	1	0	24	16	0	4	12
6	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Уравнение Сатурна[207]

Положение *джаузахира* — $3^s 13°12'$

Столбцы чисел				Уравненный апогей Сатурна			Уравненная аномалия Сатурна		Уравнение центра Сатурна		Первое стояние Сатурна			Широта Сатурна возрастает				
возрастающие		убывающие												первая		вторая		
знаки	градусы	знаки	градусы	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	секунды
0	1	11	29	8	4	53	0	5	0	8	3	22	44	1	33	0	5	14
0	2	11	28	8	4	50	0	11	0	17	3	22	44	1	32	0	10	28
0	3	11	27	8	4	47	0	16	0	26	3	22	44	1	32	0	15	42
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	28	9	2	8	2	5	5	40	8	34	3	24	9	1	18	4	59	49
2	29	9	1	8	2	5	5	41	8	35	3	24	10	1	18	4	59	57
3	0	9	0	8	2	4	5	42	8	36	3	24	11	1	18	5	0	0

Уравнение Сатурна[208]

Положение *джаузахира* — $3^s 13°12'$

Столбцы чисел				Уравненный апогей Сатурна			Уравненная аномалия Сатурна		Уравнение центра Сатурна		Первое стояние Сатурна			Широта Сатурна убывает				
возрастающие		убывающие												первая		вторая		
знаки	градусы	знаки	градусы	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	секунды
3	1	8	29	8	2	4	5	42	8	35	3	24	12	1	18	4	59	57
3	2	8	28	8	2	4	5	43	8	34	3	24	13	1	18	4	59	49
3	3	8	27	8	2	4	5	43	8	33	3	24	15	1	17	4	59	35
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	28	6	2	8	4	49	0	13	0	17	3	25	30	1	10	0	10	28
5	29	6	1	8	4	52	0	6	0	9	3	25	30	1	10	0	5	14
6	0	6	0	8	4	55	0	0	0	0	3	25	30	1	10	0	0	0

Таблицы 33—35

Уравнение Юпитера[209]

Положение *джаузахира* — $2^s 22°1'$

Столбцы чисел				Уравненный апогей Юпитера			Уравненная аномалия [Юпитера]		Уравнение центра Юпитера		Первое стояние Юпитера			Широта Юпитера возрастает				
Возрастающие		Убывающие												первая		вторая		
знаки	градусы	знаки	градусы	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	секунды
0	1	11	29	5	22	28	0	9	0	5	4	4	5	1	36	0	2	37
0	2	11	28	5	22	23	0	19	0	10	4	4	5	1	35	0	5	14
0	3	11	27	5	22	18	0	29	0	15	4	4	5	1	35	0	7	11
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	28	9	2	5	17	14	10	36	5	5	4	5	39	1	18	2	29	55
2	29	9	1	5	17	13	10	38	5	6	4	5	41	1	18	2	29	59
3	0	9	0	5	17	12	10	41	5	6	4	5	42	1	18	2	30	0

Уравнение Юпитера[210]

Положение *джаузахира* — $2^s\,22°1'$

Столбцы чисел				Уравненный апогей Юпитера			Уравненная аномалия [Юпитера]		Уравнение центра [Юпитера]		Первое стояние Юпитера			Широта Юпитера убывает				
Возрастающие		Убывающие												первая		вторая		
знаки	градусы	знаки	градусы	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	секунды
3	1	8	29	5	17	11	10	43	5	6	4	5	43	1	17	2	29	59
3	2	8	28	5	17	10	10	45	5	5	4	5	44	1	17	2	29	55
3	3	8	27	5	17	9	10	47	5	4	4	5	46	1	17	2	29	48
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	28	6	2	5	22	17	0	30	0	10	4	7	11	0	57	0	5	5
5	29	6	1	5	25	25	0	15	0	5	4	7	11	0	57	0	2	31
6	0	6	0	5	22	32	0	0	0	0	4	7	11	0	57	0	0	0

Таблицы 39—41

Уравнение Марса[211]

Положение *джаузахира* — $6^s\,21°54'$

Столбцы чисел				Уравненный апогей Марса			Уравненная аномалия [Марса]		Уравнение центра [Марса]		Первое стояние Марса			Широта Марса возрастает				
Возрастающие		Убывающие												первая		вторая		
знаки	градусы	знаки	градусы	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	секунды
0	1	11	29	4	8	13	0	23	0	11	5	7	28	2	14	0	3	56
0	2	11	28	4	8	1	0	47	0	23	5	7	29	2	14	0	7	51
0	3	11	27	4	7	49	1	11	0	34	5	7	30	2	14	0	11	47
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	28	9	2	3	22	11	32	27	11	11	5	13	12	1	38	3	44	52
2	29	9	1	3	22	2	32	45	11	12	5	13	18	1	37	3	44	58
3	0	9	0	3	21	52	33	3	11	13	5	13	25	1	36	3	45	0

Уравнение Марса[212]

Положение *джаузахира* — $0^s 21^\circ 54'$

Столбцы чисел				Уравненный апогей Марса			Уравненная аномалия [Марса]		Уравнение центра [Марса]		Первое стояние Марса			Широта Марса убывает				
Возрастающие		Убывающие												первая		вторая		
знаки	градусы	знаки	градусы	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	секунды
3	1	8	29	3	21	44	33	21	11	12	5	13	31	1	35	3	44	58
3	2	8	28	3	21	35	33	39	11	11	5	13	36	1	34	3	44	52
3	3	8	27	3	21	26	33	56	11	10	5	13	41	1	33	3	44	41
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	28	6	2	4	6	30	3	49	0	23	5	19	14	0	27	0	7	51
5	29	6	1	4	7	26	1	56	0	11	5	19	14	0	27	0	3	56
6	0	6	0	4	8	24	0	0	0	0	5	19	15	0	27	0	0	0

Уравнение Венеры[213]

Положение *джаузахира* — $1^s 29^\circ 27'$

Столбцы чисел				Уравненный апогей Венеры			Уравненная аномалия [Венеры]		Уравнение центра [Венеры]		Первое стояние Венеры			Широта Венеры возрастает				
Возрастающие		Убывающие												первая		вторая		
знаки	градусы	знаки	градусы	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	секунды
0	1	11	29	2	21	3	0	25	0	2	5	15	51	2	24	0	5	16
0	2	11	28	2	20	50	0	51	0	4	5	15	51	2	23	0	10	28
0	3	11	27	2	20	37	1	16	0	7	5	15	51	2	23	0	15	42
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	28	9	2	2	3	27	35	36	2	13	5	17	8	1	43	4	59	49
2	29	9	1	2	3	16	35	58	2	13	5	17	10	1	42	4	59	57
3	0	9	0	2	3	6	36	19	2	14	5	17	11	1	41	5	0	0

Уравнение Венеры[214]

Положение *джаузахира*—$1^s29°27'$

Столбцы чисел				Уравненный апогей Венеры			Уравненная аномалия [Венеры]		Уравнение центра [Венеры]		Первое стояние Венеры			Широта Венеры убывает				
Возрастающие		Убывающие												первая		вторая		
знаки	градусы	знаки	градусы	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	секунды
3	1	8	29	2	2	56	36	39	2	13	5	17	12	1	40	4	59	57
3	2	8	28	2	2	45	37	0	2	13	5	17	13	1	40	4	59	49
3	3	8	27	2	2	35	37	20	2	13	5	17	14	1	39	4	59	35
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	28	6	2	2	18	25	5	37	0	4	5	18	21	0	22	0	10	28
5	29	6	1	2	19	49	2	53	0	2	5	18	21	0	22	0	5	14
6	0	6	0	2	21	15	0	0	0	0	5	18	21	0	22	0	0	0

Таблицы 51—53

Уравнение Меркурия[215]

Положение *джаузахира*- $0^s21°10'$

Столбцы чисел				Уравненный апогей Меркурия			Уравненная аномалия [Меркурия]		Уравнение центра [Меркурия]		Первое стояние Меркурия			Широта Меркурия возрастает				
Возрастающие		Убывающие												первая		вторая		
знаки	градусы	знаки	градусы	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	секунды
0	1	11	29	7	14	46	0	16	0	4	4	27	14	1	44	0	6	33
0	2	11	28	7	14	38	0	32	0	8	4	27	14	1	44	0	13	5
0	3	11	27	7	14	34	0	48	0	12	4	27	14	1	44	0	13	38
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	28	9	2	7	4	57	19	54	4	0	4	24	39	1	22	6	14	46
2	29	9	1	7	4	54	20	1	4	1	4	24	39	1	21	6	14	57
3	0	9	0	7	4	50	20	9	4	2	4	24	38	1	21	6	15	0

Уравнение Меркурия[216]

Положение *джаузахира* — $0^{s}21^{\circ}10'$

Столбцы чисел				Уравненный апогей Меркурия			Уравненная аномалия [Меркурия]		Уравнение центра [Меркурия]		Первое стояние Меркурия			Широта Меркурия убывает				
Возрастающие		Убывающие												первая		вторая		
знаки	градусы	знаки	градусы	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	знаки	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	секунды
3	1	8	29	7	4	46	20	16	4	1	4	24	37	1	20	6	14	57
3	2	8	28	7	4	43	20	22	4	0	4	24	36	1	20	6	14	46
3	3	8	27	7	4	40	20	29	3	59	4	24	36	1	19	6	14	29
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	28	6	2	7	14	19	1	10	0	8	4	24	42	0	48	0	13	5
5	29	6	1	7	14	37	0	35	0	4	4	24	42	0	48	0	6	33
6	0	6	0	7	14	54	0	0	0	0	4	24	42	0	48	0	0	0

Таблица 57а

Знаки	Овен		Телец		Близнецы		Рак		Лев		Дева	
Деканы	Градусы	Минуты	Градусы	Минуты	Градусы	Минуты	Градусы	Минуты	Градусы	Минуты	Градусы	Минуты
X	9	26	9	19	9	38	11	29	15	58	20	20
XX	9	25	9	18	9	57	12	48	17	31	21	4
XXX	9	21	9	21	10	37	14	15	19	11	21	57

Знаки	Весы		Скорпион		Стрелец		Козерог		Водолей		Рыбы	
Деканы	Градусы	Минуты	Градусы	Минуты	Градусы	Минуты	Градусы	Минуты	Градусы	Минуты	Градусы	Минуты
X	21	57	19	11	14	15	10	37	9	21	9	21
XX	21	4	17	31	11	48	9	57	9	18	9	25
XXX	20	20	15	58	11	29	9	33	9	19	9	26

Таблица 57б

Поскольку это так, и последовательность изложения, которым мы руководствуемся в затмениях обоих светил, такова, то следует запомнить некоторые вещи, с помощью которых мы...[217] И прежде всего нужно знать, что получится при взаимном умножении одних дробей на себя или с другими. Это можно найти для любой [дроби] в прямоугольной таблице умножения. Это то, что получается при их умножении[218].

	Градусы	Минуты	Секунды	Терции	Кварты	Квинты	Сексты
Градусы	Градусы	Минуты	Секунды	Терции	Кварты	Квинты	Сексты
Минуты	Минуты	Секунды	Терции	Кварты	Квинты	Сексты	Септимы
Секунды	Секунды	Терции	Кварты	Квинты	Сексты	Септимы	Октавы
Терции	Терции	Кварты	Квинты	Сексты	Септимы	Октавы	Ноны
Кварты	Кварты	Квинты	Сексты	Септимы	Октавы	Ноны	Децимы
Квинты	Квинты	Сексты	Септимы	Октавы	Ноны	Децимы	Ундецимы
Сексты	Сексты	Септимы	Октавы	Ноны	Децимы	Ундецимы	Дуодецимы

Таблица 58

Таблица синусов[219]

Столбцы чисел								Синусы			Столбцы чисел								Синусы		
Знаки	Градусы	Знаки	Градусы	Знаки	Градусы	Знаки	Градусы	Части	Минуты	Секунды	Знаки	Градусы	Знаки	Градусы	Знаки	Градусы	Знаки	Градусы	Части	Минуты	Секунды
0	1	5	29	6	1	11	29	1	2	59	1	1	4	29	7	1	10	20	30	54	8
0	2	5	28	6	2	11	28	2	5	38	1	2	4	28	7	2	10	28	31	47	43
0	3	5	27	6	3	11	27	3	8	24	1	3	4	27	7	3	10	27	32	40	41
0	4	5	26	6	4	11	26	4	11	7	1	4	4	26	7	4	10	26	33	33	6
0	5	5	25	6	5	11	25	5	13	46	1	5	4	25	7	5	10	25	34	24	53
0	6	5	24	6	6	11	24	6	16	18	1	6	4	24	7	6	10	24	35	16	2
0	7	5	23	6	7	11	23	7	18	43	1	7	4	23	7	7	10	23	36	6	32
0	8	5	22	6	8	11	22	8	21	2	1	8	4	22	7	8	10	22	36	56	23
0	9	5	21	6	9	11	21	9	23	9	1	9	4	21	7	9	10	21	37	43	33
0	10	5	20	6	10	11	20	10	25	8	1	10	4	20	7	10	10	20	38	34	2
0	11	5	19	6	11	11	19	11	26	54	1	11	4	19	7	11	10	19	39	21	49
0	12	5	18	6	12	11	18	12	28	29	1	12	4	18	7	12	10	18	40	8	52
0	13	5	17	6	13	11	17	13	29	49	1	13	4	17	7	13	10	17	40	55	12
0	14	5	16	6	14	11	16	14	30	55	1	14	4	16	7	14	10	16	41	40	46
0	15	5	15	6	15	11	15	15	31	45	1	15	4	15	7	15	10	15	42	25	35
0	16	5	14	6	16	11	14	16	32	17	1	16	4	14	7	16	10	14	43	9	37
0	17	5	13	6	17	11	13	17	32	32	1	17	4	13	7	17	10	13	43	52	52
0	18	5	12	6	18	11	12	18	32	27	1	18	4	12	7	18	10	12	44	35	19
0	19	5	11	6	19	11	11	19	32	2	1	19	4	11	7	19	10	11	45	16	58
0	20	5	10	6	20	11	10	20	31	16	1	20	4	10	7	20	10	10	45	57	46
0	21	5	9	6	21	11	9	21	30	7	1	21	4	9	7	21	10	9	47	37	43
0	22	5	8	6	22	11	8	22	28	35	1	22	4	8	7	22	10	8	47	16	50
0	23	5	7	6	23	11	7	23	26	38	1	23	4	7	7	23	10	7	48	55	5
0	24	5	6	6	25	11	6	24	24	15	1	24	4	6	7	24	10	6	49	32	28
0	25	5	5	6	25	11	5	25	21	25	1	25	4	5	7	25	10	5	49	8	57
0	26	5	4	6	26	11	4	26	18	7	1	26	4	4	7	26	10	4	50	44	32
0	27	5	3	6	27	11	3	27	14	22	1	27	4	4	3	27	10	3	50	19	13
0	28	5	2	6	28	11	2	28	10	6	1	28	4	2	7	28	10	2	51	52	58
0	29	5	1	6	29	11	1	29	5	19	1	29	4	1	7	29	10	1	51	25	48
1	0	5	0	7	0	11	0	30	0	0	2	0	4	0	8	0	10	0		57	41

Таблица 58а

Таблица синусов

Столбцы чисел								Синусы		
Знаки	Градусы	Знаки	Градусы	Знаки	Градусы	Знаки	Градусы	Части	Минуты	Секунды
2	1	3	29	8	1	9	29	52	28	38
2	2	3	28	8	2	9	28	52	58	37
2	3	3	27	8	3	9	27	53	27	37
2	4	3	26	8	4	9	26	53	55	40
2	5	3	25	8	5	9	25	54	22	42
2	6	3	24	8	6	9	24	54	48	46
2	7	3	23	8	7	9	23	55	13	49
2	8	3	22	8	8	9	22	55	37	52
2	9	3	21	8	9	9	21	56	0	53
2	10	3	20	8	10	9	20	56	22	54
2	11	3	19	8	11	9	19	56	43	52
2	12	4	18	8	12	9	18	57	3	48
2	13	3	17	8	13	9	17	57	22	42
2	14	3	16	8	14	9	16	57	40	32
2	15	3	15	8	15	9	15	57	57	20
2	16	3	14	8	16	9	14	58	13	4
2	17	3	13	8	17	9	13	58	27	44
2	18	3	12	8	18	9	12	58	41	20
2	19	3	11	8	19	9	11	58	53	51
2	20	3	10	8	20	9	10	59	5	18
2	21	3	9	8	21	9	9	59	15	41
2	22	3	8	8	22	9	8	59	24	58
2	23	3	7	8	23	9	7	59	33	11
2	24	3	6	8	24	9	6	59	40	16
2	25	3	5	8	25	9	5	59	46	19
2	26	3	4	8	26	9	4	59	51	14
2	27	3	3	8	27	9	3	59	55	4
2	28	3	2	8	28	9	2	59	57	49
2	29	3	1	8	29	9	1	59	59	27
3	0	3	0	9	0	9	0	60	0	0

Таблицы 59, 59а, 59б

Восхождение знаков [зодиака] на широте Арина[220]

Градусы соответствия	Козерог			Водолей			Рыбы			Овен		
	градусы	минуты	секунды	градусы	минуты	секунды	градусы	минуты	секунды	градусы	минуты	секунды
1	1	5	33	33	18	13	63	6	57	90	54	52
2	2	11	7	34	20	29	64	3	54	91	49	45
3	3	16	40	35	22	36	65	0	49	92	44	38
4	4	22	13	36	24	32	65	57	34	93	39	33
5	5	27	43	37	26	16	66	54	11	94	34	29
6	6	33	8	38	27	49	67	50	31	95	29	27
7	7	38	32	39	29	11	68	47	1	96	24	27
8	8	43	55	40	30	21	69	43	11	97	19	29
9	9	49	15	41	31	19	70	39	16	98	14	33
10	10	54	34	42	32	6	71	35	15	99	9	40

Градусы соответствия	Козерог: градусы	Козерог: минуты	Козерог: секунды	Водолей: градусы	Водолей: минуты	Водолей: секунды	Рыбы: градусы	Рыбы: минуты	Рыбы: секунды	Овен: градусы	Овен: минуты	Овен: секунды
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21	261	45	27	289	20	44	318	28	41	350	10	44
22	262	40	31	290	16	49	319	29	39	351	15	5
23	263	35	33	291	12	59	320	30	49	352	21	28
24	264	30	33	292	9	21	321	32	11	353	26	52
25	265	25	31	293	5	49	322	33	44	354	32	18
26	366	20	27	294	2	26	323	35	28	355	37	43
27	267	15	22	294	59	11	324	37	24	356	43	13
28	268	10	15	295	56	4	325	39	31	357	48	46
29	269	5	8	296	53	3	326	41	47	358	54	37
30	270	0	0	297	50	9	327	44	12	360	0	0

Таблица 60

Таблица теней[221]

Числа высот	Тень: пальцы	Тень: минуты	Числа высот	Тень: пальцы	Тень: минуты	Числа высот	Тень: пальцы	Тень: минуты
1	687	29	31	19	58	61	6	39
2	343	38	32	19	13	62	2	24
3	228	58	33	18	29	63	6	7
4	171	36	34	17	47	64	5	51
5	137	10	35	17	8	65	5	36
6	114	10	36	16	30	66	5	21
7	97	44	37	15	55	67	5	6
8	85	22	38	15	21	68	4	51
9	75	45	39	14	49	69	4	36
10	68	3	40	14	18	70	4	22
11	61	44	41	13	48	71	4	9
12	56	27	42	13	20	72	3	54
13	51	58	43	12	52	73	3	40
14	48	9	44	12	25	74	3	26
15	44	47	45	11	0	75	3	13
16	41	51	46	11	35	76	2	59
17	39	15	47	10	21	77	2	46
18	36	55	48	10	48	78	2	32
19	34	51	49	10	25	79	2	19
20	32	58	50	9	4	80	1	6
21	31	15	51	9	43	81	1	54
22	29	42	52	9	22	82	1	41
23	28	16	53	8	2	83	1	28
24	26	57	54	8	44	84	1	15
25	25	44	55	8	24	85	0	2
26	24	36	56	7	5	86	0	50
27	23	33	57	7	47	87	0	37
28	22	34	58	7	29	88	0	25
29	21	39	59	6	13	89	0	12
30	20	47	60	6	56	90	0	0

Таблица *бухта*[222]

Столбцы чисел				Движение Солнца за час		Движение Луны за час		Полудиаметр Солнца		Полудиаметр Луны		Первый полудиаметр „Головы“		Второй полудиаметр „Головы“	
знаки	градусы	знаки	градусы	минуты	секунды	минуты	секунды	минуты	секунды	минуты	секунды	минуты	секунды	минуты	секунды
0	1	11	29	2	22	30	12	15	40	14	38	11	52	48	19
0	2	11	28	2	22	30	12	15	40	14	38	11	52	48	20
0	3	11	27	2	22	30	12	15	40	14	39	11	52	48	20
0	4	11	26	2	22	30	13	15	40	14	39	11	52	48	20
0	5	11	25	2	22	30	13	15	40	14	39	11	52	40	20
0	6	11	24	2	22	30	13	15	40	14	39	11	52	48	21
0	7	11	23	2	22	30	13	15	40	14	39	11	52	48	21
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	25	6	5	2	34	35	39	16	54	17	17	12	48	57	3
5	26	6	4	2	34	35	39	16	54	17	17	12	48	57	3
5	27	6	3	2	34	35	39	16	54	17	17	12	48	57	3
5	28	6	2	2	34	35	40	16	54	17	17	12	48	57	3
5	29	6	1	2	34	35	40	16	54	17	17	12	48	57	4
6	0	6	0	2	34	35	40	16	54	17	17	12	48	57	4

Примечание. Таблицы 67, 68 (Уравнения дня[223]) не приводятся.

Таблица 69

Таблица[224] соединений Солнца и Луны в составных годах арабов для меридиана Кордовы

День недели	Составные годы	Сутки и часы				Средние Солнце и Луна				Аномалия Луны				Аргумент широты			
		сутки	часы	минуты	секунды	знаки	градусы	минуты	секунды	знаки	градусы	минуты	секунды	знаки	градусы	минуты	секунды
0	Основа	29	0	1	11	4	22	11	9	4	5	46	57	0	17	31	35
5	31	29	0	14	46	5	0	8	46	1	29	51	52	8	18	56	57
3	61	29	0	28	41	7	8	6	23	11	33	56	47	4	20	22	19
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Таблица 70

Таблица противостояний Солнца и Луны в составных годах арабов для меридиана Кордовы

День недели	Составные годы	Сутки и часы				Средние Солнце и Луна				Аномалия Луны				Аргумент широты			
		сутки	часы	минуты	секунды	знаки	градусы	минуты	секунды	знаки	градусы	минуты	секунды	знаки	градусы	минуты	секунды
0	Основа	14	5	39	12	4	7	38	0	9	22	52	26	6	2	11	29
5	31	14	5	52	57	5	15	36	37	7	16	57	21	2	4	36	51
3	61	14	6	6	41	6	23	33	14	5	11	2	10	10	5	2	13

. . . .

Таблица 71

Таблица соединений и противостояний в простых годах арабов

День недели	Простые годы	Вычитаемые дни	Часы			Средние Солнце и Луна				Аномалия Луны				Аргумент широты			
			часы	минуты	секунды	знаки	градусы	минуты	секунды	знаки	градусы	минуты	секунды	знаки	градусы	минуты	секунды
2	1	0	8	48	7	11	19	15	55	10	9	48	10	0	8	2	50
7	2	1	17	36	54	11	8	31	50	8	19	36	20	0	16	5	40

. . . .

Таблица 72

Таблица соединений и противостояний в месяцах

День недели	Месяцы арабов	Вычитаемые дни	Часы			Средние Солнце и Луна				Аномалия Луны				Аргумент широты			
			часы	минуты	секунды	знаки	градусы	минуты	секунды	знаки	градусы	минуты	секунды	знаки	градусы	минуты	секунды
0	Мухаррам	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Сафар	1	12	44	3	0	29	6	19	0	25	49	1	1	0	40	15

Таблица 73

Затмения[225] Луны при наибольшем удалении

Аргументы широты				Пальцы затмения		Минуты „впадения“		Минуты середины „пребывания“		Столбцы соотношений: части различия		Столбцы соотношений: минуты превышения	
градусы	минуты	градусы	минуты	пальцы	минуты	минуты	секунды	минуты	секунды	части	градусы	минуты	секунды
10	50	169	10	0	0	0	0	0	0	2	358	0	2
10	30	169	30	0	40	12	10	0	0	4	356	0	6
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
0	30	179	30	19	50	29	19	21	16	44	316	7	52
0	0	180	0	20	46	29	16	21	22	46	314	8	32
										48	312	9	15
										50	310	10	0
										52	308	10	45
										54	306	11	33
										56	304	12	21
										58	302	13	10
										60	300	14	0

Таблица 74

Затмение[226] Луны при наибольшем удалении

Аргумент широты				Пальцы затмения		Минуты „впадения“		Минуты середины „пребывания“		Столбцы соотношений: части различия		Столбцы соотношений: минуты превышения	
градусы	минуты	градусы	минуты	пальцы	минуты	минуты	секунды	минуты	секунды	части	градусы	минуты	секунды
359	30	180	30	19	50	29	19	21	16	62	298	14	52
359	0	181	0	18	53	29	52	20	52	64	296	15	55
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
349	0	191	0	0	40	0	10	0	0	104	256	35	56
										106	254	36	58
										108	252	38	0
										110	250	39	0
										112	248	40	0
										114	246	41	0
										116	244	42	0
										118	242	43	0
										120	240	44	0

Таблица 75

Затмение[227] Луны при наименьшем удалении

Аргумент широты				Пальцы затмения		Минуты „впадения“		Минуты середины „пребывания“		Столбцы соотношений			
										части различия		минуты превышения	
градусы	минуты	градусы	минуты	пальцы	минуты	минуты	секунды	минуты	секунды	части	градусы	минуты	секунды
13	17	166	43	0	0	0	0	0	0	122	238	44	58
13	0	167	0	0	26	12	25	0	0	124	236	45	55
12	30	167	30	1	17	20	52	0	0	126	234	45	59
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	0	179	0	19	54	34	49	27	2	172	188	59	43
0	30	179	30	20	43	34	40	27	16	174	186	59	51
0	0	180	0	21	31	34	34	27	27	176	184	59	56
										178	182	59	58
										180	180	60	0

Таблица 76

Затмение Луны при наименьшем удалении

Аргументы широты				Пальцы затмения		Минуты „впадения“		Минуты середины „пребывания“		Пальцы диаметра	Двенадцатые части Солнца		Двенадцатые части Луны	
градусы	минуты	градусы	минуты	пальцы	минуты	минуты	секунды	минуты	секунды		части	минуты	части	минуты
359	30	180	30	20	43	34	40	27	16					
359	0	181	0	19	54	34	49	27	2	1	0	20	0	30
358	30	181	30	19	5	35	5	26	22					
358	0	182	0	18	15	35	31	25	46	2	1	0	1	10
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
348	0	192	0	2	2	36	7	0	0	12	12	0	12	0
347	30	192	30	1	13	20	52	0	0					
347	0	193	0	0	26	12	35	0	0					
346	43	193	17	0	0	0	0	0	0					

Таблица 77

Таблица[228] параллакса Луны в часах

Столбец чисел	Часы параллакса Луны по долготе			Параллакс по широте		Столбец чисел	Часы долготы: Параллакс Луны по долготе			Часы широты: Параллакс по широте	
градусы	часы	минуты	секунды	минуты	секунды	градусы	часы	минуты	секунды	минуты	секунды
1	0	2	53	0	51	31	1	12	34	25	6
2	0	5	46	1	42	32	1	14	1	25	49
3	0	8	38	2	33	33	1	15	27	26	32
4	0	11	29	3	24	34	1	16	51	27	15
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Таблица 77а

Таблица параллакса Луны в часах

Столбец чисел	Часы параллакса Луны [по долготе]			Параллакс по широте		Столбец чисел	Долгота и широта: Часы параллакса Луны			Столбец чисел	Часы параллакса Луны		
градусы	часы	минуты	секунды	минуты	секунды	градусы	часы	минуты	секунды	градусы	часы	минуты	секунды
61	1	35	37	42	36	91	1	28	16	121	1	5	4
62	1	35	45	42	59	92	1	27	41	122	1	4	7
63	1	35	51	43	21	93	1	27	6	123	1	3	10
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Таблица 78

Затмение[229] Солнца при наибольшем удалении

Аргумент широты				Пальцы затмения		Минуты „впадения“		Аргумент широты				Пальцы затмения		Минуты „впадения“	
градусы	минуты	градусы	минуты	пальцы	минуты	минуты	секунды	градусы	минуты	градусы	минуты	пальцы	минуты	минуты	секунды
6	37	173	23	0	0	0	0	7	11	173	49	0	0	0	0
6	30	173	30	0	11	5	30	7	0	173	0	0	17	6	56
6	0	174	0	1	5	13	7	6	30	173	30	1	9	14	11
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
0	0	180	0	10	48	30	55	0	30	179	30	11	30	33	30
359	30	180	30	10	32	30	51	0	0	180	0	12	44	33	34

Аргумент широты				Пальцы затмения		Минуты „впадения“		Аргумент широты				Пальцы затмения		Минуты „впадения“	
градусы	минуты	градусы	минуты	пальцы	минуты	минуты	секунды	градусы	минуты	градусы	минуты	пальцы	минуты	минуты	секунды
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
353	30	186	30	0	11	5	30	354	0	186	0	2	0	38	32
353	0	187	0	0	0	0	0	353	30	186	30	1	9	14	11
								353	0	187	0	0	17	7	56
								352	30	187	30	0	0	0	0

Таблицы 79—90

Эквализация[230] двенадцати домов к знаку Овна

Градус соответствия каждого восхождения Овна	Второй: [дом] Тельца		Третий: [дом] Близнецов		Четвертый [дом] Рака		Пятый: [дом] Рака [и Льва]		Седьмой: [дом] Льва [и Девы]	
	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты
1	3	3	2	48	0	33	28	34	28	38
2	3	53	3	28	1	6	29	14	29	31
									Дева	
3	4	43	4	8	1	39	29	54	0	25
							Лев			
4	5	33	4	48	2	11	0	34	1	18
5	6	24	5	28	2	43	1	15	2	2
6	7	14	6	8	3	16	1	56	2	54
7	8	5	6	48	3	49	2	37	3	46
8	8	56	7	28	4	22	3	18	4	37
9	9	47	8	8	4	55	3	59	5	29

Проектирование лучей светил[231]

Градусы	Пять градусов Овна Гексагональный [аспект] 49°3', квадратура 73°34', тригональный 98°6'										Широта 38°30'	
Градусы соответствия	Овен Весы Гороскоп		Телец Скорпион Гороскоп		Близнецы Стрелец Гороскоп		Рак Козерог Гороскоп		Лев Водолей Гороскоп		Дева Рыбы Гороскоп	
	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты	градусы	минуты
5	2	58	21	50	45	20	76	0	106	32	131	9
10	5	56	25	15	49	50	81	10	111	43	134	27
15	8	55	28	50	54	49	86	13	116	55	138	29
20	11	53	32	28	60	10	91	17	120	11	141	43
25	15	7	36	33	65	13	96	6	124	6	143	46
30	18	25	40	45	70	35	102	58	126	49	147	9

Десять градусов Овна

Гексагональный 41°11', квадратура 78°46', тригональный 98°32'

5	2	55	21	40	45	3	75	45	107	30	132	13
10	5	25	25	18	49	28	81	13	111	52	135	37
15	8	50	28	50	54	28	86	45	116	8	137	59
20	11	53	32	18	59	40	92	12	120	25	141	27
25	15	5	35	30	64	40	97	35	125	16	144	30
30	18	25	40	35	70	25	103	0	127	25	147	32

Пятнадцать градусов Овна

Гексагональный 49°32', квадратура 74°18', тригональный 99°4'

5	2	54	21	41	45	40	75	40	107	52	132	31
10	5	49	25	29	49	50	81	14	112	16	135	52
15	8	49	28	49	54	39	86	53	116	47	139	8
20	11	57	32	59	59	48	92	26	121	5	142	26
25	15	9	36	23	64	58	97	52	125	2	145	28
30	18	25	40	39	70	29	103	18	129	5	148	36

Таблица 115

Таблица перемены годов рождений[232]

Годы деканы	Перемена годов рождений деканов: сутки	часы	минуты	Годы простые	Перемена простых годов рождений: сутки	часы	минуты	Годы деканы	Перемена годов рождений деканов: сутки	часы	минуты	Годы простые	Перемена простых годов рождений: сутки	часы	минуты
10	2	14	1	1	0	6	12	10	210	22	30	1	93	2	15
20	5	4	3	2	0	12	24	20	60	45	0	2	186	4	30
30	7	18	4	3	0	18	36	30	271	7	30	3	279	6	45
40	10	8	6	4	1	0	48	40	122	30	0	4	12	9	0
50	12	22	7	5	1	7	1	50	331	52	30	5	105	11	15
60	15	12	9	6	1	13	13	60	182	15	0	6	198	13	30
70	18	2	10	7	1	19	25	70	32	37	30	7	291	15	45
80	20	16	12	8	2	1	37	80	293	0	0	8	24	18	0
90	23	6	13	9	2	7	49	90	93	22	30	9	117	20	15
100	25	20	15	10	2	14	1	100	303	4	0	10	210	22	30

Таблица 116

Таблица владык, судей, деканов и т. д.[232]

Знаки зодиака	Дома и грани	Владыки и рабы			Тригонали дневные			Тригонали ночные		
	Дома	Владыки	Грани	Рабы	Судьи дневного перехода			Судьи ночного перехода		
Овен	Марс	Солнце	Венера	Сатурн	Солнце	Юпитер	Сатурн	Юпитер	Солнце	Сатурн
Телец	Венера	Луна	Марс	О	Венера	Луна	Марс	Луна	Венера	Марс
Близнецы	Меркурий	Голова	Юпитер	Хвост	Сатурн	Меркурий	Юпитер	Меркурий	Сатурн	Юпитер
Рак	Луна	Юпитер	Сатурн	Марс	Венера	Марс	Луна	Марс	Венера	Луна
Лев	Солнце	О	Сатурн	О	Солнце	Юпитер	Сатурн	Юпитер	Солнце	Сатурн
Дева	Меркурий	Меркурий	Юпитер	Венера	Венера	Луна	Марс	Луна	Венера	Марс
Весы	Венера	Сатурн	Марс	Солнце	Сатурн	Меркурий	Юпитер	Меркурий	Сатурн	Юпитер
Скорпион	Марс	О	Венера	Луна	Венера	Марс	Луна	Марс	Венера	Луна
Стрелец	Юпитер	Хвост	Меркурий	Голова	Солнце	Юпитер	Сатурн	Юпитер	Солнце	Сатурн
Козерог	Сатурн	Марс	Луна	Юпитер	Венера	Луна	Марс	Луна	Венера	Марс
Водолей	Сатурн	О	Солнце	О	Сатурн	Меркурий	Юпитер	Меркурий	Сатурн	Юпитер
Рыбы	Юпитер	Венера	Меркурий	Меркурий	Венера	Марс	Луна	Марс	Венера	Луна

Знаки зодиака	Деканы			Периоды согласно Медосу				
Овен	Марс	Солнце	Венера	Юпитер 6°	Венера 6°	Меркурий 8°	Марс 5°	Сатурн 5°
Телец	Меркурий	Луна	Сатурн	Венера 8°	Меркурий 6°	Юпитер 8°	Сатурн 5°	Марс 3°
Близнецы	Юпитер	Марс	Солнце	Меркурий 6°	Юпитер 6°	Венера 5°	Марс 7°	Сатурн 6°
Рак	Венера	Меркурий	Луна	Марс 7°	Венера 6°	Меркурий 6°	Юпитер 7°	Сатурн 4°
Лев	Сатурн	Венера	Марс	Юпитер 6°	Венера 5°	Сатурн 7°	Меркурий 6°	Марс 6°
Дева	Солнце	Юпитер	Меркурий	Меркурий 7°	Венера 10°	Юпитер 4°	Марс 7°	Сатурн 2°
Весы	Луна	Сатурн	Юпитер	Сатурн 6°	Меркурий 8°	Юпитер 7°	Венера 7°	Марс 2°
Скорпион	Марс	Солнце	Венера	Марс 7°	Венера 4°	Меркурий 8°	Юпитер 5°	Сатурн 6°
Стрелец	Меркурий	Луна	Сатурн	Юпитер 12°	Венера 5°	Меркурий 4°	Сатурн 4°	Марс 4°
Козерог	Юпитер	Марс	Солнце	Меркурий 7°	Юпитер 7°	Венера 8°	Сатурн 5°	Марс 4°
Водолей	Венера	Меркурий	Луна	Меркурий 7°	Венера 6°	Юпитер 3°	Марс 9°	Сатурн 5°
Рыбы	Сатурн	Юпитер	Марс	Венера 12°	Юпитер 4°	Меркурий 3°	Марс 9°	Сатурн 2°

Здесь кончается зидж — это название работы, ал-Хорезми — это имя автора, переведенного с арабского Аделардом из Бата[234].

КОММЕНТАРИЙ

1. Так в О — ezich Elkaurezmi, искажение арабского الزيج الخوارزمى в М — ezich Jafaris Elkaurezmi — «Зидж [Абу] Джа'фара ал-Хорезми»; в II и III — ezeig id est chanonum alghoarizmi — «Зидж, то есть Канон ал-Хорезми», по аналогии с сочинением «Канон» астронома IV в Теона Александрийского Слово «зидж» происходит от среднеперсидского «зик» или «зех», означающего тетиву или хорду [1, с 247]

Первоначально сочинение ал-Хорезми было известно под названием «Зидж ас-Синдхинд» или коротко «аз-Зидж» В последующем этот труд стал широко известен под названием «аз-Зидж ал-Хваразми». Видимо, в Испании сочинение ал-Хорезми знали под последним названием

Астрономические сочинения с названием «зидж» в халифате были известны задолго до ал-Хорезми В частности был широко распространен персидский «Зидж аш-Шах», составленный при последнем сасанидском шахе Ирана Йездигерде III (632—651 гг), зиджи Ибрахима ал-Фарази и Йа'куба ибн Тарика [50, с 142]

2 Название заглавия переведено по 0 В остальных трех рукописях оно несколько отличается [54, с 1]

Аделард из Бата — Athelard Bathonensi — крупный ученый и известнейший переводчик XII в, англичанин по происхождению, работал в Испании Около 1114 г отправился на Восток, был в Египте В Европе трактаты ал-Хорезми стали известны в значительной степени благодаря его переводам

3 В Т — draconis — имеется в виду голова Дракона; в арабском тексте в данном месте, безусловно, было слово رأس («голова»). Согласно древним представлениям, во время солнечных затмений, происходящих в точках пересечения эклиптики с орбитой Луны, т е в лунных узлах, мифический Дракон пожирал Солнце

Слово «планета» — в Т planetae — означает «блуждающая», а дословным переводом его является арабское سيّارة. Средневековые восточные астрономы, как и Птолемей, включали Солнце и Луну в число планет.

4 В Т — elhigere — искажение арабского الهجرة.

5. В О и П после названия месяца сказано — «то есть первый месяц»

6 Арин — Arin — современный Удджайн, город в центральной Индии в штате Мадхья-Прадеш. Согласно древней индийской теории, долготы отсчитываются на восток и запад от центрального меридиана, проходящего по центру обитаемой части Земли По этой теории центром обитаемой Земли является остров Ланка (ныне Шри Ланка), якобы расположенный на экваторе. По

представлениям индийских ученых, в точке пересечения центрального меридиана с экватором находился «Купол» Считалось, что этот меридиан проходит через город Узайн, поэтому «Купол» был назван «Куполом Узайна» В арабском написании أُزَيْن („Узайн") легко превратился в أرين (Арин), и в литературе утвердилась форма „Купол Арина" или просто „Арин".

Высказывания ал-Хорезми в данном абзаце — полное отражение индийской теории Арина.

7. Эти слова ал-Хорезми позволяют предполагать, что значительная часть «Зиджа» — результат его наблюдений и вычислений.

8. Отсюда видно, что ал-Хорезми хорошо был знаком с «Альмагестом» Птолемея В первый раз это сочинение Птолемея было переведено на арабский с сирийского около 803 г, но неудачно. Затем около 827—828 гг Хаджадж ибн Юсуф по поручению халифа ал-Мамуна перевел «Альмагест» во второй раз, но уже с древнегреческого. Однако перевод Хадджаджа страдал одним существенным недостатком — многие специальные греческие термины он передал без перевода, в арабской транскрипции. Третий перевод выполнил выдающийся знаток античной науки и переводчик Хунайн ибн Исхак, (ок. 810—873 гг). Перевод Хунайна отредактировал Сабит ибн Курра (834—901) По-видимому, ал-Хорезми был знаком с одним из первых двух вариантов перевода Неоднократные попытки перевести «Альмагест» Птолемея делали и последующие ученые Востока Известен немецкий перевод этого сочинения [50]

В Т — elmagesti, транскрипция арабского المجسطي, что в свою очередь является транскрипцией греческого μεγίστη—части полного названия сочинения Птолемея. Данное латинское написание — одно из ранних передач в Европе латиницей арабизированного названия сочинения Птолемея

9 Главное значение, придаваемое ал-Хорезми введению, в том, чтобы ввести читателя в курс о начальном месте отсчета времени, т е о меридиане Арина, и об эпохе, принятой в этом сочинении, т. е. 1 мухаррама 1 года хиджры Здесь латинские quartae feriae, quintae feriae — мы переводим как «четвертый день» и «пятый день», имея в виду день недели Латинские слова, в свою очередь, являются переводами арабских *«йауму-л-арба'а»* и *«йауму-л-хамис»* Следовательно, 1 мухаррам 1 года хиджры, по словам ал-Хорезми, приходился на полдень среды середины июля 622 г В тот год среда приходилась на 14 июля Таким образом, начало летосчисления хиджры, взятое ал Хорезми за эпоху, в Багдаде приходилось на 12 часов 14 июля 622 г, а не в ночь с 15 на 16 июля, как обычно считается в календарях Поскольку в VII в и вообще в средние века установление новолуния было чисто визуальным, то на разных широтах оно было различным Вследствие этого даже в настоящее время в странах мусульманского Востока даты по лунной хиджре не совпадают

10 Здесь $354+\frac{1}{5}+\frac{1}{6}$ $354\frac{11}{30}=354^{d}22'$. Запись дробей в виде суммы дробей вида $\frac{1}{n}$ свойственна древнеегипетской математике

1. В Т — elkebice, от الكبيسة — «добавочный».

12 В Т — zafar, от صفر.

13. О названиях арабских месяцев, их латинской транскрипции и количестве суток в каждом см. ниже таблицу 2 и примечание к ней

14. В Т — dulheia — от ذو الحجّة

15. В Т в этой и всех последующих главах цифры даны римские, мы их заменили на арабские

16. Румы, в Т — romanorum; здесь, отнюдь, не имеются в виду романские народы. В древности название «румы» или «румийцы» относилось к жителям Римской империи. В средние века «Рум» и «румы» относились к Византии и ее жителям, которых и имел в виду ал-Хорезми Однако вполне возможно, что переводчик Аделард, живший в Испании, христианское население которой было романоязычным, вкладывал в это слово смысл «романские народы».

17. У ал-Хорезми длина солнечного года равна $365\frac{1}{4}=365{,}25$ суток, более точная цифра 365,2422 суток

18. Название високосного года bissextilis (или bissextus — отсюда наше «високос») базируется на цифровой записи длительности года, состоящего из 366 суток, в котором цифра 6 (sex) пишется два (bis) раза.

19. Судя по контексту, несмотря на утверждение ал-Хорезми, что декабрь состоит из $31\frac{1}{4}$ суток, тем не менее дробь $\frac{1}{4}$ в течение трех лет, до накопления в четвертом году целых суток, не учитывается О включении по юлианскому календарю добавочного (биссекстус) дня в високосном году в качестве 32-го известно, по-видимому, только из «Зиджа» ал-Хорезми.

20 В самом деле, поскольку лунный год хиджры на 11 дней короче юлианского солнечного года, то «год» по лунному календарю нельзя сопоставить с «годом» солнечного календаря. Это можно сделать только после преобразования годов в сутки

21. Т е таблица I

22 В Т — dakaica, искажение арабского دقائق, мн от دقيقة — минута.

23. В Т — Zenia, искажение арабского ثانية — секунда.

24. В Т — Athofen, искажение арабского الطوفان — потоп; имеется в виду библейский всемирный потоп Так называемая «эра потопа» — на самом деле индийская эра калиюга, началом которой считается 17 февраля 3101 г. до н. э.

25 Ной — библейский пророк, во времена которого, якобы, произошел всемирный потоп

26 Двурогий Александр, ذو القرنين — под этим именем на Востоке был известен Александр Македонский Так называемая «эра Александра» на самом деле к Александру Македонскому никакого отношения не имеет, а связана с именем одного из преемников великого завоевателя — Александра IV, скончавшегося в последние дни сентября 312 г до н э В современных синхронистических таблицах и календарях этот период считается «селевкидской эрой», по имени эллинистического царя Селевка Никатора, воссевшего на трон 1 октября 312 г. до н э

27. Так в Т—cofra, искажение арабского السفر—„путешествие". Имеются другие варианты написания: в М — Cofra, в П - aszafra. В Т следовали Ш. Не известно, чье «путешествие» имеется в виду.

28 Слово «Испанское» в квадратной скобке приведено нами, так как в дальнейшем эра асофра называется «нашей эрой» Поскольку в восточных частях халифата эта эра не была распространена, то она могла иметь значение только для Испании

29. «От воплощения Христова» — ab incarnatione vero domini.

30. Имеются в виду таблицы 1 и 2.

31. По-видимому, этот абзац включен Аделардом из Бата.

32 О взаимном соответствии различных древних эр см. таблицу 1 и примечание к ней.

33 «Простыми годами» — в T anni plani, перевод арабского السنة البسيطة — ал-Хорезми называет годы от 1 до 30. Суммы годов больше 30 он группирует по тридцатилетиям и такие годы называет «составными». Кроме первых двух, все последующие таблицы ал-Хорезми построены по «составным годам».

34. Таблицы 2, 2б

35. Словом «значение» мы здесь переводим латинское notula (в табл. 2 notae), которое, по видимому, является переводом арабского عدد —„число», «номер». Имеется в виду порядковый номер дня недели, считая первым днем воскресенье и седьмым — субботу Таким образом, в дальнейшем значение месяца, простого и составного годов означает день недели, с которого начинается месяц, простой или составной год

36 В английском издании О Нейгебауэра между словами «сумма» и «семь» включено лишнее и искажающее текст выражение «произведение на» (multiplies of).

37. «Фериа» — feria — день недели, для краткости сохраняем латинское название

38 Последнее предложение, несомненно, включено Аделардом из Бата. Из него следует, что и в Испании, как и в центре халифата, началом хиджры считался четверг 15 июля 622 г. Поэтому у Аделарда I мухаррама 520 г. х. приходится на вторник (третий фериа) 26 января 1126 г. Согласно синхронистическим таблицам И Орбели и В В Цыбульского, принятым в нашей стране, началом хиджры считается 16 июля 622 г [19, 24]

В главе 4 ал-Хорезми по существу описывает способы построения таблицы 2 и пользования ею Применяя его способ, мы можем первые два столбца этой таблицы продолжить до 1500 г х

Теперь пользуясь методом ал-Хорезми, найдем I мухаррама 1403 г х Ближайший составной год, меньший нашего, 1380 г со значением 6, число недостающих годов до нашего 23 со значением 2, значение мухаррама 1 Сложив три значения, получим 6+2+1=9, вычтем из суммы 7, получится 2 Следовательно, I мухаррама 1403 г х будет, по ал-Хорезми, понедельник Но так как относительно наших синхронистических таблиц его эпоха на 1 день отодвинута назад, то прибавляя единицу получаем 2+1=3, т е вторник В самом деле I мухаррама 1403 г х будет вторник 19 10 1982 г [24]

Значения	*Составные годы*	*Значения*	*Составные годы*	*Значения*	*Составные годы*	*Значения*	*Составные годы*
6	750	6	960	6	1170	6	1380
4	780	4	990	4	1200	4	1410
2	810	2	1020	2	1230	2	1440
7	840	7	1050	7	1260	7	1470
5	870	5	1080	5	1290	5	1500
3	900	3	1110	3	1320		
1	930	1	1140	1	1350		

39. Так мы переводим, в T—de anni bissextilis inventione О. Нейгебауэр слово „високосный“ переводит как intercalating. т е. „вставной“.

40 Таблицы 3, 3а.

41 Так в T — subtrahemus, в O — minuemus Специфика таблицы 3, о которой идет речь, в том, что ал-Хорезми в ней дополнил мусульманские месяцы до 30 суток Поэтому чтобы год стал годом хиджры, из него следует вычесть $5\frac{1}{4}$ суток.

42 Здесь ал-Хорезми, говоря «всегда нужно вычитать 28 лет», имеет в виду деление на 28 Замена деления вычитанием — черта, свойственная эпохе первых двух-трех веков истории математики стран ислама, по-видимому, заимствованная из математики Древнего Египта

43 Хотя данная глава названа «Об определении високосного года [румов]», она посвящена описанию таблиц 3, 3а, по существу являющихся синхронистическими таблицами перевода дат по эре хиджры, селевкидской эре и «эре румов», т е юлианской

Пусть нам нужно определить, какой дате по «эре румов» соответствует 1 мухаррама 520 г х, т. е. дата перевода «Зиджа» ал-Хорезми Аделардом на латинский язык В 30-летнем цикле арабских составных годов (табл. 3) ближайшим числом, меньшим данного, является 510; ему соответствуют по «эре Александра» 1427 лет 7 месяцев $5\frac{1}{4}$ дня, 9 арабских лет по «эре Александра» — 8 годам 8 месяцам 27 дням. Сложив соответственные цифры, получим

хиджры	*по эре румов*
510-му году	1427 лет 7 месяцев $5\frac{1}{4}$ дня
9 годам	8 лет 8 месяцев 27 дней
	1436 лет 3 месяца $32\frac{1}{4}$ дня.

По правилу ал-Хорезми из этой суммы вычитаем $5\frac{1}{4}$ дня, получается 1436 лет 3 месяца 27 дней Согласно этим цифрам, проходит четвертый месяц, т. е. январь 1437 года «эры Александра», следовательно, из этой суммы за счет октября и декабря, в которых «количество дней больше 30», нужно вычесть 2 дня. В остатке будет дата по «эре Александра», т. е к 1 мухаррама 520 г. х. истекло 1436 лет 3 месяца 25 дней (текущий день в счет не берется). Если учесть, что началом «эры Александра», т е селевкидской эры, было 1 октября 312 г. х., то полученная дата соответствует 26 января 1437 года по той же эре; по нашей эре это будет 26 января 1126 г

Определим теперь, какой дате по «эре румов» соответствует 5 раджаба 413 г. х Для этого сначала нужно определить «положение» этой даты в таблице 3 ал-Хорезми. Последним до этой даты полным 30-летним циклом был 390 г. х. По эре румов этой дате соответствует 1311 лет 2 месяца $\frac{1}{4}$ дня. Между 390 и 413 годами полных простых лет было 22, которым соответствует по «эре румов» 21 год 4 месяца $5\frac{3}{4}$ дня. Так как до месяца раджаб истекло 6 месяцев хиджры, то им (джумада II) соответствуют 5 месяцев 27 дней. Далее, поскольку в предшествующем раджабу месяце, как и во всех других арабских месяцах в этой главе, содержится 30 дней, то к раджабу относится 4 дня Сложив все цифры, получим

хиджры	*по эре румов*
390 г. х.	1311 год 2 мес. $\frac{1}{4}$ дня
22-м годам х.	21 год 4 мес. $5\frac{3}{4}$ дня
шести месяцам х,	0 лет 5 мес. 27 дней
месяцу раджаб	0 лет 0 мес. 4 дня
	1333 года 0 мес. 7 дней

Это означает, что к 5 раджаба 413 г х по эре румов истекло 1333 года и 7 дней, т. е. дата соответствует первому месяцу эры румов — октябрю

Если для получения точной даты, согласно правилу ал-Хорезми, из этой суммы (1333 лет 7 дней) вычтем $5\frac{1}{4}$ дня, останется 1333 года 2 дня ($\frac{3}{4}$ округляется до 1) Таким образом, окончательно 5 раджаба 413 г х будет 3 октября 1334 г эры румов или 3 октября 1022 г н э

Теперь посмотрим, на какой день недели по юлианскому календарю приходилось 5 марта 1363 г эры румов. Из таблицы 1 мы видим, что ближайшим к этой дате полным годом по 28-летнему циклу будет 1344 год, меньший данного на 19 Из таблицы 3а в столбце простых годов найдем цифру 19 и его «значение» в столбце «март», где находим цифру 1 Это значит, что в 1363 г эры румов 1 марта приходилось на воскресенье, следовательно, 5 марта — четверг Из той же строки мы видим, что юлианский год, соответствующий 1363 г эры румов, был високосным Затем из 1363 вычтем 311 и найдем искомый юлианский 1052 год

Если требуется определить по таблицам ал-Хорезми день недели, соответствующий 26 января 1126 года юлианского календаря, то прибавив к этим годам 311, находится год румов, соответствующий этой дате — 1437 Затем в таблице 3 28-летних циклов находится ближайший к этой дате полный цикл — 1428, меньший румского года на 9 лет. Из таблицы 3а в столбце «январь» находим значение, соответствующее цифре 9 простых годов, это будет 6 Это значит в 1437 году румов 1 января приходилось на пятницу, пятницей было и 22 января Следовательно, 26 января был вторник

44 Русский перевод этой главы ранее опубликован в книге Мухаммед ал-Хорезми Математические трактаты [17] В настоящем издании перевод этой главы приводим в нашей редакции

45 Так в Т — felek, неполная транскрипция арабского فلك البروج — «эклиптика».

46 «Знаки Зодиака», в Т signa · $\frac{1}{12}$ эклиптики, в более широком смысле $\frac{1}{12}$ любой окружности Термин «зодиак» происходит от греческого ζῴδιον — «изображение животного», уменьшительное от ζῷον — «животное». Такое название объясняется тем, что все 12 знаков эклиптики изображались в виде животных Поскольку в дальнейшем нам часто будут встречаться названия знаков зодиака, то ниже мы приведем их русские, арабские, греческие, латинские названия и астрономические обозначения

Русское название	*Арабское*	*Греческое*	*Латинское*	*Знак*
Овен	حمل (كبش)	Κριός	Aries	♈
Телец	ثور	Ταῦρος	Taurus	♉
Близнецы	جوزاء (توأمان)	Δίδυμος	Gemini	♊
Рак	سرطان	Καρκίνος	Cancer	♋
Лев	أسد	Λέων	Leo	♌
Дева	عذراء (سنبلة)	Παρθένος	Virgo	♍
Весы	ميزان	Χηλαί	Libra	♎

Скорпион	عقرب	Σκορπιος	Scorpius	♏
Стрелец	قوس (رامى)	Τοξωτης	Sagittarius	♐
Козерог	جدى	Αιγοκερως	Caprikornius	♑
Водолей	دلو (ساكب الماء)	Ιδροωχος	Aquarius	♒
Рыбы	حوت (سمكة)	Ιχθες	Pisces	♓

Как видно из приведенных названий, созвездия Овна, Близнецов, Девы, Стрельца, Водолея и Рыб имеют по два названия.

47 Градус — gradus, перевод арабского درجة — $\frac{1}{30}$ знака Зодиака или $\frac{1}{360}$ окружности.

48 Части — partes, перевод арабского أجزاء — другое название градуса; частями называются также 60-е доли радиуса, доли суток и др

49 См прим 22

50. См прим. 23

51 Терция — tertia, перевод арабского ثالثة — $\frac{1}{60^3}$ доли градуса.

52 В О далее идет предложение «Хотя эти части, если исходить из ощущений, кажутся мелкими, на самом деле, если следовать логическому рассуждению, они не так уж незначительны, иначе нам пришлось бы прийти к выводу, что какие-то части этих частей являются неделимыми». Это предложение, по-видимому, является позднейшей вставкой, являющейся примечанием к словам ал-Хорезми «и таким образом величина круга уменьшается сколько угодно, хотя бы до бесконечности» (ed ad hunc modum quantumlibet vel in infinitum rotae magnitudo descrescit). Вывод о неделимости (individentia) «каких-то частей этих частей» — точка зрения Демокрита (V в до н э) и других атомистов, считавших, что пространство состоит из нечувствительно малых, но конечных принципиально неделимых частиц. В античной математике мнение Демокрита было опровергнуто защищавшимся Аристотелем представлением о принципиальной неограниченной делимости пространства. В средневековом Востоке атомистические представления разделял основатель учения «мутакаллимов» ал-Ашъари (X в) [15, с. 286—308]. Атомистические представления защищал Абу Райхан Беруни в научной полемике с ярким представителем восточного аристотелизма Ибн Синой [12, с. 128—162] Возможно, в Оксфордской рукописи это предложение является отзвуком полемики сторонников аристотелизма против мутакаллимов или Беруни (Примечание Б. А Розенфельда).

53 В издании Г. Зутера глава 7 имеет два варианта — по Оксфордской и Мадридской и Шартской рукописям [53, с. 7—9]. В нашем издании глава 7а соответствует варианту Оксфордской рукописи.

«Эль-васат» — elwazat — транскрипция арабского الوسط, в более полной форме وسط الكوكب — «средняя планета» или «среднее положение планеты»

54. К этой главе относятся таблицы 4, 5.

55 Поскольку Земля совершает полный оборот вокруг своей оси за 24 часа, то точка земного экватора за это время описывает полный круг, т. е 360°. Следовательно, одному часу соответствует 15°, а одному градусу соответствуют 4 минуты.

56 Пользуясь изложенным здесь ал-Хорезми правилом, найдем из таблиц 4 и 5 среднее место Солнца на эклиптике в 12 часов 30 минут пополудни 5 раджаба 520 г х для широты Арина. Данная дата согласно правилам, изложенным в предыдущих главах, соответствует 27 июля 1126 г. по юлианскому календарю Ближайшим к нашей дате полным 30-летним циклом был 510 г, и к этой дате прошли 9 полных простых лет 6 месяцев 4 дня 12 часов и 30 минут Из упомянутых таблиц найдем соответствующие им градусы 510 лет — 38°35′45″; 9 лет — 263°05′22″, джумада II — 174°27′06″, 4 раджаба — 3°56′33″; 12 часов — 0°29′14″, 30 минут — 0°01′14″; сложим их и получим 120°35′34″

Таким образом, 5 раджаба 520 г х, или 27 июля в 12^h30, Солнце было в точке эклиптики, соответствующей 120°35′34″, т е в 0°35′34″ созвездия Льва. При помощи этого же правила найдем среднее Солнце для 15 сафара 540 г х /7 августа 1145 г Ближайшим к этой дате годом 30-летнего цикла будет 510 год, в котором среднее Солнце было в 38°35′45″, в 29 году в 49°02′50″; в 1 месяце в 29°34′05″, в 14 дней сафара в 13°47′54″; сложив все, получим 131°0′34″

Таким образом, в указанной дате среднее Солнце было на долготе 131°0′34″

Слова ал-Хорезми в последних двух абзацах свидетельствуют о том, что в период составления «Зиджа» (т е до 833 г) он был сторонником «теории Арина», основанной на восточной традиции, согласно которой начальный меридиан проходит на востоке обитаемой земли через город Арин (или Удджайн). Однако впоследствии при написании географического сочинения «Книга картины Земли» он становится сторонником греческой традиции, по которой начальным меридианом является меридиан Островов Блаженных, т е Канарских островов [44]

57 Последний абзац главы 7а заканчивается непонятной фразой dicitur aequidistanter Elkuskus vero longitudinem arguit Если слово Elkuskus считать искажением арабского слова القوس («дуга»), то эту фразу можно было бы понимать так «называют расстоянием, равным дуге истинной долготы» Слово *аль мухр* — elmuchre, по видимому, является искажением арабского المعمور — «обитаемая [земля]»

Этот абзац приведен только в О, поэтому в Т Г Зутер заключил его в квадратные скобки О Нейгебауэр решил, что это — «запись на полях» Оба издателя считают этот абзац поздним добавлением (может быть, Аделарда). В самом деле, это доказывается наличием фразы «долгота климата считается с востока или запада», в то время как ал-Хорезми вполне определенно говорит, что долгота считается «от Арина», т е. с Востока, и в этом сочинении он не касается климатов

58 В Т elwacat, как и в П

59 Здесь слово «цифра» — cifrae — транскрипция арабского صفر — «сифр», т е «ничто», «нуль» Знак нуля в Ш приведен в форме τ, в О — в форме Θ, в М — в форме о Все они восходят к арабскому нулю, изображавшемуся, как и у индийцев, в виде маленького кружочка или точки ., иногда с черточкой наверху $\tilde{.}$ [см 17, с 10, прим 8, 33, с 2, 26]

60 Из последнего предложения становится очевидным, что ученые халифата, как и индийские ученые, считая Арин центром обитаемой земли, отсчитывали долготы не только от Арина на восток и запад, но и с крайнего востока на запад Приверженцем этой теории был ал-Фаргани — современник и коллега ал-Хорезми [46]

61 Приводимая ниже заключительная часть дана в О и Ш О Нейгебауэр выделяет ее как один из вариантов главы 7. По-видимому, эта часть является поздним добавлением.

62 Халдеи — Caldeos — древнесемитские племена, ветвь арамеев; в конце II тысячелетия до н э из Аравийского полуострова проникают в Южную Ме-

сопотамию. Впоследствии распространяются по всей Вавилонии и северо-восточной Сирии, воспринимают вавилонскую культуру В Древнем Риме слово «халдеи» применялось по отношению к вавилонским астрологам, а в средневековой Европе этот же термин наряду со словом «арабы» применяли по отношению к ученым-астрономам Багдадского халифата, основную часть территории которого составляла Месопотамия, т. е земли древней Вавилонии

63 В Т дробная часть цифр выражена словами — miliaria et tertia, ed is thuld (мили и треть, т. е. сулд), где слово thuld — искажение арабского ثلث — «треть».

64 Автор данного абзаца (возможно, Аделард?), приписывая «халдеям», т. е. арабским ученым, меру длины одного градуса большого круга Земли в $66\frac{2}{3}$ мили, допускает неточность. Такой мерой пользовались Посидоний и Эратосфен (276—195 гг до н э) В частности, описанным здесь способом длину одного градуса меридиана между Александрией и Асуаном измерил Эратосфен [7, с 48, 47, с. 292—293].

Ал-Хорезми была хорошо известна мера 1° земного меридиана в $56\frac{2}{3}$ арабских миль, измеренная в его же время

65 *Эль-ауг* — elaug — транскрипция арабского الاوج («ал-аудж»), в свою очередь являющееся транскрипцией санскритского «уча» — вершина. Слово «апогей» происходит от греческого ἀπόγειον (απο - «от», γῆ — «Земля»). Слово «ал-аудж», по-видимому, заимствовано ал-Хорезми в «Большом Синдхинде» ал-Фазари [2, с 24, прим 73, 26, с 20]

66 *Эль-хеса* — elheza — транскрипция арабского الخاصة — «особенность» Слово «аномалия» (от греческого ἀνωμαλία — «неровность», «неравномерность») введено Аделардом в ходе перевода «Зиджа» ал-Хорезми и навсегда укрепилось в науке

67 *Тадил* tadil — транскрипция арабского تعديل «уравнение» — examinationis, дословно «выравнивание» Речь идет о поправке, которую следует прибавить к среднему положению Солнца (или планеты) или отнять от него, чтобы получить его истинное положение Птолемей называл эту поправку προσθαφαίρεσις от слов πρόσθεσις („прибавление") и ἀφαίρεσις („отнятие»). В латинских переводах зиджей слово examinationis впоследствии было заменено словом aequatio, которому соответствует наш термин «уравнение».

68 См. прим 59

69. В главах 7 и 8 описываются правила пользования таблицами 4 и 5, по которым определяется средняя долгота $\bar{\lambda}$ Солнца для данного момента. Из этих таблиц находится истинная долгота λ из равенства

$$\lambda = \bar{\lambda} + \theta,$$

где значения «уравнения» (или «уравнения центра») θ даны в столбце 3 таблиц 21-26 как функция «аномалии»

$$\bar{k} = \bar{\lambda} - \lambda_A,$$

являющейся средним расстоянием Солнца от апогея, долгота которого

$$\lambda_A = 77°55'.$$

Знак θ берется отрицательный для $0° < \bar{k} < 180°$ и положительный для $180° < \bar{k} < 360°$ (см. рис. 1 вступ. статьи).

Пользуясь правилом ал-Хорезми, найдем истинное положение Солнца в полдень 15 сафара 540 г х, для которого выше (прим 56) найдено среднее Солнце в $\bar{\lambda}=131°0'34''$. Для этого, зная $\lambda_A = 77°55'$, найдем аномалию $\bar{k}=53°5'34''$, которая и есть уравнение аргумента Поскольку дробная часть аномалии меньше 30', ею можно пренебречь В первом столбце таблицы 21 найдем строку 53°, в третьем столбце этой аномалии соответствует уравнение Солнца $\Theta=1°45'52''$. Отсюда истинная долгота Солнца будет $\lambda=131°0'34''-1°45'52''=129°14'42''$, т е 9°14 42" созвездия Льва

В 7-й и 8-й главах сочинения ал-Хорезми разъясняет теорию движения Солнца по геоцентрической системе, основываясь на эксцентрической гипотезе Птолемея, изложенной в главе 5 книги III «Альмагеста» [50, с. 173—175]

70 Аномалия Луны, как и Солнца, названа argumentum, из которого происходит наш термин «аргумент»

71 Рассуждения ал-Хорезми в данной главе основаны на эпициклической теории движения Луны, изложенной Птолемеем в главе 5 книги IV «Альмагеста» [50, с 212 217] Однако таблицы 6—8, входящие в эту главу, не относятся к таблицам движения Луны Птолемея [50, с 206—211]

Пользуясь правилом ал-Хорезми, найдем истинную долготу Луны для полудня 15 сафара 540 г х Для этого сначала нужно определить среднюю долготу Луны $\bar{\lambda}$ и аномалию $\bar{\alpha}$ из таблиц 6—8 для 510 г х, для 29 лет 1 месяца и 14 дней, а по ним найти уравнение Θ, затем из уравнения $\lambda=\bar{\lambda}\pm\Theta$ узнать истинную долготу λ Средняя долгота Луны в конце 510 г х — 40°56'38", в конце 29 лет — 53°24'16", в конце мухаррама — 35°17'26"; в конце 11 сафара — 184°28'8" Сложив все цифры, получим $\bar{\lambda}=314°6'28''$ — среднюю долготу Луны для указанной эпохи

Аномалия Луны в конце 510 г х — 61°52'40", в конце 29 лет — 348°56'57"; в конце мухаррама — 131°56'59", в конце 14 сафара — 182°54'36" Сложив все цифры и вычтя из суммы 360°, получим аномалию $\bar{\alpha}=265°41'12''$ Луны для нашей эпохи Из таблицы 24 для аномалии 265° (столбец 2) находим значение 4°54'52" (столбец 4) уравнения Θ Разность между уравнениями аномалии 265° и аномалии 266° составляет 22" Отсюда видно, что 41' аномалии соответствует 15" уравнения Следовательно, окончательное значение уравнения $\Theta=4°55'7''$ Тогда истинная долгота

$$\lambda=\bar{\lambda}+\Theta=314°6'28''+4°55'7''=319°1'35''.$$

Это означает, что в эпоху 15 сафара 540 г х, т е 7 августа 1145 г, в полдень Луна находилась в 19°1'35" созвездия Водолея

Наибольшее значение уравнения Луны у ал-Хорезми, равное 4°56', соответствует значению средней аномалии 90° (таблица 23, столбцы 1 и 3). Как отмечает Г Зутер в «Зидже ас-Саби» Мухаммада ибн Джабира ал-Баттани, эти величины сильно отличаются от рассмотренных здесь ал-Хорезми Например, средняя долгота Луны в указанную эпоху у ал-Баттани (850—929) равна 330°41', а в конце 510 г. х — 50°44'20" в отличие от хорезмиевских 40°56'38" В результате уравнение Луны у ал-Баттани равно 6°19'57" и также отличается от значения ал-Хорезми — 4°55'7" [54, с 45, 46]

Наибольшему значению уравнения 4°56' ал-Хорезми соответствует расстояние между центрами эксцентра и парэклиптики, а следовательно, и радиуса эпицикла Луны, равное 5p10', что у ал-Баттани составляет 5p15'

Астрономы после ал-Хорезми зависимости уравнения Θ Луны от аномалии $\bar{\alpha}$ выражали правилом, равносильным формуле

$$tg\theta=\frac{e\sin\bar{\alpha}}{1+e\cos\bar{\alpha}},$$

где $e=\frac{r}{R}$ — эксцентриситет, значение которого у ал-Хорезми составляет

$$e = \frac{5^p\ 10'}{60^p} = 0{,}08611.$$

72 Здесь elheca, см прим 66

73. В Т — examinatio sublimationis definita — «истинное уравнение апогея»; по-видимому, перевод арабского выражения الاوج المعدّل.

Издатели латинского текста «Зиджа» Г Зутер и английского текста О. Нейгебауэр в комментариях и переводах не переводят латинскую терминологию, а комментируют, сохраняя ее. Поскольку почти вся терминология относится к геоцентрической астрономии и в настоящее время не используется, то здесь в тексте латинскую терминологию мы сохраняем в русской транскрипции, а в комментариях даем дословный перевод

74 Sublimatio definita — «уравнение апогея», по-видимому, перевод арабского выражения تعديل الاوج.

75. Sublimatio examinata — «уравненный апогей», т е уравненная долгота апогея.

76 Examinatio centri — «уравнение центра», т е уравнение долготы центра эпицикла планеты

77 Centrum examinatum — «уравненный центр» эпицикла планеты.

78 Argumentum examinatum — «уравненная аномалия» планеты

79. "*Эль-хасил*" — elhacil—искажение арабского слова الحاصل—результат".

80 Здесь elthemae, см прим 23

81. Метод определения ал-Хорезми истинных долгот трех «верхних» планет — Сатурна, Юпитера и Марса — для данного момента времени основан на индийских методах, изложенных в астрономических трактатах «Сурья-сиддханта» (IV в), «Брахма-спхута-сиддханта» и «Кхандакхадьяка» [28, 43, 54], доставленных в халифат еще в VIII в Индийские методы в свою очередь были основаны на эксцентрическо-эпициклических моделях греческих ученых Судя по результатам исследования, эти модели были известны индийским ученым не по «Альмагесту» Птолемея, а по каким-то источникам, отличным от птолемеевского Рассмотренный в главе 10 метод ал-Хорезми — несколько вольная модификация индийских методов, известных по приведенным выше источникам [49, с 165—192].

Метод определения истинной долготы планеты ал-Хорезми состоит из нескольких этапов Сначала для данного момента времени, основываясь на правилах главы 7 и соответствующих таблиц, находится средняя долгота Солнца $\bar{\lambda}_s$ и планеты $\bar{\lambda}$, а по ним аномалия $\alpha_1 = \bar{\lambda}_s - \bar{\lambda}$ (рис. 6). Значения α_1 сведены в таблицы 9, 11 и 13 для суток и часов, что позволяет вычислять средние долготы для годов и месяцев.

Далее со значением аномалии α_1 входят в таблицы 27—44, причем при $0° \leqslant \alpha_1 \leqslant 180°$ входят в столбец 2, где находят «исправленную (или уравненную) долготу апогея» $s(\alpha_1)$, при $180° \leqslant \alpha_1 \leqslant 360°$ также входят в столбец 2, находят $s(\alpha_1)$, затем входят в столбец 3, находят $\tau_1(\alpha_1)$ — эпициклическое уравнение и составляют сумму $s + |\tau_1|$. В данном действии ал-Хорезми комбинирует два параметра греческой модели — долготу апогея λ_A и «уравненную аномалию» (или эпициклическое уравнение) τ_1, зависимую от аномалии α_1. Эту зависимость можно выразить формулой

$$tg\,\tau_1 = \frac{e \sin \alpha_1}{e \cos \alpha_1 + 1}, \text{ где } e = \frac{r}{R}.$$

Комбинация ал-Хорезми выражается соотношением

$$s(\alpha_1) = \lambda_A - \frac{1}{2}\sigma_1(\alpha_1).$$

Таким образом, определив значение $s(\alpha_1)$, ал-Хорезми по нему находит следующую величину:

$$k_2 = \overline{\lambda} - s,$$

которая в Т названа centrum — «центр». Это понятие через арабское «марказ» («место втыкания») восходит к греческому κέντρον с тем же смыслом (в индийской астрономии Kendra). Греки называли «центром» расстояние от точки апогея до центра эпицикла (рис. 7).

$$k_1 = \overline{\lambda} - \lambda_A .$$

«Центр» ал-Хорезми с греческим центром имеет следующую связь:

$$k_2 = k_1 + \frac{1}{2}\sigma_1,$$

что видно из рис. 7. В самом деле, если Q' — точка деферента, куда наблюдателем проектируется планета P, тогда точка C' будет точкой деферента, куда радиус PC эпицикла проектирует центр C эпицикла. Угловое расстояние этой точки от C равно $\frac{1}{2}\sigma_1$. Следовательно, k_2 будет угловым расстоянием точки C' от апогея A.

Затем со значением k_2 в столбце 4 таблиц 27—44 находят „уравнение центра“ (examinatio centri) $|\mu_1(k_2)|$, а по нему параметр $k_3 = k_2 - \mu_1(k_2)$, причем

$$\mu_1 = -|\mu_1| \text{ при } 0 \leqslant k_2 \leqslant 180,$$

$$\mu_1 = |\mu_1| \text{ при } 180 < k_2 < 360^\circ.$$

Результат k_3 назван centrum examinatum, т. е. «уравненный (или исправленный) центр». Уравнение μ_1 является поправкой на эксцентриситет. Согласно античной эпициклической теории, центр эпицикла C движется не по концентричному деференту, а по эксцентру, движущемуся с величиной e в направлении OA (рис. 8). В данном случае $\mu_1(k_2)$ является поправкой, соответствующей положению центра эпицикла C', т. е. положению, уже скорректированному промежуточным значением эпициклического уравнения (рис. 9). Величину k_3 можно связать и с положением апогея A', перевернутым относительно положения A на угловое расстояние $\frac{1}{2}\sigma_1$. По отношению к этой точке k_3 является угловым расстоянием точки C'', находящейся на расстоянии μ_1 впереди точки C. Так как C'' лежит на расстоянии k_3 от A', а C — на расстоянии k_2 от A', то $CC'' = k_2 - k_3 = -\mu_1$.

Зависимость μ_1 от k_2 выражается также формулой:

$$tg\,\mu_1 = \frac{e'\sin k_2}{e'\cos k_2 + 1}, \text{ где } e' = \frac{e}{R}.$$

Далее при помощи уравнения центра μ_1 и расстояния центра k_3 находится «исправленная (или уравненная) аномалия»

$$\alpha_2 = \alpha_1 - \mu_1.$$

Из рис. 10 видно, что найденные величины переносят центр эпицикла из точки C в точку C''. При этом из последнего равенства установлено, что точка P' с эпициклической аномалией α_2 лежит на $C''P'$, CP, или на линии, параллельной направлению от центра деферента к Солнцу.

Для нового положения P' планеты найдем поправку σ, войдя с аргументом α_2 в столбец 3, т. е.

$$|\sigma_2| = |\sigma_2(\alpha_2)|, \text{ причем}$$

$$\sigma_2 = |\sigma_2| \text{ при } 0° \leqslant \alpha_2 \leqslant 180°,$$

$$\sigma_2 = -|\sigma_2| \text{ при } 180° < \alpha_2 \leqslant 360°.$$

Откуда получаем «конечный центр» *(эль-хасил)*:

$$k_4 = k_3 + \sigma_2.$$

Затем выводится и истинная долгота:

$$\lambda = k_4 + s,$$

где $s(\alpha_1)$ — исправленная долгота

Из рис. 13 становится очевидным, что

$$\lambda = k_4 + s = k_3 + \sigma_2 + \bar{\lambda} - k_2 = k_2 + \mu_1 + \sigma_2 + \bar{\lambda} - k_2 = \lambda + \mu_1 + \sigma_2.$$

Из этого же рисунка видно, что λ является долготой планеты в P'. В начале центр эпицикла был в точке C, соответствующей средней долготе $\bar{\lambda}$. Затем находится поправка μ_1, переносящая эпицикл в C'' со средней долготой $\bar{\lambda}+\mu_1$, и планета будет в точке P'. Прибавляя новое уравнение эпицикла σ_2 к $\bar{\lambda}+\mu_1$, получаем истинную долготу λ.

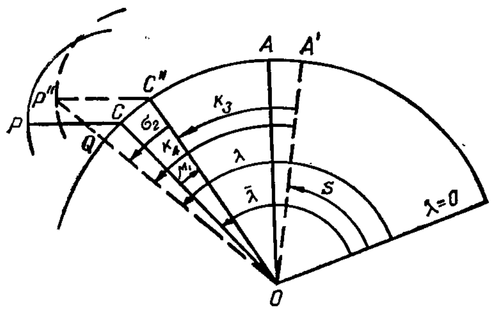

Рис. 13

Методом ал-Хорезми можно найти истинную долготу Сатурна для полудня 15 сафара 540 г х Для этого из таблиц 4, 5 находим среднюю долготу Солнца — 131°1′, из таблиц 9 и 10 среднюю долготу Сатурна — 26°33′ (или 386°33′). Вычитая, получаем аномалию — 104°28′ Так как средняя долгота Сатурна 386°33′ и апогей Сатурна для найденной аномалии 242°5′, то «центр» или долгота будет 144°28′.

Из таблицы 31 находим соответствующее этому значению долготы центра уравнение центра 4°56′30″, вычитая его из «центра», получаем новый центр 139°31′30″, т. е уравненный

Сложив аномалию 104°24′ и уравнение центра 4°56′30″, получим 109°24′30″ — «уравненную аномалию» Из таблицы 30 находим соответствующее ему уравнение аномалии 5°35′35″. Прибавив его к уравненному центру 139°31′30″, получим величину 145°7′, которую ал-Хорезми назвал *«эль-хасил»*, т. е. «конечным центром». Прибавив его к уравненному апогею 242°5′, находим истинную долготу Сатурна для указанной эпохи — 387°12′=27°12′; это означает, что в полдень 15 сафара 540 г. х Сатурн был в 27°12′ Овна.

82. Для верхних планет, как известно, аномалия α_1 определяется равенством $\alpha_1 = \bar{\lambda}_S - \bar{\lambda}$ (прим. 81, рис. 6), но для нижних планет $\bar{\lambda}_S = \bar{\lambda}$, и аномалия α_1 не зависит от среднего Солнца $\bar{\lambda}_S$ (рис. 14). Для данного момента находся $\bar{\lambda}$ ио α_1 из таблиц 4—5 и 15—18 соответственно для арабских 30-летих циклянтв, простых годов, месяцев, дней и т. д. Согласно изложенному в главе 10, из столбцов 1—5 таблиц 45—56 находят: из столбца 2 $s = \lambda_A \cdot \frac{1}{2}\alpha_1$ и центр $k_2 = \bar{\lambda} - S$; из столбца 4 $\mu_1(k_2)$ и центр $k_3 = k_2 + \mu_1$ и по нему аномалию

$\alpha_2 = \alpha_1 - \mu_1$; из столбца 3 $\sigma_2(\alpha_2)$ и конечный центр $k_4 = k_3 + \sigma_2$. Наконец, как и для верхних планет, определяют истинную долготу в виде

$$\lambda = k_4 + s = \bar{\lambda} + \mu + \sigma_2.$$

Пусть нам нужно определить истинную долготу Венеры для полудня 15 сафара 540 г. х.

В конце 510 г. х (по табл 15—16) аномалия Венеры была 232°45′, в конце 29-летия 216°15′, в конце мухаррама 18°30′, в конце 14 суток сафара 8°38′ Общая сумма даст 476°8′, из которой вычтя 360° (полную окружность), получим аномалию 116°8′ Среднее Солнце в ту эпоху было 131°1′, а уравненный апогей для аномалии 116°8′ (из табл 48) 59°9′; тогда вычтя из 131°1′ 59°9′, получим центр 71°52′

Далее вычтем из центра 71°52′ уравнение центра (из табл 47) 2°7′ и получим уравненный центр 69°45′ Прибавив к аномалии 116°8′ уравнение центра 2°7′, получим уравненную аномалию 118°15′ Для этого аргумента из таблицы 48 найдем уравнение аномалии 44°43′30″, прибавим его к уравненному центру 69°45′ и получим конечный центр 114°28′30″

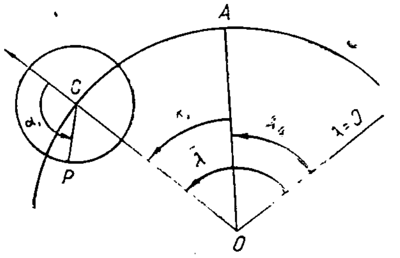

Рис.14

Рис 14

Прибавление к нему уравненного апогея (*сублимацио экзамината*), равного 59°9′, дает величину истинной долготы 173°37′30″ Венеры для указанной эпохи Отсюда следует, что в полдень 15 сафара 540 г х 7 августа 1145 г Венера была в 23°37′30″ созвездия Девы

83 Так — حوزهر — мы читаем, в Т — draconis (прим 3). Этим словом Аделард переводит арабское *«джаузахир»*, означающее оба лунных узла Значения «среднего *джаузахира»* приведены в таблицах 19, 20

84. «Первое стояние», в Т — statio prima, перевод арабского المقوّم الأوّل.

85 *«Эльмукаам эльсени»*, в Т — elmukaam eltheni, транскрипция арабского المقوّم الثاني.

86 Т е если долгота планеты больше долготы первой точки стояния и меньше долготы второй точки стояния

87 Основные принципы исследования типов движений планет в этой главе следующие В столбце 6 таблиц 27—56 приводятся эпициклические аномалии, при которых планеты достигают точек стояния, зависящих от их узлового расстояния, апогея деферента, в свою очередь определяющегося расстоянием эпицикла от наблюдателя. Если данная эпициклическая аномалия α меньше значения α_S для первого стояния или больше значения $\alpha_t = 360° - \alpha_S$ для второго стояния, тогда движение планеты будет прямое, в противном случае оно будет попятным, а в случае точного равенства значению α_S или α_t будет в точках первого или второго стояния

Модель, лежащая в основе данных в этой главе правил, опять возвращает нас к комбинации простых эксцентрическо-эпициклических моделей (рис. 11). Независимая переменная, определяющая положение точки стояния, является угловым расстоянием центра D эпицикла от точки апогея A:

$$k = \bar{k} + \mu,$$

где $\mu = \mu(\bar{k})$ — поправка на эксцентричность, данная в столбце 5 упомянутых таблиц. Полученный при этом центр k называется centrum examinatum, или „уравненным центром". Однако его не следует отождествлять с „центром экзаминатум" $k_3 = k_2 + \mu_1$, найденным в главе 10. Это становится очевидным, если вспомнить, что $k_2 = k_1 + \frac{1}{2}\tau_1$, где σ_1 – произвольное положение планеты на эпицикле. Очевидно, положение точки стояния не зависит от изменения положения планеты на эпицикле.

После определения аномалий α_S и α_t для значения k следует сравнить истинную аномалию α планеты с α_S и α_t. Снова α станет уравненной аномалией:

$$\alpha = \alpha_1 - \mu(\overline{k}), \left.\right\} \text{ где } \begin{array}{l} \mu < 0 \text{ при } 0° < \overline{k} < 180° \\ \mu > 0 \text{ при } 180° < \overline{k} < 360°, \end{array}$$

так что радиус DP (рис. 11) будет параллелен направлению от точки O к среднему Солнцу. Таким образом, здесь «уравненная аномалия» (argumentum examinatum) означает истинную эпициклическую аномалию α, а не $\alpha_2 = \alpha_1 - \mu_1$, найденную в главе 10 Иначе говоря, здесь examinatio означает просто «поправку», или «уравнение» без определения специфики типа модификации, следующей за этой поправкой.

Судя по данным столбца 6 таблиц 27—56, эти числовые значения таблиц заимствованы из «Искусных таблиц» Теона Александрийского (IV в.) [35]. Однако как они попали к ал-Хорезми, неясно

88 Так — equated agument (от argumentum examinata) — в издании О Нейгебауэра, которому мы здесь следуем В Т — argumentum. Коньюнктура О Нейгебауэра выполнена по Ш и М.

89. Дословный перевод арабского выражения — اردنا ما وذلك (или اردت) — в средневековых математико-астрономических сочинениях, которым завершается какая-либо операция.

90 Выше (прим. 87, рис 11) мы рассматривали эпициклическую аномалию α планеты для данного момента. Известно также, что аномалии α_S и α_t сведены в столбец 6 таблиц 27—56 Теперь в данной главе определяется интервал времени, за который планета проходит дистанцию времени между двумя точками стояния. Для этого следует рассмотреть разности аномалий $\alpha_S - \alpha$ и $\alpha - \alpha_S$, $\alpha_t - \alpha$ и $\alpha - \alpha_t$. Однако в тексте сочинения не говорится о результате, получаемом при помощи этих разностей, хотя очевидно, что при этом интервал времени получается делением их на соответствующее среднее движение аномалии.

В конце главы автор советует для верхних планет обращаться к таблицам 9—14, в которых табулированы возрастающие значения аномалии в сутках и часах. Для нижних планет, по-видимому, пригодны таблицы 15—18. Однако вычислительная процедура, изложенная в этой главе, не совсем ясна, хотя бы потому, что аномалии α_S и α_t, являясь функциями долготного (угловое) расстояния $\overline{k}$ от апогея, выполняют и функции времен. Намек на упомянутые таблицы показывает, что в данной главе ал-Хорезми, очевидно, только рассматривает некоторое количество суток и часов расстояния от точки стояния, так что для практических целей α_S и α_t считаются константой.

91. Склонение Солнца obliquatio Solis, перевод арабского ميل الشمس — дуга δ большого круга небесной сферы, перпендикулярного небесному экватору, отсчитываемая от точки эклиптики (в данном случае от Солнца) до небесного экватора. Склонение Солнца для северного полушария (в Т — shemeli, искажение арабского شمالي — «северный») от 0° до 90° будет в восходящем квадранте, т. е при этом значение δ возрастает от 0° до 23°51′ (у ал-Хорезми); когда Солнце будет в нисходящем квадранте (от 90° до 0°), склонение δ убывает от 23°51′ до 0° (таблицы 21—26 столбец 5). Поскольку ал-Хорез-

ми за эпоху своих наблюдений принимает 1 мухаррама 1 г х, или 15 июля 622 г. (прим 9), то, надо полагать, наибольшее значение склонения $\varepsilon=23°51'$ он приурочивает к этой эпохе. Однако вследствие прецессии ε в разные годы меняется Согласно формуле Ньюкомба [8 с. 328]

$$\varepsilon=23°27'8'', 26-0'', 4684\ (t-1900),$$

наибольшее склонение Солнца для $t=622$ года будет $\varepsilon=23°37'7''$, значение ал-Хорезми 23°51′ больше этого на 13′53″. Однако сведений о том, что где-либо на Ближнем Востоке в начале хиджры производились измерения наибольшего склонения Солнца, в источниках нет. Нельзя предполагать также, что ал-Хорезми приводит данные измерений своего времени Ибо, по сведениям Беруни, в 828 г. Яхья ибн Абу Мансур произвел наблюдения в аш-Шаммасии — пригороде Багдада, в которых, безусловно, участвовал и ал-Хорезми, нашел наибольшее склонение равным 23°31′, что меньше истинного значения для 828 г. всего на 2′30″ [1, с 315, 5, с 125] Скорее всего, ал-Хорезми в своих таблицах привел значение, найденное Птолемеем в 140 г. [50, с. 44], который в свою очередь основывался на измерениях Эратосфена, произведенных в 240 г до н э

92 Настоящая глава отличается от таковой в других рукописях. Следуя Г. Зутеру и О Нейгебауэру в нашем издании, мы их объединяем в одно Во всех рукописях приведенный первый абзац совпадает Следующий абзац дан по варианту О

93 В Т - shemeli, транскрипция арабского شمالی - «северный»

94 В Т genubi, транскрипция арабского جنوبی - «южный».

95 Следующий ниже абзац дан по варианту III и II

96 В Т - elmeil, транскрипция арабского المیل - «наклонение», «склонение»

97 В настоящей главе дано правило определения широты Луны при помощи таблиц 21—26, в столбце 6 которых даны значения широт Луны По правилу ал-Хорезми в начале нужно определить истинную долготу λ Луны («положение Луны») и среднюю долготу $\bar{\lambda}_{\Omega}$ восходящего узла («среднее положение восходящего узла»), по ним находят «аргумент» широты ω в виде $\omega=\lambda+\bar{\lambda}$, при помощи которого из таблиц находят широту β Луны Слова ал-Хорезми «все что было сказано о [склонении] Солнца также имеет силу и в случае определения положения Луны, как относительно восходящего узла, так и относительно ее склонения» следует понимать так Дело в том, что «аргумент» ал-Хорезми является аргументом широты расстояния Луны по ее орбите от восходящего узла, иными словами угловым расстоянием (или долготой), соответствующим искомой широте Ал-Хорезми подчеркивает, что в таблицах 21 26 со столбцом широты Луны следует обращаться аналогично столбцу склонений Солнца, где аргументу широты Луны соответствует долгота градуса эклиптики (столбец 1 таблиц 21 - 26) Наибольшее значение широты Луны соответствующее 90° аргумента, равно 4°30′ Любопытно, что это же значение максимальной широты Луны приводилось и в индийских астрономических трактатах «Пулиса сиддханта» и «Сурья сиддханте», составленных в IV V вв [6]

Пользуясь правилом ал-Хорезми, найдем широту Луны для полудня 15 сафра 540 г х Истинная долгота Луны в этот момент была 319°1′35″ (прим 71) Округлив секунды до полной минуты, имеем 319°2′ Средняя долгота восходящего узла 279°41′. По правилу $\omega=\lambda+\lambda_{\Omega}$ получаем 598°43′ или после вычета 360° аргумент широты будет 238°43′. В таблице 25 во второй строке столбца чисел находим 238°=7`28′ и в шестом столбце на этой строке — широту Луны, соответствующую этим градусам - - 3°48′57″. 43 минутам аргумента соответствуют 1′46″ Суммируя, получаем широту Луны для указанной эпохи -- 3°50′43″

Следует отметить, что соотечественник ал-Хорезми Абу Райхан Беруни тоже занимался вопросом определения широты Луны В его «Каноне Мас'уда» есть глава «О широте Луны» [2, с 116—121], где он формулирует то же правило ал-Хорезми, но в несколько уточненном виде. В результате он получает широту Луны, как у Птолемея и ал-Баттани,— 50°.

98. Хотя заглавие данной главы относится только к трем верхним планетам, ал-Хорезми рассматривает широты и двух нижних планет — Венеры и Меркурия. Трактовка движения планет была одним из сложных вопросов докоперниковой астрономии. В «Зидже» ал-Хорезми дано наиболее раннее для эпохи средневековья изложение этого вопроса Проблеме планетных широт у ал-Хорезми особое внимание уделили издатели его «Зиджа» Г. Зутер и О Нейгебауэр. Изучением этой проблемы занимались также Э С. Кеннеди и В. Укаша [42, с. 86—96]

Исходя из этих работ, простую модель описания изменения широт верхних планет можно свести к следующему. Согласно системе Птолемея, плоскость деферента планеты наклонена к плоскости эклиптики на постоянный угол i, в то время как плоскость эпицикла остается параллельной эклиптике в течение движения центра эпицикла по деференту. Для нижних планет можно допустить, что плоскость деферента совпадает с эклиптикой, а плоскость эпицикла наклонена к ней под фиксированным углом i и движется всегда параллельно себе.

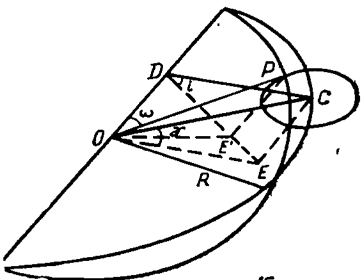

Рис. 15

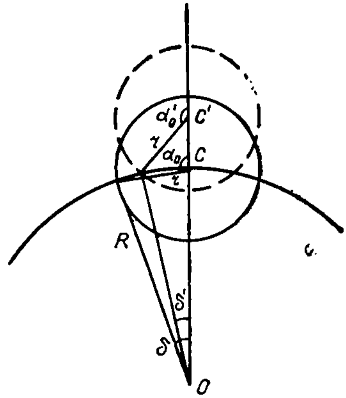

Рис. 16

Если R — радиус деферента, C — центр эпицикла, ω — аргумент широты, отсчитываемый от точки восходящего узла плоскости деферента, то можно найти расстояние CE эпицикла от эклиптики (рис. 15):

$$CE = R \sin\gamma = R \sin i \cdot \sin\omega.$$

Если ρ — расстояние от O планеты P на эпицикле, то ее широта β будет соответствовать $\rho \cdot \sin\beta = CE$, где

$$\rho = PO, \ CE = CE_1$$

или

$$\sin\beta = \frac{R}{\rho} \cdot \sin i \cdot \sin\omega. \qquad (a)$$

Поскольку углы β и i малые, мы можем принять приблизительно

$$\beta = \frac{R}{\rho} i \cdot \sin\omega. \qquad (в)$$

Теперь мы можем сравнить эту формулу с правилом текста ал-Хорезми в соотношении

$$\beta = \frac{\beta_2}{\beta_1}, \qquad (c)$$

где β_2 — функция вида $c \cdot \sin\theta$ строго синусоидального характера Если за θ принять аргумент широты ω, а за c — наклонение деферента i, то из соотношений (b) и (с) можно получить:

$$\beta = \frac{R\ i \cdot \sin\omega}{\rho} = \frac{i \sin\omega}{\beta_1}, \qquad (d)$$

где

$$\beta_1 = \frac{\rho}{R}. \qquad (d')$$

Таким образом, «первая широта» β_1 есть ни что иное, как простое нормированное расстояние от планеты до наблюдателя.

Максимальные значения i для планет в таблицах ал-Хорезми у Сатурна $i=5°$ при $\omega=90°$ (таблица 29, столбец 6, колонка 2), Юпитера $i=2°30'$ при $\omega=60°$ (таблица 35, столбец 6, колонка 2), Марса $i=3°45'$ при $\omega=90°$ (таблица 41, столбец 6, колонка 2).

К сожалению, все числовые данные для β_1, получаемые из колонки 1 столбца 6 таблиц 27—44, приводят к серьезным противоречиям с соотношениями (d).

В случае $\omega=90°$ из соотношения (b) мы можем получить

$$\beta = \frac{iR}{\rho}.$$

Согласно рассматриваемой модели, ρ является функцией эпициклической аномалии α Зная величину r радиуса эпицикла, мы можем вычислить для каждой планеты аномалию α_0, при которой $\rho=R$. Из рис. 16 мы находим

$$\alpha_0 = 90° + \frac{\delta}{2} \text{ и } \sin\frac{\delta}{2} = \frac{r}{2R}.$$

В результате изучения числовых значений α_0 и r установлено, что центр эпицикла C не всегда удален от центра деферента O на величину его радиуса R, а отодвинут несколько далее до положения C'. При этом значение α_0 меняется на несколько большее α_0', а значение δ на меньшее значение δ'

Для нижних планет при условии, что аргумент широты ω является угловым расстоянием центра эпицикла С от радиуса деферента, параллельного линии узлов, широта β планеты P с эпициклической аномалией определяется соотношением (рис. 17):

$$\beta = \frac{r \cdot i \cdot \sin(\omega + \alpha)}{\rho}. \qquad (e)$$

Если снова β записать в виде

$$\beta = \frac{\beta_2}{\beta_1}, \qquad (f)$$

где

$$\beta_2 = i \cdot \sin(\omega + \alpha), \qquad (g)$$

то для β_1 мы имеем соотношение

$$\beta_1 = \frac{\rho}{r}.$$

Максимальные значения i для двух нижних планет в таблицах ал-Хорезми достигаются для Венеры $i=5°$ при $\omega=90°$ (таблица 47, столбец 6, колонка 2), для Меркурия $i=6°15'$ при $\omega=90°$ (таблица 53, столбец 6, колонка 2).

В рассматриваемой модели табличные значения β_1 согласуются только для Венеры, а для Меркурия есть большие расхождения. В трактате «Подготовка надежной основы для уточнения смысла прохождения» Беруни говорит об этом следующее: «Ал-Хорезми прибавляет к Меркурию две минуты, следуя в этом Теону, но противореча ему в целой части, в которой он следовал индийцам, и как будто он волен в том, какую целую часть куда прибавлять и откуда

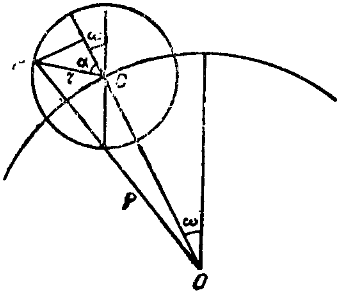

Рис. 17

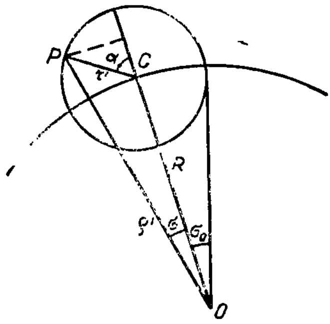

Рис. 18

[вычитать]» [25, с 35] Следование ал-Хорезми индийским астрономическим традициям Беруни не всегда одобрял Так, в «Каноне Мас'уда» он дает следующую оценку методу ал-Хорезми в наблюдении новолуния· «Что касается ал-Хорезми, то он действовал, согласно действиям индийцев, неверным методом Его цель либо в уравнивании Луны один раз, это [дает] градус ее прохождения, либо в уравнивании Луны два раза, а это [дает] градус ее захода Но метод, которому он следует, неправильный» [2, с 228]

О Нейгебауэр подробно проанализировал и сравнил метод измерения планетных широт ал-Хорезми с аналогичными методами в индийских трактатах «Ариабхатиа» «Кхандакхадьяка» и «Сурья-сиддханта» Вкратце его сравнение сводится к следующему согласно индийскому методу, расстояние ρ' от наблюдателя до планеты измеряется зависимостью

$$\rho' = \frac{\mathrm{Sin}_{150}\,\sigma_0\ \mathrm{Sin}_{150}\,\alpha}{\mathrm{Sin}_{150}\,\sigma}, \qquad (h)$$

(где через $\mathrm{Sin}_{150}\,x$ обозначено $150\sin x$); это значит, что

$$\rho' = \frac{150\sin\sigma_0\sin\alpha}{\sin\sigma} = \frac{r'\sin\alpha}{\sin\sigma};$$

правильность этого выражения очевидна из рис 18 Здесь расстояния измерены в единицах, в которых радиус деферента равен 150, что обычно для индийской тригонометрии

Если ω — аргумент широты, i' — данный угол, то β находится по правилу·

$$\beta = \frac{i'\,\mathrm{Sin}_{150}\,\omega}{\rho'}. \qquad (l)$$

Сравним значения i' в индийских трактатах со значениями наклонения i в таблицах ал-Хорезми:

Планета	i'	i
Сатурн	2°0′	5°0′
Юпитер	1°0′	2°30′
Марс	1°30′	3°45′
Венера	2°0′	5°0′
Меркурий	2°30′	6°15′

Таким образом, для каждой из пяти планет отмечена точная зависимость:

$$i = 2{,}5\, i'. \qquad (x)$$

Это показывает, что соотношение

$$\beta = \frac{R \cdot i \cdot \sin \omega}{\rho} = \frac{\frac{Ri}{150} \cdot \sin_{150} \omega}{\rho} \qquad (\text{где } R = 60)$$

равносильно индийской формуле

$$\beta = \frac{i' \sin_{150} \omega}{\rho'}.$$

Если считать верным сопоставление $\rho = \rho'$, то из последних двух соотношений вытекает зависимость (x):

$$i = \frac{150}{60} i' = 2{,}5\, i'.$$

К сожалению, ρ измеряется в единицах, в которых радиус деферента равен 60, а ρ' — в единицах, в которых радиус равен 150. Следовательно, это еще раз свидетельствует о том, что ал-Хорезми, пользуясь индийскими трактатами, не просто заимствовал сведения из них, а серьезно переработал их.

99 Об апогее (sublimatio) см. прим. 65. Перигей — submissione, дословно «низкий», перевод арабского حضيض — «нижний предел». Наше слово „перигей"—транскрипция греческого περίγειον (от περί — „около" и γῆ—„земля").

100 В Т — elaug, см. прим. 65.

101 В Т — нашим обозначениям соответствуют следующие латинские или латинизированные арабские слова ^{s} — signa («знак»), $^{\circ}$ —gradus, $'$ — dakaicae (см. прим. 22), $''$ —elthenia (см. прим. 23), $'''$—tertiae. ^{IV} -quartae. Причем знаку нуля (0) в Т соответствует слово nichilum („ничто")—точный перевод арабского صفر (ҫифр).

Заслуживает внимания приведенное здесь значение долготы апогея Солнца — $\lambda_A = 77°55'$. На движении апогея Солнца, с которым связан вопрос о прецессионном движении, ал-Хорезми не останавливается, хотя и приводит данные о движении апогея Луны. По-видимому, для астрономов эпохи ал-Мамуна и нескольких последующих десятилетий этот вопрос не был актуальным, несмотря на то, что именно астрономы ал-Мамуна заметили передвижение апогея относительно данных Птолемея. Однако с первой половины X в. астрономы халифата начинают изучать этот вопрос. К выводу о подвижности апогея Солнца приходит великий среднеазиатский ученый-энциклопедист Абу Наср Фараби (837—950 гг.). В своем «Комментарии к «Альмагесту» Птолемея» он пишет: «Таким образом, найдены место апогея и отношение соединяющей линии согласно тому, что было у Гиппарха. Птолемей утверждал, что апогей Солнца неподвижен и не перемещается. Что касается позднейших [ученых], то наблюдения, проведенные во времена Мамуна тем же методом, показали, что апогей Солнца отклоняется от места, указанного Гиппархом по отношению к движению неподвижных звезд Это же установили и мы по своим наблюдениям...» [23, с. 194] Этого же мнения придерживался и Ибн Сина (980—1037) в своем «Сокращенном Альмагесте» [21, с. 13—14]. Таким образом, вопрос о подвижности или неподвижности апогея Солнца в халифате возник еще в первой половине IX в, но еще не приобрел злободневности. В X в этот вопрос становится более актуальным Окончательно он был решен Беруни в «Каноне Мас'уда». В более ранних произведениях Беруни еще не выступает приверженцем подвижности апогея. В «Геодезии» он пишет «...перемещение апогея подтверждается наблюдениями одних ученых, равно как отрицается наблюдениями других. Я говорю это не для отрицания [перемещения апогея], а чтобы напомнить о [неясной] сути его обстоятельства» [5, с 103].

Вопросу движения апогея Солнца Беруни посвятил две (7 и 8) главы «Канона Мас'уда», Он собрал данные о долготе апогея у ученых от Птолемея до своих современников, включая и свои, которые мы приводим ниже:

Ученые	*Год измерения*	*Долгота апогея* (λ_A)
Птолемей	132	65°27′7″38‴ (80°27′7″38‴)
Птолемей (?)	—	63°51′9″17‴ (78°51′9″17‴)
Багдадские ученые	833	81°38′22″28‴
Багдадские ученые	833	81°23′10″10‴
Багдадские ученые	833	81°11′55″32‴
Халид ал-Мерварруди и др.	844	80°22′9″55‴
Ал-Баттани	833	82°7′38″23‴
Сулайман ибн Исмат	889	83°51′1″1‴
ас-Самарканди	889	83°55′8″
	889	83°11′11″
Багдадские ученые	931	86°28′22″40‴
Абу-л-Вафа	973	85°0′15″32‴
Абу-л-Вафа	975	84°32′45″50‴
Абу Хамид ас-Сагани	983	81°2′29″45‴
Абу Хамид ас-Сагани	983	82°12′33″
Абу Хамид ас-Сагани	983	81°38′59″
Абу Хамид ас-Сагани	983	81°58′19″
Беруни	1017	85°13′5″24‴
Беруни	1017	84°59′11″9‴
Беруни	1017	84°57′37″1‴

О найденных Птолемеем значениях долготы апогея Беруни пишет, что к ним «нужно прибавить... более, чем четверть одной шестой оборота» [2, с. 45], т е более 15°. Среди «багдадских ученых», измеривших долготу апогея в 844 г, Беруни называет только Халида ал-Мерварруди, Али ибн Иса ал-Харрани и Синда ибн Али, среди которых ал-Хорезми не назван Он не назван и среди ученых, измерявших долготу апогея в 833 г в Багдаде в квартале аш-Шаммасия Таким образом, значение ал-Хорезми 77°55′ стоит особняком, и оно могло быть заимствовано из одной индийской «сиддханты»

Рассмотрев известные ему значения долгот апогея, Беруни приходит к выводу о его подвижности и приводит таблицу движений апогея [2, с. 70—73].

102. «Узлы» — здесь в T draconibus, т. е. «драконы» По аналогии с «драконом» лунных узлов Аделард называет «драконом» вообще узлы планетных орбит Впоследствии в этом смысле использовалось латинское nodus — «узел» (прим. 3)

103. Так мы читаем, в T — eliauzehar — транскрипция арабского الجوزهر, под которым поднимались оба узла лунной орбиты. По-арабски один узел назывался عقدة.

104 Ал-Хорезми имеет в виду главу III книги IV «Альмагеста» [50, с 203—212]

105 В Т — Shemeli, см. прим 93

106 В Т — genubi, см. прим. 94

107 Таблица 57а

108 Так мы читаем, следуя О Нейгебауэру, в Т — signi facies — «образы знака [Зодиака]», на самом деле представляют собой $\frac{1}{3}$ доли знака, т е 10°.

109 Вопрос об обнаружении и наблюдении новой Луны — один из трудных вопросов астрономии в средние века в странах мусульманского Востока. Поскольку тогда наблюдение было чисто визуальным, оно затруднялось целым рядом факторов, таких как рельеф местности, метеорологические условия и т д

Беруни предпочитал определение новой Луны вычислением наблюдению, так как «При таких действиях глаза устают раньше, чем заканчивается период пребывания [Луны] под Землей , а руководство того, кто знает, [позволяет найти искомое] и не глядя Первыми предпосылками такого руководства является знание высоты и азимута новой Луны» [2, с 231] Высоту h и азимут A новой Луны Беруни определяет по правилам, равносильным формулам

$$\sin h = \cos\varphi'\cdot\cos\lambda\cdot\sin\beta - \sin\varphi'\cdot\sin\lambda,$$

$$\sin A = \frac{\sin\varphi'\cos\lambda\cdot\sin\beta + \cos\varphi'\sin\lambda}{\cos h},$$

где β и λ - эклиптическая широта и долгота Луны, φ' расстояние от эклиптики до зенита местности

Ал-Хорезми предлагает метод, по которому сначала следует определить истинную долготу λ_l Луны, истинную долготу λ_s Солнца, по ним — элонгацию $\lambda_l - \lambda_s$ Луны, затем найти широту β Луны и по ним определить функцию

$$\Delta\lambda = \lambda_l - \lambda_s \pm \beta,$$

которую ал-Хорезми называет расстоянием (в Т — distantia definita). Значения этой функции сопоставляются со значениями $\Delta\lambda_0$ в таблице 57а Если $\Delta\lambda > \Delta\lambda_0$, то новая Луна появится вечером рассматриваемого дня

Определим методом ал-Хорезми новолуние вечером 29-го ша'бана, т е начало рамадана 540 г х Для этого находим истинные долготы Солнца и Луны в полдень 29 ша'бана Средние долготы Солнца в начале 510 г х 38°35′45″, в конце 29-летия 49°2′50″, для 7 месяцев 204°1′11″, в полдень 29-го ша'бана 28°34′57″, поправка на 6 часов 14′47″ Сложив все цифры, получим среднюю долготу Солнца $\bar{\lambda}$ 320°29′30″, из которой вычтя долготу апогея λ_A = 77°55′ получим аномалию k $\bar{\lambda} - \lambda_A$ = 242°34′30″ (прим 69) В таблице 24 этой аномалии соответствует уравнение θ = 1°57′35″ Следовательно, истинная долгота Солнца будет

$$\lambda_s = \bar{\lambda} + \theta = 322°27'5''.$$

Таким же образом определяется средняя долгота Луны (327°15′45″), аномалия (257°25′54″), уравнение (4°48′29″) и истинная долгота Луны λ_l = =332°4′14″, т е в 2°4′14″ созвездия Рыб Истинная долгота Луны находится в первом декане Рыб

Далее из таблиц 19 и 20 находится долгота восходящего узла: для конца 510 лет 92°38′42″, для конца 29-летия 184°41′57″, для 7 месяцев 10°58′16″, для 29 дней 1°32′14″ и для 6 часов 48″; сложив эти цифры, получаем 289°51′57″.

Разность долгот Луны и восходящего узла, равная 42°12′17″, является аргументом широты, которому в таблице 22 соответствует широта Луны β=3°1′22″. Следовательно, «расстояние» $\Delta\lambda = \lambda_l - \lambda_s + \beta$ = 9°37′9″ + 3°1′21″ = 12°38′31″. Так как истинная долгота Луны 332°4′14″ входит в первой декан Рыб, то в таблице 57а соответствует первому декану Рыб $\Delta\lambda_0$=9°21′. Поскольку найденное «расстояние» 12°36′31″ больше этого числа, то новолуние было видно вечером 29 ша'бана 540 г. х

110. Перевод этой главы, вместе с соответствующими ей таблицами 58,58а синусов и комментариями, был опубликован Ю. Х. Копелевич и Б. А Розенфельдом в книге «Мухаммад ал-Хорезми. Математические трактаты» (см. с 89—93). В настоящем издании перевод и комментарии этой главы приводим в нашей редакции.

В заглавии и тексте главы слово «синус» в Т, следуя О и Ш, дано в форме algeib, в *М* — sinus. Термин elgeib — транскрипция, а слово sinus — перевод арабского الجيب, в свою очередь являющееся искажением санскритского *джива* — «тетива» Этим словом индийские астрономы переводили греческое слово Χορδή — «тетива», «хорда», которым александрийские астрономы называли хорды, игравшие в их астрономических вычислениях роль наших синусов. Позже индийцы заменили в своих вычислениях хорды полухордами, т е линиями синуса; эти линии они называли сначала *ардха-джива* — «полутетивами», а затем для краткости отбросили частицу *ардха* [1, с 247].

111. Плоский синус · elgeib planum, полуперевод арабского الجيب المستوى, название обычного синуса в отличие от «обращенного» (прим 112).

112. Обращенный синус — elgeib diminutum, или elgeib elmankuz -- полуперевод или транскрипция арабского выражения الجيب المنكوس, вп о следствии переводившегося на латынь выражением sinus versus.

113. Аргумент — argumentum, дословно «значение» Здесь под этим словом понимается значение дуги, соответствующей синусу. В арабском оригинале, по-видимому, было слово القوس — «дуга», которое Аделард ниже переводит точно словом arc. Слово «аргумент» только в этой главе сочинения использовано в смысле «аргумент функции» (т. е синуса) Очевидно, Аделард уловил этот смысл, вложенный ал-Хорезми.

114 Столбец — semita, буквально «тропинка», в *М* это слово заменено linea, неточным переводом арабского слова الجدول — «таблица»

115. Здесь дается правило линейного интерполирования таблиц синусов

116. Шестьдесят — значение «полного синуса», т е радиуса, так как в таблицах синус приводился в шестидесятеричных дробях радиуса. Круг с радиусом, равным 60, рассматривался александрийскими астрономами, у которых его заимствовали индийские, в частности Вараха-Михира. К александрийским астрономам круг $R = 60$ перешел от вавилонских С одной из индийских «Сиддхант» этот круг возвратился на прежнюю территорию.

117. Обозначив линии синуса и обращенного синуса дуги α соответственно через $\mathrm{Sin}\,\alpha$ и $\mathrm{Sin\,vers}\,\alpha$, излагаемое здесь правило можно записать в виде:

$$\mathrm{Sin\,vers}\,\alpha = 60 - \mathrm{Sin}\,(90^\circ - \alpha) \text{ при } \alpha < 90^\circ,$$

$$\mathrm{Sin\,vers}\,\alpha = 60 + \mathrm{Sin}\,(\alpha - 90^\circ) \text{ при } \alpha > 90^\circ.$$

Эти правила при R 1 равносильны нашему правилу $\mathrm{Sin\,vers}\,\alpha = 1 - \cos\alpha$, где в первом случае $\cos\alpha > 0$, а во втором — $\cos\alpha < 0$.

118. Имеются в виду те же таблицы синусов (58 и 58а), которыми можно пользоваться не только для определения синуса в функции дуги, но и дуги в функции синуса Специальной таблицы для определения дуги по синусу нет во всех четырех сохранившихся латинских рукописях сочинения ал-Хорезми.

119. Ал-Хорезми высоко оценил «Альмагест» Птолемея еще в начале своего сочинения (см. введение, прим. 8). Правила вычисления хорд и таблицы хорд Птолемей приводит в главах 10 и 11 книги I «Альмагеста» [50, с 24—40].

120. Об Арине — Удджайне см. прим. 6.

121 Иртифа — artifa, транскрипция арабского слова — ارتفاع — «высота»

122 *Эль-махвар* — elmahwar, транскрипция арабского слова المحور — «ось» Имеется в виду ось мира.

123 *Эль-мухит* — elmuhit, транскрипция арабского слова المحيط — „окружность“.

124 На рис 19, где небесная сфера спроектирована на плоскость небесного меридиана, рассмотрим правила определения широты местности ал-Хорезми Если Солнце находится в точках весеннего или осеннего равноденствия, совпадающих на рис 19 с точкой O, то Солнце будет на небесном экваторе, его склонение $\delta = 0°$, тогда его высота будет равна дополнению широты местности $h_Q = 90° - \varphi$ Отсюда $\varphi = 90° - h_Q$.

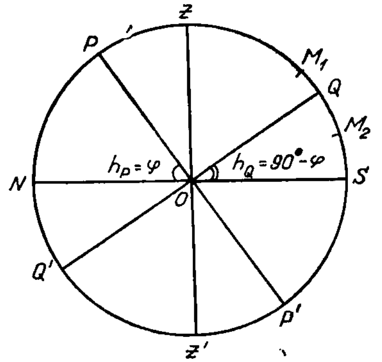

Рис.19

Если Солнце будет в положении M_1 или M_2, которым соответствуют $\delta > 0$ и $\delta < 0$, то соответственно будет

$$\varphi = 90° - (h - \delta) \text{ при } \delta > 0,$$

$$\varphi = 90° - (h + \delta) \text{ при } \delta < 0.$$

Поскольку высота полюса равна широте местности $h_p = \varphi$, то измеряя его высоту, мы узнаем широту местности

В последнем абзаце данной главы ал-Хорезми формулирует широко известный в средние века способ определения широты местности по наибольшей и наименьшей высотам незаходящей звезды.

$$\varphi = \frac{h_{max} + h_{min}}{2}.$$

125 «Восхождение» знаков [Зодиака]» — так мы переводим выражение horoscopi signorum. В Европе гороскопом (от греческого ὡροσκοπεῖον от ὥρα — «время, час» и σκοπέω «смотреть») обычно называли астрономически «колышек» восходящего градуса. В арабском тексте здесь, безусловно, было слово طالع' означающее «восхождение» и «гороскоп», однако к данному контексту подходит только значение «восхождение» Поэтому перевод Аделарда неудачен Наше предположение подтверждает вариант заглавия в Ш, где рассмотренному выражению соответствует латинское matale alburug, являющееся транскрипцией арабского — مطالع البروج т е «восхождение знаков зодиака“. „Восхождение знака [зодиака]“ — сферическое расстояние между точкой равноденствия и основанием сферического перпендикуляра, опущенного из точки эклиптики, соответствующей началу первого градуса знака зодиака, на небесный экватор. Эта дуга измеряется по небесному экватору и является одной из экваториальных координат точки на эклиптике.

126 В T—elfelek elmustakim, транскрипция арабского الفلك المستقيم.

Впоследствии это выражение переводилось как sfaera recta Прямая сфера — небесная сфера с экваториальной системой координат, наблюдаемая на земном экваторе. В этом случае оба полюса неба находятся на горизонте, а небесный экватор проходит через зенит и надир, т. е. его плоскость и плоскости суточных параллелей перпендикулярны плоскости горизонта.

127 «Места, не имеющие широты» — пункты, расположенные на земном экваторе Из данного контекста видно, что у ал-Хорезми, как, по-видимому, и у других ученых эпохи халифа ал-Мамуна, представление об Арине было легендарным Ал-Хорезми считал Арин (Удджайн) расположенным на земном экваторе, в то время как его широта приблизительно равна 23°11′.

128 *Эль-мейл* — транскрипция арабского слова الميل — «склонение».

129 Имеются в виду таблицы 59, 59б

Здесь «соответствие» знаков зодиака следует понимать так: указанные пары знаков расположены на эклиптике симметрично либо относительно точек равноденствия, либо относительно точек солнцестояния. Поэтому определение восхождения одного из них определяло восхождение другого

130 «Равноденственный круг» — circulum aequinoctialem, перевод арабского выражения فلك معدّل النهار — небесный экватор Если имелся в виду земной экватор, то использовалось выражение خط معدّل النهار — „линия равноденствия".

131 Последнее выражение в квадратной скобке после запятой имеется только в O

Рассмотрим правило вычисления ал-Хорезми прямого восхождения α данного градуса эклиптики λ

Обозначим «первый синус» через Sin ε, «второй» через Sin $(90°-\varepsilon)$, «третий» через Sin δ, «четвертый синус» через Sin $(90°-\delta)$, где $\varepsilon = 23°51'$ — наклонение эклиптики к экватору при $R = 60$ и δ — склонение Солнца при долготе λ. Тогда правило ал-Хорезми для определения прямого восхождения α при долготе λ выразится следующей формулой:

$$\sin\alpha = \frac{\sin\delta\cdot\sin(90°-\varepsilon)}{\sin\varepsilon}\cdot 60\cdot\frac{1}{\sin(90°-\delta)}$$

или в более современных выражениях

$$\sin\alpha = R\cdot\frac{\operatorname{tg}\delta}{\operatorname{tg}\varepsilon}.$$

132 Латинский текст заглавия в T заканчивается словом signum («знак») В O после этого слова следует выражение: eltabeb helhacib elhaazem elmunegim, которое, по-видимому, является искажением арабского выражения الطبيب و الحاسب العظيم و المنجّم, т. е. «врачам, великим вычислителям и звездочетам» Поскольку эти выражения не согласуются с контекстом, издатель не включил их в T

133 О «тени» см. ниже прим 136

134 „Начало Овна"—rase elhamel, транскрипция арабского رأس الحاميل.

135 Исходя из «Сурья-сиддханты» Вараха-Михиры О. Нейгебауэр дает следующее объяснение метода ал-Хорезми, примененного в рассматриваемой главе

Основным параметром, использованным здесь ал-Хорезми, является «разность восхождения» Пусть на рис 20а, где небесная сфера спроектирована на плоскость небесного меридиана, CT — плоскость горизонта, QQ' — небесный экватор, MGH - суточная параллель, $ПП'$ — эклиптика, V — точка весеннего равноденствия. Тогда $VH = \lambda$ будет долготой восходящей точки H эклиптики, $VF = \alpha(\lambda)$ — прямое восхождение этой точки и $VE = \rho(\lambda)$ — ее «косое» или местное восхождение. Разность

$$\gamma(\lambda) = \alpha(\lambda) - \rho(\lambda) \qquad (1)$$

ал-Хорезми называет «разностью восхождений» точки с долготой λ и географической широтой φ

Для вычисления γ рассмотрим суточную параллель HGM Солнца, по которой оно движется в течение суток при долготе λ. Радиус r_d определяется из прямоугольного треугольника MBO (рис. 20, с):

$$r_d = R\cos\delta = \cos\delta. \qquad (2)$$

Рассматривая круг радиуса r_d (рис. 20, в), мы видим, что за разность восхождений можно принять и дугу HG, так как относительно точки B она лежит

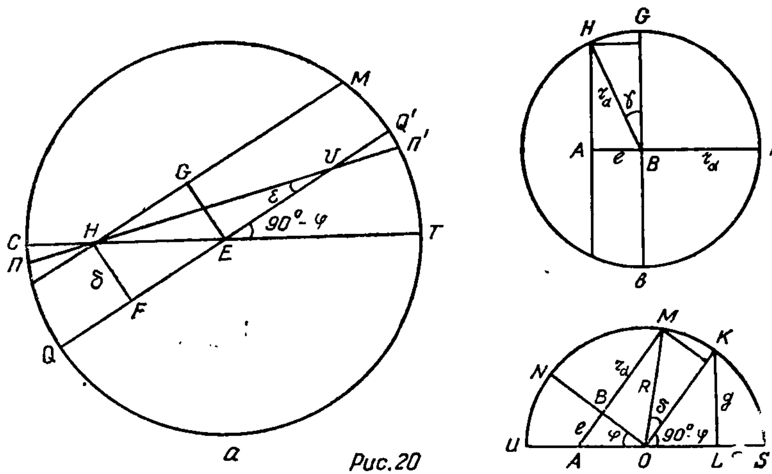

Рис.20

под тем же углом, что и EF относительно точки O в плоскости экватора Поэтому

$$\sin\gamma = \frac{e}{r_d} \text{ или } \sin\gamma = \frac{eR}{r_d} \qquad (3)$$

и из рис 20, с

$$e = OB\,\mathrm{tg}\,\varphi = R\sin\delta\,\mathrm{tg}\,\varphi = \sin\delta\cdot\mathrm{tg}\,\varphi. \qquad (4)$$

На небесном экваторе Солнце будет в полдень в точке K Поэтому $S_0 = OL$ будет полуденной тенью гномона, высотой которого $g = LK$, следовательно,

$$\mathrm{tg}\,\varphi = \frac{S_0}{g} \qquad (5)$$

и при учете отношения (3)

$$\sin\gamma = S_0\cdot\frac{R}{g}\,\mathrm{tg}\,\delta. \qquad (6)$$

Здесь S_0 зависит от географической широты, в то время как выражение

$$C = \frac{R}{g} \cdot \operatorname{tg} \delta \tag{7}$$

является только функцией долготы λ.

Пусть τ_1, τ_2, . означают времена восхождения на прямой сфере для каждого отдельного знака зодиака, начинающиеся с точки весеннего равноденствия и точно так же τ_1, τ_2, .. — соответствующие времена восхождений для географических широт, в которых гномон высоты $g = 12$ пальцев в полдень на экваторе бросает тень $S_0 = 12\ tg\ \varphi$, измеряемый в тех же единицах. Времена восхождений σ_1, σ_2, σ_3 на прямой сфере предполагаются известными Тогда остается определить времена восхождений для данных местностей из следующих соотношений:

$$\left.\begin{array}{ll} \tau_1 = \tau_{12} = \sigma_1 - K_1 S_0 & \tau_6 = \tau_7 = \sigma_1 + K_1 S_0 \\ \tau_2 = \tau_{11} = \sigma_2 - K_2 S_0 & \tau_5 = \tau_8 = \sigma_2 + K_2 S_0 \\ \tau_3 = \tau_{10} = \sigma_3 - K_3 S_0 & \tau_4 = \tau_9 = \sigma_3 + K_3 S_0 \end{array}\right\} \tag{8}$$

с коэффициентами (в Т — argumentum)

$$K_1 = \frac{114}{115}, \quad K_2 = \frac{113}{116}, \quad K_3 = \frac{1}{3}. \tag{9}$$

Числовые значения в соотношениях (9) служат только для того, чтобы отметить, что время восхождения i-того знака зодиака выражается через разность Δ_i косых восхождений двух его конечных точек. Пользуясь зависимостью (1), можно записать

$$\tau_i = \Delta_i\, \rho = \Delta_i\, \alpha - \Delta_i\, \gamma = \sigma_i - \Delta_i\, \gamma \quad (i = 1, 2, 3). \tag{10}$$

где τ_i — время восхождения i-того знака на прямой сфере. Но мы знаем, что

$$\operatorname{Sin} \gamma = S_0 \cdot \frac{R}{g} \operatorname{tg} \delta. \operatorname{Sin} \gamma \cdot R \sin \gamma.$$

Мы можем принять приближенно

$$\gamma \approx \sin \gamma, \tag{11}$$

тогда для γ, измеряемого в градусах, имеем

$$\gamma^0 \approx \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{\operatorname{tg} \delta}{g} \cdot S_0,$$

и поэтому

$$\Delta_i\, \gamma = \frac{180^\circ}{\pi g}\, \Delta_i\, \operatorname{tg} \delta \cdot S_0. \tag{12}$$

Из сравнения соотношений (10) и (12) с зависимостями (8) видно, что мы имеем

$$K_i = \frac{180^\circ}{\pi g} \cdot \Delta_i \cdot \operatorname{tg} \delta. \tag{13}$$

Для числовой проверки этого соотношения значения склонения δ следует брать в столбце 5 таблиц 21—23, основанных на значении $\varepsilon = 23°51'$. Для отношения $\frac{180^\circ}{\pi}$ берется значение 57°18′, известное из «Сурья-сиддханты», и $g = 12$

О. Нейгебауэр и О Г Шмидт установили, что в данной главе ал-Хорезми целиком основывался на индийских астрономических трудах, в частности на «Сурья-сиддханте» [52, с 205—211]

136 Глава 26а -- вариант главы 26 по О Следуя Г Зутеру, мы приводим ее отдельно

137 Здесь словами «в приращении» и «в убывании» мы переводим выражения additione sed dissimili и diminitione sed dissimili

138 Под «часом» в данной главе ал-Хорезми имеет в виду так называемый «косой час», т е $\frac{1}{12}$ часть дневной или ночной части суток В зависимости от времени года величина этих часов менялась, только в дни равноденствий они равнялись обычным или «ровным» часам, т е $\frac{1}{24}$ части суток

Дуга дня представляет собой часть HqH' (рис 21) суточной параллели qEq' от точки восхода H до точки захода H' Солнца Чтобы определить дугу дня, сначала нужно определить уравнение дня часть дуги небесного экватора от точки K до точки востока E, или часть HE' суточной параллели между точкой восхода H и точкой пересечения E' суточной параллели и большого круга, проходящего через полюсы и точку востока Уравнение дня $\Delta\alpha$ Беруни находил соотношением

$$\sin\Delta\alpha = \operatorname{tg}\delta\cdot\operatorname{tg}\varphi$$

(где δ - склонение Солнца, φ — широта местности), известным и ал-Хорезми Отсюда длину l_d дуги дня можно выразить соотношением

$$l_d = 180^\circ + 2\arcsin(\operatorname{tg}\delta\cdot\operatorname{tg}\varphi).$$

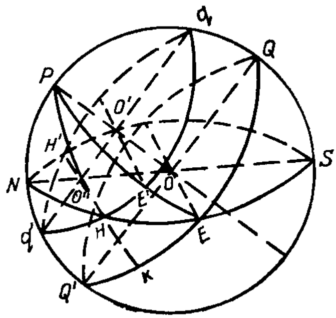

Рис. 21

Следовательно, «косой час» h_s определяется из соотношения

$$h_s = \frac{l_d}{12} = \frac{1}{12}\,[180^\circ + 2\arcsin(\operatorname{tg}\delta\ \operatorname{tg}\varphi)]$$

или

$$h_s = 1^h + \frac{1^h}{12\ 15}\,[2\arcsin(\operatorname{tg}\delta\cdot\operatorname{tg}\varphi)].$$

Заменяя склонение δ наибольшим склонением ε, последнюю зависимость можно записать иначе

$$h_s = 1^h + \frac{1^h}{12\cdot 15^\circ}\arccos\left(2\,\frac{\cos^2\varphi - \sin^2\varepsilon}{\cos^2\varphi\cdot\cos^2\varepsilon} - 1\right).$$

139 Русские переводы глав 28, 28а, 28б и соответствующую им таблицу 60 опубликовали Ю Х Копелевич и Б А Розенфельд в книге «Мухаммад ал-Хорезми Математические трактаты» (см с 90—91, 93) В настоящем издании переводы и комментарии к ним мы приводим в нашей редакции.

140 «Высота» — artifa, транскрипция арабского слова ارتفاع с тем же смыслом

141. «Плоская тень» — umbra elmustewia, полуперевод арабского термина الظلّ المستوى. В латинском переводе плоскую тень называли также

umbra recta, т. е «прямая тень». Вместо umbra иногда пишется adhel — искажение слова الظلّ.

142. Если тело, т. е. в данном случае измерительный шест или гномон длиной в 12 пальцев (в Т — digiti, перевод арабского слова إصبع), при высоте Солнца h градусов отбрасывает тень в s пальцев, то по правилу ал-Хорезми эта тень определяется из соотношения:

$$s = 12 \cdot \frac{\sin(90^\circ - h)}{\sin h} = 12 \operatorname{ctg} h.$$

Это правило равносильно нашему

$$\operatorname{ctg} h = \frac{\cos h}{\sin h}.$$

143. «Корень» — elgidher, искажение арабского слова الجذر ..

144. «Сторона квадрата» — quadrate latus, перевод арабского выражения ضلع المربّع — терминология, заимствованная из геометрической алгебры, согласно которой первая степень числа отождествлялась с линией, вторая – с квадратом, третья степень – с кубом.

145. «Диаметр тени» — umbrae diametris, перевод арабского выражения قطر الظلّ — линия косеканса. Если обозначить линию косеканса угла h через csc h, то излагаемое здесь правило можно записать в виде

$$\csc h = \sqrt{\operatorname{ctg}^2 h + 12^2},$$

что равносильно нашему

$$\csc h = \sqrt{\operatorname{ctg}^2 h + 1}.$$

146. Излагаемое здесь правило можно записать в виде.

$$\frac{\operatorname{ctg} h}{\csc h} \cdot 60 = \sin(90^\circ - h),$$

что равносильно нашему правилу

$$\frac{\operatorname{ctg} h}{\csc h} = \cos h$$

147. «Обращенная тень» — в Т umbra elmankuz по О, в Ш — umbra elmakuz, что, вероятно, полуперевод арабского الظلّ المعكوس Этим термином называли линию тангенса, рассматривавшуюся как тень горизонтального шеста на вертикальной стене. Термины «тангенс» (tangens — «касающийся») и «секанс» (secans — «секущий») были введены в 1583 г. Т. Финком, а термины «котангенс», «косинус» и «косеканс» (т. е тангенс, синус и секанс дополнения) — только в 1620 г Э. Гунтером; до этого и в западноевропейской литературе тангенсы и котангенсы назывались «тенями», а секансы и косекансы — «диаметрами».

148. Если обозначить линию тангенса угла высоты Солнца h через tg$h$, то излагаемое здесь правило можно записать в виде:

$$\operatorname{tg} h = \frac{\sin h}{\sin(90^\circ - h)},$$

что равносильно нашему правилу

$$\operatorname{tg} h = \frac{\sin h}{\cos h}.$$

146 См таблицу 60

150 *Бухт* — elbuht, транскрипция арабского البهت которое, в свою очередь, является искажением санскритского bhukti, первоначально буквально означавшего «обладание», «удовлетворение». Впоследствии оно получило оттенок «скорости движения планеты» Об этом сугубо индийском понятии ал-Хорезми узнал из одной арабской обработки «Сурья-сиддханты» или «Кхандакхадьяки». Беруни, знавший индийские астрономические трактаты на языке оригинала — санскрите, дает следующее определение этому понятию. «Движение светила за день вместе с его ночью называется его *бухтом* Это индийское слово, первоначально [было] *бхукти*, но [впоследствии] оно было сокращено Что касается [индийцев], то они подразделяют *бухт* на средний и истинный, что же касается наших ученых, то они отбрасывают один из них и пользуются только видимым истинным движением, самым медленным и самым быстрым, посредине между которыми — среднее» [1, с 96 175; 4, с 312, 413]

Аделард слово *бухт* в дословном переводе на латинский называет stupor, буквально означающее «неподвижность», «оцепенение» и являющееся явно неудачным переводом.

151 «Истинное положение» — locus examinatus, дословно «уравненное положение» — перевод арабского الموضع المعدّل либо слова المقوّم. К этой главе относятся таблицы 61—66

152 Главы 30 и 30а есть только в рукописях О и Ш

153. Если видимый диаметр Солнца обозначим d_s, а скорость его движения за день v_s^d, за час v_s^h, то правило ал-Хорезми можно записать так

$$d_s = 0^p\,33' \cdot v_s^d - 13^p\,12' \cdot v_s^h.$$

В таблицах 61—66 среднее движение Солнца за день равно 0°59′12″ Тогда по правилу ал-Хорезми средний диск Солнца будет $d_s = 0^p33' \cdot 0°59'12'' = 0°32'33''36'''$ Если округлим до секунд, то получится $d_s = 0°32'34''$, это значение можно получить и из таблиц 61—66, сложив диаметры Солнца в первой строке таблицы 61 и последней строке таблицы 66

Что касается числа $0^p33'$, то, по данным О Нейгебауэра, это шестидесятеричное написание числа $\frac{11}{20}$, заимствованное ал-Хорезми в «Кхандакхадьяке» [48, с 58].

154. В случае Луны ал-Хорезми применяет тот же метод, что и в случае Солнца Тогда правила ал-Хорезми выражаются формулой.

$$d_L = 0^p\; 2'\; 16'' \cdot v_L^d = 0^p\, 58'\; 10'' \cdot v_l^h.$$

Однако использованные здесь числа не совместимы, так как $0^p 2'16'' \cdot 24 = 0^p 54'\, 24''$ или $\frac{0^p\,58'\;10''}{24} = 0^p\,25'\,25''$ · Кроме того, неверность коэффициента $0^p\; 2'\; 16''$ следует из того, что среднее движение Луны за день 13°10′35″ дает средний диаметр 0°29′52″, который сравнительно мал, так как по таблицам 61—66 ал-Хорезми значение среднего диаметра 0°31′55″. Поэтому первый коэффициент следует читать как $0^p\; 2'\; 26''$ или как $0^p\; 2'\; 25''$, а второй—как $0^p\,58'\; 0''$ или $0^p\,58'\;24''$, но не $0^p\,58'\;10''$. Однако этот коэффициент ал-Хорезми согласуется с его таблицами 61—66 (столбцы 4 и 6), что свидетельствует о построении их с учетом изменения размеров Луны при ее месячном движении.

155. Информация последнего абзаца дает повод к предположению, что первоначально главы 30 и 30а составляли одну главу.

156 *«Эль-истима»* — elistima, транскрипция арабского слова الاجتماع — «соединение». Соединение светил — совпадение их эклиптических долгот.

«Эль·йстекбел» — elistıkbel, транскрипция арабского слова الاستقبال — «противостояние». Противостояние светил — различие их эклиптических долгот на 180°. В настоящее время для обозначения соединения и противостояния Солнца и Луны используется также общий термин — «сизигия» Солнца и Луны (греческое слово συζυγία от σύν—„с", ζυγόν—„ярмо" означает „сопряжение").

157. Таблицы 69—72.

158. О *тадил* см прим 67

159. Кордова — Cordubae — город на юге Пиренейского полуострова, основан в 152 г до н. э. Марцеллом [22, с 140]. В 1007 г, когда Маслама ал-Маджрити (т е «Мадридец») составлял свой вариант «Зиджа» ал-Хорезми, Кордова была столицей Омейядского халифата в Испании и северо-западной Африке [9, с 38, 39] Упоминание здесь Кордовы — свидетельство вмешательства ал-Маджрити, хотя и незначительного, в «Зидж» ал-Хорезми. В арабском оригинале, безусловно, в данной главе говорилось о времени Багдада.

160. В данной главе мы встречаемся с проблемой определения долготы истинных сизигиев, исходя из средних сизигиев, данных в таблицах 69—72. Кроме того, требуется найти и момент истинного сизигия и соответствующую аномалию Луны, ее широту, т е. все параметры, необходимые в последующем для вычисления затмений.

В арабском лунном календаре даты сизигиев должны иметь следующее:

$$\text{год хиджры } n, \text{ месяц } M \text{ и день } \left\{\begin{matrix} 29 \text{ дней для соединения} \\ 14 \text{ дней для противостояния.} \end{matrix}\right\} \quad (1)$$

Мы будем считать данными n, M и число дня. Затем поступим следующим образом: используя таблицу 69 для соединения и таблицу 70 для противостояния, запишем n в форме $n=(30k+1)+r$, где k, r — целые числа и $o \leqslant r < 30$, и войдем в таблицу 69 или 70 с $30k+1$, в таблицу 71 с r, в таблицу 72 с M. Сложением соответствующих данных таблиц находятся следующие четыре параметра для среднего сизигия:

$$\left.\begin{matrix} \text{дата и время } t_0, \text{ т. е. эпоха} \\ \text{средняя долгота Солнца } \bar{\lambda} \\ \text{аномалия Луны } \alpha_0 \\ \text{аргумент широты Луны } \omega_0 \end{matrix}\right\}. \quad (2)$$

Часы отсчитывают с полудня.

С датой в (2) мы теперь можем определить следующее: основываясь на главах 8 и 9, найдем уравнение Θ_1 Солнца из столбца 3 таблиц 21—26 и уравнение θ_2 Луны из столбца 4 тех же таблиц. Это нам даст для момента t_0 средний сизигий истинных долгот

$$\lambda_1 = \bar{\lambda} + \theta_1, \ \lambda_2 = \bar{\lambda} + \theta_2 \quad (3)$$

Солнца и Луны соответственно. Тогда в момент t_0 мы имеем элонгацию

$$\Delta = \theta_1 - \theta_2, \text{ называемую } \left\{\begin{matrix} \text{„принадлежит Солнцу"} \\ \text{при } \Delta > 0 \\ \text{„принадлежит Луне"} \\ \text{при } \Delta < 0. \end{matrix}\right\} \quad (4)$$

С аномалией Луны α_0 как с аргументом мы можем найти из столбца 4 таблиц 61—66 скорость движения Луны v, выраженную в градусах дуги в час. Тогда время τ, требуемое для Луны и охватывающее и Солнце, будет дано в виде:

$$\tau = \frac{1}{v}\left(\Delta + \frac{1}{12}\Delta\right), \qquad (5)$$

где $\frac{\Delta}{12}$ -- среднее возрастание элонгации, обусловленной движением Солнца.

Теперь мы можем найти время t истинного сизигия в виде

$$t = t_0 + \tau, \qquad (6)$$

к которой относится долгота Солнца

$$\lambda = \lambda_1 + \frac{\Delta}{12} = \lambda_2 + \Delta + \frac{\Delta}{12}, \qquad (7)$$

являющаяся и истинной долготой Луны в момент соединения или при прибавлении 180° долготой Луны в момент противостояния.

Аргумент широты в момент t будет

$$\omega = \omega_0 + \theta_2 + \Delta + \frac{\Delta}{12}, \qquad (8)$$

а аномалия Луны

$$\alpha = \alpha_0 + \tau \cdot 0°32'40'', \qquad (9)$$

так как часовое возрастание лунной аномалии согласно столбцу 3 таблицы 8, дано для 0°32′40″

Поскольку таблицы составлены для полудня Кордовы, то введя соответствующую поправку, можно применить их и для других географических долгот.

Пользуясь методом ал-Хорезми и таблицами 69—72, определим в какое время в конце месяца мухаррам 288 г. х. произошло соединение Солнца и Луны.

Дата	*Сутки и часы*	*Средняя долгота Солнца и Луны*	*Аномалия Луны*	*Аргумент широты Луны*
В конце 270 г. х.	29^d 2^h 4^m51^s	123 49′42″	252°31′18″	30°19′50″
Для 17 лет х.	0^d 5^h 43^m50^s	177°30′35″	226 38′40″	136°48′10″
Для мухаррама	0 0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
В конце мухаррама 288 г. х	29^d 7^h 48^m41^s	301°20′17″	119°9′58″	167°8′0″

Хотя Солнце и Луна имеют одинаковую среднюю долготу 301°20′17″ вечером в 7 часов 49 минут 29 мухаррама 288 г. х, тем не менее они имеют уравнения, соответствующие этому времени, которые определяются по правилам глав 8 и 9 и таблицам 21—26 и по которым находятся их истинные долготы:

Средняя долгота Солнца	Средняя долгота Луны
301°20′17″	301°20′17″
Уравнение Солнца (по таблице 25)	Уравнение Луны (по таблице 24)
1°30′39″	4°15′45″
302°50′5?″	297°4′32″

Следовательно, разность $\Delta = 302^\circ 50'56'' - 297^\circ 4'32'' = 5^\circ 46'24''$ „принадлежит“ Луне, откуда $\Delta + \frac{\Delta}{12} = 6^\circ 15'16''$.

Аномалии Луны $\alpha_0 = 11^\circ 10'$ соответствует скорость $v = 34'20''$. Отсюда

$$\tau = \frac{1}{v}\left(\Delta + \frac{\Delta}{12}\right) = 6^\circ 15'6'' : 34'20'' = 10^h 55^m 48^s .$$

Теперь можно найти время истинного соединения

$$t = t_0 + \tau = 7^h 48^m 41^s + 10^h 55^m 48^s = 18^h 44^m 29^s .$$

Таким образом, истинное соединение 29 мухаррама в 288 г. х. произошло в $18^h 44^m 29^s$ пополудни, т. е. в $6^h 44^m 26^s$ утра.

Теперь можем найти истинные долготы Солнца и Луны в момент соединения. Истинная долгота Солнца в момент соединения

$$\lambda = \lambda_1 + \frac{\Delta}{12} = 302^\circ 50'56'' + 0^\circ 28'52'' = 303^\circ 19'48'',$$

точно так же истинная долгота Луны в момент соединения

$$\lambda = \lambda_2 + \frac{\Delta}{12} = 297^\circ 4'32'' + 6^\circ 15'16'' = 303^\circ 19'48''.$$

Таким образом, соединение Солнца и Луны 29 мухаррама 288 г х произошло утром в 6 часов 44 минуты 29 секунд на эклиптической долготе $\lambda = 303^\circ 19'48''$

161 «Дома»—в T casarum (дат. пад мн. ч от casa—«домик, хижина»), перевод арабского بيوت (мн ч от بيت «дом, жилище»), перевод птолемеевского астрологического термина τόπος — «место», позднее в Европе loci — 12 частей эклиптики, являющихся частями четырех ее дуг, на которые она делится колышками (точками пересечения эклиптики с небесным экватором и горизонтом). В отличие от 12 постоянных знаков зодиака 12 астрологических домов меняются со временем 12 астрологических домов связывались с жизнью, богатством, братьями, родителями, детьми, здоровьем, браком, смертью, странствиями, почестями, друзьями и врагами [2, с 449, 450, прим 13].

162 Такое расположение настоящей главы (между главами 31 и 33) дано в O; в M эта глава приводится перед главой 36, с которой совпадает по содержанию

«*Тецвиет эльбуют*» — tezwiet elbujut, транскрипция арабского выражения تسوية البيوت т е «эквализация домов» — деление эклиптики на 12 астрологических домов с помощью деления некоторых дуг на равные части. Вопросу эквализации домов специально посвящена глава 1 «О методах эквализации домов» книги XI «Канона Мас'уда» Беруни [1, с. 449—459].

163 «Градусы восхождения» — gradum goroscopi — перевод арабского выражения درج الطالع, можно переводить и как «градусы гороскопа“; однако в данном случае речь идет о восхождении градуса—сферическом расстоянии между точкой равноденствия и основанием сферического перпендикуляра, опущенного из точки пересечения эклиптики с горизонтом.

164 «Градусы соответствия» — gradum aequalium, перевод арабского выражения درج الاستو — дуга эклиптики от точки равноденствия до пересечения эклиптики кругом склонения светила, т е. кругом, отсекающим на небесном экваторе дугу прямого восхождения; выражается в знаках зодиака и в градусах от 1 до 30.

165. Глава 33 имеет два варианта: вариант О, М и вариант Ш и М Оба варианта Г. Зутер привел под одним заглавием, О Нейгебауэр выделил их отдельно

Что касается названия заглавия, то в нем словом «затмение» мы переводим латинское defectus. Однако в арабском языке в отношении солнечного затмения применяется термин كسوف , а лунного затмения — خسوف. Аделард переводит их одним словом В Европе впоследствии термин defectus был заменен греческим ἔκλειψις, который употреблял и Аделард

166 См главу 31.

167. *«Ас-сукут»* — elzukut, транскрипция арабского слова السقوط (от سقط — «падать»). Это Аделард переводит на латинский язык словом casus — «падение». Арабский термин означает начальную фазу частичного затмения светила, когда оно начинает «входить» в тень Перевод этого термина на русский как «впадение» принят нами в издании трудов Беруни В «Зидже» ал-Хорезми мы придерживаемся терминологии, принятой в изданиях сочинений Беруни.

168. *«Ал-инджила»* — elingile, транскрипция арабского слова الانجلاء — конечная фаза затмения; слово *«ал-инджила»* принято переводить термином «прояснение»

169 *«Ал-мукс»* — elmukdh, транскрипция арабского слова المكث означает фазу полного затмения; слово *«ал-мукс»* принято переводить термином «пребывание»

170 Следуя О Нейгебауэру, вторую версию (по Ш и М) главы 33 мы выделяем отдельно

171 *«Эльмухт»* — elmuht, искажение арабского слова المكث (см. прим 169)

172 «Минуты впадения» — в Т dakaicas elcucut, транскрипция арабского выражения دقائق السقوط.

173 «Середине затмения» — в Т lwacat elcuzuf, транскрипция арабского выражения لوسط الكسوف. В латинской транскрипции сохранена и падежная форма с предлогом «ли» в изафетном сочетании.

174 Для вычисления лунного затмения момент истинного противостояния предполагается известным по главе 31; считается известным и аргумент широты ω В таком случае столбец 3 таблиц 73—76 дает величину m затмения в момент наибольшего погружения, т. е в середине затмения, выраженную в линейных «пальцах», т е двенадцатых частях видимого диаметра Луны Таблицы 73 и 74 относятся к случаю, когда Луна находится в апогее (аномалия $\alpha = 0$), а таблицы 75 и 76 — к случаю, когда Луна в перигее (аномалия $\alpha = 180°$). Столбцы 6—8 таблиц 75, 76 дают коэффициент c как функцию аномалии α ($c = 0$ при $\alpha = 0$, $c = 1$ при $\alpha = 180°$), так что

$$f(\alpha) = f_a + c(\alpha)\cdot(f_p - f_a),$$

где f_a и f_p — функции аргумента широты ω, табулированные для апогея и перигея. Из столбца 4 указанных таблиц определяются частичные фазы затмения, которые даются в градусах соответствующего движения по отношению к тени, снова как функции ω Столбец 5 целиком относится к внутреннему касанию середины затмения с диском тела светила.

175. Словом «параллакс» мы переводим выражение diversitas aspiciendi (или deversitas aspectuum), являющееся переводом арабского выражения اختلاف المنظر — «различие видения». Параллакс — изменение видимого положения небесного тела при изменении точки зрения (греческое слово παραλλάξ означает «различие»).

176. Следующий ниже абзац настоящей главы есть только в М; Г. Зутер не включил его в основной текст.

177. Здесь в М следует слово nadair, искажение арабского слова نظير (надир). Мы, как и О Нейгебауэр, опускаем его, как не согласующееся с контекстом.

178. «Алмукантарат» — almucantarat, транскрипция арабского слова المقنطرة (досл «сводчатая») — круг высоты (или понижения) светила, параллельный плоскости горизонта. По-видимому, в европейскую литературу это арабское слово вошло с «Зиджем» ал-Хорезми.

179. Пусть H будет восходящей точкой эклиптики, а V — наивысшей точкой эклиптики, тогда долготы этих точек определяются зависимостью.

$$\lambda_v = \lambda_н - 90^\circ. \tag{1}$$

Если P — место Луны на эклиптике, то мы можем из таблиц 59, 59в определить разность прямых восхождений между точками P и V следующим образом:

$$\left.\begin{aligned} \Delta\alpha &= \alpha_p - \alpha_v \ \text{ при } \lambda_p > \lambda_v\,, \\ \Delta\alpha &= \alpha_v - \alpha_p \ \text{ при } \lambda_p \leqslant \lambda_v\,. \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

Таблицы 77, 77а ал-Хорезми построены так, что в них для значений $\Delta\alpha$ как аргумента приводится долготный компонент параллакса. Однако в таблицах единицы даны не в градусах, а в часах в соответствии со временем параллактического смещения Луны по эклиптике Ал-Хорезми приводит правило для вычисления долготного параллакса π_λ, равносильное формуле

$$\pi_\lambda = P^h_\lambda \cdot v^h_l, \tag{3}$$

где P^h_λ — долготный параллакс в часах, v^h_l — средняя скорость Луны за час в градусах

Для определения широтного параллакса π_β ал-Хорезми считает нужным найти зенитное расстояние a наивысшей точки V эклиптики. Если φ — географическая широта, δ — склонение точки V, то правила для определения $\bar{a}$ выражаются следующими зависимостями:

$$\left.\begin{aligned} \bar{a} &= \varphi - \delta \ \text{ при } o < \delta < \varphi, \\ \bar{a} &= \delta - \varphi \ \text{ при } o \quad \delta \geqslant \varphi, \\ \bar{a} &= \varphi + \delta \ \text{ при } \delta < o. \end{aligned}\right\} \tag{4}$$

Для широтного параллакса ал-Хорезми затем приводит правило

$$\pi_\beta = \pi_0 \cdot \sin \bar{a}.$$

Вычислением долготного и широтного параллаксов Луны специально занимался и Беруни Этому вопросу посвящена глава 10 «О параллаксе Луны по долготе и широте между ее вычисленными и видимыми двумя положениями» книги VII «Канона Мас'уда» [2, с 149—162] Правила Беруни для вычисления долготного и широтного параллаксов Луны равносильны формулам:

$$\cos(\pi_\lambda + \lambda_k) = \frac{\cos h_L \cdot \cos \lambda_k \cdot \cos \beta_k}{\cos h_н \cdot \cos \beta_L},$$

$$\sin \pi_\beta = \frac{\sin \pi \cdot \sin A}{\sin \lambda_E}.$$

180. Таблица 78 Весь этот абзац есть только в рукописи М; Г. Зутер не включил его в основной текст, а привел во введении, а О. Нейгебауэр включил в текст.

181. Последний абзац есть только в М; Г. Зутер не включил его в основной текст.

182. Основная цель этой главы – формулировка правила определения или вычисления долготного параллакса, выраженного в градусах или часах, и определение момента соединения Только в добавлениях рукописи М упоминается метод определения величины затемненной части Луны и влияние широтного параллакса на величину затмеваемой площади диска Луны. Попутно ал-Хорезми упоминает и условия наступления затмений (более подробно см. [6, с. 148, 153; 48, с 74—76])

183 Таблицы 91—114

184. См. прим 162

185. «Аспект», в Т — radiatio (букв «сияние», «блеск») неудачный перевод арабского термина نظر (букв «взгляд», так как планеты или созвездия как бы «смотрят» друг на друга); впоследствии в европейской литературе окончательно утвердился термин aspectus.

186 Здесь "гексагональный" аспект (ἑξάγωνος, перевод арабского слова تسديس), квадратура (τετράγωνος; перевод арабского слова تربيع) и тригональный аспект (τρίγωνος—перевод арабского слова تثليث)—такие расположения светил, разности эклиптических долгот которых равны $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{3}$ окружности, т. е. 60°, 90° и 120°. Помимо этих основных аспектов, понимаемых и в узком и в широком смыслах, применяются (только в узком смысле) еще аспекты, соответствующие углам 30°, 40°, 45°, 72°, 135°, 144° и 150° $\left(\frac{1}{12}, \frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{5}, \frac{3}{8}, \frac{2}{5}\right.$ и $\left.\frac{5}{12}\right.$ окружности$\left.\right)$.

187 Здесь начинается другая версия главы 37, имеющаяся в Ш, М и О

188. „Проектирование"—projectione (от proectio—„отбрасываю вперед"), перевод арабского مطارح (от طرح—„бросать") „Проектирование лучей" -projectio lucis, перевод арабского выражения مطارح الشعاعات, в свою очередь являющегося переводом птолемеевского термина ἀκτινοβολία (от ἀκτίς—„луч" и βολή „бросание")

189 «Владыка» - dominus, перевод арабского سلطان - «султан», планета, самая сильная среди планет по астрологическому влиянию

190 Аспекты планет можно продемонстрировать на рис 22 Планета в точке А находится в левом гексагональном, квадратуре и тригональном аспектах с планетами в точках *B*, *C* и *D*, а с планетами в точках *H*, *G* и *F* находится в точно таких же аспектах справа Более подробно об астрономических вопросах, применяемых в астрологии, см [2, с 449 522, 3, с 117 125, 162 258]

191 Во всех рукописях цифра 28 в заглавии и названии первого столбца записана римскими цифрами, таковыми воспроизведена и Г. Зутером Здесь и далее остальные цифры во всех таблицах арабские Мы воздерживаемся от комментирования разночтений цифр в таблицах, а воспроизводим их такими, как в издании Г Зутера

Настоящая таблица несколько дополнена Масламой ал-Маджрити он включил в нее «эру асофра» (т е «сафара» — см прим 27)

192 Йездигерд III — последний Сасанидский шах Ирана (632—652 гг). Началом эры Йездигерда считается 16 июня 632 г — день его коронации

193 Набонассар (Навуходоносор, по-арабски его имя произносилось «Бухтунассар») — вавилонский царь (747—733 гг до н э) Началом эры Набонассара было 26 февраля 747 г. до н э — день вступления его на престол.

194 Филипп — Филипп Аррилей — брат Александра Македонского, провозглашенный царем после его смерти Царствовал в 323—317 гг. до н э. Начало эры Филиппа — 12 ноября 324 г. до н э

195. Диоклетиан — римский император, царствовал в 284—305 г. Началом эры Диоклетиана было 29 августа 294 г. — дата вступления его на престол. Эра Диоклетиана применялась в Европе до 525 г, когда была вытеснена официально принятой в Никейском соборе в 525 г христианской эрой

196 Первый столбец «Составных (или объединенных) годов арабов» представляет собой годы, объединенные в 30-летние циклы. В рукописи О они доведены до 570 г х, т е 1174/1175 гг н э. По-видимому, позже этот столбец довели до 720 г х, т е до 1320/1321 г. н. э

Цифры второго столбца — «значения» (в 0 — notae, в Ш, П и М — dies,- в Т — notae) означают дни недели, считая первым днем воскресенье. Эти значения получаются делением количества суток в цикле, считая лунный год состоящим из $354\frac{11}{30}$ суток, на число дней недели, т е. 7. К примеру, 120 арабских лет = $120 \cdot 354\frac{11}{30}$ суток = 42524 суток 6 (mod 7).

В третьем столбце приведены «простые», т е годы от 1-го до 30-го, не объединенные в 30-летние циклы. В этом столбце следующие годы — 2, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28 — являются високосными, имеющими по 355 суток, остальные годы простые, по 354 суток

В рукописях и в Т столбец 5 не озаглавлен, название поставили мы, поэтому взяли в квадратные скобки В рукописях и Т високосные годы названы kebice, транскрипция арабского слова كبيسة. Это слово мы приводим в русской транскрипции.

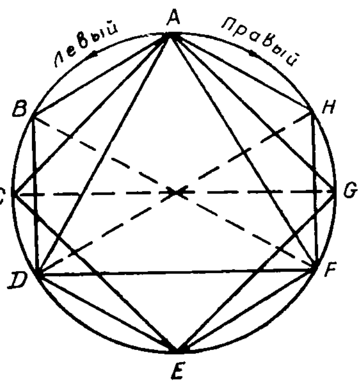

Рис.22

Названия арабских месяцев в Т следующие Elmuharram, Zafar, Rabe alawel, Rabe alachir, Jumedi elule, Jumedi elachir, Regeb, Shabin, Ramadhan, Shawwel, Dulkada, Dulheia.

197 Названия персидских месяцев в таблице 2а мы восстановили по «Канону Мас'уда» Беруни [1, с 100, 101]. В рукописях названия даны в искаженном виде. Названия персидских месяцев в Т следующие Affordinme, Azdihestme, Chordezme, Tierme, Merdezme, Shaharirme, Meherime, Abenme, Adarme, Dime, Bahamanme, Izfindarme

Согласно Беруни (см. там же), персидский год эры Йездигерда состоит из 365 дней, а каждый месяц — из 30 Пять «украденных дней», включенных ал-Хорезми в Абан-мах, следовали в конце года после Исфандармуз-маха и ни к какому месяцу не принадлежали

Из столбцов «Знаков и значений» определяется день недели года $n = i + 7k$, где $i = 1, 2, \ldots 7$ и $k = 1, 2, \ldots$ — годы эры Йездигерда Если $n \equiv i \pmod 7$, то число в столбце i и линии m дает день недели n-го года m того месяца l числа.

На полях этой таблицы в рукописи П сделана следующая запись «замечания для перевода терминов: *эльвасат* (elwacat) означает среднее движение, *эльхеса* (elheza) — это аномалия, *камар* (kamar) — Луна, т е. лунный месяц по-арабски, *арин* (arin) — это Земля, *элькебисе* (elkebice) — это год». Автор записи допускает неточность, так как *эльвасат* — среднее положение планеты (см прим 53), Арин — город в «центре» обитаемой земли (см. прим 6), *элькебисе* — по-арабски «високос» (см. прим 11), *камар* — Луна, но не лунный месяц

198 Во времена ал-Хорезми и несколько позже среди коптов — христианского населения Египта — применялась эра Диоклетиана (см прим 195),

в основу которой были положены юлианские годы Однако названия месяцев были египетскими

Названия месяцев в Т следующие: Tut, Beba, Hettur, Keihec, Tuba, Amushir, Burimihez, Burmuda, Besenz, Buba, Abib, Muzre

Русское чтение названий египетских месяцев мы приняли по «Канону Мас'уда» Беруни [1, с 100, 101]

Год по этому календарю состоял из 360 дней Добавочные пять дней простого года, прибавляемые в конце года, носили название «эпагоменай», т. е. «маленький месяц». Хотя в таблице в месяце Месори указаны $35\frac{1}{4}$ дня, тем не менее в трех простых годах $\frac{1}{4}$ дня не учитывалась, а считалась на четвертый год, когда накапливался один день Этот год был назван bissextus (или bissextilis) (см прим 18) Цифры в таблице, приведенные под названиями месяцев, означают дни недели

199 Настоящая таблица предназначена для перевода даты по эре хиджры и селевкидской эре

«Основу» в таблице составляет эпоха, т е начальный момент первого года эры хиджры, соответствовавшего 00 часам 18 таммуза 933 г селевкидской эры Из таблицы видно, что 30 арабским годам соответствуют 29 лет 1 месяц $8\frac{3}{4}$ дня.

Первый столбец настоящей таблицы доведен до 600 г х, только в рукописи III он доведен до 690 г х По-видимому, последний столбец добавлен или изменен Аделардом, так как 1400 г румов, т е селевкидской эры, соответствует 1117 г н э Из таблицы 1 видно, что 28-летние циклы годов румов ал-Хорезми отсчитывал либо с начала этой эры, либо с начала эры хиджры, как в настоящей таблице

200 В календаре селеквидской эры наряду с римскими месяцами использовались и сирийские Названия сирийских месяцев в Т следующие. Tisrin elawel, Tisrin elachir, Keinun elawel, Keinun elachir, Sabat, Adar, Nizan, Iiar, Heziren, Temus, Ab, Elul Таблицу приводим в сокращенном варианте

201 В Т приведено два заглавия таблицы 4, первое по III — Elwacat solis — полуперевод арабского выражения «الواسط الشمس», второе по 0 — Medialitas solis В таблице 4 представлены средние долготы $\bar{\lambda}$ Солнца для составных годов, т е 30-летних циклов хиджры, и для простых от 1-го по 30-й

Первоначально столбец 1 таблицы, начиная с первого года хиджры, был доведен до 570 г х, впоследствии, по-видимому, Маслама ал-Маджрити продолжил столбец до 720 г х Из таблицы 2 видно, что в 30-летнем цикле хиджры первый год простой (354 дня), а второй високосный (355 дней) Из столбца 4 таблицы 4 следует, что в первый год этого цикла, т е в простом году, среднее движение Солнца равно $11^{S}18°54'13'' = 348°54'13''$, а во втором, т е високосном, — $11^{S}19°53'21'' = 349°53'21''$ Из таблицы также следует, что в начале первого года хиджры, т е 1 мухаррама 1 года хиджры, среднее положение имело долготу $23°25'48''$ Рака или $113°25'48''$ от точки весеннего равноденствия К 1 сафара оно передвинулось на долготу $142°59'53''$ Поскольку за месяц мухаррам, состоящий из 30 дней (см таблицу 2), Солнце передвинулось на $29°34'5''$, следовательно, в настоящей таблице среднее движение Солнца за день принято равным $0°59'8''10'''$

В нижней части столбца 5 приведены значения средних долгот Солнца к началу соответствующих знаков зодиака Поскольку в начале каждого знака зодиака истинная долгота λ Солнца равна полным 30' предыдущего знака, то нижняя часть столбца 5 позволяет вычислить уравнение Солнца по формуле:

$$\theta = \lambda - \bar{\lambda}$$

λ	θ	λ	θ
0°	+2°11′48″	180°	−2°9′37″
30°	+1°41′22″	210°	−1°36′55″
60°	+0°42′27″	240°	−0°40′40″
90°	−0°28′20″	270°	+0′26′18″
120°	−1°29′58″	300°	+1°24′32″
150°	−2°9′7″	330°	+2°5′0″

202 В этой таблице, как и в таблице 4, даны два названия (см. начало прим. 201) Таблица 5 — собственно продолжение таблицы 4. В ней даны значения среднего Солнца $\bar{\lambda}$ для суток, часов и минут Хотя здесь среднее движение Солнца за день равно 0°59′8″, тем не менее с четвертой строки дроби, следующие после секунд, ал-Хорезми дополняет до одной секунды. Так же поступает он и в 10-, 16-, 23- и 28-й строках Таблица приводится в сокращении

203 Таблицы 6—8 генетически составляют одно единое, с общим заглавием В таблице 6 приведены значения средней Луны и ее аномалии в составных и простых годах арабов, в таблице 7 — то же в арабских месяцах и сутках, в таблице 8 — то же в часах и их долях Г Зутер приводит две версии заглавия таблиц: по 0 и по III. Заглавие по О — Medialitas linae et argumentum. Заглавие по III — Wacat elkamar wahezatu—Medius cursus lunae cum argumento suo.

Первая часть заглавия по III транскрипция его арабского названия وسط القمر و حصّته (Средняя Луна и ее аномалия), вторая часть — перевод этого названия

Первоначально первый столбец «составных годов арабов» в таблице 6 довели до 570 г х, впоследствии его продолжили до 720 г х Однако в анонимной рукописи Корпус Кристи Колледжа, использованной О Нейгебауэром, этот столбец доведен только до 510 г х (1116/17 гг н э)

204 В таблицах 9—20 даны средние долготы Сатурна, Юпитера, Марса, Венеры, Меркурия и *джаузахира* (см прим 3 и 83) для 30-летних циклов до 570 г х, для простых годов от 1-го до 30-го, для мусульманских месяцев, дней и часов Заглавие таблицы 9 Г. Зутер приводит по всем четырем рукописям: в М — Medius cursus Saturni, в 0 — Madialitas Saturni, в III и II — Medius cursus Saturni — Wacat elzohal (транскрипция арабского выражения وسط الزحل).

Сатурн в 0 — Zohal, транскрипция арабского названия Сатурна — زحل; в П и М — Medius cursus Saturni, в Ш и II — elwacat zohal. Заглавие таблицы 11 в Ш и 0 — Elwazat elmusteri — транскрипция арабского названия الوسط المشتري, в Ш и М — Medius cursus Joves.

В таблицах 9, 11 и 13, в нижней части последнего столбца, выражением «вышеупомянутая аномалия» переведено латинское heza supradictum, где первое слово — транскрипция арабского حصّة. Аномалию упоминали выше, в главе 14, но там ее приводили в латинском переводе argumentum. В таблицах 13 и 14 заглавия в рукописях следующие: в Ш и 0 — Elwazat almarech, транскрипция арабского названия الوسط المريخ, в М — Medius cursus Martis. перевод предыдущего названия

В таблицах 9—14 средние положения на эпоху 1 мухаррама 1 г. х трех верхних планет таковы Сатурн в 117°58′37″, Юпитер в 330°16′49″, Марс в 210°25′15″. Среднее движение за день этих же планет по тем же таблицам таковы Сатурн $0°2'0''22'''57^{IV}$, Юпитер $0°4'59''9'''8^{IV}$, Марс $0°31'25''28'''6^{IV}$.

И Я. Буркхардт установил, что рассмотренные здесь величины имеют прямую связь с таковыми в «Брахма-спхута сиддханте» Брахмагупты (VII в.) [30, с. 73—75].

Заглавие таблицы 15 в О — Elheza elzohari, транскрипция арабского названия الخاصّة الزهرة, в Ш и М — Argumentum Veneris, перевод этого же названия. В таблицах 15—18 и их соответствующих столбцах слово «аномалия» передано в латинской транскрипции heza арабского названия. В этих таблицах даны значения аномалии Венеры и Меркурия, т. е. средние движения их эпициклических аномалий α_1 (см. главу 11 и комментарии к ней). В этих таблицах, как и в таблицах 9—14, эпоха 1 мухаррама 1 г. х. Для нее аномалия Венеры 46°0′3″, аномалия Меркурия 68°53′10″. Поскольку для двух нижних планет аномалия α_1 не зависит от средней долготы Солнца $\bar{\lambda}_s$ и средняя долгота планеты $\bar{\lambda}$ равна средней долготе Солнца $\bar{\lambda}=\lambda_s$, то из таблиц 4 и 5 находим для этой эпохи и средние долготы обеих планет

$$\bar{\lambda}=\bar{\lambda}_s=113°25'48''.$$

Заглавие таблицы 16 в О — Elheza elsohari, в Ш — heca elzohara, соответственно транскрипция и искажение арабского названия заглавия, в М — argumentum Veneris.

Заглавие таблицы 17 в О — Elheza Ozari, транскрипция арабского названия الخاصّة عطارد, в Ш и М — argumentum Mercurii.

Заглавие таблицы 18 в О — Elheza Ozari, в Ш — heca autarid, транскрипция и искажение арабского названия заглавия, в М — argumentum Mercurii.

В таблицах 19—20 в столбцах 2, 4, 6 слово draconus мы читаем *джаузахир*. Заглавие таблицы в О — Elwazat elgavzehar, транскрипция арабского названия الوسط الجوزهر, в Ш — Elhavzehar, в М — medius cursus draconis.

20. Так в Ш — Examinatio solis et lunae, в О — Tadil elscems wa elkamar, транскрипция арабского названия заглавия تعديل الشمس و القمر. Хотя в заглавии выделены только уравнения Солнца и Луны, в столбцах приведены также склонение Солнца и широта Луны. Правила определения этих величин описаны соответственно в главах 8—9 и 15—16.

Значения уравнений Солнца и Луны, склонения Солнца и широты Луны сведены в таблицы 21—26, состоящие из пяти столбцов, причем первый из них — «Столбцы чисел», в которых приведены эклиптические долготы в знаках зодиака и градусах, состоит из двух колонок. В первой колонке «числа», т. е. числа знаков зодиака, возрастают от 1° в таблице 21 до 180° в таблице 26. Во второй колонке столбца 1 «числа», т. е. числа знаков зодиака, убывают от 359° в таблице 21 до 180° в таблице 26. В столбцах чисел, таким образом, указаны значения аргумента $\bar{k}=\bar{\lambda}-\lambda_A$, т. е. углового расстояния среднего Солнца от точки апогея, долгота которого $\lambda_A=77°55'$. Из столбца 2 видно, что наименьшее значение уравнения Солнца $\theta=0°2'17''$ достигается при значениях $\bar{k}=1°$ и $\bar{k}=359°$, а также $\bar{k}=179°$ и $\bar{k}=181°$, т. е. на дистанции 1° по обе стороны от апогея и перигея, а при $\bar{k}=180°$ и $\bar{k}=360°$ (или $\bar{k}=0°$) уравнение исчезает (табл. 26), т. е. $\theta=0°$. При этом наибольшего значения $\theta_{max}=2°14'$ уравнение достигает при $\bar{k}=90°$ и $\bar{k}=270°$ (табл. 23), т. е. в двух противоположных точках орбиты апогея, причем согласно формулам $\bar{k}=\bar{\lambda}-\lambda_A$ и $\lambda=\bar{\lambda}+\theta$, этим значениям уравнения соответствуют истинные долготы Солнца $\lambda=170°9'$ и $\lambda=350°8'$.

Кроме того, при упомянутых значениях достигаются и наибольшие значения уравнения Луны $\theta_L = 4°56'$, склонения Солнца $\varepsilon = 23°51'$ и широты Луны $\beta = 4°30'$.

Э. С. Кеннеди и А. Мурувва установили, что метод вычисления уравнения Солнца описан Беруни как «метод склонений», согласно которому уравнение θ находится из отношения

$$\theta = \frac{\theta_{max}}{\varepsilon} \cdot \delta,$$

где $\theta_{max} = 2°14'$ — максимум уравнения, $\varepsilon = 23°51'$ — наибольшее склонение и δ — склонение Солнца, табулированное в столбце 4 таблиц 21—26 ал-Хорезми [38, с 112—121]

О значении наибольшего склонения $\varepsilon = 23°51'$ у ал-Хорезми О. Нейгебауэр отметил, что оно не могло быть заимствовано у Птолемея, так как и в «Альмагесте» и в «Планетных гипотезах» дано значение $\varepsilon = 23°51'20''$ [48, с 97]. Значение $\varepsilon = 23°51'$ есть и в таблицах Теона Александрийского [35, с 144, 145]. Однако у него таблицы имеют шаг в 3° и вычислены с точностью только до минут Кроме того, принятые в них дуги не имеют ничего общего с «Альмагестом» Птолемея и таблицами ал-Хорезми Исходя из этих фактов О. Нейгебауэр приходит к выводу, что таблицы ал-Хорезми можно вычислить точными тригонометрическими правилами, использованными и в таблицах «Альмагеста», но со значением $\varepsilon = 23°51'$ вместо птолемеевского $\varepsilon = 23°51'20''$ О Нейгебауэр также не исключает, что ряд неточностей в сохранившихся латинских рукописях «Зиджа» ал-Хорезми могут быть результатом ошибки при переписке арабской алфавитной нумерации римскими цифрами [48, с 97]

В последнем 5-м столбце рассматриваемых таблиц даны значения широт Луны, возрастающие в первом и четвертом квадрантах и убывающие во втором и третьем Аргумент широты вычисляется по правилу $\omega = \lambda - \lambda_{\Omega}$. Эти значения найдены по следующей точной формуле ал-Хорезми, выражающей зависимость между аргументом широты ω и широтой Луны β:

$$\sin\beta = \sin i \cdot \sin\omega,$$

где $i = 4°30'$ Это же значение наибольшей широты использовано в «Сурья-сиддханте» и «Пулиса-сиддханте»

Приведенная формула использована и в «Альмагесте» Птолемея, и в таблице Теона, однако в них широта принята равной 5° [48, с 98] Таблицы приведены в сокращении

206. Заглавие таблиц в O — Tadil elscems wa elkamar, транскрипция арабского названия заглавия; в Ш — Examinatio solis et lunae, в M — Coaequatio solis et lunae, переводы арабского названия заглавия Таблицы 23—26 приведены в сокращении

207. Заглавие в M — Coaequatio Saturni; в O — Tadil zohal. Elmukatil. Keiuen; первое из этих названий — транскрипция арабского названия تعديل زحل («уравнение Сатурна), второе — Elmukatil — по-видимому, транскрипция арабского слова المقاتل („сражающийся“); причина такого наименования Сатурна нам неизвестна; третье—Keiwein—транскрипция персидского названия планеты Сатурн —كيوان; в Ш и П — Examinatio Saturni. Elmukatil. Keiwen.

Слово examinatio — синоним слов coaequatio и aequatio.

В Т в заглавии воспроизведены все приведенные варианты

Таблицы 27—56 посвящены уравнениям пяти планет · Сатурна, Юпитера, Марса, Венеры и Меркурия, приведены также таблицы стояний и широт планет В начале каждой таблицы дано эклиптическое положение восходящего узла (в Т — locus draconis).

Первый столбец таблиц — «Столбцы чисел» (в 0 — viae numerorum, в Ш и П — catar eladed, транскрипция арабского названия سطر العدد — «строка числа») состоит из двух колонок: в первой колонке «числа», т е числа знаков зодиака и градусов, возрастают от 1° до 180°, во второй колонке убывают от 359° до 180°

Во втором столбце — «уравненный апогей» [в 0 — sublimatio examinata, в Ш и П — sublimatio definita (sublimatio ascensus examinata)] даны значения

$$s = \lambda_A - \frac{1}{2}|\sigma|,$$

где долгота апогея λ_A «исправляется» (или «уравнивается») значениями $|\sigma|$ из столбца 3 (см. прим. 81).

В столбце 3 — «уравненная аномалия» (examinatio ipsius elheza) даны абсолютные значения $|\sigma|$ эпициклического уравнения σ как функции аномалии α

В столбце 4 „уравнение центра" приведены абсолютные значения $|\mu|$ уравнения μ, зависимого от эксцентриситета e деферента или от радиуса e эпицикла Независимой величиной является только расстояние центра эпицикла k от апогея Значения μ вычислены по правилу, равносильному формуле

$$\mu = e \sin k.$$

В столбце 5 приведены значения эпициклической аномалии α_s, соответствующие точке первого стояния планеты, второе стояние определяется из соотношения $\alpha_t = 360^\circ - \alpha_s$ Л Н. Халма установил, что значения аномалии α_s для первого стояния, приведенные в столбце 6 рассматриваемых таблиц, идентичны таковым в таблицах Теона [35, с 11—15] К А Наллино обнаружил эти же таблицы с небольшими отклонениями в зидже ал-Баттани [25, с 138, 139]

Последний столбец 6 состоит из двух колонок, в них приведены значения первой и второй широт планет

Заглавие таблиц 28—29 в М — Coaequatio Saturni, в Ш — Examinatio Saturni, в 0 — Tadil zohal Таблицы приведены в сокращении

208 Заглавие таблицы 30 в М — Coaequatio Saturni, в 0 — Tadil, в Ш — Examinatio Saturni, Tadil elzoal

Заглавие таблицы 31 в М — Coaequatio Saturni, в 0 — Zohal, в Ш — Examinatio Saturni.

Заглавие таблицы 32 в М — Coaequatio Saturni, в 0 — Tadil zohal, в Ш — Examinatio Saturni

209 Заглавие таблицы 33 в М — Coaequatio Jovis, в Ш — Examinatio Jovis, в 0 — Tadil elmusteri (транскрипция арабского названия تعديل المشتري Hormi (?) Elbergis, транскрипция арабизированного персидского названия Юпитера — المرجيس.

Заглавие табл 34 в М — Coaequatio Jovis, в 0 — Tadil, в Ш—Tadil elmusteri.

Заглавие табл 35 в М—Coaequatio Jovis, в 0—Elmusteri, в Ш—Examinatio Jovis

210 Заглавие таблицы 36 в М — Coaequatio Jovis, в 0 — Tadil, в Ш — Tadil elmusteri, hormi elbergis (см прим 209)

Заглавие таблицы 37 в М — Coaequatio Jovis, в 0 — Elmusteri, в Ш — Examinatio Jovis.

Заглавие таблицы 38 в М — Coaequatio Jovis, в Ш и 0 — Tadil elmusteri.

211 Заглавие таблицы 39 в М — Coaequatio Martis, в 0 — Tadil almarech (транскрипция арабского названия تعديل المرّيخ). Elahemar (?) Baheram (транскрипция персидского названия планеты Марс — بهرام).

Заглавие таблицы 40 в М, Ш и 0 одинаковое — Tadil.

Заглавие таблицы 41 в М, Ш и 0 одинаковое — Almarech.

212. Заглавие таблицы 42 в *M* то же, что и в таблице 41, в 0 — Tadil almarech, в Ш — Tadil almarech elhamar (?) baheram, т е арабское и персидское названия заглавия (см. прим 210)

Заглавие таблицы 43 в *M* и Ш то же, что в табл 41 (см прим 210), в 0 — Tadil elmarech.

Заглавие таблицы 44 в *M* то же, в 0 и Ш — Tadil almarech.

213 Заглавие таблицы 45 в *M* — Coaequatio Veneris, в 0 — Tadil elzohara (транскрипция арабского названия — تعديل الزهرة) beied hakht eneid (?), в Ш — Tadil elzohara (то же самое) beied halt eneid (?)

Заглавие таблицы 46 в *M* — Coaequatio Veneris, в Ш — Examinatio Veneris, в 0 — Tadil

Заглавие таблицы 47 в *M* и Ш то же, что в 0 — Elzohara.

214. Заглавие таблицы 48 в *M* и Ш то же, что и в таблице 47, в 0 — Tadil.

Заглавие таблицы 49 то же, что и в таблице 47 (см прим 213)

Заглавие таблицы 50 в *M* и Ш то же, что и в 0 — Tadil elzohara.

215 Заглавие таблицы 51 в *M* — Coaequatio Mercurie, в Ш — Examinatio Mercurii, в 0 — Tadil elotari (искажение арабского названия تعديل العطارد) elkatib (?)

Заглавие таблицы 52 в *M*, Ш и 0 одинаковое — Tadil

Заглавие таблицы 53 в *M* то же, что и в 0 — Elotari, в Ш — Tadil avtarid elketib (?)

216 Заглавие таблицы 54 то же, что и таблицы 52 (см прим 215).

Заглавие таблицы 55 такое же, как и таблицы 53

Заглавие таблицы 56 в *M*, Ш и 0 одинаковое — Elatari. Следующая таблица 57а не имеет заглавия и предназначена для определения новолуния (см. главу 22, прим 109)

Таблица 57б также не озаглавлена и представляет собой таблицу умножения шестидесятеричных дробей до $60^{-6} \cdot 60^{6}$ включительно

217 В Т здесь пропуск

218 Весь этот отрывок есть только в Ш Последнее предложение отрывка есть только в 0

219 Таблицы 58 и 58а первоначально составляли одно целое

Заглавие таблиц в 0 — tabula elgeib, в *M* — tabula sinus; «Столбцы чисел» в 0 и Ш — semitae numerorum, в *M* — linea numerorum «Синусы» в 0 и Ш — elgeib, в *M* — sinus

Настоящие таблицы ранее были опубликованы Б А Розенфельдом и Ю Х Копелевич [17, с 91—93]

220. В таблице приводятся прямые восхождения (в Т — horoscopus) созвездий зодиака на широте Арина, т е Удджайна (см прим 6).

В столбце 2 «Восхождение Козерога» в 0 — horoscopus (в Ш — ortus) Capricorni, в 0 — matale elgedi bilfelek elmustakim, транскрипция арабского названия مطالع الجدى بالفلك المستقيم — «восхождение Козерога на прямой сфере»

В столбце 4 «Восхождение Водолея» в 0 и Ш дана транскрипция арабского названия этого столбца в обоих рукописях слово eldelu передано ошибочно: eldehi (0) и elgedii (Ш)

Далее в остальных двух столбцах таблицы 59 и столбцах 2—5 таблиц 59а,б даны латинские транскрипции арабских названий столбцов: «восхождение на прямой сфере» Названия остальных десяти созвездий зодиака в Т такие:

Рыбы	elhout	от арабского	الحوت,
Овен	elhamel	от арабского	الحمل,
Телец	elthaur	от арабского	الثور,
Близнецы	elgauze	от арабского	الجوزاء,
Рак	elcaratan	от арабского	السرطان,
Лев	elezed	от арабского	الاسد,
Дева	elcumbula	от арабского	السنبلة,
Весы	elmezen	от арабского	الميزان,
Скорпион	elakrab	от арабского	العقرب,
Стрелец	elcavse	от арабского	القوس.

(О названиях созвездий знаков зодиака см прим 46)

221 Таблица теней — таблица плоских теней, т е котангенсов, — есть только в 0 и Ш, в обеих рукописях таблица озаглавлена tabula umbrorum, а в Ш, кроме того, gedval adhel, что является искажением арабского названия таблиц جدول الظّل В рукописях и Т слово «высота» дано в транскрипции арабского ارتفاع.

Таблица теней ранее была опубликована Б А Розенфельдом и Ю Х Копелевич [17, с 93].

222 Таблицы 61—66 в 0 и III озаглавлены «Таблица *бухта*» В этих рукописях они названы gedval elbuht, транскрипция арабского выражения جدول البهت.

В рукописи М таблицы названы также Tabula motus Solis et Lunae diurni et horari atque momentani — «Таблица движений Солнца и Луны за день, за час и за мгновение» О *бухте* см гл 29 Таблицы приводим в сокращении

223 Таблицы 67—68 озаглавлены «Таблица уравнения дня» только в 0 — Paqina examinationis dierum. В первом столбце обеих таблиц даны значения «градусов соответствия» — до 30° эклиптических созвездий В остальных шести столбцах обеих таблиц приведены значения «уравнения дня», отсчитываемого по дуге суточной параллели для каждого из 12 созвездий

224 Заглавие таблицы мы перевели по М, в III и 0 — Gedval eligstimaat filcinum elmagmaa secundum medium diem Cordubae — неполный перевод арабского названия заглавия جدول الاجتماعات الشمس و القمر فى السنين المجموعة لنصف النهار قرطابه. Кроме того, в III есть еще короткое заглавие — Tabula coniunctionis in annis collectis — «Таблица соединений в составных годах»

Таблицы 69—72 представляют одно целое Они подразделены следующим образом: таблица 69 — для соединений обоих светил в составных годах по 30-летиям до 511 г х, таблица 70 — для противостояний в таких же годах, таблица 71 — для соединений и противостояний в простых годах арабов от 1-го до 30-го года, таблица 72 — для соединений и противостояний в месяцах арабов

Правила пользования этими таблицами описаны в главе 31 (прим 160)

225 Так озаглавлена таблица 73 в 0 — Elkusufet elkamarie libood elabaad, латинская транскрипция арабского заглавия الكسوفات القمرية لبعد الابعد;

в Ш и М — Defectus lunares spatio longinque. В столбцах 3—4 и в правой колонке столбца 5 таблиц 73—76 слово «минута» передано латинской транскрипцией dakaicae арабского слова دقائق.

Правила вычисления лунных затмений описаны в главах 33а,б (прим. 174).

226. Таблица 74 озаглавлена в 0 и М — Defectus lunares spatio longinquo, в Ш — Elhucufet elkamarie libood elabaat. Longinquo sive remoto.

227. Таково заглавие таблицы в рукописях Ш, 0 и М

228. Таблицы параллаксов 77 и 77а озаглавлены: в Ш, 0 и М — Tabula diversitates respectuum lunae in hora, в Ш и 0 — Tabula diversitatum elmandhar lunae in hora, где выражение diversitatum elmandhar — полуперевод арабского выражения اختلاف المنظر (прим. 179).

229. Так мы читаем, в Т — Eclipsis solis spatio longinquo — Eclipsis solis spatio propinquo «Затмение Солнца при наибольшем удалении» — «Затмение Солнца при наименьшем удалении» «Здесь под «наибольшим удалением» и «наименьшим удалением» имеются в виду апогей и перигей Луны в ее эпицикле В соответствии с этим таблица 78 состоит из левой секции — для апогея Луны и правой секции — для перигея Луны. В левой секции для апогея «аргумент широты» ω изменяется в пределах.

$$353^\circ = 360^\circ - 7^\circ \leqslant \omega \leqslant 6^\circ 37',$$

$$173^\circ 23' \quad 180^\circ - 6^\circ 37' \leqslant \omega \leqslant 187^\circ.$$

В правой секции для перигея тот же аргумент изменяется в пределах

$$352^\circ 49' = 360^\circ - 7^\circ 11' \leqslant \omega \leqslant 7^\circ 11',$$

$$172^\circ 49' = 180^\circ \quad 7^\circ 11' \leqslant \omega \leqslant 187^\circ 11'.$$

Максимальное значение пальцев затмения для апогея равно $10^p 48'$, а для перигея — $12^p 44'$ Максимальное значение минут «впадения» для апогея равно $0^\circ 30' 55''$, для перигея -- $0^\circ 33' 34''$. Эти значения получаются следующим образом.

Из таблиц *бухта* (61- 66) видно, что средний радиус диска Солнца можно принять равным $r_s = 0^\circ 16' 17''$ Из таблиц 73–76 узнают радиус диска Луны в апогее ($r_L = 0^\circ 14' 38''$) и перигее ($r_L = 0^\circ 17' 17''$) Отсюда получаем, для апогея $r_s + r_L = 0^\circ 30' 55''$, для перигея $r_s + r_L$ · 0 33'34"

Исходя из этих данных можно найти максимальную величину затмения m_M, измеряемую в пальцах, т е двенадцатых долях солнечного диска Согласно этому определению имеем

$$m_M = 12 \frac{r_l}{r_s}$$

Отсюда, поставив в соотношение приведенные значения радиусов Солнца и Луны, получаем·

$$\text{в апогее } m_M = \frac{12 \cdot 0^\circ 14' 38'}{0^\circ 16' 17''} \cdot \frac{2^\circ 55' 36''}{0^\circ 16' 17''} = 10^p 47' 2''..$$

(у ал-Хорезми $10^p 48'$),

$$\text{в перигее } m_M = \frac{12 \cdot 0^\circ 17' 17''}{0^\circ 16' 17''} = \frac{3^\circ 27' 24''}{0^\circ 16' 17''} = 12^p 44' 17''.$$

(у ал-Хорезми $12^p 44''$).

Максимальные значения аргументов широты в апогее $\omega_0 = 6^\circ 37'$, перигее $\omega_0 = 7^\circ 11'$. Значения ω_0 в комбинации с $r_s + r_L$ в соотношении $\operatorname{tg} i = \frac{r_s + r_L}{\omega_0}$

приводят к определению угла наклонения i орбиты Луны к эклиптике В таблицах лунных затмений ал-Хорезми принят $i = 4°27'$ для апогея и перигея.

230 Таблица 79 в рукописях Ш и 0 озаглавлена Tezwiet elbuiut idhnaseer liburug elhamel, транскрипция арабского названия заглавия, تسوية البيوت اثنا عشر لبرج الحمل, в М — Aequatio casarum duodecim signo arietis.

Об эквализации домов см главы 32, 36 и сооответствующие примечания. Эквализации 12 домов посвящены двенадцать таблиц (с 79 по 90); таблица 79 — для Овна, 80 — для Тельца и т д Приводим лишь треть таблицы 79

231 Таблицы 91—114 — таблицы «проектирования лучей» (прим 188). В рукописях Ш и 0 они названы Projektio radii stellarum — Matarech ashoa lilkawekib Первая часть этого заглавия — перевод, а авторая — транскрипция арабского названия заглавия مطاريح شعاع للكواكب.

В таблице 91 в названиях трех аспектов tezdiz, tarbea и tethlith дана латинская транскрипция их арабских названий تسديس، تربع، تثليث; в остальных таблицах они приведены в латинском переводе.

Данная в начале таблицы широта $\varphi = 38°30'$, по-видимому, является широтой Кордовы, вычисленной ал-Маджрити, хотя он и не упоминает об этом в главе 37, при описании этих таблиц Мы приводим только таблицу 91.

232 Таблица 115 («Таблица перемены годов рождений») озаглавлена только в 0 — Tabula conversionis annorum nativitatis

Настоящая таблица показывает, насколько продолжительность сидерического года превышает египетский Чтобы убедиться в этом, следует войти в первую линию таблицы в столбцах 1 и 2, где 10 египетских лет $+ 2^d\,14^h\,1^m =$ $= 10$ сидерическим годам

Войдя в последнюю строку, найдем $25^d 10^h 15^m$ для 100 лет, отсюда превышение для одного года будет

$$\frac{25^d\,20^h\,15^m}{100 \text{ лет}} = \frac{25^d\,20^h\,15^m}{1^1\,40^p} = 6^h\,12^m\,9^s = 0^d\,15'30''22'''30^{IV},$$

откуда 1 сидерический год $= 365^d\ 15'30''22'''30^{IV}$.

О Нейгебауэр установил, что эта же величина использована в «Брахмасихута-сиддханте» Брахмагупты, которую арабы, возможно, и называли «Сиддхантой» [48, с 131]

233 Эта таблица есть только в 0 Она относится к главе 37 и имеет чисто астрологическое значение

Имя Медос, упомянутое в таблице, нам неизвестно

234 Последнее предложение есть только в Оксфордской рукописи «Зиджа» ал-Хорезми Слова «это название работы», «это имя автора» в рукописи и в Т написаны над строкой самого предложения

ТРАКТАТ ОБ ИУДЕЙСКОМ КАЛЕНДАРЕ

//Статья об определении эры иудеев и их праздников 1

Составлено Абу Джа'фаром Мухаммадом ибн Муса ал-Хорезми, да смилуется над ним Аллах великий!

,,**Во имя Аллаха, милостивого и милосердного!** 2

Поистине умный заслуживает того, чтобы его внимание было занято тем, чем его религия предписывает заняться ему, и чего придерживались в своей жизни предшествовавшие ему праведные. И поскольку он выполняет это [предписание], уповая на Аллаха, то [Аллах] поддерживает его в достатке и поддерживает его съестными припасами и дарует ему оба врата. сего и загробного мира.

Поистине Аллах, благословенный и всевышний, сказал в первой книге «Торы»· «Однако *ас-саба* весной [это] промежуток между ночью и днем, и [оно] свидетельствует о временах, днях и годах». Затем Аллах великий повелел Моисею, мир ему, в книге пятой, подтверждаемой предыдущими книгами, чтобы он запомнил месяц молитв. А это месяц *нисан,* в котором месяц обновляется и в нем деревья покрываются листьями, а затем земля раскалывается от своих цветов, и в нем поспевает ячмень, и чтобы он [Моисей] избрал в нем пятнадцатую ночь[1]. И он удалился от господа своего с тем, что закрепил Аллах за ним и за сынами израилевыми при их исходе из земли Египта, и чтобы это приходилось на полнолуние, когда свет полностью охватывает ее, и чтобы он это принял за начало месяцев. И снизошло к нему откровение в книге первой [«Торы»]. Затем он повелел [Моисею] в книге второй, чтобы он запомнил эту ночь вместе со множеством стихов из «Торы». И подкрепил это в нем с тем, что было угодно
сынам израилевым, [подвергнув] их испытаниям и '//' испытывая их 3
послушание тем, что он дал им возможность делать [угодное] им.

У посланника Аллаха — приветствие ему — не было возможности производить действия с солнечным годом и лунным годом, определять их вычислениями и исправлять их или другие годы, которые разъяснили бы действия с ними, и чтобы пасха в месяце молитв приходилась на пятнадцатую ночь месяца *нисан* и четырнадцатую ночь лунного месяца[2]. А это противоречит вычислениям греков и [сведущих] людей персов, так как у них [евреев] солнечный год и его месяцы короче и соответствуют новолунным месяцам и противоречат тем[3]. Тогда повелел [пророк] — да благословит его Аллах, — чтобы произвели вычисления, которые указывали бы на движения Солнца и Луны, и на число суток в каждом из них. Они соединяются по величине, хотя и различаются по суткам, часам и их частям, и местам семи светил, началу годов в день, в котором сотворен Адам. И установили в каждые девятнадцать лунных лет избыток в семь месяцев, и назвали девятнадцать [лет] вместе с их избытком — малым *махзором* [циклом]; разъяснили обороты. И год, в котором будет избыток месяцев [в виде одного] из семи месяцев, был назван годом *иббура.* Тот избыточный месяц был назван вторым *адаром,* так как у общины сынов Израилевых есть необходимость знать его [название][4]. И поскольку это является для [них] доказательством для их дней, праздников, *мадхалов* начал[5] их месяцев и годов их эры, то текут века за веками.

Это закреплено в особенности, свойственной сынам израилевым, которые немногочисленны. А оно не понятно огромной общине людей [из-за] взглядов, внушенных им, и незначительности их внимания и веры познать их сведения. Поэтому об этом я сос-
4 тавил /' книгу, близкую [по содержанию] к принятому [ими] и ясную доказательствами, дабы не устрашился вкусить сего [плода] тот, кто церемонится познать сие[6]. Аллах пособник в этом.

Прежде всего о наименованиях месяцев сынов израилевых и количестве суток каждого месяца. Первый их [месяц] — *нисан,* в нем 30 дней, затем *ияр* — 29, *аб* — 30 дней, *элул* — 29 дней, *тишри* — 30 дней. А если год будет упорядоченным, то [один] месяц будет полным, [следующий] месяц недостаточный. Тогда *мархешван* — 29 дней, *кислев* — 30 дней, *тебет* — 29 дней, *шеват* — 30 дней, *адар* — 29 дней. Если же год будет на сутки превосходить упорядоченный [год], то *мархешван* будет 30 дней и *кислев* 30 дней. Если же год будет недостаточным на одни сутки, то *мархешван* будет 29 дней и *кислев* 29 дней. А если год будет *иббуром,* то первый *адар* будет 30 дней, а второй *адар* 29 дней. Затем [следует] малый махзор, а это девятнадцать лунных лет, в них избыточны[7] семь месяцев[8]. Так, [в] первом году — *адар,* [во] втором году — *адар,* третьем году — *адар,* четвертом году — *адар,* пятом году — *адар,* шестом году — *адар,* седьмом году — *адар,* восьмом году — *адар* и *адар,* девятом году — *адар,* десятом году — *адар,* одиннадцатом году — *адар* и *адар,* двенадцатом году — *адар,* тринадцатом году — *адар,* четырнадцатом году — *адар* и *адар,* пят-
5 надцатом году — *адар,* /' шестнадцатом году — *адар* и *адар,* семнадцатом году — *адар,* восемнадцатом году — *адар,* девятнадцатом году — *адар* и *адар*[9].

Последний час из лунных часов [имеет] 1080 [частей], а лунный месяц от рождения [месяца] до рождения [следующего месяца] двадцать девять суток двенадцать часов 793 части[10].

Что касается лунного года, то, следовательно, он будет [состоять из] двенадцати [лунных] месяцев, [это] 354 суток 8 часов

876 частей[11]. Если же будет тринадцать [лунных] месяцев [в году], то в нем будет 383 суток 21 час и 489 частей. Что касается малого *махзора,* то в нем 19 лет *иббура.* Лунными годами это будет 19 лет и 7 месяцев. Число суток в нем — 6939 суток 16 часов и 494 части[12]. В каждом году *иббур* луна [месяца] *тишри* рождается до истечения 491 части дня пятницы. Следовательно, начало *тишри* будет в день субботы. *Мархешван* и *кислев* будут неполными. Если же в том году не будет *иббура,* не будет его и в следующем году, то луна [месяца *тишри*] рождается[13] до того, как истекут 408 частей первого часа ночи пятницы. Следовательно, начало *тишри* будет в день субботы. *Мархешван* и *кислев* будут неполными. Если луна [этого месяца] рождается после [истечения] 109 частей в границы дня субботы, то начало *тишри* будет в день субботы. *Мархешван* и *кислев* будут полными. Если же в данном году не будет *иббура,* а в наступающем году будет *иббур,* то луна [месяца *тишри*] рождается до истечения 204 [частей] в пределы дня субботы; *мархешван* и *кислев* оба будут полными.

В каждом году *иббур* луна месяца *тишри* рождается // до [исте- 6
чения] 960 частей одиннадцатого часа ночи среды, то начало *тишри* [будет] в 1120000000 дня четверга, *мархешван* и *кислев* будут неполными. Если луна родилась после прохождения [какой-либо части] одиннадцатого часа ночи среды в пределах дня четверга, то начало *тишри* будет в день четверга; *мархешван* и *кислев* будут полными. Если в том году не будет *иббура* и луна родилась до истечения 204 частей десятого часа ночи четверга, то начало *тишри* [будет в] день четверга; *мархешван* и *кислев* будут, как в упорядоченном [году][14]. Если луна родилась после [прохождения] 204 частей десятого часа ночи четверга к пределам дня четверга, то начало *тишри* будет [в нем]; *мархешван* и *кислев* будут полными.

Во всяком году с *иббуром* луна [месяца] *тишри* рождается до седьмого часа дня вторника, то начало *тишри* будет в день вторника; *мархешван* и *кислев* оба будут, как в упорядоченном [году]. Если в том году не будет *иббура* и Луна родилась до истечения 204 [частей] десятого часа ночи вторника, то начало *тишри* будет в день вторника; *мархешван* и *кислев* будут как в упорядоченном [году]. Если Луна родилась после истечения 204 частей [девятого] часа ночи вторника, то начало *тишри* будет в день четверга; *мархешван* и *кислев* будут, как в упорядоченном [году]. Если во всяком году *иббур* Луна [месяца] *тишри* рождается до истечения 491 части девятого часа воскресного дня, то начало *тишри* будет в день понедельника; *мархешван* и *кислев* будут неполными. Если Луна родилась после истечения 491 части девятого часа воскресного дня в пределы // дня понедельника, то начало *тишри* 7
будет в день понедельника; *мархешван* и *кислев* будут полными. И если в том году не будет *иббура* и Луна [*тишри*] родилась до истечения 204 частей десятого часа ночи воскресенья, то начало *тишри* будет в день понедельника; *мархешван* и *кислев* будут

неполными. Если его месяц родился после истечения 204 частей десятого часа дня воскресенья в пределы дня понедельника, то начало *тишри* будет в день понедельника; *мархешван* и *кислев* будут полными. Если в том году не будет *иббура*, а в году истекшем до него был *иббур* и Луна родилась после истечения 89 частей четвертого часа дня понедельника, то начало *тишри* будет в день вторника; *мархешван* и *кислев* будут, как в упорядоченном [году].

Что касается солнечного года, то в нем 365 дней и 5 часов и 3791 часть из 4104 частей часа[15]. [Число] годов, прошедших со дня сотворения Аллахом Адама до истечения 1135 года Двурогого [Александра] — 4582 года *иббур*[16]. Согласно тому, что [приводится] в «Торе», «Книгах пророков» и нынешним сведениям, среднее Солнце было в первый день из дней Адама, а это день пятницы, — [в] $5^{S}26'$[17], средняя Луна — $5^{S}26^{\circ}$, апогей Луны — $1^{S}5'$, Сатурн — $8^{S}55'$, Юпитер — $6^{S}5$, Марс — $1^{S}6'$, Венера — $4^{S}25'$, Меркурий — 1^{S}, „Голова"[18] — $5^{S}14'$. Среднее Солнце в [день] строительства [храма] в Иерусалиме — $5^{S}26'$, Луна — $5^{S}26$, апогей Луны — $9^{S}26^{\circ}40'16''$, Сатурн — $10^{S}22\,9'$, Юпитер —
8 —//$3^{S}7^{\circ}40'34''$, Марс — $1^{S}55\,26'17''$, Венера — $7^{S}52^{\circ}11'47''$, Меркурий — $1^{S}33\,19'39''$, „Голова" — $4^{S}26\,34\,51''$. Среднее Солнце в первый год Двурогого [Александра] было в $6^{S}18\,31'38''$. Луна — $4^{S}6\,45'49''$, апогей Луны — $7^{S}26\,17'19''$, Сатурн — $8^{S}8\,24'6''$, Юпитер — $3^{S}12\,52'38''33'''$, Марс — $8^{S}12\,14'46''$, Венера — $2^{S}1\,22'3''$, Меркурий — $7^{S}10\,1'33''$, „Голова" — $4^{S}23\,41'27''$[19].

Тот, кто хочет определить место среднего Солнца и средней Луны, пусть возьмет полные годы Двурогого [Александра] и всегда прибавляет к ним девять. Затем отбрасывает то, что собрано из девятнадцати лет, и остаток после [вычета] девятнадцатилетий будет лунными годами в действии *махзора* Это принимают за лунную меру. Те [годы], что достигают [девятнадцати] — это малая основа, ее умножь на обороты той средней [планеты], которую хочешь определить. Произведение дели на основу дней, получатся солнечные годы. Отбрось их, затем остаток умножь на двенадцать, раздели его на основу дней, получатся знаки зодиака. Остаток умножь на тридцать и раздели его на основу, получатся градусы. То что будет в остатке, умножь на годы и раздели его на основу — получатся минуты. Затем определяй таким образом то, что тебе нужно из секунд, терциев и кварт. Полученные знаки зодиака, градусы и минуты прибавь к положению, для которого вычисляешь дату. И получится среднее его положение при восходе Солнца [на небесном экваторе], если будет угодно Аллаху.

Основа дней — тридцать пять тысяча тысяч и девятьсот тысяч
9 и семьдесят // пять тысяч и триста пятьдесят один Оборотов Солнца — девяносто восемь тысяч четыреста девяносто шесть,

оборотов Луны — тысяча тысяч и шестнадцать тысяч семьсот тридцать шесть[20].

Определение соединений и противостояний

Если хочешь определить соединение Солнца и Луны — а это начало месяца у сынов израилевых, — то умножь малую основу на 25920, произведение дели на 735 дней и 433. То что получится, будет месяцами, прошедшими с начала *махзора* до месяца, в котором ты находишься. Остаток дели на 25920, получатся дни. Остаток дели на 1080, получатся часы. То что получится из дней, часов и частей часов, будет истекшей [частью] твоего месяца с [момента] соединения, если будет угодно Аллаху[21].

Закончена «Эра иудеев» Мухаммада ибн Муса ал-Хорезми. Хвала Аллаху, господу миров, и приветствие его пророку Мухаммаду и его роду[22].

КОММЕНТАРИЙ

1 Согласно законам Моисея церковные службы в древнем Иерусалиме зависели от времени созревания ячменя, что совпадало с началом древнеиудейского месяца *абиб* Но после завоевания Иерусалима Вавилонским царем Навуходоносором II в 586 г до н э в Иудее переняли и вавилонский календарь с вавилонскими названиями месяцев (см· Бикерман Э Хронология древнего мира М, 1976, с 20) Поэтому иудейский *нисан* совпадает с вавилонским *нисанну* Этот месяц — первый месяц года по этому календарю

В данном контексте, говоря о «месяце молитв», ал-Хорезми имеет в виду еврейскую пасху

2 Поскольку иудейский календарь был лунно-солнечным, то начало пасхи нужно было согласовать с движениями обоих светил Об этом писал соотечественник Мухаммада ал-Хорезми Абу Райхан Беруни в «Памятниках минувших поколений» «еврейская пасха всегда перемещается, в среднем, между восемнадцатым числом сирийского азара и пятнадцатым нисаном, а это - то время, когда Солнце находится в знаке Овна Противостояние [Солнца и Луны], имеющее место в этот период, обусловливает все обстоятельства, определяющие [дату] пасхи» (Абу Райхан Беруни Избр произведения, т I «Памятники минувших поколений», Ташкент, 1957, с 160)

3 Говоря о «вычислениях греков и [сведущих] людей персов», по-видимому, ал-Хорезми имеет в виду так называемые эру Александра и эру Йездигерда Оба календаря — солнечные Первый год эры Александра совпадает с 312 г до н э (см прим 26 к «Зиджу» ал-Хорезми)

4 Суть приведенных высказываний ал-Хорезми заключается в следующем Реформаторы иудейского календаря при согласовании лунного года с солнечным не могли не заметить, что солнечный год превосходит лунный примерно на 11 суток, т е говоря словами ал-Хорезми, «имеет избыток» Из вавилонского календаря был перенят и 19-летний цикл, но в лунно-месячном исчислении и так, чтобы месяц *нисан*, а следовательно, и пасха, приходился на «время созревания ячменя», т е на весну При этом количество избыточных суток достигало 210, которые в свою очередь составляли семь месяцев Эти семь месяцев вставляются соответственно в 3, 6, 8, 11, 14, 16 и 19 годы 19-летнего цикла, и эти годы становятся «годами *иббур* в малом *махзоре*», т е високосными годами малого цикла В високосном году вставной месяц помещался после месяца *адар* и назывался «второй *адар*» (Бикерман Э Указ соч, с 20—21; Беруни Указ соч, с 161—162; Он же Канон Мас'уда, кн 1, с 184—185, Цыбульский В В Современные календари стран Ближнего и Среднего Востока, с 215—216)

5. «*Мадхал* начала месяца» — مدخل رأس الشهر, этим термином ал-Хорезми называет начальный момент месяца

6 Книга, о которой говорит здесь ал-Хорезми, до нас дошла во фрагментах По-видимому, это был обширный труд об эрах и истории известных ал-Хорезми народов, в которой публикуемый трактат об эрах и праздниках иудеев составлял одну главу Средневековые библиографы упоминают сочинение ал-

Хорезми «Книгу истории», а не трактат об иудейском календаре (Ибн ал-Кифти. Ахба̄р ал-Ху̣кама̄, с 187—188)

7. Словами «избыток» и «избыточный» мы переводим соответственно арабские زائد (за̄ид) и زيادة (зийа̄да), дословно означающие „излишний"

и «добавочный» По нашему мнению, при составлении трактата ал-Хорезми пользовался руководством по иудейскому календарю, написанному на древнееврейском языке, в котором приведенным здесь арабским словам соответствовал древнееврейский «шаламим», т е «избыточный».

8 Согласно иудейскому календарю год бывает простым и високосным («иббуром»). Но и простой, и високосный бывают упорядоченными (тақдир) с количеством суток соответственно 354 и 384 (простой упорядоченный + II *ада̄р* = 354 + 30 = 384), недостаточными — 353 и 383 суток и избыточными— 355 и 385 суток В простом и високосном упорядоченном году месяцы *мархешван* и *кислев* имеют соответственно 29 и 30 суток, в недостаточном году обоих видов оба названных месяца имеют по 29 суток, а в избыточном – по 30. Во всех годах месяц *адар* (в високосном году I адар) имеет 29 суток, в високосном (II ада̄р) 30 суток (см; Селешников С И История календаря и хронология М, 1977, с 119, 122)

9 В перечисленном здесь порядке годов *иббур* 19-летнего цикла ал-Хорезми, очевидно, по вине переписчиков, допускает неточность Хотя в этом цикле, как утверждает ал-Хорезми, високосных годов с избыточным *адаром* должно быть семь, он указывает только пять — 8, 11, 14, 16, 19-й годы, упуская 3 и 6-й годы цикла, в которых также по два месяца *адар*

10 Приводимый здесь ал-Хорезми промежуток между двумя последовательными новолуниями 29 суток 12 часов 793 части равен принятой ныне величине синодического месяца — 29, 53 средних солнечных суток В иудейском времяисчислении 1 час = 1080 хелекам, называемым ал-Хорезми частями

11. Это соответствует 354, 36736 суток, что на 0,0003 суток больше продолжительности лунного астрономического года, равного 354, 36706 суток

12 Это соответствует 6939,6854 суток По-видимому, здесь речь идет о 19-летнем цикле с солнечными годами, ибо количество суток малого *махзора* равно 6936 суткам

13 Переводим дословно арабское ўулида (وُلِدَ)' что в данном случае является калькой древнееврейского *нолед*

14 Т е в месяце *мархешван* 29 дней а в месяце *кислев* 30

15 Приведенный здесь ал-Хорезми промежуток — величина тропического года, где 365 суток $\frac{3791}{4104}$ часов = 365, 246818 суток Согласно формуле С Ньюкомба, T = 365,24219879—0,0000000614 · (t = 1900); для t = 824 года (см. прим 16) величина тропического года равна 365, 242265, величина которого меньше величины ал-Хорезми на 0,004553

16 1135 г по так называемой «эре Александра Македонского» — 824 г. н э, это год написания Мухаммадом ал-Хорезми настоящего трактата. В Хайдарабадском издании трактата число годов, «истекших со дня сотворения Адама» до истечения 1135 г Александра, указано ошибочно - 4082 По-видимому, издатели трактата неверно, как ٤٠٨٢ прочитали цифру ٤٥٨٢ в рукописи, означающую 4582 Арабские нуль и пять внешне мало отличаются (соответственно ٠ и ٥).

В официальном еврейском летосчислении считается, что «со дня сотворения Адама», датой которого считается 7 октября 3761 г до н э, до начала «эры Александра» (1 октября 312 г до н э), на самом деле являющейся эрой Селевкидов, прошло 3448 лет (Селешников С И Указ соч, с 119—123).

17 Здесь и далее буква *s* в правом верхнем углу после первой цифры означает знак зодиака (s — первая буква латинского слова signe — «знак»).

Следовательно, 5^s26° — означает пять знаков и 26 градусов, т е 176° эклиптики от начала Овна

18 «Голова» — الرأس, имеется в виду восходящий узел Луны; нисходящий носил название «хвоста» — الذنب. Эти названия связаны с античным представлением о голове и хвосте дракона, пожирающего Солнце во время затмения. Согласно приведенным здесь данным ал-Хорезми, следует, что в «день сотворения Адама» Солнце и Луна были в соединении ($\lambda = 5^s\,26'$) вблизи восходящего узла ($\lambda = 5^s\,14'$).

19. Положение планет в начале трех событий, приведенные ал-Хорезми, мы приводим ниже.

Планета	*В день сотворения Адама (пятница)*	*В день строительства Храма в Иерусалиме*	*В первый день „эры Александра“*
Среднее Солнце	5^s26°	5^s26°	$6^s18^\circ31'38''$
Средняя Луна	5^s26°	5^s26°	$4^s6^\circ45'4$[illegible]$''$
Апогей Луны	1^s5°	$9^s26^\circ40'16''$	$7^s26^\circ17'19''$
Сатурн	8^s66°	$10^s22^\circ9'$	$8^s8^\circ24'6''$
Юпитер	6^s5°	$3^s7^\circ42'34''$	$3^s12^\circ52'38''33'''$
Марс	1^s6°	$1^s55^\circ26'7''$	$8^s12^\circ14'46''$
Венера	4^s25°	$7^s52^\circ11'47''$	$2^s1^\circ22'3''$
Меркурий	1^s—	$1^s33^\circ19'39''$	$7^s10^\circ1'38''$
„Голова“	5^s14°	$4^s26^\circ34'51''$	$4^s23^\circ41'27''$

Судя по таблице, в день «сотворения Адама» и строительства Храма в Иерусалиме среднее Солнце и средняя Луна одинаковы — $5^s\,26^\circ = 176^\circ$, что вызывает большое сомнение, ибо это означает, что в момент указанных событий Солнце и Луна находились в соединении Тем более, что в момент, якобы, происходившего первого из этих событий никакой речи о наблюдении светил не могло и быть Кроме того, систематические наблюдения светил вавилонские астрономы вели только с VIII в до н э Однако, по мнению астрологов, такое расположение светил в момент какого-либо события считается благоприятным для этого события Поэтому астрологи часто подгоняли свои вычисления к удачному расположению светил, свидетельствующему о благоприятном исходе события По-видимому, ал-Хорезми пользовался вавилонскими таблицами эфемерид, составленными в более позднее время

20 Рассмотрим вычисление ал-Хорезми положения среднего Солнца и средней Луны Пусть p — «малая основа», т е количество полных 19-летних циклов в годах «эры Александра», $b = 35975351$ — «основа дней», $C_s = 98496$ — «обороты Солнца», $C_m = 1016736$ — обороты Луны Поскольку ал-Хорезми длину тропического года нашел равным 365 суткам и $5\frac{3791}{4104}$ часам, то «основу дней» составляет измерение года в таких единицах, из которых 4104 часть приходится на один час, т е b — длина тропического года в единицах 4104 части в час «Обороты Солнца» — число таких частей в сутки, т е $C = 24 \cdot 4104 = 98496$

Поскольку в 19-летнем вавилонском цикле число синодических месяцев равно $235 = 19 \cdot 12 + 7$, то среднее движение среднего Солнца за один синодический месяц равно $\frac{19}{235}$ оборота Следовательно, за один синодический месяц средняя Луна совершает движение равное $1\frac{19}{235} = \frac{254}{235}$ оборота Отсюда следует, что 235 синодических месяцев, т е 19 солнечных лет, равны 254 сидерическим месяцам Следовательно, продолжительность одного сидерического месяца

$$\frac{19 \cdot b}{254 \cdot C_s} = 27{,}32 \text{ суток.}$$

Кроме того, согласно правилу ал-Хорезми, должно быть

$$\frac{19 \cdot b}{254 \cdot C_s} = \frac{b}{C_m}.$$

Отсюда «обороты Луны» должны быть

$$C_m = \frac{254 \cdot C_s}{19} = \frac{254 \cdot 98496}{19} = 1\,316\,736.$$

Однако в Хайдарабадском издании трактата ал-Хорезми об оборотах Луны написано ошибочно «тысяча тысяч и шестнадцать тысяч семьсот тридцать шесть». По нашему мнению, исходя из приведенной цифры, следует читать «тысяча тысяч и триста тысяч и шестнадцать тысяч семьсот тридцать шесть». По-видимому, эта ошибка так же совершена по вине переписчика.

Согласно правилу ал-Хорезми, умножив «малую основу p на «обороты Солнца» C_s и разделив произведение на «основу дней» b, получим число полных солнечных лет в последнем неполном 19-летнем цикле и дробь, т е.

$$\frac{P \cdot C_s}{b} = y + \frac{r_1}{b}, \text{ где } r_1 < b.$$

Поскольку y число полных лет, то дробь $\frac{r_1}{b}$ — неполный год, т е дуга эклиптики, пройденная Солнцем от начала Овна в текущем году до данного момента. Следовательно, она заключает в себе число знаков зодиака, минуты, секунды и т. д Умножая числитель дроби на 12 и деля на b, получим

$$\frac{12\, r_1}{b} = s + \frac{r_2}{b}, \text{ где } r_2 < b.$$

Здесь s — число полных знаков зодиака, $\frac{r_2}{b}$ —неполный знак. Умножая его на 30 и деля на b, получаем градусы: $\frac{30\, r_2}{b} = d + \frac{r_3}{b}$, где $r_3 < b$, d—градусы неполного знака зодиака. Далее $\frac{60\, r_3}{b} = m + \frac{r_4}{b}$, где $r_4 < b$, m—минуты; умножая каждый раз числитель дробей вида $\frac{r_4}{b}$ на 60 и деля на b, получаем секунды и более мелкие шестидесятеричные дроби.

21 Здесь число 25920 — количество хелеков в сутках, т е $24 \cdot 1080 = 25920$. По-видимому, и это — вина переписчиков, ошибочно написавших «765 дней 433». Здесь следует читать «765433», опуская слово «дней»; так как у ал-Хорезми длина синодического месяца равна 29 суткам $12\frac{793}{1080}$часов, то число хелеков в синодическом месяце равно $29 \cdot 24 \cdot 1080 + 12 \cdot 1080 + 793 = 765433$ хелекам.

Умножая «малую основу» p на 25920, он получает число хелеков в текущем неполном 19-летнем цикле, деля произведение на 765433, он получает число месяцев. Следовательно, в остатке будут сутки, часы и хелеки неполного месяца Деля его на 25920, он получает количество суток, в остатке будут часы и хелеки неполных одних суток. Деля его на 1080, получаем часы. В последующих остатках будут минуты, секунды и т. д часа

22 В конце трактат ал-Хорезми назван «Эра иудеев» («Та'рӣх ал-йахӯд»). Дата составления или переписки рукописи и имя переписчика не приведены.

ЛИТЕРАТУРА

1 Абу Райхан Беруни Избр произведения, т V, ч 1 Канон Мас'уда (кн I—V). Вступит статья, перевод и примеч П Г Булгакова и Б А Розенфельда при участии М М Рожанской (перевод и примеч) и А Ахмедова (примеч) Ташкент, 1973

2 Абу Райхан Беруни Избр произведения, т. V, ч 2 Канон Мас'уда (кн VI—XI) Перевод и примеч Б А Розенфельда и А Ахмедова при участии М М Рожанской (перевод и примеч), С А Красновой и Ю П Смирнова (перевод), указатели А Ахмедова Ташкент, 1976

3 Абу Райхан Беруни Избр произведения, т VI Книга вразумления начаткам науки о звездах Вступит статья, перевод и примеч Б А Розенфельда и А Ахмедова при участии М М Рожанской, А А Абдурахманова и Н Д Сергеевой, Ташкент, 1975.

4. Абу Райхан Беруни Избр. произведения, т II Индия Перевод А Б Халидова и Ю Н Завадовского Комментарии В Г Эрмана и А Б Халидова Ташкент, 1963

5 Абу Райхан Беруни Избр произведения, т III Определение границ мест для уточнения расстояний между населенными пунктами [Геодезия]. Исследование, перевод и примеч П Г Булгакова Ташкент, 1966

6 Бакулин Л И, Кононович Э В, Мороз В И Курс общей астрономии, изд 2-е М, 1970

7 Берри О Краткая история астрономии Перевод С Г. Займовского, изд 2-е М - Л, 1946

8 Блажко С Н Курс сферической астрономии М, 1954

9 Босворт К Э Мусульманские династии Перевод с англ и примеч. П А Грязневича М, 1971

10 Булгаков П Г Жизнь и труды Беруни Ташкент, 1972

11. Володарский А И Очерки истории средневековой индийской математики М, 1977

12 Десять вопросов Беруни относительно «Книги о небе» Аристотеля и ответы Ибн Сины Восемь вопросов Беруни относительно «Физики» Аристотеля и ответы Ибн Сины (перевод Ю Н Завадовского) Материалы по истории прогрессивной общественно-философской мысли в Узбекистане Под ред. И М Муминова Ташкент, 1957

13 Ибн ал-Кифти Китаб ахбар ал-'улама' би-ахбар ал-хукама' (на арабск), Каир, 1326 г х 1908

14 Крачковский И Ю Арабская географическая литература Избр сочинения, т IV М —Л, 1957

15 Маймонид Моисей Путеводитель колеблющихся, гл 73, перевод А. И Рубина, в кн: Григорян С Н Из истории философии Средней Азии и Ирана (VII—XII вв) М, 1960, с 286—308

16. Маҡāла фӣ-стихрāдж та'рӣх ал-йахӯд ўа а'йāдихим, та'лӣф Абӯ Джа'фар Мухаммад ибн Мӯсā ал-Хуāразмӣ (на арабск). Расāил ал-мутафарриҡа Хайдарабад, Деккан, 1366 г. х./1947.
17 Мухаммад ал-Хорезми. Математические трактаты Перевод Ю Х Копелевич и Б А Розенфельда Комментарии Б А Розенфельда. Ташкент, 1964
18 Нейгебауэр О Точные науки в древности Перевод Е В Гохман. М., 1968
19 Орбели И Синхронистические таблицы хиджры и европейского летосчисления М—Л, 1961
20 Розенфельд Б А, Сергеева Н Д Об астрономических трактатах ал-Хорезми Историко-астрономические исследования, вып XIII. М., 1977, с 201—218
21 Сиражлинов С Х, Ахмедов А Из биографии Ибн Сины -- В сб.: Математика и астрономия в трудах Ибн Сины, его современников и последователей Ташкент, 1981
22 Страбон География, в 17 книгах Перевод, статья и комментарии Г А Стратановского Л, 1964
23 Ал-Фараби Комментарии к «Альмагесту» Птолемея, часть первая Перевод с арабского А Кубесова и Дж ал-Даббаха Вступ статья А Кубесова Примечания А Кубесова и Б А Розенфельда Алма-Ата, 1975
24 Цыбульский В В Современные календари стран Ближнего и Среднего Востока Синхронистические таблицы и пояснения М, 1964
25. Al-Battani. Opus astronomicum ed C. A. Nallino, vols. I, II, Milano, 1903, 1907
26 Al-Biruni. On Transits transl M Saffouri and A Ifrom with a commentary by E S. Kennedy. Beirut, 1959.
27. Bjornbo A. A Al-Chwarizmi's trigonometriske Tavler, Festskrift til H. G. Zeuthen Kobenhavn, 1909, p. 1—17
28 Brahmagupta. The Brahmasphuta-siddhanta. S. Dvivedi (Ed, notes). Benares, 1902.
29. Bruins E. M. Rezension· Goldstein B R. Ibn al-Muthanna's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwarizmi, In Janus 55/1968, p. 236—237
30 Burckhardt J J Die astronomischen Tafeln von Al-Khwarizmi, Verhandlungen d Schweizerischen Naturforsch Ges, 1956, S 73 75
31. Burckhardt J. J Die mittleren Bewegungen der Planeten im Tafelwerk des Khwarizmi Vierteljahrsschrift d Naturf Ges Zürich, 106 (1961), S. 213—231
32. Burckhardt J J Rezension Goldstein B R. Ibn al-Muthanna's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwarizmi, in Isis 60 1969, p. 240—242
33 Curtze M Petri Philoment de Dacia in Algorismum vulgarem Johannis de Sacrobosco Commentarius, Hanniae, 1892.
34 Goldstein B R Ibn al-Muthanna's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwarizmi. New Haven — London, 1967.
35 Halma L. N. Commentaire de Théon d'Alexandrie..., 3 vols., Paris, 1822—1825
36 Kennedy E. S. A fiften-century lunar eclipse computer, Scripta mathematica, vol. 17, Nr. 1/2, 1951, p. 91- -97.
37. Kennedy E. S. Al-Khwarizmi on the jewish calendar, Scripta mathematica, 27, N 1, 1962, p. 55—59
38 Kennedy E. S, Muruwwa Ahmad. Biruni on the Solar Equation. JNES 17 (1958), p. 112--121.
39 Kennedy E. S. Rezension: Goldstein B. R Ibn al-Muthanna's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwarizmi, in: JAOS 89/1969, p. 297.
40. Kennedy E. S. A survey of Islamic astronomical tables, Transaction of the American Philosophical Society, 1956, vol. 46, part 2.

41. Kennedy E. S., Transue W. B. A medieval iterative algorism.— American Mathematical Monthly, 1956, vol. 63, N 2, p 80—83.
42. Kennedy E. S., Ukashah W. Al-Khwarismi's planetary Latitude tables. Centaurus, vol. 14, 1969, p. 86—96.
43 The Khandakhadyaka. B Chatterjee (Ed., Angl transl), vol 1—2, Calcutta, 1970.
44. Das Kitab surat al-ard des Abu Ga'far Muhammad ibn Musa al-Huwarizmi. Arabischer Text, Herausgegeben nach dem handschriftlichen Unicum der Bibliothéque de l'Université et régionale in Strassburg (cod. 4247) von Hans v. Mzik, Leipzig, 1926.
45. Millas Vallicrosa J-M. La autenticidad del comentaro a las tablas astronómicas de al Jwarizmi por Ahmad ibn al-Mutanna, in Isis 54/1964, p 114—119
46 Muhammedis fil Ketiri Ferganensis qui vulgo Alfraganus dicitur, Elementa Astronomica, Arabice et Latine. Opera Jacobi Golii. Amstelodami, 1669.
47. Nallino C. A. Raccolta di scritti editi e inediti, vol. V, Astrologia — Astronomia — Geografia, Roma, 1944, p 292—293.
48. Neugebauer O. The Astronomical Tables of Al-Khwarizmi. Transl. with Comm. by O. Neugebauer, Historisk-filosofiske Skrifter udgivet at Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Bind 4, N 2, Kobenhavn, 1962.
49. Neugebauer O. Transmission of Planetary Theories in Ancient and Medieval Astronomy. Scripta Mathematica, 22, 1956, p. 165—192.
50. Ptolemäus Claudius. Handbuch der Astronomie, übers. K. Manitius, 2. Aufl, Vorwort und Berichtigungen von O. Neugebauer, Bd. I—II. Leipzig, 1963.
51. Sezgin Fuat. Geschichte des Arabischen Schrifttums, Bd. VI, Astronomie, Leiden, 1978.
52. Schmidt O. H. The Computation of the Length of Daylight in Hindu Astronomy. Isis 35 (1944), p 205—211.
53. The Surya-siddhanta. Engl. transl. E. Burgess; annot W. D. Whitney. Journal of American Oriental society, New Haven, 1860, 6 Repr. P. Ganguoly; introd P. C. Sen Gupta. Calcutta, 1935.
54. Suter H. Die astronomischen Tafeln des Muhammed ibn Musa al-Khwarizmi in der Bearbeitung des Maslama ibn Ahmed al-Madjriti und der latein. Uebersetzung des Athelhard von Bath auf Grund der Vorarbeiten von A. Bjornbo und R. Besthorn. Kgl. Danske Vidensk. Skrifter 7. R, Hist. og Afd 3, 1 (1914).
55. Suter H. Der Verfasser des Buches «Gründe der Tafeln des Chowarezmi». Bibliotheca Mathematica, 3 Folge, 4 (1903), S. 123—129
56. Varâha-Mihira Panca Siddhantika, ed by G Thibaut and S Dvivedi, 2nd es, Lahore, 1930, III, 31, IX, 6