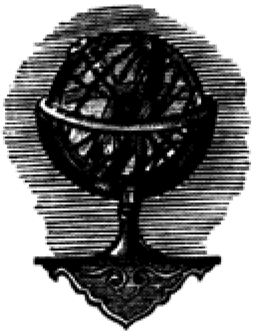
АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЙ ЧЛЕН АКАДЕМИИ НАУК
УЗБЕКСКОЙ ССР

Т. Н. КАРЫ-НИЯЗОВ

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА УЛУГБЕКА



ИЗДАТЕЛЬСТВО
АКАДЕМИИ НАУК СССР
Москва 1950 Ленинград

ОТВЕТСТВЕННЫЕ РЕДАКТОРЫ:

проф. С. П. ТОЛСТОВ

проф. Л. Л. МАТКЕВИЧ

*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Великая Октябрьская социалистическая революция под яркими лучами мудрой ленинско-сталинской национальной политики коммунистической партии большевиков, под руководством великих вождей пролетариата Ленина и Сталина, при братской помощи великого русского народа создала все условия как для изучения лежавшего под спудом культурного наследия народов, так и для расцвета более высокой, передовой культуры — национальной по форме, социалистической по содержанию.

История мировой науки знает немало имен ученых узбекского народа. Одной из замечательных фигур среди этой плеяды ученых, несомненно, является Улугбек, крупнейший ученый XV в., основавший в свое время величайшую в мире астрономическую обсерваторию в Самарканде, глава астрономической школы тогдашнего Востока. Поэтому изучение его научного наследия представляет огромный интерес.

В 1908 г. производятся раскопки обсерватории Улугбека В. Л. Вяткиным, который и открывает ее из-под развалин. Начиная с этого времени, она (обсерватория), как исключительный памятник материальной культуры мирового значения, привлекает к себе внимание научной общественности. В 1909 и 1913 гг. появляются три статьи об обсерватории (М. Осипова, В. Милованова, И. Сикора); в 1918 г. была опубликована работа В. В. Бартольда «Улугбек и его время», а в последнее время — несколько работ, касающихся самой обсерватории Улугбека; в 1941 и 1948 гг. производятся дальнейшие раскопки обсерватории, давшие возможность установить ее план и вероятный архитектурный облик (в том же 1941 г. В. П. Щегловым были определены географические координаты обсерватории, а также азимут главного инструмента).

Работы, изданные за границей, в основном представляют переводы работ Улугбека с персидского или арабского языка, иногда с некоторыми комментариями (например E. A. Sédillot),[1] или посвящены каталогу звезд (например, E. B. Knobel).[2] В работе В. В. Бартольда не отводится подобающего места изучению научного наследия Улугбека; она посвящена, как это видно из названия, времени Улугбека — многочисленным походам Тимура и Тимуридов, сражениям, междоусобице и т. д. Остальные работы в основном посвящены самой обсерватории.

Автор настоящей работы преследовал совершенно иную цель, а именно: пытался на фоне общего развития науки по возможности всесторонне осветить место астрономической школы Улугбека в истории мировой науки.

Главными документами при исследовании данного вопроса, кроме литературы, указанной в соответствующих местах работы, послужили: 1) основная работа Улугбека «Зидж Гурагони» (Гурагонские астрономические таблицы) — рукопись XV в., хранящаяся в Институте по изучению восточных рукописей АН УзССР (№ 2214), и 2) комментарии Абдал-Али бин-Мухаммед бин-Хусейн Бирджанди на упомянутую работу Улугбека («Шарх-и зидж Гурагони») — рукопись (автограф), датированная 1522 годом и хранящаяся там же (№ 704). Далее, при установлении критического текста рукописи труда Улугбека, нами попутно проверен вышеупомянутый французский перевод Sédillot (обнаруженные при этом погрешности перевода указаны в соответствующих местах данной работы). Кроме того,

---

[1] «Prolégomènes des Tables astronomiques d'Ouloug-Beg», Paris, 1853.
[2] «Ulugh-Beg's, Catalogue of Stars», Washington, 1917.

мы пользовались другой рукописью Улугбека (за № 2118), хранящейся в том же Институте.

Работа состоит из пяти глав. Первая глава посвящена обстановке, в которой действовал Улугбек как правитель. Вторая глава — зарождению и формированию астрономической школы Улугбека. Третья, самая обширная, глава — научным трудам Улугбека и его школы; в этой главе после общего обзора работ школы Улугбека излагаются таблицы летосчисления Улугбека; работы по составлению тригонометрических таблиц, где дан оригинальный и весьма изящный аналитический метод определения синуса одного градуса; эта задача приведена к составлению уравнения третьей степени вида: $x^3 + ax + b = 0$, решение которого дано в виде оригинального метода последовательных приближений; в результате синус одного градуса определен с точностью до восемнадцати знаков; далее рассматриваются вопросы практической астрономии, вопросы теории движения планет и затмений; глава заканчивается общей характеристикой астрономических таблиц Улугбека и установлением влияния его школы. Четвертая глава посвящена предательскому убийству Улугбека; здесь же изложены соответствующие результаты работ нашей экспедиции 1941 г. в Самарканд (в Гур-и Мир) в части, относящейся к вскрытию погребения Улугбека.[3] Последняя глава посвящена характеристике положения после смерти Улугбека и общей заключительной оценке роли и значения астрономической школы Улугбека.

Своеобразная терминология, особый стиль изложения, свойственный средним векам, отсутствие математических равенств и формул являются серьезным препятствием для понимания текста труда Улугбека. Поэтому при рассмотрении того или иного положения Улугбека автор (в основном) руководствовался следующей методикой исследования: 1) приводится

---

[3] В связи с этой экспедицией основная часть фотоснимков, помещенных в книге, в свое время была выполнена фотографом И. П. Завалиным, а другая часть (в частности, цветные) взята из архива Управления по делам архитектуры при Совете Министров УзССР.

соответствующий текст из рукописи, 2) на основе текста выводятся соответствующие формулы и 3) при помощи полученных формул выясняются рассматриваемые положения Улугбека.

Астрономическая часть работы отредактирована старшим научным сотрудником Института теоретической астрономии и Астрономической обсерватории АН СССР доктором физико-математических наук Л. Л. Маткевичем, а историческая часть — лауреатом Сталинской премии доктором исторических наук С. П. Толстовым. При изложении вопроса об архитектуре обсерватории Улугбека (§ 7) мы воспользовались запиской канд. архитектурных наук Б. Н. Засыпкина, составленной им на основе данной работы (и последних раскопок). Его же советами мы пользовались по вопросам, относящимся к архитектурным памятникам Самарканда. Далее, в разыскании и подготовке необходимых для данной работы материалов нам оказала большую помощь научный сотрудник Института истории и археологии АН УзССР Н. Б. Байкова.

Рукопись была просмотрена доктором физико-математических наук В. П. Щегловым, членом-корреспондентом АН УзССР проф. А. А. Семеновым, действительным членом АН УзССР проф. В. И. Романовским, академиком В. Г. Фесенковым, членом-корреспондентом АН СССР А. Ю. Якубовским и научным сотрудником Московского государственного университета им. Ломоносова Н. Мурадовым, сделавшими ряд ценных замечаний, которые были учтены автором.

Считаю своим приятным долгом всем упомянутым товарищам выразить искреннюю благодарность.

Ташкент, октябрь 1949 г.

Т. Н. Кары-Ниязов

Глава первая

ОБСТАНОВКА ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЛУГБЕКА

1. *О культуре древних народов Узбекистана*

Средняя Азия — один из древнейших очагов человеческой культуры, о чем свидетельствуют различные памятники материальной культуры, обнаруженные главным образом в результате работ советских ученых.

Так, например, на юге Узбекистана, в одной из горных гряд Байсун-Тау, в гроте Тешик-Таш в 1938 г. было открыто жилище человека *мустьерской эпохи древнекаменного века*, где наряду с другими находками, характеризующими эту эпоху, обнаружены кости, в том числе и череп, *неандертальца*.[1] Это открытие раскрывает страницы древнейшей человеческой жизни на территории Средней Азии вообще и Узбекистана в частности.

В то же время огромная важность этого открытия заключается в том, что оно снова подтверждает правильность марксистской теории единства процесса исторического развития человека на Земле (что человек в своем развитии повсеместно прошел неандертальскую стадию) и, следовательно, наносит сокрушительный удар по реационным расистским теориям в области антропологии.

---

[1] А. П. Окладников. Труды УзФАН СССР, сер. 1, Ташкент, 1940.

Далее, на территории Узбекистана открыты *памятники неолита*, из которых наиболее важным является памятник социальной истории первобытного населения Узбекистана — стоянка IV—III тысячелетия до н. э.,[2] где было обнаружено

Рис. 1. Череп неандертальца (раскопки 1938 г.).
Реконструкция М. М. Герасимова.

жилище оседлых неолитических рыболовов и охотников в виде большого общинного дома из дерева и камыша.

Археологические работы последних лет, произведенные С. П. Толстовым и Я. Г. Гулямовым в Хорезме и В. А. Шишкиным на Нижнем Зеравшане, обнаружили *довольно сложную оросительную систему, созданную нашими предками* в первой половине I тысячелетия до н. э. Создание этих грандиозных

[2] С. П. Толстов. Древности Верхнего Хорезма, «Вестник древней истории», 1941, № 1.

ирригационных сооружений (на протяжении сотен километров) говорит о высоком уровне древней культуры народов Узбекистана.

Из материалов по раскопкам городища Тали-Барзу видно, что во время завоевания Александром Македонским Самарканда (IV в. до н. э.) здесь уже было развито культурное хозяйство, основанное на искусственном орошении; существовали садоводство и виноградарство; керамическое и строительное искусство достигло высокого совершенства. Во II в. до н. э. в Фергане культивировали пшеницу, рис, люцерну, занимались виноградарством, умели приготовлять вина из винограда

Данные археологических раскопок показывают *древнейшее происхождение музыкальной культуры народов Узбекистана.* В частности, во время раскопок (М. Е. Массон) в 1933 г. на городище Айртам найдены плиты скульптурного карниза начала н. э., где изображены музыканты, играющие на арфе, лютне, двойной флейте, двустороннем барабане и кимвалах. Археологическими раскопками 1949 г. в Топрак-кале (С. П. Толстов) открыты живопись и скульптура III в. н. э., которые характеризуют замечательное древнее искусство предков узбекского народа.

Наконец, раскопки (В. А. Шишкин, 1937—1939) развалин дворца Бухар-худатов в Варахше обнаружили фресковую живопись изумительной работы (прекрасные образцы стуковой декорации, изображение людей, животных, птиц, рыб в различных довольно сложных композициях). Этот памятник V — VI вв. н. э. весьма наглядно и убедительно показывает высокий уровень развития искусства этой эпохи.

Народы Средней Азии с древнейших времен находились в тесных экономических, политических и культурных отношениях с народами Ирана, Индии, Китая, Сибири, Восточной Европы и Кавказа. Здесь в Средней Азии, переплетались и синтезировались достижения местной и соседних культур. *Создавая, изучая и творчески перерабатывая все лучшее, что было создано культурными народами упомянутых стран,* *народы Средней Азии идут дальше, развивая и обогащая мировую культуру новыми достижениями.*

Эти достижения распространялись по соседним странам, оказывая благотворное влияние на развитие культур их народов. Например, такие важнейшие культуры, как люцерна и виноград, а также виноградное вино китайцы переняли у ферганских виноградарей. «Первое знакомство китайцев с культурой винограда (v. vinifera) и с виноградным вином относится ко времени посещения Средней Азии известным китайским путешественником, впоследствии полководцем Чжан-Цяном, посланным в 128 г. до н. э. императором Ву-ди для заключения военно-наступательного союза с государством Юэ-Чжи, владевшим в то время Бактрией и Согдианой, против хуннов. По этому поводу мы находим в китайских анналах следующие указания. В «Ши-Цзи», в частности в главе, посвященной описанию Давани (Ферганы), говорится, что в «Давани» вино приготовляется из винограда и в большом количестве хранится на складах в течение многих лет, не подвергаясь порче. Там виноградное вино является столь же обычным напитком, как люцерна — обычным кормом для коней. Посланец из Китая Чжан-Цян привез с собой на родину семена той и другой культуры, и с этого времени император Ву-ди стал возделывать виноград и люцерну на наиболее продуктивных почвах».[3] С другой стороны, и народы Средней Азии кое-что заимствовали у китайцев; в частности, искусством приготовления фарфора и культурой шелковицы они обязаны китайцам.

Проходят века, рушатся одни царства, возникают другие. Развитие культуры народов Средней Азии происходило в сложных исторических условиях, в обстановке ожесточенной борьбы против местных и иноземных угнетателей.

В начале VII в. в Аравии возникла новая религия — ислам, распространявшийся арабами огнем и мечом. Во второй

---

[3] «Архив истории науки и техники», т. V, М.—Л., 1935, стр. 501. А. Г. Гржимайло. К истории введения культуры винограда в Китае.

половине VII в. развертываются грандиозные завоевательные войны арабов, успеху которых, несомненно, способствовали с одной стороны, междоусобные войны и, с другой,— обострение классовой борьбы — восстания трудящихся в завоеванных странах против местных эксплоататоров. Несмотря на героическое сопротивление народов Средней Азии, в конце VII и начале VIII в. вся территория Средней Азии была завоевана арабами. Основанное арабами государство — халифат — уже в первой половине VIII в. охватывало обширную территорию: северо-западную Индию, Персию, Армению, Аравию, Месопотамию, Сирию, Египет, северное побережье Африки, а так же Пиренейский полуостров.

Рис. 2. Женщина-птица (раскопки 1937—1939 гг.).

Реконструкция изображения из дворца Бухар-худатов в Варахше (В. А. Шишкин).

Столица халифата из Мекки была перенесена в Дамаск, а несколько позднее (в начале второй половины VIII в.) — в Багдад, который благодаря своему географическому положению сделался центром важных торговых путей. Развивалось городское ремесленное производство.

Необходимо отметить, что *первое время захватническая политика арабов оказывала разрушающее действие на остатки древней материальной культуры*. Например, в 712 г. арабы не только уничтожили всю научную литературу в Хорезме, но и сами ученые подверглись истреблению и изгнанию. Однако в дальнейшем арабы переходят к восприятию культуры побежденных ими народов, в частности народов Средней Азии.

Усиление феодального закабаления крестьянства, неимоверный рост налогов вызывает разорение и обнищание трудящихся масс. Народ восстает против ига арабов. Наиболее крупным восстанием против господства арабов было восстание, возглавленное уроженцем Мерва, ремесленником Хашим бин-Хакимом, известным в истории под именем Муканны. В 70-х годах VIII в. восстание охватило весь Мавераннахр, но в конечном итоге было жестоко подавлено арабами.

Однако в Средней Азии, имевшей с незапамятных времен свои культурные традиции, в обстановке борьбы против иноземных угнетателей продолжается развитие науки, культуры и искусства.

В конце IX в. в условиях ожесточенной классовой борьбы происходит распад арабского халифата. В ходе исторических событий образовалось государство Саманидов, возглавлявшееся потомками местных князей, с центром в Бухаре. В эту эпоху здесь продолжает развиваться ремесленное производство, расширяются торговые, политические и культурные связи с соседними и другими странами. Здесь, в Средней Азии, в условиях феодального гнета и гонений со стороны реакционного духовенства жили и творили лучшие сыны народа. Так, в IX в. жил знаменитый узбекский ученый, математик и астроном Ахмед бин-Мухаммед ал-Фергани, происходивший из Ферганской области и позднее прозванный в Европе Альфраганус. Его капитальный труд «Начала астрономии» принадлежит к числу превосходных астрономических сочинений того времени, являясь своего рода энциклопедией астрономических знаний. Труды ал-Фергани, переведенные на латинский и другие европейские языки, еще в середине XV в. были распространены в Европе более, чем труды знаменитого Региомонтануса.

Другим крупнейшим узбекским ученым того же века был Мухаммед бин-Муса ал-Хорезми, происходивший из Хорезма. Он является автором известнейшего в свое время алгебраического трактата «Хисаб-ал-джебр вал-мукабала». Этот трактат, переведенный с арабского на латинский язык, в течение ряда веков как на Западе, так и на Востоке служил основным руководством в этой области. В частности, такие знаменитые математики, как Фибоначчи, Пачиоли, Тарталья, Кардан, даже ученик последнего Феррари, в свое время пользовались упомянутым латинским переводом этого труда [4] ал-Хорезми.

Ал-Хорезми на основе своих наблюдений, произведенных в Багдадской обсерватории, и всестороннего критического анализа индийских астрономических таблиц составил новые «Астрономические таблицы». Эти таблицы также были переведены с арабского на латинский язык и были весьма распространены в течение ряда веков. Им же составлены «Трактат по астролябии», «Трактат о солнечных часах» и др.

В 1878 г. в Каире была обнаружена уникальная рукопись труда ал-Хорезми по географии «Китаб сурат ал-арз» («Изображение Земли»). Этот труд, являющийся коренной переработкой «Географии» Птолемея, в 1894 г. был исследован и переведен с арабского на итальянский язык К. Наллино.[5] По заключению комиссии ученых, созданной Итальянской академией наук, «*труд ал-хорезми, в котором имеются многочисленные новые сведения и определения, может считаться в значительной своей части оригинальным; этот труд безусловно является замечательным как в силу указанной своей оригинальности, так и вследствие того влияния, которое он оказал на последующие географические труды арабов*».[6]

---

[4] Об этом трактате более подробно речь будет дальше.

[5] C. A. N a l l i n o. Al-Huwarizmi e il suo rifacimento della Geografia di Tolomeo (Surat al-ard), Roma, 1895.

[6] Там же, стр. 3.

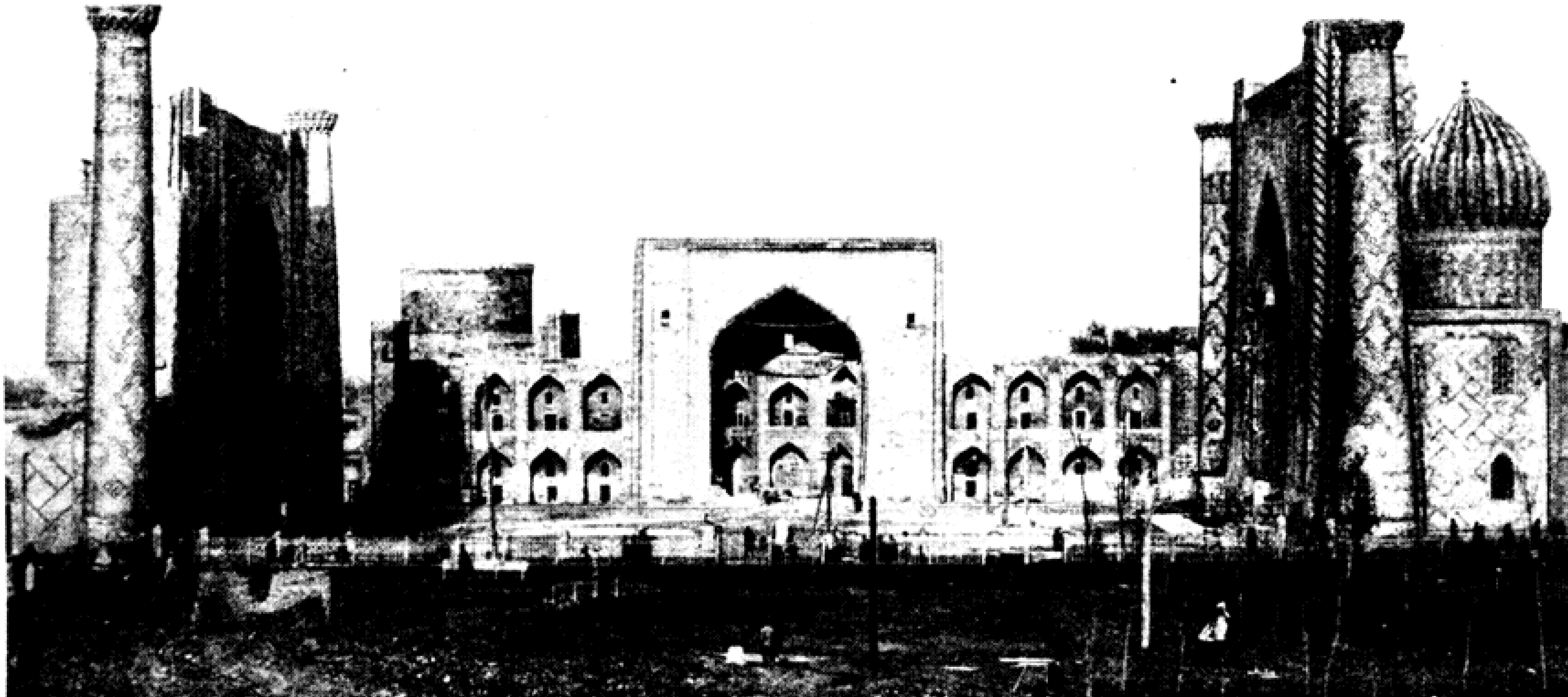


Рис. 3. Самарканд. Общий вид площади Регистана.

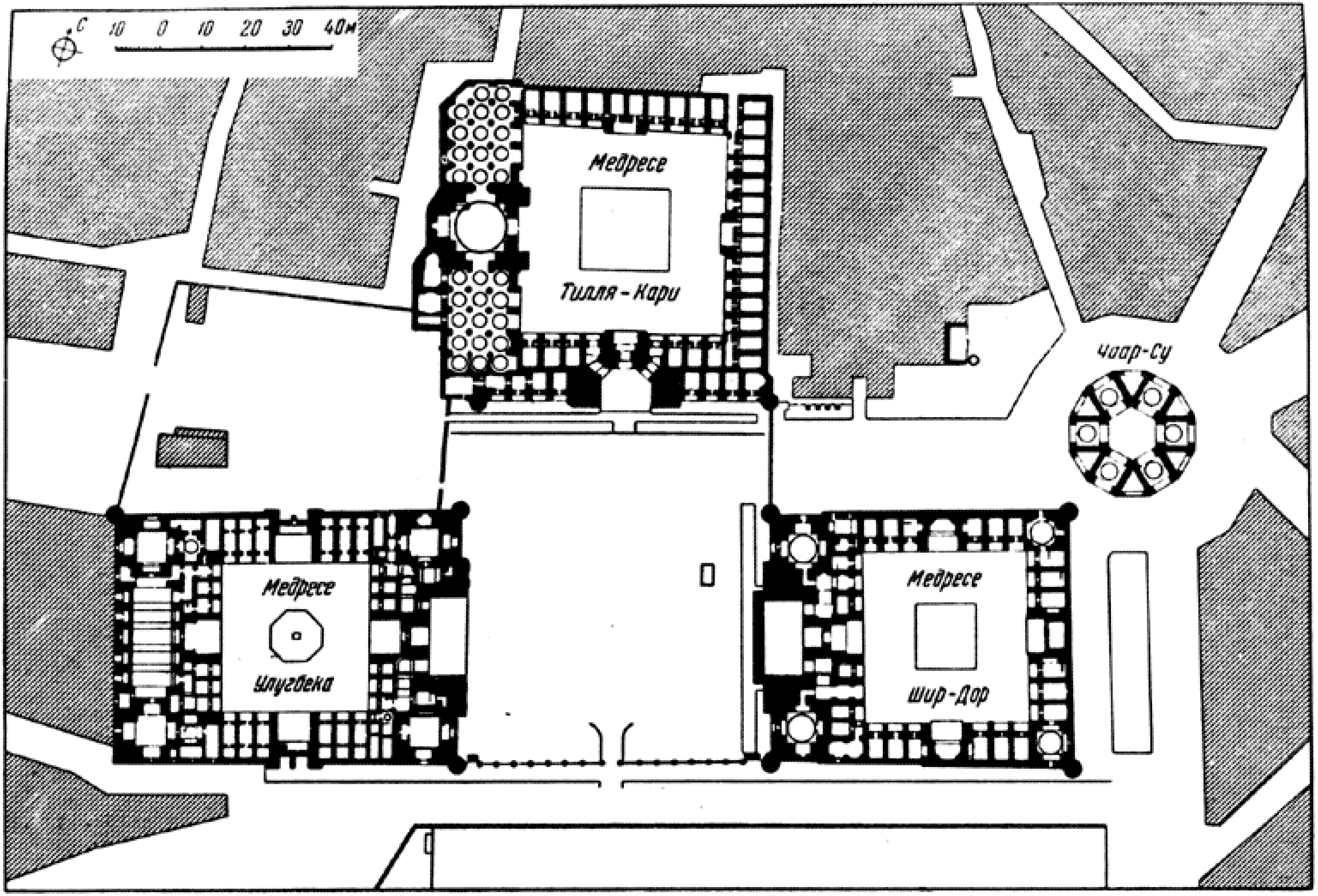


Рис. 4. Самарканд. План площади Регистана, где находится медресе Улугбека.

Сам К. Наллино в заключительной части своего исследования о рассматриваемом труде ал-Хорезми пишет: «Географический труд, выполненный по заданию ал-Мамуна, несомненно, имел важное значение для последующих работ. Некоторые положения, установленные в «Китаб сурат ал-арз», не получили затем существенных изменений; в X в. Мас'уди восхвалял совершенство имеющихся в нем карт, а немного лет спустя астроном ибн-Юнус (или непосредственно, или через посредство других трудов) почерпнул в нем добрую часть своих географических таблиц; около 1150 г. испанец аз-Зухри обосновал свой географический труд работой некоего ал-Кумари, которая в свою очередь была написана на основе труда, выполненного по заданию ал-Мамуна; и даже еще в первой половине XIV столетия Абульфеда, наряду с цифрами такого автора, как ал-Бируни или «Китаб ал-атвал», считает нужным привести также и многие положения, определенные в древнем «расме», т. е. в «Изображении» (Земли) ал-Хорезми.[7]

В том же IX в. протекает творческая деятельность астронома Ахмед-бин-Абдулла ал-Мервази из Мерва, в X в.—математиков и астрономов, происходивших с берегов Сыр-Дарьи: ал-Ходженди и ал-Джаухари, а в XI в.— знаменитого поэта и путешественника Носыр-и Хосрава, уроженца Мерва, и т. д.

Выдающийся философ средневекового Востока Мухаммед ал-Фараби (ум. в 950 г.) из г. Фараба на Сыр-Дарье, всесторонне комментируя и оригинально перерабатывая классические труды Аристотеля, надолго определил направление мусульманской философии, получив у своих современников упрочившееся за ним и впоследствии прозвание «второго Аристотеля» или «второго учителя» (ал-муалим-ас-сани). В своем учении ал-Фараби пытался примирить Аристотеля с неоплатонизмом. Философский трактат ал-Фараби «Рождение наук» на протяжении веков служил учебником во всех высших учебных заведениях тогдашнего Востока. Хотя философские взгляды ал-Фараби в основном являются идеалистическими, тем не менее с точки зре-

---

[7] Там же (C. A. Nallino), стр. 52.

ния мировой научной мысли его работы сыграли громадную роль.

Ал-Фараби был также и прекрасным музыкантом, одним из основоположников теории музыки. Из его музыкальных сочинений известна «Великая книга музыки», представляющая обширный труд в области теории восточной музыки. Будучи превосходным исполнителем, ал-Фараби детально изучал музыкальные инструменты; он разрабатывал физические и физиологические основы музыки.

Мухаммед ибн-Ахмед ал-Хорезми, более известный как Абу-Райхан-ал-Бируни (973—1048), происходил из селения Хорезма — Бирун. Перу этого крупнейшего ученого раннего средневековья принадлежит более ста работ, относящихся к самым разнообразным областям науки: астрономии, математике, физике, медицине, географии, истории, лингвистике и т. п. К сожалению, не все его работы дошли до нас. Некоторые из главнейших его произведений хранятся в крупнейших библиотеках СССР, Западной Европы и стран Востока. Характерно, что, несмотря на отдаленность эпохи ал-Бируни от нашей, методы его научных исследований, как увидим далее, в основном, совпадают с современными.

В целях изучения стран Востока ал-Бируни предпринимает ряд путешествий, в том числе грандиозное путешествие по Индии. На 45-м году жизни он изучает язык индусов — санскрит. В результате им были написаны (на арабском языке) два монументальных труда: «Описание Индии» и «Хронология древних народов Востока».

В первой работе, представляющей всестороннее историко-географическое исследование Индии, дано описание обычаев, нравов, религиозных верований, философских воззрений народов Индии. Вторая работа («Хронология древних народов Востока»), основанная на исторических и астрономических исследованиях автора, посвящена сравнению и анализу происхождения календарных систем различных народов: согдийцев, арабов, персов, греков, евреев, магов, христиан-несториан, сабейцев и др. Книга содержит богатейший материал по истории, в том числе по истории среднеазиатских народов, ценные данные по истории науки и культуры этих народов, по истории религии, сект и т. д.

Современник ал-Бируни, выдающийся ученый Средней Азии Абу-Али-ибн-Сина, известный в Европе как Авиценна (980—1037), происходил из Бухарского селения Афшана. Медик, естествоиспытатель, философ, Абу-Али-ибн-Сина, как и многие другие ученые Средней Азии, был также крупнейшим энциклопедистом своего времени. Его трудами долгое время пользовались как на Западе, так и на Востоке. В частности, его знаменитый трактат по медицине — «Канон», переведенный сначала на латинский, а затем на разные европейские языки, был в течение ряда веков незаменимым настольным руководством для врачей Запада и Востока. Эта обширная медицинская энциклопедия содержит анатомию и физиологию человека, патологию, терапию, фармакопею и т. д., а также результаты многолетних исследований и открытий Абу-Али-ибн-Сины в области внутренних и кожных заболеваний. В 1936 г. французский историк медицины Леньель-Лавастин писал, что Абу-Али-ибн-Сина «был *гений необычайной энциклопедической культуры*. феномен по раннему развитию ума, по работоспособности, объему своих знаний. Он изучал все науки и всюду обнаружил свое превосходство. Его умственные способности, достигшие большого развития благодаря неутомимой деятельности, рано создали ему славу «князя науки». Его капитальный труд «Канон» — обширный синтез медицинских знаний эпохи, затмивший сочинения Разеса и Али-ибн-ал-Аббаса — пользовался еще в XVII в. авторитетом, который можно сравнить с авторитетом трудов Аристотеля по философии».[8]

Точно так же его колоссальный труд «Книга исцеления» — высшее научное достижение и энциклопедия наук того времени в области философии и естествознания — сыграл огромную роль в развитии науки средних веков. Несмотря на идеалистичность

---

[8] П. М. Факторович. Великий бухарский ученый Ибн-Сина (Авиценна). Труды УзГУ, новая серия, № 30, Самарканд, 1941.

своих философских концепций, Абу-Али-ибн-Сина смело развивал учение о вечности материи. Велики его заслуги и в области развития неорганической химии; он опередил на много веков своих современников учением о периодичности геологических процессов.

Обладая огромной эрудицией, Абу-Али-ибн-Сина проявлял свою научную деятельность во всех направлениях. Он написал множество книг по медицине, химии, математике, физике, философии, этике, риторике, музыке и к тому же сочинял стихи. Абу-Али-ибн-Сина, позднее прозванный «главой философов», был непререкаемым авторитетом в самых разнообразных областях науки того времени. К сожалению, его огромное научное наследие не дошло до нас полностью.

Абу-Али-ибн-Сина неоднократно подвергался заключению в тюрьму и изгнанию, а сожжение некоторых его трудов, признававшихся еретическими, подчеркивало его новаторство в науке и расхождение с догмами ислама.

Приведенные факты и примеры говорят не только о древности культуры народов Средней Азии вообще и Узбекистана в частности, но и о ее самобытности.

Монгольское нашествие (первые десятилетия XIII в.) со всеми его ужасами, разрушениями и опустошениями, а также продолжавшиеся почти полтора века кровавые войны между спорившими из-за власти и владений потомками завоевателя приводят к экономической и хозяйственной разрухе, к упадку науки и культуры.

2. *О времени появления Улугбека на политической арене*

В XIV в. в Средней Азии усиливается власть местных эмиров и беков, из среды которых на политической арене (1370) появляется Тимур, отец которого, Эмир Тарагай, был правителем Шахрисябзской области. Сам Тимур не получил никакого образования — до конца жизни он оставался неграмотным.

В юные годы Тимур был известен как участник и организатор многочисленных набегов на больших караванных дорогах. Впоследствии он служил у разных ханов в качестве водителя дружины, в частности у самаркандского правителя Хусейна, зарекомендовав себя как отличный военный предводитель. Характеризуя этот период его жизни, Маркс говорит, что Тимур «возвысился как начальник кондотьеров на службе у разных князей».[9]

Вместе с Хусейном ведя борьбу с эмиром Моголистана, Тимур оказался в Сеистане. Но «содружество» между Хусейном и Тимуром продолжалось недолго. В 1370 г. Хусейн был осажден Тимуром в Балхе, взят в плен и убит. Все эмиры принесли Тимуру присягу в верности, и он стал фактически государем Мавераннахра. С этого времени начинается длинный ряд походов Тимура. В конечном итоге он сделался обладателем огромного феодального государства, простиравшегося от Дели до Дамаска и от Аральского моря до Персидского залива.

В нашу задачу не входит описание процесса образования государства Тимура. Заметим только, что успеху образования государства Тимура[10] главным образом способствовал предшествовавший длинный период классовой борьбы, резкое ее обострение, а также феодальные смуты внутри господствующего класса, перерождавшиеся порой в анархию.

Так, например, исторические источники свидетельствуют о народном восстании в Самарканде,[11] имевшем место в 1365 г., в котором руководящую роль играли сарбадары,[12] во главе

---

[9] «Архив Маркса — Энгельса», т. VI, М., 1939, стр. 184.

[10] См. А. Ю. Якубовский. Тимур (опыт краткой характеристики), «Вопросы истории», 1946, № 8—9.

[11] В. Бартольд. Народное движение в Самарканде в 1365 г. Записки Восточного отделения Русск. археолог. об-ва, т. XVII, СПб., 1906, стр. 01.

[12] Движение сарбадаров, направленное против ига монголов, возникло в 30-х годах XIV в. в Хоросане и распространилось по всему Мавераннахру. Движущую силу восстания составляли мелкие земледельцы, ремесленники и рабы.

с трепальщиком шерсти Абубекром Келави и учащимся самаркандского медресе Мауляна-Зада Самарканди и др.

Самарканд, один из древнейших городов Средней Азии давно был известен как один из важных торговых центров на Востоке. Торговые сношения с важнейшими рынками Индии, Китая, Ирана и Восточной Европы играли немаловажную роль в экономической и культурной жизни Самарканда.

Мелкое кустарное производство различных изделий здесь достигает высокого уровня искусства. Например, здесь было поставлено производство тканей из шелка, материй из хлопка, производство текстильных и керамических красок, была освоена технология и обработка металлов, стекла, драгоценных камней, получение сахара из тростника и т. д. «Лучшая в мире бумага производится (только) в Самарканде; вода, которой пользуются бумажные толчеи, вся идет из Коп-и Гиля; Кон-и Гиль находится поблизости Сияхаба (Черной воды), эту черную воду называют также Об-и Рахмат. Еще одно замечательное производство Самарканда представляет малиновый бархат, вывозимый во все страны» («Бабур-нама»). Но объем рассматриваемого производства был весьма невелик.

Однако несмотря на то, что производительные силы страны не были развиты, накопленное Тимуром в результате многочисленных его походов огромное богатство в значительной мере способствовало некоторому экономическому подъему страны.

Придавая важное политическое значение своей столице — Самарканду, Тимур стремился сделать его красивым и величественным. Тимур учитывал огромную роль духовенства, и это определило главное направление строительства: строились культовые здания — мечети, мавзолеи, ханака. Кроме того, воздвигались роскошные дворцы, а в окрестностях города разбивались сады с пышными дворцовыми постройками.

Для характеристики искусства зодчих того времени рассмотрим некоторые из более или менее сохранившихся памятников материальной культуры периода правления Тимуридов.[13]

---

[13] О медресе Улугбека речь будет дальше.

В качестве первой иллюстрации возьмем соборную мечеть в Самарканде, построенную по приказу Тимура и носящую название «Биби-Ханым» (по имени жены Тимура). Это грандиозное для своего времени архитектурное сооружение было начато постройкой в 1399 г., после похода Тимура в Индию, и закончено в 1404 г. Мечеть «Биби-Ханым» характерна своей монументальностью и декоративностью. Здесь все было рассчитано на эффект, на то, чтобы создать представление о могуществе государства Тимура. «Биби-Ханым» состояла из четырех зданий: главной мечети, двух малых мечетей и входной арки, расположенных таким образом, что они образовали прямоугольный двор, по углам которого возвышались четыре минарета. Двор площадью около 5000 м² был окружен глубокой аркой на колоннах. Вход восточного портала был отделан мраморной стеной с бронзовыми вратами. На другом конце двора — главная мечеть, оформленная громадным порталом с восьмигранными минаретами по бокам, а на массивном барабане — громадный голубой купол. Вся поверхность стен, порталов, минаретов и т. д. украшена яркими цветными узорами из тонких мозаик и изразцов, а также всякого рода религиозными письменами, характеризующими назначение этого сооружения.

Говоря о памятниках материальной культуры Самарканда, никак нельзя пройти мимо такого памятника, как «Шахи-Зинда». Памятник находится на окраине Самарканда, на возвышении городища Афрасиаб и состоит из группы мавзолеев, образующих замечательный архитектурный ансамбль. Он возник около мазара Шахи-Зинда, где, по преданию, был похоронен сын Аббаса, двоюродного брата пророка Мухаммеда — святой Кусам, прозванный «Шахи-Зинда» (живой царь). Этот исторически сложившийся комплекс построек состоит главным образом из усыпальниц придворной феодальной знати. В рассматриваемом ансамбле, как видно из сохранившихся надписей, наиболее древним зданием является перестроенная в 1334—1335 гг. гробница Кусама-ибн-Аббаса, а наиболее поздним — портал входа, построенный Улугбеком в 1434—

1435 гг. от имени своего младшего малолетнего сына Абдул Азиза. Таким образом, постройки этого ансамбля отражают ход развития архитектурного зодчества на протяжении целого столетия. В отличие от многих других памятников старины Средней Азии вообще и Самарканда в частности, где на первом плане выступает стремление к грандиозности, здесь характерно необычайное развитие декоративных форм — нарядность и изящество изразцовых одежд. Фантазия мастеров и изощренность художников в орнаментальных мотивах здесь достигла наивысшей степени развития для того времени.

Один из замечательных памятников старины Самарканда — мавзолей «Ишрат-Хана» (что значит «Дом наслаждений»), построенный около 1464 г. женой Тимурида Абу-Са'ида над могилой одной из его дочерей. Во время раскопок 1940 г. здесь было обнаружено еще несколько женских погребений. Мавзолей состоит из огромного портала и нескольких помещений (ныне разрушенных). Под центральной частью находится склеп. Центральное помещение снаружи имело высокий барабан, незаметно переходивший в высокий голубой купол. Мавзолей не случайно получил название «Дома наслаждений». Оно дано за исключительно богатую и художественную внутреннюю отделку. Своды со сталактитами сплошь были позолочены и расписаны орнаментацией изумительной художественной работы; панель также была изысканно, ярко и весьма нарядно расписана золотом.

В качестве последней иллюстрации рассмотрим мавзолей Тимура — Гур-и Мир,[14] который среди памятников старины Самарканда занимает особое место. Гур-и Мир по своим архитектурно-декоративным качествам представляет один из лучших образцов архитектурного зодчества средневекового Востока. Он выделяется прежде всего строгостью монументальных и величественных форм, необычайными размерами ребристого купола и богатой декоративной отделкой. Начало постройки мавзолея положено Тимуром осенью 1404 г. Мавзолей предназна-

[14] Придерживаемся современной транскрипции.

чался для погребения любимого внука и наследника Тимура Мухаммед Султана (умершего в Иране 25 марта 1403 г.).

Мавзолей Гур-и Мир построен в простых геометрических формах. На восьмигранном основании находится цилиндрический барабан, на котором покоится величественный ребристый купол. Здание снизу было опоясано мраморной панелью. Выше все стены и поверхности покрыты орнаментальной облицовкой из поливных кирпичиков голубого, синего и белого тонов. Особенно красочно выделяется на общем терракотовом фоне купол зеленовато-голубого тона с синими узорами. Внутри мавзолей имел богатейшую отделку. Низ стен покрывала панель из полупрозрачного оникса со вставками из черного змеевика. Над панелью шли две полосы, высеченные из мрамора и расписанные золотом и лазурью. Нижний из них представлял тонкой работы сталактитовый карниз, верхний — беспрерывную ленту надписи, содержащую изречения о загробной жизни, что подтверждает назначение здания быть усыпальницей.

В начале XIX в. верхняя часть купола во время сильного землетрясения провалилась, но была восстановлена. В 1868 г. упал северо-восточный минарет, а другой — при землетрясении 1903 г. В 1905 г. мозаичная плита с исторической надписью была похищена; в 1906 г. она очутилась в Стамбуле, а затем в Берлине. Надпись на ней гласит: «Эта могила султана мира, эмира Тимура Гурагана». Над могилами, в самом склепе, устроены надгробия, а в помещении мавзолея — вторые надгробия, среди которых выделяется надгробие Тимура из черного нефрита. Площадка с надгробиями окружена резной ажурной мраморной решеткой изумительной работы с разнообразными сюжетами.

В 1740 г. войска иранского Надир-Шаха захватили Самарканд, взяли с собой нефритовое надгробие Тимура и доставили его в Мешхед к шаху. После осмотра Надир-Шах приказал возвратить камень в Самарканд на прежнее место.

Под полом находится склеп, в который ведет небольшая лестница. План склепа повторяет в уменьшенных размерах основной план мавзолея (квадрат с четырьмя нишами). Низ стен склепа имеет простую гладкую мраморную панель, выше стены и все своды облицованы прекрасно выделанным обожженным кирпичом. Интересен центральный купол. Чтобы избежать излишней высоты, он сделан низкого подъема и представляет 12-гранную пирамиду; в соответствии с этим и аркам, прикрывающим ниши, придана усеченная форма вместо обычной в таких случаях стрельчатой. В полу склепа находятся могилы и вторые надгробные плиты тонкой художественной работы.

Несколько слов о дверях мавзолея Гур-и Мир. Судя по некоторым литературным данным, в мавзолее было четыре деревянных резных и инкрустированных двери. Из них одна — внутри пристройки, при входе в главное здание мавзолея; другая, такого же типа,— в проеме при нынешнем входе в мавзолей, в восточной пристройке (она почти не сохранила инкрустации); третья дверь, находившаяся в западной пристройке, имеет только следы инкрустации; четвертая, самая большая дверь, находилась в проеме главного входа в центре здания.

Из четырех дверей Гур-и Мира одна главная и одна створка от второй двери хранятся в Эрмитаже; другая створка — в Самаркандском музее; две двери остались в Гур-и Мире, но, как сказано, они плохо сохранили инкрустацию.

Композиция Гур-и Мира, несомненно, результат большой теоретической и практической работы зодчих высшей квалификации. Этот памятник древности завершает строительный период правления Тимура.

Разумеется, *все это создано кропотливым трудом целого ряда поколений народов; это — не что иное, как результат коллективного творчества лучших сынов народов Средней Азии, в том числе и узбекского народа, создавших культурные ценности в условиях феодального гнета.*

Весьма характерно, что во всех подобных зданиях не только внутренняя, но и внешняя поверхность стен испещрена всякого рода религиозными надписями, изречениями из Корана, вроде: «Верующие! Ищите помощи себе в терпении и молитве, потому что с терпеливыми бог»; «Верующие! Вступите в закон покорности с полным расположением, и не следуйте по стопам сатаны: он вам отъявленный враг» и т. п. *Таким образом, эти надписи непрерывно твердили и властно внушали об одном и том же: о покорности, о непротивлении злу, притупляя и усыпляя бдительность трудящихся масс.*

Наряду с пышной внешностью период правления Тимуридов был периодом жесточайшего угнетения народных масс, которые влачили жалкое существование.

Привилегированное право на землю и воду принадлежало феодальной знати, как титулованной, так и не титулованной. Поэтому материальная база феодалов состояла из крупной земельной собственности, которая обычно выдавалась представителями феодальной власти в качестве «суюргаля» (вроде удела) в наследственное владение. Феодальные правители беспощадно эксплоатировали крестьянство посредством множества налогов и трудовыми повинностями; в частности, трудовому крестьянству приходилось отдавать до 0.4 всего урожая в виде «хараджа» в казну.

С другой стороны, борьба за престол, непрерывные междоусобные войны, опустошавшие целые города, приводили к обнищанию широких слоев народа. Наряду с этим феодалы вели роскошную жизнь за счет ограбления трудовых крестьян, «задавленных нуждой, приниженных личной зависимостью и умственной темнотой».[15] *Таким образом, в рассматриваемую эпоху мы имеем две контрастные картины: с одной стороны— роскошь феодальной верхушки и с другой—обнищание и невежество народных масс.*

Огромное феодальное государство Тимура держалось лишь благодаря жестоким мерам грозного повелителя «Сахиб-Кирана»—«властелина времени». *Под красочной и пышной внешностью правления Тимура скрывались разъедавшие его устои глубокие классовые противоречия, ибо внутри кипела неизбежная борьба различных слоев общества.*

---

[15] В. И. Ленин. Соч., т. III, стр. 141

В конце 1393 г. Тимур предпринял второй большой поход, так называемый «пятилетний» поход на Иран и на переднеазиатские области. По установившемуся обычаю двор Тимура сопровождал его во всех походах. Обоз Тимура сделал длительную остановку в г. Султани. В числе членов двора, сопровождавших Тимура, находилась также и жена младшего (семнадцатилетнего) сына Тимура, Шахруха—Гаухар-Шад-Ага. Во время этой стоянки в походной обстановке 22 марта 1394 г. она разрешилась от бремени. Появившемуся мальчику дали имя Мухаммед-Тарагай. Впоследствии он получил прозвище «Улугбек» (великий князь), превратившееся в его собственное имя.[16]

Мать Улугбека — Гаухар-Шад-Ага — происходила из знатной джагатайской семьи: она была дочерью Гияс-ад-дин тархана. Но по обычаю, установленному Тимуром, все его внуки со дня рождения должны были оставаться и воспитываться при дворе. Поэтому Улугбек был передан на попечение старшей жены Тимура — Сарай-Мульк-ханым.

В мае 1394 г. маленькому Улугбеку пришлось побывать в Армении и Закавказье, а в знаменитом индийском походе (1397 — 1398) сопровождать Тимура вместе со своей воспитательницей Сарай-Мульк-ханым до Кабула. Улугбек находится при дворе Тимура и в его походе на запад (1399—1404), а в 1403 г. принимает участие во встрече Тимура в Эрзеруме.

По установившейся традиции двора Тимура, его малолетние внуки, а следовательно, и Улугбек, должны были участвовать в приеме посланников. Так, Клавихо, описывая церемониал приема посланников Тимуром, говорит: «потом их (т. е. посланников) подвели к маленьким мальчикам, которые сидели на возвышении; это были внуки царя, и они им тоже поклонились. Тут у них спросили письмо, которое король посылал Тамурбеку, и они дали его; его взял один из этих

---

[16] По узбекски: «улуг» значит великий, а «бек» — князь.

мальчиков»; и далее: «эти три мальчика тотчас же встали и понесли письмо к царю».[17]

В 1404 г. по случаю своих побед Тимур устроил большое торжество, во время которого состоялась свадьба его внуков, в том числе и Улугбека (ему было всего 10 лет) с его двоюродной племянницей, дочерью Мухаммед-Султана — Ога-бегум. Разумеется, о супружеских отношениях здесь и речи быть не могло. Обычай бракосочетания (вернее, формальной помолвки) малолетних и даже новорожденных преследовал цель более тесного сближения двух родов. Такой обычай имел место в Туркестане, например, у узбеков и казахов еще в недавнем прошлом—до Октябрьской революции. Поэтому вполне естественно, что Улугбек и после свадьбы продолжал оставаться под надзором Сарай-Мульк-ханым.

В это время Тимуру было уже 68 лет, и он, повидимому, решил определить «судьбу» внуков при своей жизни. Очевидно, по тем же соображениям в том же году Тимур назначил уделы малолетним сыновьям Шахруха: Улугбеку—Ташкент, Сайрам, Яны (Джамбул), Ашпара и Моголистан, а Ибрагиму (брату Улугбека) — Фергану с Кашгаром и Хотаном.

В феврале 1405 г. во время одного из походов Тимур заболел и умер в г. Отраре. В «Зафар-Наме», принадлежащей перу Шараф-ад-дина Езди, целая глава посвящена описанию болезни и смерти Тимура.[18] Вот некоторые выдержки из этой главы: «Хотя Мауляна Фазл-Аллах-Тебризи, один из искусных врачей, повсюду сопровождавший Тимура, употреблял все свои силы для лечения и давал ему наилучшие лекарства, боль со дня на день усиливалась и появлялись новые болезни, как будто исцеление одной болезни увеличивало другую...». Тогда Тимур, пригласив своих жен и эмиров, сделал следующее завещание:

---

[17] Р. Г. Клавихо. Дневник путешествия ко двору Тимура в Самарканд в 1403—1406 гг., СПб., 1881, стр. 248—249.

[18] Д. Зимин. Подробности смерти Тимура. См. протоколы заседаний «Турк. кружка любителей археологии», Ташкент, 1914.

«Мое убежище находится у трона бога, подающего и отнимающего жизнь, когда он хочет, милости и милосердию которого я вас вручаю. Необходимо, чтобы вы не испускали ни криков, ни стонов о моей смерти, так как они ни к чему не послужат в этом случае. Кто когда-либо прогнал смерть криками?».

«Теперь я требую, чтобы мой внук Пирмухаммед [19] Джехангир был моим наследником и преемником; он должен удерживать трон Самарканда под своей суверенной и независимой властью, чтобы он заботился о гражданских и военных делах, а вы должны повиноваться ему и служить, жертвовать вашими жизнями для поддержания его власти».

Все приближенные Тимура, в том числе эмиры, поклялись ему, что его воля будет беспрекословно выполнена. Чтобы не прерывать начатого похода, было решено держать в тайне смерть Тимура, тело которого было отправлено в Самарканд. Тем не менее известие о смерти Тимура распространилось с быстротой молнии и вызвало большой переполох. Ни эмиры, ни царевичи не признали государем Пирмухаммеда. В конечном итоге феодальное государство Тимура буквально в несколько месяцев распалось.

Началась борьба за власть. В это время левое крыло армии во главе с внуком Тимура — Султан Хусейном зимовало в Ясы — Туркестане и Сауране. Султан Хусейн покинул армию и, организовав из преданных ему воинов отряд в 1000 человек, направился в Самарканд. Узнав об этом, начальники центральных сил армии, находившиеся в Отраре, вынесли решение об отмене похода и сообщили об этом царицам в Ташкент.

Правое крыло армии под начальством другого внука Тимура, сына Мираншаха, Халиль-Султана, и сына Омар-Шейха, царевича Ахмеда, находилось в Шахрухии, Ташкенте и Сайраме. Все начальники отрядов во главе с Ахмедом приняли присягу в верности Халиль-Султану.

---

[19] Еще в 1399 г. во время индийского похода Тимура Пирмухаммед отличался своей храбростью и преданностью Тимуру.

Но нарушение воли Тимура вызвало разногласия между начальниками центра и правого крыла армии, в результате чего в Ташкенте правое крыло армии приняло присягу Пир-мухаммеду. Войска бывшего центра армии, где находились и сыновья Шахруха — Улугбек и Ибрагим-Султан, под начальством эмиров Шах-Мелика и Шейх-Нур-ад-дина направились в Самарканд, но начальники города эмиры Аргун-шах и Ходжа-Юсуф отказались принять их. Тогда они отправились в Бухару, которая и перешла к ним без всякого сопротивления. Несколько позднее (18 марта 1405 г.), получив ключи от города, крепости и казны Тимура, Халиль-Султан занял столицу — Самарканд. Но Халиль-Султан проявил большое «благородство», сделав красивый жест, а именно: провозгласил «ханом» малолетнего Мухаммед Джахангира, сына умершего любимого наследника Тимура — Мухаммед-Султана. Вскоре военачальник Рустам,[20] которому вместе с его братом Хамза была поручена охрана Бухары, пользуясь отсутствием Шах-Мелика, отправившегося в Хоросан к Шахруху, перешел на сторону Халиль-Султана и, вооружив часть населения, в марте неожиданно напал на город. Шейх-Нур-ад-дин и царевичи спаслись бегством, отправившись к Шахруху; вскоре Улугбек был назначен князем Шапургана и Андхоя под опекой эмира Шах-Мелика.

Наконец, после четырехлетней феодальной смуты, в 1409 г. Шахруху удалось победить Халиль-Султана. Этому успеху, несомненно, способствовало недовольство масс Халиль-Султаном, правление которого привело к голоду и разрухе. В результате Шахрухом было образовано два самостоятельных государства: Хоросанское, с центром в Герате, во главе с самим Шахрухом, и Мавераннахрское, с центром в Самарканде, во главе с сыном Шахруха — Улугбеком.

Из всего вышеизложенного вытекает особенность времени появления Улугбека на политической арене: обстановка, кото-

[20] Это тот Рустам, который в свое время, будучи одним из начальников авангарда, изменил Халиль-Султану.

рую застал Улугбек как правитель, характеризуется усилением междоусобицы, большой политической раздробленностью, жесточайшей эксплоатацией трудящихся масс.

3. Деятельность Улугбека как правителя

Когда Улугбек был объявлен правителем Самарканда, ему было всего 15 лет. Поэтому действительная власть в Самарканде была вверена Шах-Мелику, опекуну Улугбека. Но соперник Шах-Мелика (Шейх-Нур-ад-дин в Отраре и опекуны Мухаммед Джахангира в Хисаре) не успокоились. Весной 1410 г. они начали борьбу против Шах-Мелика, а следовательно, и Улугбека. В ходе этой борьбы, при полном содействии и личном участии Шахруха, последний, одержав в июле того же года победу, возвратился в Герат, а в начале 1411 г. Шах-Мелик завершил эту войну окончательным усмирением Шейх-Нур-ад-дина. В сентябре Шахрух опять оказался в Самарканде, но вскоре, взяв с собой Шах-Мелика, покинул город. В это время Улугбеку было уже 17 лет. Освободившись от своего опекуна, он стал полноправным правителем Мавераннахра и прилегающих областей (с северо-запада — до Саганака, с северо-востока — до Ашпары).

В начале 1413 г. восстанавливается власть Тимуридов в Хорезме, которая после смерти Тимура была захвачена золотоордынскими ханами. Это было выполнено Шах-Меликом (которого назначили наместником Хорезма) по заданию и при содействии Шахруха. В 1414 г. к владениям Улугбека присоединилась Фергана после опустошения ее моголами и капитуляции Ахмеда; последний нашел убежище в Кашгаре, который в 1416 г. также перешел во владение Улугбека.

В противоположность своему деду Тимуру, Улугбек не интересовался завоевательными походами. Два-три похода (не считая отдельных стычек), имевшие место при нем, носили совершенно иной характер. Улугбек предпринимал поход лишь в случае крайней необходимости: для предупреждения опасности или в целях обороны страны от врагов. Такая опасность, например, грозила со стороны моголов. Поход Улугбека в Моголистан в начале 1425 г. увенчался в июне того же года победой. Но в 1427 г. в битве с кочевниками-узбеками на Сыр-Дарье Улугбека постигла неудача. Чтобы спасти положение, Улугбек, присоединив к своим войскам войска другого сына Шахруха — Джуки, а также гератские войска, присланные ему на помощь отцом, предпринял новый поход. Он переправился через Сыр-Дарью и дошел до Ташкента. Однако противник, повидимому своевременно узнав о крупных силах Улугбека, еще до его прихода в Ташкент отступил, и Улугбек, не преследуя противника, возвратился обратно.

Строительная деятельность при Улугбеке продолжает развиваться. В отличие от строительства эпохи Тимура, она в основном шла в двух направлениях: с одной стороны, строились культурные учреждения, а с другой — завершались начатые до него постройки. Улугбек не успел еще окончательно усмирить своих врагов, как уже в 1417 г. по его распоряжению строятся медресе в Бухаре, Самарканде (1420) и Гиждуване (1432—1433); строятся также благотворительные учреждения в Мерве (Абд-ар-Раззак). Недалеко от медресе Улугбека им была выстроена баня. «Подобных им бань, по слухам, нет во всем Самарканде и Хоросане» («Бабур-Нама»). В Самарканде строится знаменитая обсерватория, о которой подробнее скажем дальше. Заканчивается стройка мечети «Биби-Ханым», мавзолея «Гур-и Мир», завершается ансамбль «Шахи-Зинда» и т. д. Источники сообщают о прекрасных пригородных садах Улугбека. «У подошвы Кухака,[21] по направлению к западу, Улугбек насадил сад «Баги-Майдан». Среди сада имеется здание, носящее название «Чихиль сутун» («Сорок колонн»). Здание это в два этажа, и все его колонны сделаны из камня. На четырех его углах возвышаются похожие на минареты башни с ходами наверх. Между башнями расположены каменные колонны, из них некоторые — витые. Каждая из четырех сторон

[21] Где и обсерватория Улугбека.

верхнего этажа образует открытую галлерею, поддерживаемую каменными столбами, а середина занята залом. Пол дворца выложен камнем. Там же, у подножия возвышенности Кухака, Улугбек разбил другой сад и построил в нем большое здание в виде открытого зала. В зале воздвигнут трон из огромного камня длиной от 14 до 15 локтей, шириной — от 7 до 8 локтей и вышиной — 1 локоть, привезенного из весьма отдаленной местности. Камень расколот посредине, причем рассказывают, что это случилось уже после доставки его на место. В саду выстроен павильон, стены которого сделаны из китайского фарфора, почему он называется «Чини-хана», т. е. фарфоровым павильоном» («Бабур-Нама»). Раскопки «фарфорового павильона» Улугбека, произведенные в 1941 г., в основном подтвердили приведенный рассказ Бабура.

Медресе Улугбека, согласно надписи на портале, было начато постройкой в 1417 г. и окончено в 1420 г. Первоначальное здание имело два этажа, четыре купола над угловыми аудиториями и четыре минарета по углам. «О, чудо! Громада его (здания медресе), подобная горе, твердо стоит, представляя остов, поддерживающий небеса. Величественный фасад его — по высоте двойня небесам. От тяжести его (здания) хребет земли приходит в содрогание. Могущественный мастер карнизы (здания) высочайшей степени высоты соединил в один образец со сталактитовой работой небесного свода».[22] В 1870 г., очевидно под влиянием сейсмических толчков, один из минаретов рухнул. Другой, сильно кренившийся, был выпрямлен в 1932 г.

Медресе Улугбека весьма оригинально как с точки зрения общей архитектурной композиции, так и по качеству изразцовой обработки. Облицовка здания представляет высокую степень художественного совершенства: оно украшено прекрасным сочетанием геометрического и растительного орнамента, а также каллиграфическими письменами изумительной работы.

---

[22] Абу-Тахир Ходжа. Самария. Перев. В. Л. Вяткина, Самарканд, 1899, стр. 170.

Тимпан над аркой изображает стилизованное звездное небо, что, очевидно, характеризует назначение этого медресе, прежде всего, для изучения астрономических наук, о чем речь будет несколько позже.

Улугбек и в личной жизни и в политической деятельности был диаметрально противоположен своему отцу, Шахруху, который был строгим блюстителем догм ислама. В то время как Шахрух в Герате окружал себя духовенством, регулярно по пятницам посещал мечеть, соблюдал пост, строго преследовал запрещенные религией развлечения, Улугбек в Самарканде, в кругу ученых и поэтов, поступал зачастую вразрез с предписаниями религии.

Таким образом, деятельность Улугбека во многом отличалась от деятельности своих предшественников и, несомненно, играла в свое время определенную прогрессивную роль, в особенности в области науки.

Как говорил великий Навои, «все сородичи Улугбека ушли в небытие. Кто о них вспоминает в наше время? Но Улугбек протянул руку к наукам и добился многого». И действительно, он добился замечательных результатов в области астрономической науки и заслуженно пользуется славой мирового ученого.

Глава вторая

ФОРМИРОВАНИЕ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ УЛУГБЕКА

1. О достижениях предшественников Улугбека в области астрономии

Состояние всякой науки, а следовательно, и астрономии у того или иного народа тесно связано с состоянием общего развития этого народа на данном историческом этапе. Поэтому и время появления каждой науки определяется общим историческим ходом развития человечества. Но астрономия — самая древняя из всех наук: ее зарождение относится к тем отдаленным временам, когда начинается история человечества. Такие явления, как постоянная смена дня и ночи, изменение положения Солнца на небесном своде, обусловливающее перемену времен года, не могли не привлечь внимания человека. Поэтому еще тысячелетия назад человек обращал свои взоры к небесному своду, пытаясь разгадать его тайны.

Потребности житейской практики, связанные с измерением времени и ориентированием по небесным светилам,— вот важнейшие факторы, которые способствовали зарождению и развитию астрономии. В результате наблюдения небесных явлений, накопления фактов и их изучения возникает понятие о закономерности явлений, начинается формирование научной астрономии.

В целях определения места астрономической школы Улугбека в истории науки необходимо, хотя бы в общих чертах, рассмотреть наследие, которое она получила от своих предшественников, в том числе от среднеазиатских ученых. Не останавливаясь на достижениях в области древнейшей астрономии, обратимся к некоторым основным достижениям сравнительно позднего времени, а именно достижениям греческой школы (получившей развитие под влиянием главным образом египтян и вавилонян), а затем так называемой мусульманской школы.

В то время как восточные предшественники греков занимались по преимуществу астрономическими наблюдениями, греки уделяли большое место исследованиям причин явлений. Говоря о предшествующих более или менее важных достижениях науки в области астрономии, прежде всего необходимо заметить, что если первый шаг в развитии астрономии связан с зарождением идеи о сферичности небосвода, то, несомненно, следующим, более важным шагом явилось возникновение мысли о шарообразности Земли. Эта мысль была высказана еще в VII в. до н. э. основателем ионийской школы Фалесом из Милета, но только пифагорийская школа в VI в. до н. э. обосновывает эту смелую гипотезу. Далее та же школа дает построение системы мира, согласно которой Земля покоится в центре вселенной; вся система состоит из восьми сфер, концентрически окружающих покоящуюся в центре их Землю, причем семь сфер помещаются внутри восьмой — сферы неподвижных звезд, которая совершает полный оборот вокруг Земли в 24 часа.

Следующий шаг был сделан пифагорийцем Филолаем (V в. до н. э.), впервые высказавшим гипотезу о движении Земли. По Филолаю, вокруг мирового центра — центрального огня («очага») — обращаются десять небесных тел (планеты, Солнце и др.), в том числе и Земля. В IV в. до н. э. Эвдокс из Книда пытается объяснить движения небесных тел при помощи комбинации равномерных круговых движений. По Эвдоксу, звезды лежат на сфере, обращающейся раз в сутки вокруг оси, проходящей через Землю; что же касается движения каждого из остальных светил, то они регулируются системой сфер, центр каждой из которых лежит на поверхности предыдущей; каждой планете, а также Солнцу и Луне соответствовало определенное число подобных сфер. Например, для объяснения движения

Луны служили три сферы: одна из них производила суточное вращение, разделяемое всеми небесными телами вокруг оси мира в направлении с востока на запад; другая вращалась в обратном направлении вокруг оси, перпендикулярной к плоскости эклиптики, в течение 18 лет 230 дней, а третья совершала полный оборот в 27 дней вокруг оси, перпендикулярной к плоскости лунной орбиты. Таким образом, для объяснения движения небесных светил понадобилось 27 сфер: одна для звезд, три для Солнца, три для Луны и по четыре для каждой из известных тогда пяти планет. Вскоре ученик Эвдокса — Калипп — расширяет систему своего учителя добавлением еще семи сфер: двух для Солнца, двух для Луны и по одной для Венеры, Меркурия и Марса.

Еще Платон (429—347 до н. э.) высказывал мысль о движении небесных тел при помощи комбинации равномерного кругового движения и поставил эту задачу перед своими учениками как задачу, достойную усилий. Ученик же Платона Аристотель [1] (384—322 до н. э.), будучи последователем этого учения, допускал еще какое-то возмущающее влияние сфер друг на друга и в силу такого допущения был вынужден ввести дополнительно 22 новые сферы. Таким образом, число сфер, необходимых для объяснения небесных движений, было доведено до 56.

Аристотель, как сторонник геоцентрической системы мира, учил, что все части неба находятся в вечном движении, за исключением одного земного шара, находящегося в центре небесной сферы в покое. В своем астрономическом трактате «О небе» Аристотель говорит: «Небо не создано и не может погибнуть, как думают некоторые философы. Оно вечно, без начала и конца; кроме того, оно не знает усталости, ибо вне его нет силы, которая принуждала бы его двигаться в несвойственном ему направлении». Вся вселенная, по Аристотелю, разделяется на две отличные друг от друга части: элементарную

---

[1] Им же, т. е. Аристотелем (после Пифагора), дан полный обзор доказательств о шарообразности Земли.

и эфирную, иначе — «земную» и «небесную». Точно так же и все движения разделяются на совершенные — для небесных тел по кругу, равномерно, и несовершенные — для движения земных элементов, характеризуемые прямолинейностью.

По Аристотелю, небесные тела прикреплены к восьми сферам, лежащим одна внутри другой, из которых самая крайняя — сфера неподвижных звезд — является первичной причиной суточного движения всех небесных тел. Открытие прецессии потребовало от последователей Аристотеля введения новой, девятой сферы, которая считалась «первым двигателем», приводящим в движение все остальные (впоследствии были введены еще новые сферы).

Таким образом, учение Аристотеля, с одной стороны, привело к заключению о существовании неподвижного «первого двигателя», всевышнего «разумного существа», управляющего миром, а с другой — представление Аристотеля о вечности мира противоречило существовавшим религиозным верованиям. Но реакционное духовенство проповедывало исключительно его идеалистические, реакционные идеи, «поповщина убила в Аристотеле живое и увековечила мертвое».[2]

В первой половине III в. до н. э. Аристарх из Самоса высказывает гипотезу о том, что Земля не только вращается вокруг своей оси, но также движется вокруг Солнца. По Аристарху, Солнце и звезды неподвижны, причем Солнце находится в центре сферы, по которой рассеяны звезды. Таким образом, Аристарх был первым ученым, высказавшим идею гелиоцентрического учения. В астрономическом трактате «О величине и расстояниях Солнца и Луны» Аристарх дает метод определения сравнительных расстояний от Земли до Солнца и Луны, а также размеры этих тел. Примененный им метод в течение двух тысячелетий пользовался всеобщим признанием.

Следующим крупным достижением этой эпохи является произведенное Эратосфеном градусное измерение, в резуль-

---

[2] В. И. Ленин. Философские тетради, 1938, стр. 331.

тате которого довольно точно (для своего времени) были определены размеры земного шара.

Исследования знаменитого астронома Гиппарха (II в. до н. э.) открывают новую эру в истории греческой астрономии. Прежде всего, с целью облегчения вычислений, он составляет таблицы хорд, выраженные в частях радиуса. Для этого он вычисляет стороны правильных трех-, четырех-, пяти-, шести- и десятиугольников. Пробелы им были впоследствии заполнены при помощи интерполяции.

Им составлен также звездный каталог, в котором довольно точно для своего времени определено положение 1022 звезд; им же установлено первое неравенство лунного движения, происходящее от эксцентричности лунной орбиты; дает теорию движения Солнца, теорию затмений; вводит в географию определение положения мест на поверхности земного шара по географическим координатам — широтам и долготам.

Наконец, спустя 300 лет здание греческой астрономической мысли завершается исследованиями знаменитого греческого астронома Клавдия Птолемея, жившего в первой половине II в. н. э. Птолемей подверг весьма обстоятельному критическому разбору результаты астрономических работ как предшественников, так и современников в своем знаменитом труде «Великое собрание» или «Великое построение», более известном в арабской передаче «Альмагест», который сыграл большую роль в истории астрономии и пользовался в ученых кругах огромным авторитетом вплоть до Галилея и Кеплера. В этом сочинении, представляющем энциклопедию астрономических знаний того времени и состоящем из 13 книг, между прочим содержится: господствовавшая в те времена геоцентрическая система мира, согласно которой Земля есть неподвижный шар, находящийся в центре вселенной; теория движения Солнца и Луны; предвычисление затмений; теория движения планет; описание всех известных грекам 48 созвездий, обнимающих в совокупности 1022 звезды; таблицы хорд, соответствующих дугам 0°—180°, разнящимся между собой на $^1/_2$°; своего рода тригонометрия, главным образом сферическая, основные положения которой, относящиеся к прямоугольному сферическому треугольнику, выведены на основании известной формулы Менелая.

Сравнивая наблюденные положения Луны относительно Солнца и апогея с вычислениями Гиппарха, Птолемей обнаружил, что в эпохи полнолуния и новолуния наблюдается значительное совпадение, в то время как в эпохи полулуния имеют место большие уклонения. Исследование этого явления привело Птолемея к важнейшему открытию — так называемой эвекции.[3]

Еще Аполлоний из Перги (вторая половина III в. до н. э.) указывал на возможность изображения движения планет при помощи равномерного движения так называемых вторичных кругов, или эпициклов.[4] Но только Птолемей весьма обстоятельно разработал этот метод, показав, как путем подходящего выбора радиусов кругов, соответствующего подбора скоростей их обращения, а также наклона к эклиптике можно с достаточно большой точностью воспроизвести движения планет.

Согласно этой системе Птолемея, все планеты равномерно движутся по кругам, называемым эпициклами, центры которых в то же время с постоянной скоростью скользят по окружности другого, гораздо большего круга — деферента. Но так как простые эпициклы оказались недостаточными для объяснения всех аномалий планетных движений, то Птолемей был вынужден придумать еще более сложные и путаные схемы.

В основе системы мира Птолемея лежит та же мысль, что и у Аристотеля: шарообразная Земля неподвижно стоит в центре вселенной, которая ограничена небесной сферой, а эта последняя, вместе с находящимися на ней неподвижными звездами, совершает суточное движение. Далее, вокруг Земли по порядку обращаются: Луна, Меркурий, Венера, Солнце, Марс, Юпитер и Сатурн. При этом Птолемей исходил из следующего соображения: чем медленнее движение планеты, тем дальше она от Земли.

[3] Эвекция — одно из трех главных периодических неравенств лунной долготы.

[4] В известной мере и Гиппарх пользовался эпициклами.

Великим трудом Птолемея и заканчивается период греческой астрономии. Наступает долгий, многовековой период застоя, обусловленный, с одной стороны, идеологической борьбой христианской церкви, а с другой — так называемым великим переселением народов и его спутниками: голодом, эпидемиями и тому подобными народными бедствиями.

Развитие науки вообще, астрономии в частности определяется развитием производительных сил и производственных отношений. Однако в результате воздействия церкви и войны была потрясена вся материальная основа древней культуры. Почти прекращается развитие науки в Европе, где с течением времени люди опять возвращаются к прежним представлениям о Земле как плоском теле, окруженном плоским океаном, по ту сторону которого царит вечный мрак. Европа покрывается мраком невежества.

После полного упадка и длительного периода застоя науки в Западной Европе (на протяжении почти шести веков) она вновь получает свое развитие на новой почве — на Востоке, преимущественно в Средней Азии.

Таким образом, *в то время как культурное развитие Западной Европы находилось еще на крайне низком уровне, здесь — в Средней Азии развиваются культура и наука, в особенности астрономия и математика.*

На протяжении семи веков можно насчитать более ста среднеазиатских астрономов и математиков — узбеков, таджиков, туркмен и др., которые своими трудами обогатили сокровищницу мировой науки. Характерная черта астрономов мусульманского Востока заключается в том, что они главным образом разрабатывали наблюдательную астрономию. Составлялись астрономические таблицы, каталоги звезд, трактаты и т. д. Обсерватории в Мераге, Самарканде, Багдаде и других городах были оборудованы прекрасными для того времени инструментами; здесь были достигнуты большие успехи в конструировании и изготовлении различных приборов и механизмов, в частности астролябий, небесных глобусов, солнечных и водяных часов и т. д.

Главное ядро Багдадской астрономической обсерватории состояло из среднеазиатских ученых, в том числе знаменитых астрономов Ахмед-ал-Фергани, Мухамед-бин-Муса ал-Хорезми, Аббас-бин-Саид ал-Джаухари, Ахмед-бин-Абдулла ал-Мервази и др.

В частности, именно здесь ал-Хорезми, подвергнув всестороннему анализу индусские астрономические таблицы, обработал их по данным новых наблюдений. Составленный им «Зидж» (астрономические таблицы) был весьма распространен в течение двух столетий. Им же были составлены «Трактат по астролябии», «Трактат о солнечных часах» и т. д.

Об алгебраическом трактате ал-Хорезми («Хисаб-алджебр вал-мукабала»), о его огромной роли в истории развития точных наук было сказано выше. Трактат был написан по предложению халифа ал-Ма'муна, выбор которого, конечно, не случайно пал на ал-Хорезми, как на крупного алгебраиста своего времени. Сочинение в основном посвящено решению уравнений первой и второй степени; изложение — довольно своеобразное; например, неизвестное уравнения называется «вещью» или корнем, а его квадрат — «имуществом» и т. д. Ал-Хорезми различает шесть типов уравнений:

$$ax^2 = bx, \quad ax^2 = c, \quad bx = c,$$

$$x^2 + bx = c, \quad x^2 + c = bx, \quad x^2 = bx + c.$$

Для решения подобных уравнений им предложен метод «алджебр вал-мукабала», что значит: метод «восстановления и сопоставления». Под первым словом подразумевается перенесение вычитаемых членов из одной части в другую часть уравнения, а под вторым — отбрасывание от обеих частей уравнения равных членов. Например, уравнение

$$x^2 + 3x - 5 = 7x$$

посредством операции «алджебр» примет вид:

$$x^2 + 3x = 7x + 5,$$

а это уравнение после операции «вал-мукабала» приводится к виду

$$x^2 = 4x + 5.$$

Для уравнения $x^2 + c = bx$ ал-Хорезми дает решение:

$$x = \frac{b}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 - c},$$

упоминая при этом, что решение задачи невозможно в случае, если

$$c > \left(\frac{b}{2}\right)^2.$$

Введение операции «алджебр» можно объяснить следующим образом. Во-первых, в те времена признавали лишь положительные величины, а эта операция давала возможность добиться того, чтобы обе стороны уравнения оставались положительными. С другой стороны, при помощи этой операции добывались сведения данного уравнения к канонической форме, т. е. к одному из основных типов, что более вероятно. Во всяком случае — прием весьма остроумный.

Кроме общих решений (уравнений второй степени) в геометрической форме, ал-Хорезми дает и ряд числовых примеров, в то время как Эвклид, как известно, ограничивается только общими геометрическими решениями, а Диофант вообще не доказывает предложенное им решение. Что же касается Герона, то он дает лишь отдельные числовые приложения.

Таким образом, главная заслуга ал-Хорезми заключается в том, что он прежние приемы, рассматриваемые каждый раз применительно к отдельной конкретной задаче, абстрагируя, обобщает в виде определенного метода.[4a]

Далее необходимо отметить, что у ал-Хорезми для числа π встречается не только $\frac{22}{7}$, как у Архимеда, или более грубое приближение $\sqrt{10}$, как у индусов, но и значение более высокой точности, а именно: 3.1416 (вероятно греческого происхождения).

[4a] То обстоятельство, что с решениями уравнений второй и даже третьей степени с одним неизвестным вавилоняне были знакомы еще за 2500 лет до нашей эры, отнюдь не умаляет огромной роли ал-Хорезми в истории мировой науки.

Наконец, отметим следующие два обстоятельства, свидетельствующие о широкой популярности и влиянии сочинения ал-Хорезми среди математиков Западной Европы. Во-первых, переводчик сочинения ал-Хорезми на латинский язык передал имя автора как «Альгоритми», откуда и произошел математический термин «алгорифм», означающий определенный способ вычисления. Во-вторых, современный термин «алгебра», получивший всеобщее признание, также является искажением термина «алджебр».

Заслуживают внимания работы вышеупомянутого астронома ферганца — Ахмед-бин-Мухаммед ал-Фергани. Как сказано, его капитальный труд «Начала астрономии» принадлежит к числу превосходных сочинений той эпохи, являясь своего рода астрономической энциклопедией. В этом труде помимо систематического изложения астрономических познаний того времени, ал-Фергани стремится улучшить приемы своих предшественников, в том числе Птолемея, подвергая критике ряд высказываний последнего. Им же даны описания астрономических инструментов, а также солнечных часов. Работа ал-Фергани, переведенная на латинский и древнееврейский языки, еще в середине XV в. была широко известна в Европе.

В 827 г. было осуществлено одно из грандиозных мероприятий в истории науки, а именно измерение градуса для определения размеров Земли (в долине Сеннаар, Месопотамия). Работа велась под непосредственным руководством астрономов Халид-бин Абдул-Мелика и Али-бин-Иса. В отличие от способа Эратосфена, измерение производилось при помощи измерительного шнура в направлении меридиана. Длина градуса меридиана была определена первый раз в 56, а второй раз в $56^2/_3$ арабских мили, откуда для окружности Земли получается 40 700 км, что близко к действительности. Необходимо отметить, что, независимо от степени точности, самый факт непосредственного измерения, как смелое, грандиозное предприятие, имеет огромное научное значение.

Крупнейший астроном ал-Баттани (850—929), ведший наблюдения в Дамасской обсерватории, исправил астрономические вычисления своих предшественников — Гиппарха и Птолемея. Проверяя солнечную теорию Гиппарха, он нашел для долготы апогея 82° 14′ (вместо 66° по Гиппарху) и для эксцентриситета $^1/_{58}$ (вместе $^1/_{24}$), совершенно правильно объясняя эту разницу вращением так называемой линии апсид при вращении Солнца. Он же в 880 г. определил угловой диаметр Луны в 32′ 25″, в 890 г.— наклон эклиптики к экватору в 23° 35′ 41″, а в 920 г.— угловой диаметр Солнца в 32′ 28″.

Заслуживают внимания работы знаменитого среднеазиатского астронома и математика, уроженца Хоросана, Абу-ль-Вафы (940—998), автора капитального труда по астрономии, пользовавшегося славой наравне с «Альмагестом» Птолемея. Этот труд явился результатом многочисленных наблюдений автора на Багдадской обсерватории и критического изучения работ предшественников. В сочинении Абу-ль-Вафы изложены основы плоской и сферической тригонометрии, теории движения небесных светил. Абу-ль-Вафа составил таблицы синусов через каждые 10′, а также таблицы тангенсов. По всей вероятности, ему принадлежит установление теоремы о пропорциональности в сферическом треугольнике синусов сторон синусам противолежащих углов. Им же составлены комментарии на сочинения Эвклида и Диофанта.

Но наиболее замечательны исследования Абу-ль-Вафы в области теории движения Луны. Как указано выше, во II в. до н. э. Гиппархом было открыто так называемое первое неравенство лунного движения, происходящее от эксцентричности лунной орбиты (уравнение центра), а Птолемеем — второе неравенство, эвекция. Абу-ль-Вафа, сравнивая свои наблюдения с наблюдениями, произведенными в обсерватории ал-Ма'муна и таблицами Птолемея, открыл третью важнейшую неправильность в движении Луны, так называемую вариацию.

Ученик Абу-ль-Вафы — ибн-Юнус (950—1009), работавший в Каирской обсерватории, составил ряд астрономических и математических таблиц, среди которых наиболее известны его «Гакемитские таблицы»[5] — таблицы Луны, Солнца и планет. В этих таблицах, служивших образцом в течение двух веков, изложены как собственные наблюдения ибн-Юнуса, так и наблюдения предшествовавших ему древних астрономов Востока. Он исправил числовые величины наклонности эклиптики к экватору и прецессии, оставшиеся неизменными со времен Птолемея, и первый предложил способ решения треугольников при помощи введения вспомогательных углов.

Упомянутый нами в первой главе настоящей работы знаменитый ученый хорезмиец X—XI вв. ал-Бируни оставил более 30 работ по астрономии: «Ключ к астрономии», «Исследование движения Солнца», «Трактат о Луне», «Мас'удовы таблицы» (иногда называемый «Мас'удов канон»), «Трактат об астролябии», «Трактат о планисфере» и др.

Среди этих работ заслуживают особого внимания «Мас' удовы таблицы» — своего рода астрономическая энциклопедия того времени.

В этом труде изложен оригинальный и весьма простой метод, примененный ал-Бируни для определения размеров земного шара. С этой целью он поднялся в Индии на гору, возвышающуюся над морем на 652 локтя, и отсюда измерил угол, образованный лучом зрения, направленным к горизонту, с его плоскостью. По этому углу, оказавшемуся равным 34′, и высоте горы ал-Бируни вычислил радиус Земли, а следовательно, и ее окружность — 41 550 км (в переводе на современные единицы). Неточность вычисления объясняется выбором колеблющейся меры длины (локтя). Но в данном случае, независимо от результата измерения, здесь важна и ценна сама идея предложенного ал-Бируни метода. Этот метод в переводе на язык современной математической символики имеет следующий вид (рис. 25):

$$r = (r + h)\cos\alpha,$$

[5] Гакем (собств. — хаким) — халиф, царствовавший в X в.

откуда

$$r = \frac{h \cos \alpha}{1 - \cos \alpha},$$

где h — высота горы, α — измеренный угол, r — радиус Земли.

Выше было сказано, что ал-Бируни всю жизнь провел в скитаниях. По всей вероятности, боязнью преследования объясняется нерешительность его высказываний по вопросу гелиоцентрической системы мира. «Вращение Земли,— говорит ал-Бируни,— ни в какой мере не нарушит астрономических выкладок, ибо все астрономические признаки могут быть столь же хорошо сохранены как в одной теории, так и в другой... Вопрос этот очень трудно разрешить». Но наряду с этим весьма характерно отношение ал-Бируни к астрологии, несмотря на огромную роль, которую она играла в те времена.

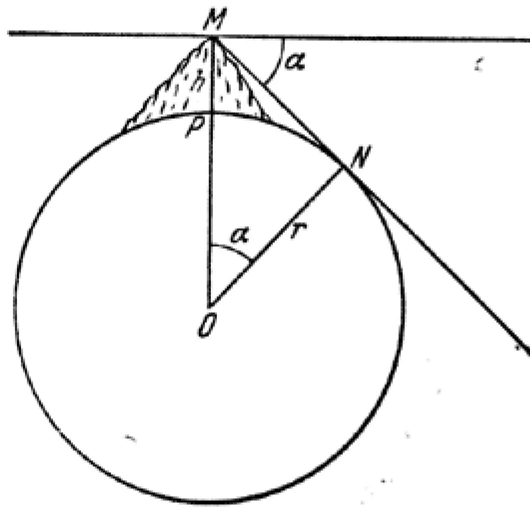


Рис. 25.

«Однажды,— говорит ал-Бируни,— я увидел одного человека, который считал себя знаменитым и ученейшим в искусстве предсказания по звездам. Поскольку он желал получить результаты того, что предопределяют звезды, он искренне верил, по своему невежеству, в сочетание светил и искал в их связи результаты воздействия на человека и события».

В своей «Хронологии древних народов Востока» ал-Бируни нашел сумму:

$$1 + 2 + 2^2 + 2^3 + \ldots + 2^{63} = (((16^2)^2)^2)^2 - 1 =$$
$$= 18\,446\,744\,073\,709\,551\,615,$$

пользуясь для вычисления двумя правилами:

$$1)\ (2^n)^2 = 2^{2n} \text{ и } 2)\ 1 + 2 + 2^2 + 2^3 + \ldots + 2^{n-1} = 2^n - 1.$$

Заслуживает внимания предложение уже упоминавшегося математика и астронома X в. Абу-Махмуд-хана ал-Ходженди (уроженца Ходжента, ныне — Ленинабада) о том, что уравнение

$$x^3 + y^3 = z^3$$

не имеет рациональных решений. Ему же принадлежит изобретение оригинального секстанта «Судси Фахри», о котором речь будет дальше.

Важны работы знаменитого среднеазиатского ученого и поэта Омар-Хайяма (1017—1123) в области точных наук. Будучи придворным астрономом при сельджукидском султане Мелик-шахе, он в 1074 г. по поручению последнего возглавил в Мерве комиссию математиков и астрономов, которая произвела коренную реформу солнечного календаря, положив в его основу цикл в 33 года (из них 8 високосных). В этом календаре средняя продолжительность года 365.24242 дня. Степень точности календаря можно видеть из того, что его ошибка в течение 4500 лет составляет лишь одни сутки. Следовательно, этот календарь значительно точнее календаря нового стиля.

Крупнейшим математическим сочинением Омар-Хайяма является его «Алгебра», арабский текст которой с французским переводом и комментариями был издан (Woepcke) в Париже в 1851 г. Хайям в своей работе подробно рассматривает решение линейных и квадратных уравнений и геометрическое построение корней кубического уравнения. Разбивая кубические уравнения на классы и рассматривая каждый класс в отдельности, он показывает, как решается задача посредством конических сечений.

В лице Омар-Хайяма заслуга среднеазиатских ученых заключается в том, что ими систематически, более подробно, разработана теория построения этих корней.

Но замечательнее всего то, что благодаря именно работам среднеазиатских ученых на Востоке алгебра впервые выделяется в особую математическую науку.

Забегая несколько вперед. скажем, что одно из замечательных достижений самаркандской школы астрономов заключается в решении кубического уравнения вида

$$x^3 + ax + b = 0$$

оригинальным методом последовательных приближений, который будет показан в третьей главе настоящей работы.

Внук Чингиз-хана, Хулагу-хан, в 1258 г. завоевал Багдад, тем самым положив конец владычеству халифов. Через год, по настоянию знаменитого астронома Насир-ад-дина Туси (1201—1274), состоявшего советником Хулагу-хана, в древней столице Азербайджана — Мераге была сооружена астрономическая обсерватория. Она была оборудована инструментами высокого качества, укомплектована штатом астрономов и обеспечена специальной научной библиотекой. Возглавлял обсерваторию сам Насир-ад-дин, систематически ведший в ней наблюдения. В результате наблюдений над неподвижными звездами им была определена прецессия в 51″ с точностью до одной секунды. Насир-ад-дин со своими помощниками комментировал почти все основные астрономические работы того времени, а также написал оригинальный трактат по астрономии. Наконец, заслуживают внимания работы Насир-ад-дина по плоской и сферической тригонометрии. В своем сочинении, озаглавленном «Трактат о четырехстороннике», им предложены решения довольно сложных задач сферической тригонометрии, исходя из полного четырехсторонника Менелая. Итогом двенадцатилетних работ школы Насир-ад-дина явилось обнародование так называемых «Ильханских таблиц»[6] звезд и планет.

Таковы в общем основные достижения точных наук вообще и астрономической в частности до Улугбека. Касаясь деятельности среднеазиатских астрономов, мы пытались только в общих чертах дать представление об их творчестве, ибо более

---

[6] Ильхан — титул первых монгольских царей в Иране.

или менее подробное освещение этого вопроса (на основе рукописей) составляет особую задачу — задачу специального исследования.

2. Некоторые предпосылки к зарождению астрономической школы Улугбека

Официальной историографии ничего не известно относительно образования Улугбека за исключением того, что первой воспитательницей Улугбека была старшая жена Тимура — Сарай-Мульк-ханым, а с 1405 г. по 1411 г. он находился под опекой эмира Шах-Мелика. Едва ли они могли дать Улугбеку что-нибудь существенное в смысле образования, так как сами не обладали достаточными познаниями. Поэтому в этом вопросе нам отстается лишь строить более или менее вероятные гипотезы.

Большую роль в пробуждении жажды молодого ума к знанию сыграли, несомненно, путешествия, которые совершал Улугбек в юности, и постоянное общение с культурными людьми той эпохи. Достаточно вспомнить частые посещения Улугбеком Герата и то, что́ представлял из себя Герат в ту эпоху в культурном отношении.

Далее, отец Улугбека, Шахрух, был известен как страстный любитель книг, в особенности редких. Собирая со всех концов мира книги и приобретая за любую цену уникальные рукописи, Шахрух создал богатейшую библиотеку. Эта библиотека, безусловно, также способствовала расширению умственного кругозора Улугбека, ибо бо́льшую часть своего времени он проводил в чтении.

Улугбек, несомненно, был знаком с классическими трудами греческих ученых—Платона, Аристотеля, Гиппарха, Птолемея—и прекрасно знал труды своих соотечественников—ал-Фергани, ал-Фараби, ал-Бируни, Абу-Али-ибн-Сины, Мухамед-ибн-Муса ал-Хорезми и др.

Личные способности, превосходная память и постепенное накопление знаний привели к тому, что у Улугбека развились

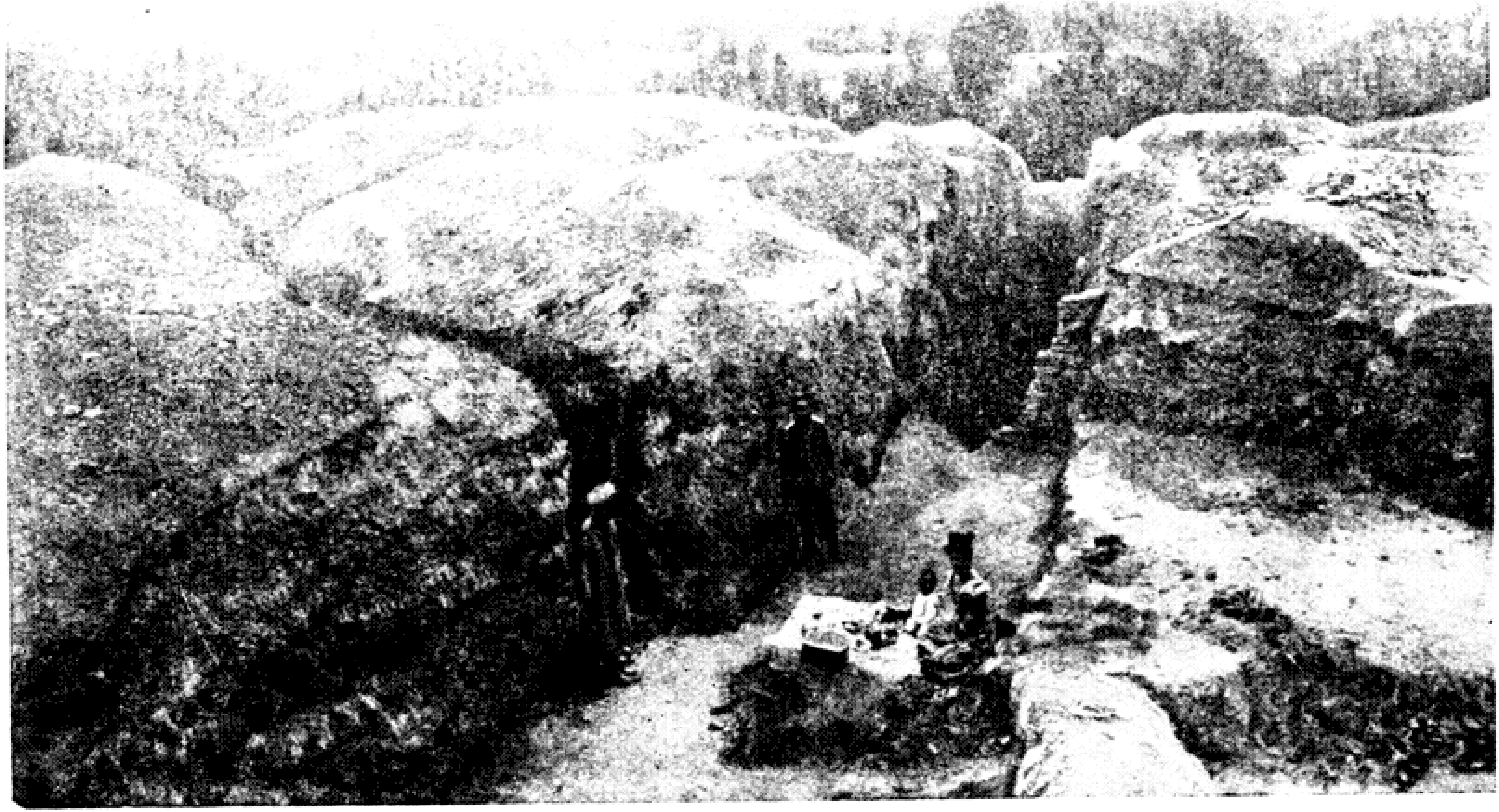


***Рис.** 26*. Обсерватория Улугбека. Общий вид раскопок 1908 г.
(*В. Л. Вяткин*)

вкус и стремление к науке. В результате дальнейших углубленных занятий и систематической упорной работы над собой Улугбек приобрел огромную эрудицию, опередив многих своих современников. Таким образом, духовной пищей Улугбека было главным образом культурное наследие предков — древних народов Средней Азии.

Развитие точных наук в ту эпоху, наличие прекрасных сочинений в этой области и, наконец, общение Улугбека с виднейшими астрономами и математиками главным образом и определили направление научной деятельности Улугбека.

В эпоху Улугбека жили и творили такие представители науки, литературы и искусства, как историк Лутфулла Хафизи Абру (ум. в 1431 г.), автор замечательного произведения «Сливки летописей»; Али бин-Мухаммед Джурджани (ум. в 1413 г.), автор известного философско-суфийского трактата («Ат-тарифати Джурджани»); знаменитый медик Мауляна Нафис; лирические поэты Сира-джуддин Бисати-йи Самарканди (ум. в 1412 г.), Хэяли-йи Бухари (ум. в 1449 г.), Бадахши, Дурбек, автор поэмы «Юсуф и Зулейха», написанной в 1409—1410 гг., Секкаки (ум. в 1465 или в 1468 г.), основоположник жанра касиды, и др. В Самарканде жили знаменитые каллиграфы Абдурахман Хорезми и два его сына Абдурахим и Абдулкарим, которыми созданы замечательные виды искусства каллиграфии и новые формы необычайно изящного почерка, и поныне украшающие всякого рода древние памятники (рукописи, резьбу по дереву, мрамору, металлу и т. д.).

Над художественным оформлением книг работали талантливые художники-миниатюристы, создавшие замечательную самаркандскую школу живописи.

С другой стороны, *уровень культуры широких народных масс был весьма низок*. Великие ученые, преследуемые реакционным духовенством, боялись обнародовать свои идеи. Им приходилось работать в обстановке гонений, среди тягчайших страданий. И тем не менее, *то тут, то там, как метеоры, появлялись отдельные народные таланты. Лучшие сыны народа, несмотря ни на что, боролись за истину, трудились*

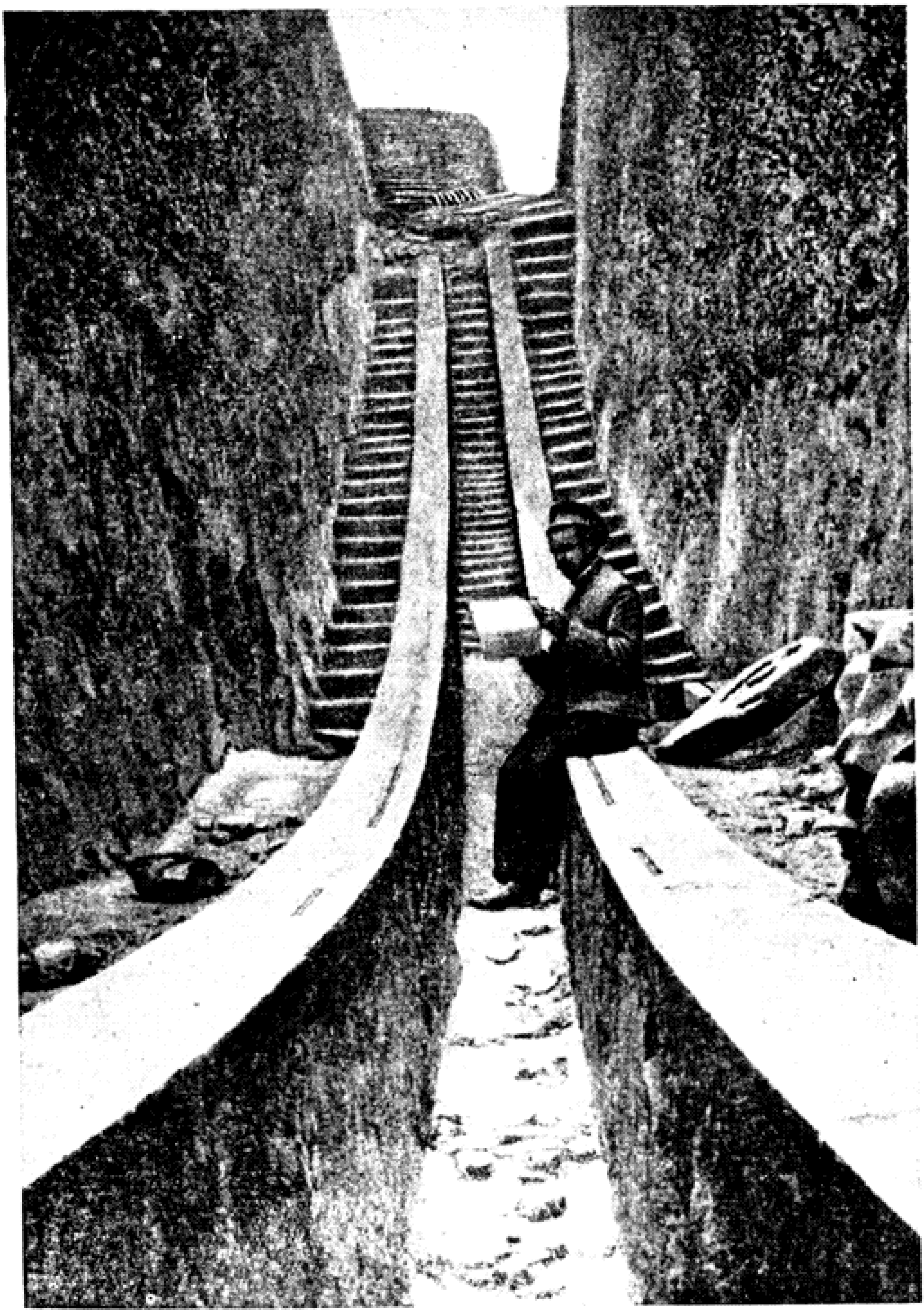


Рис. 27. Обсерватория Улугбека. Вид откопанного главного инструмента в 1908 г.

и творили, внося свой вклад в сокровищницу мировой культуры.

Развитие науки и культуры приводит Улугбека к решению о создании новой высшей школы — центра научной мысли тогдашнего Востока. В 1417 г. он приступает к строительству вышеупомянутого медресе в Самарканде, которое было закончено через три года.

Улугбек сам лично занимался подбором и укомплектованием штата медресе из числа лучших ученых. Первыми преподавателями медресе были мауляна Мухаммед-Хавафи, прочитавший вступительную лекцию в день открытия медресе, и знаменитый математик и астроном Салахуддин-Муса-бин-Махмуд (Казы-Задэ). За чрезвычайную ученость современники называли его «Афлотуни замон», т. е. «Платон своей эпохи». Он похоронен в Самарканде, где над его могилой, по распоряжению Улугбека, высоко ценившего Казы-Задэ, воздвигнут мавзолей, находящийся вблизи группы мавзолеев «Шахи-Зинда».

Ведущую роль в истории школы Улугбека играл крупный астроном и математик Гияс-ад-дин Джемшид бин-Мас'уд. Им еще в 1416 г. был написан трактат об астрономических инструментах, из которых, как увидим далее, многие оказались в обсерватории Улугбека. Он же является автором ряда математических и астрономических работ, о которых речь будет дальше.

Видными астрономами рассматриваемой школы были также Муин-ад-дин, его сын Мансур-Каши и ученик последнего — Али-ибн-Мухаммед Бирджанди, комментатор трудов Улугбека.

Далее следует упомянуть комментатора трудов Улугбека, талантливого ученика Казы-Задэ и Улугбека, математика и астронома, самаркандца Ала-ад-дина Али ибн-Мухаммед Кушчи, прозванного «Птолемеем своей эпохи». Он состоял в штате придворной охоты, почему и носил чин «кушчи» («сокольничий»). Али Кушчи был одним из ближайших помощников Улугбека в его научной работе. Наконец, заслуживает внимания, как представитель рассматриваемой школы, комментатор трудов Улугбека, внук Казы-Задэ — Мерием Челеби. В заключение необходимо отметить, что, наряду с другими преподавателями медресе, и сам Улугбек читал лекции по астрономии.

Как видим, фигура Улугбека была окружена представителями литературы, поэзии, искусства и науки, среди которых астрономия занимала ведущее, почетное место. При непосредственном активном участии и руководстве Улугбека научная работа успешно развивалась. Систематические занятия по астрономии неизбежно приводили к соответствующим наблюдениям и простейшим астрономическим измерениям, очевидно при помощи таких инструментов, как астролябия, параллактические линейки, солнечные часы и т. д.

Таким образом, постепенно, в результате систематических астрономических занятий и наблюдений, при медресе Улугбека образовалась простейшая астрономическая площадка, которая явилась необходимой предпосылкой для сооружения обсерватории Улугбека.

3. О мировоззрении Улугбека

Развитие науки определяется развитием производительных сил и производственных отношений на данном историческом этапе, так как «совокупность этих производственных отношений составляет экономическую структуру общества, реальный базис, на котором возвышается юридическая и политическая надстройка и которому соответствуют определенные формы общественного сознания. Способ производства материальной жизни обусловливает социальный, политический и духовный процессы жизни вообще».[7]

Развитие науки органически связано со всем социальным процессом развития человечества: *она неизбежно носит на себе черты и особенности той эпохи, которой она питается*; она принимает отпечаток социального уклада данной эпохи.

---

[7] К. Маркс. Предисловие к «К критике политической экономии». Госполитиздат, 1949, стр. 7.

Но господствовавшее мировоззрение средних веков было *теологическим* — все явления природы и все отношения в обществе рассматривались как проявление божественной воли. «Догматы церкви,— пишут Маркс и Энгельс,— были одновременно и политическими аксиомами... Это верховное господство богословия во всех областях умственной деятельности было в то же время необходимым следствием того, что церковь являлась наивысшим обобщением и санкцией существующего феодального строя».[8] Это положение полностью относится и к средневековой Средней Азии.

Официальная идеология основывалась на догмах ислама, согласно которым все в мире предопределено. Невежество, в котором держали народ господствовавшие классы, духовенство, служило почвой для процветания суеверий. Страх перед адом, надежда на блаженство «в том мире» («бихиште») играли огромную роль в формировании мировоззрения трудящихся. Всякое учение, противоречащее исламу, считалось ересью и сурово преследовалось. Вот почему ученые в творческой работе порой были вынуждены, хотя бы с внешней стороны, подчиняться догматике ислама, а их произведения принимали тот или иной религиозный покров.

В основе астрономических работ школы Улугбека лежит геоцентрическая система мира (см. гл. IV), хотя имеются некоторые основания предполагать, что гелиоцентрический взгляд не был чужд его школе.

Выше мы приводили высказывание ал-Бируни по вопросу о гелиоцентрической системе. Несомненно, они были известны передовой для своего времени школе Улугбека. Но ал-Бируни в данном случае высказывался не совсем решительно (вернее, весьма осторожно) из-за боязни преследования со стороны мракобесов. Аналогичное явление имело место и в отношении астрономической школы Улугбека. Так, один из видных представителей школы, Мерием Челеби, при анализе вопроса о движении планет писал: «Точкой, наиболее удобной для того,

---

[8] К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. VIII, стр. 128.

чтобы можно было относить к ней сложное движение, является не Земля как центр мира; однако обычно его относят именно к этому центру», — а это и есть не что иное, как осторожный намек на гелиоцентрическую систему мира.

Разумеется, ни ал-Бируни, ни Улугбек иначе и не могли поступать. Передовые ученые тех времен, будучи вынуждены обосновать необходимость изучения небесных тел, всячески пытались доказать, что оно не только не чуждо религии, а наоборот, дает возможность правильно определять время для исполнения различных религиозных обрядов и преследует практические цели. Вот, например, что пишет ибн-Юнус в предисловии к своим астрономическим таблицам: «Изучение небесных тел не чуждо религии. Одно это изучение позволяет узнать часы молитвы, время восхода зари, когда собирающийся поститься должен воздержаться от пищи и питья, конец вечерних сумерек, предел обетов и религиозных обязательств, время затмений, о которых нужно знать заранее, чтобы приготовиться к молитве, которую следует совершать в таких случаях. Это изучение необходимо, чтобы поворачиваться во время молитвы к Каабе, чтобы определить начало месяца, чтобы знать некоторые сомнительные дни, время посева, роста деревьев, сбора плодов, положение одного места по отношению к другому и чтобы находить направление, не сбиваясь с пути».[9]

Таким образом, то обстоятельство, что школа Улугбека формально придерживалась геоцентрической системы мира,— явление, вполне закономерное для своей эпохи.

Поэтому подлинные научные достижения передовых ученых вообще и Улугбека в частности отнюдь не умаляются тем, что им зачастую давалось религиозное толкование.

Возможно, что в отношении религии Улугбек в известной мере принадлежал к числу свободомыслящих. Чрезвычайно знаменателен следующий факт. В столице его отца, Герате, проживал известный мистик, шейх Касим-и Анвар, выходец из

[9] Цит. по переводу академика И. Ю. Крачковского «Математическая география у арабов», Сб. «Научное наследство», М.—Л., 1948, стр. 664.

Азербайджана, в молодости весьма близкий к крайним мусульманским еретикам — хуруфитам. Касим-и Анвар приобрел такую популярность в массах, что Шахрух и его окружение в глазах народа оказались на втором плане. В феврале 1427 г. в гератской соборной мечети Шахрух был тяжело ранен неким Ахмед-луром. Так как последний, как было установлено, был вхож к Касим-и Анвару, то возникло подозрение, что шейх был причастен к заговору против Шахруха. Но, повидимому, из-за опасения народного возмущения в случае казни Касим-и Анвара его только изгнали из Герата. Шейх отправился в Самарканд, где встретил весьма радушный прием со стороны Улугбека и стал его близким человеком. Каковы были религиозно-философские идеи Касим-и Анвара, представление об этом может дать лишь детальное изучение оставленных им произведений, но во всяком случае любопытно свидетельство знаменитого поэта Джами (ум. в 1492 г.), хорошо помнившего эпоху Улугбека, ибо он в молодости учился в Самарканде. По словам Джами, *ученики Касим-и Анвара, которых он часто видел и слышал, производили впечатление отступников от ислама и ни во что не ставили шариат.*[10] В связи с этим вполне естественным кажется сближение Улугбека с таким еретиком-философом, каким был Касим-и Анвар; весьма возможно, что в их идеях было нечто общее, что способствовало установлению между ними столь тесной связи.

С другой стороны, увлечение Улугбека наукой и его выдающиеся достижения в астрономии, шедшие вразрез с омертвевшими догмами религии, прогрессивно влияя на его мировоззрение, в то же время не способствовали его авторитету как правителя, и духовенство и самаркандское дервишество всячески стремились дискредитировать Улугбека в глазах народа, указывая на его ересь.

Короче говоря, «XV в. был для Средней Азии временем борьбы двух миросозерцаний; представителем одного был внук Тимура Улугбек, сорок лет правивший в бывшей столице Ти-

---

[10] Хондемир حبيب السير т. III, ч. 3. Тегеран, 1854, стр. 199—200 и 211, Джами نفحات الانس Калькутта, 1858, стр. 690.

мура, Самарканде; представителем другого — его младший современник, дервиш из ордена накшбандиев, Ходжа Ахрар, через два года после смерти Улугбека воспользовавшийся своим религиозным авторитетом для захвата политической власти и, тоже в течение сорока лет, правивший страной через подставных лиц из действительных или мнимых потомков Тимура».[11]

Не раз имели место выпады и упреки по адресу Улугбека со стороны шейхов за отступления от правил шариата, но Улугбек смело парировал эти нападения, оставаясь твердым, последовательным и принципиальным. Так, например, однажды во время пира во двор Улугбека явился мухтасиб Сейид-Ашик и обратился к Улугбеку со словами: «Ты уничтожил веру Мухаммеда и ввел обычаи кафиров (неверных)»,[12] на что Улугбек спокойно и решительно дал понять о неизменности избранного им пути. О Сейид-Ашике Ходжа Ахрар отзывался весьма лестно, как о необычайно искусном проповеднике, сравнивая его с Моисеем. Однажды Сейид-Ашик во время своей проповеди, произнесенной в Самарканде, «в резких выражениях говорил наставление мирзе Улугбеку. Последний спросил: «Скажите, Сейид, кто хуже — я или Фараон?» Сейид отвечал: «Фараон хуже». Мирза опять спросил: «Теперь скажите, кто лучше — Моисей или вы?» Сейид отвечал: «Моисей лучше». После этого мирза обратился к нему с вопросом: «Если господь приказал Моисею не говорить с Фараоном в грубых выражениях и даже (сказал) «скажи ему мягко», почему же вы, который хуже Моисея, говорите мне, который лучше Фараона, таким грубым образом?» Сейид не нашелся ответить и принужден был замолчать».[13]

---

[11] В. В. Бартольд. Улугбек и Ходжа Ахрар, «Записки Восточного отделения Русск. археолог. об-ва», т. XXIII, П., 1916, стр. VII.

[12] Хондемира حبيب السير т. III, Бомбей, 1847, стр. 148.

[13] Абу-Тахир Ходжа. Самария, стр. 191.

4. Обсерватория Улугбека

Среди преподаваемых в медресе Улугбека дисциплин, как мы уже говорили, одно из видных мест занимала астрономия. Успешная учебная и научная деятельность возглавляемой Улугбеком группы астрономов привела его к мысли создать образцовую обсерваторию, оборудованную более точными инструментами, чем существовавшие до этого времени. Эта идея была им блестяще осуществлена через четыре года после основания вышеупомянутого медресе, когда необходимые подготовительные работы уже были проделаны. Об этом свидетельствуют исторические источники. «Через четыре года после основания медресе Мирза Улубгек, по совещании с Казы-Задэ Руми, мауляна Гияс-ад-дин-Джемшидом и мауляна Муин-ад-дин-Каши, воздвиг у подошвы Кухака, на берегу арыка Аб-и Рахмат здание обсерватории, вокруг которой построил высокие худжры, а у подошвы холма обсерватории разбил прекрасный сад, где и проводил бóльшую часть своего времени».[14] Точно так же, согласно Бабуру, «у подошвы Кухака Мирза Улугбек воздвиг огромной высоты трехэтажное здание обсерватории для составления астрономических таблиц» («Бабур-нама»). При этом заметим, что обсерватория, выстроенная в 1259 г. в Мераге Насир ад-дином Туси, уже в первой половине XIV в. лежала в развалинах.

Однако несмотря на подобные указания, долгое время точное местонахождение обсерватории Углугбека оставалось неизвестным. Лишь в 1908 г. самаркандскому археологу В. Л. Вяткину удалось обнаружить из-под развалин ее остатки. Открытие это было сделано благодаря точным указаниям, обнаруженным В. Л. Вяткиным при разборе одного вакуфного документа середины XVII в., в котором «в числе описанных границ земельного участка,— говорит В. Л. Вяткин,— указан холм обсерватории («тал-и-расад») и известные в настоящее время под теми же названиями арык Аб-и Рахмат и местность

---

[14] Абу-Тахир Ходжа. Самария, стр. 170.

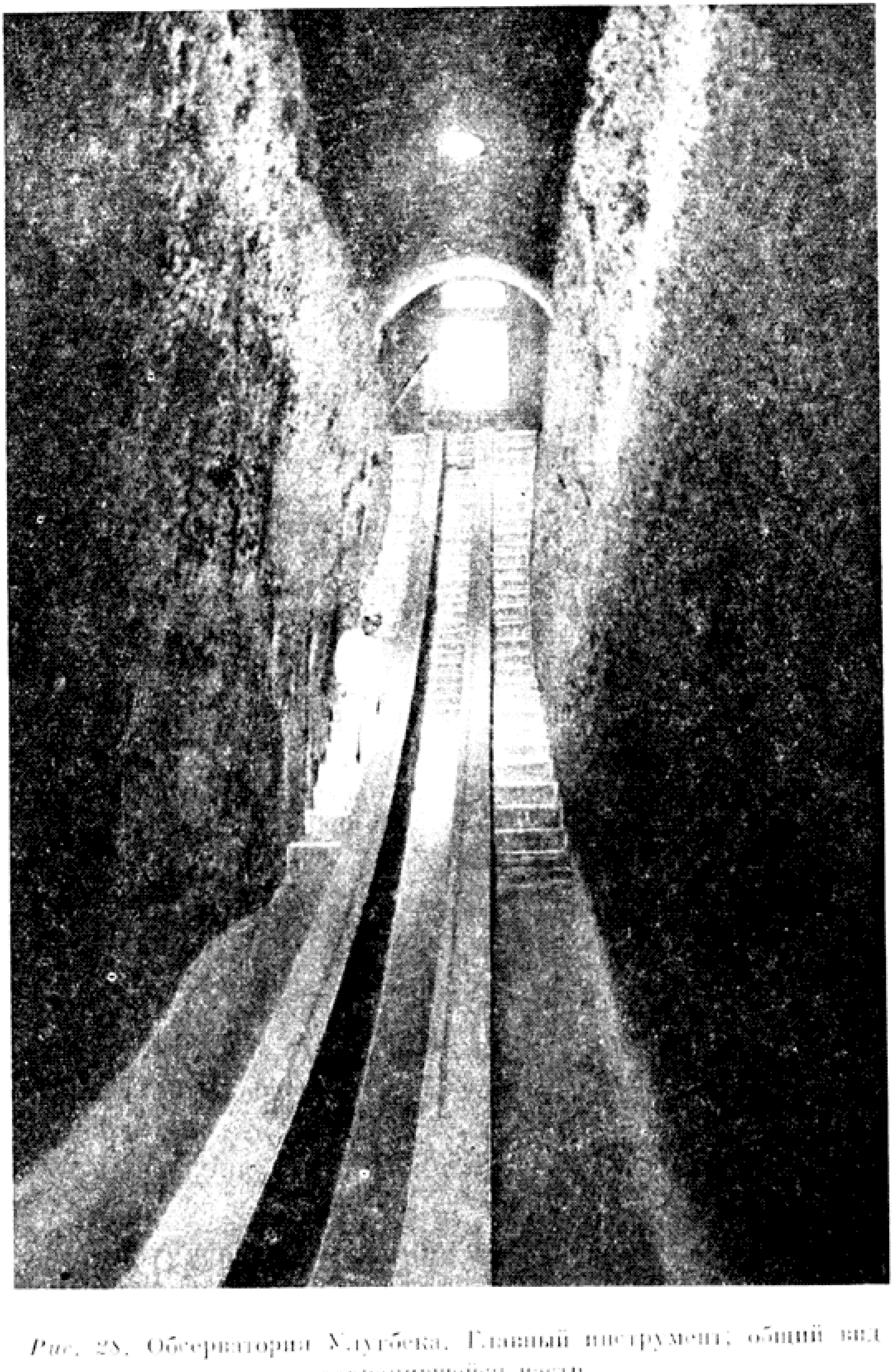


Рис. 28. Обсерватория Улугбека. Главный инструмент; общий вид сохранившейся части.

Накши-джаган. Документ этот давал настолько точные и вполне определенные указания на место расположения обсерватории, что отыскать в натуре холм, упоминаемый в документе, трудности не представляло».[15] Произведенные В. Л. Вяткиным раскопки подтвердили указания документа: под развалинами были обнаружены остатки обсерватории.

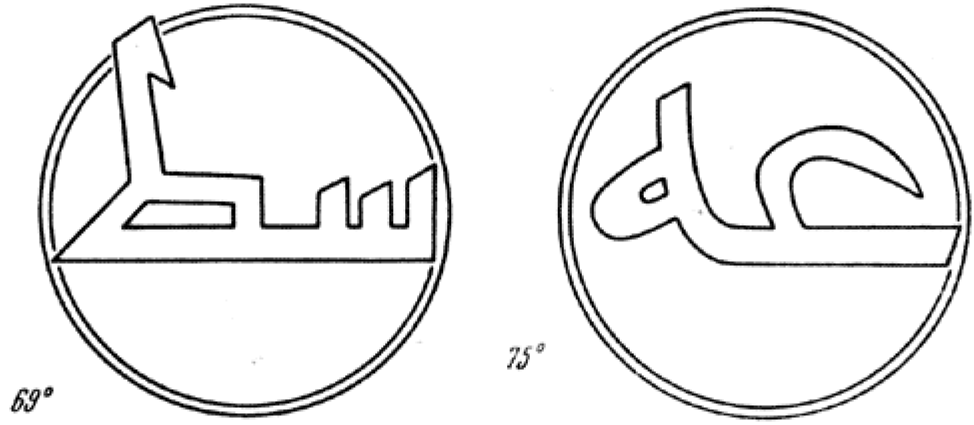


Рис. 29. Обсерватория Улугбека. Обозначение градусов на мраморных плитках.

Холм, где найдены остатки обсерватории, представляет естественную каменистую возвышенность примерно 21 м высотой при ширине в основании с востока на запад около 85 м и при длине с юга на север — 170 м. С вершины холма во все стороны открывается обширный и живописный горизонт.

Во время раскопок было найдено множество изразцовых кирпичиков различного цвета, а также куски изразцовой мозаики, какими, например, украшено медресе Улугбека в Самарканде. Очевидно, здание обсерватории было оформлено согласно господствовавшему архитектурному стилю той эпохи. Как утверждают исторические источники, стенная живопись изображала небесную сферу, небесные тела, их положения

[15] Отчет о раскопках обсерватории Мирза Улугбека в 1908 и 1909 гг. «Известия Русского комитета для изучения Средней и Восточной Азии в историческом, археологическом, лингвистическом и этнографическом отношениях», сер. II, № 1, СПб., 1912, стр. 76.

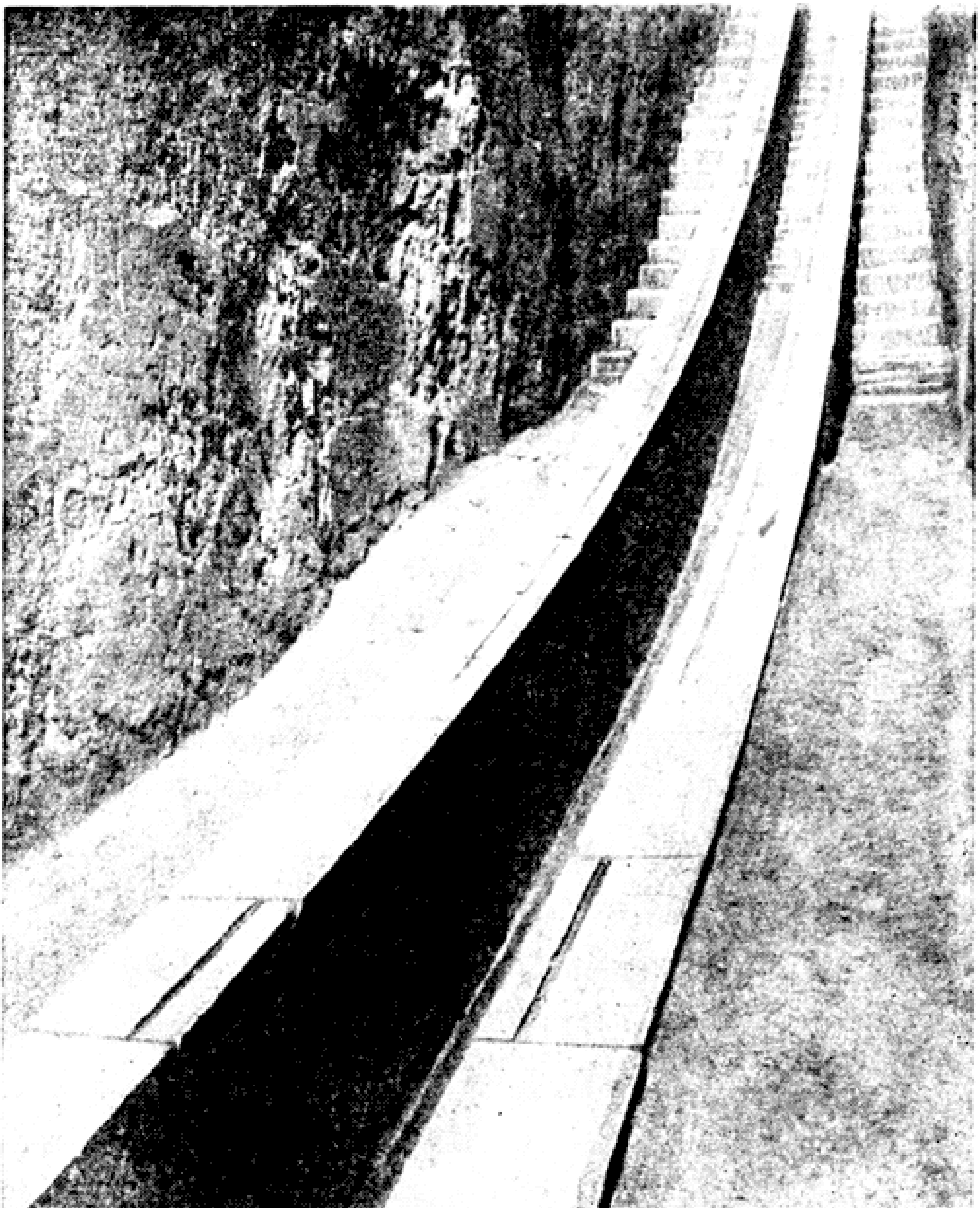


Рис. 30. Обсерватория Улугбека. Детали главного инструмента.

и взаимоотношения, орбиты планет, неподвижные звезды, земной шар с морями, океанами, горами, делениями на климатические пояса и т. д.

Если при этом учесть «огромную высоту трехэтажного здания обсерватории» (Бабур), стоявшей на высоком холме, то,

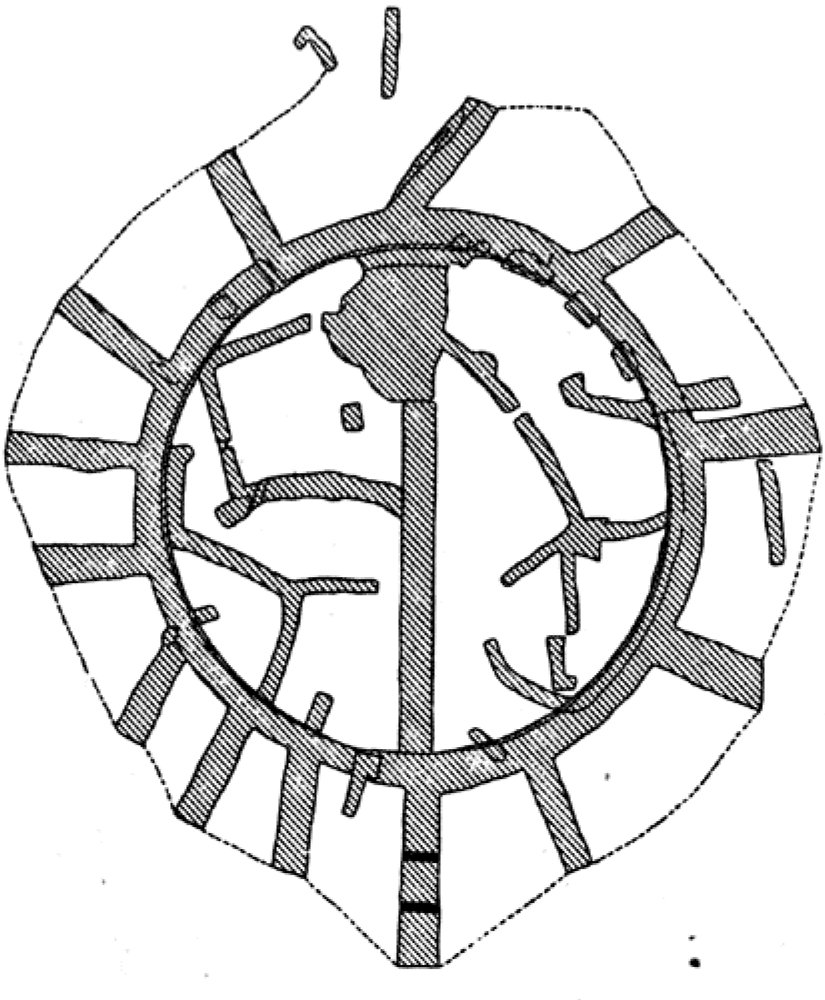


Рис. 31. Обсерватория Улугбека. План раскопок 1914 г.

надо полагать, она должна была производить величественное впечатление на окружающих, невольно вызывая к себе чувство почтения.

Ныне о грандиозности этой обсерватории свидетельствуют, во-первых, огромная куча строительного мусора и, во-вторых, гигантские размеры главного инструмента, часть которого обнаружена при раскопках. В мировой литературе XVII—XVIII вв., где говорится об обсерватории Улугбека, указывается на ее величие и грандиозные размеры, в частности высота упомянутого инструмента приравнивается высоте известного храма Ая-Софии в Стамбуле (т. е. примерно 50 м).

Весьма удачно была решена задача установления подобного инструмента. В холме в направлении меридиана была вырыта траншея шириной около 2 м, где была помещена часть дуги инструмента. Сохранявшаяся его часть, находящаяся в траншее, состоит из двух параллельно идущих на расстоянии 51 см друг от друга барьеров. Она сложена из жженого кирпича, оштукатурена алебастром и облицована мрамором. На инструменте нанесены деления с интервалом в 70.2 см, что соответствует делению через каждый градус. На мраморных плитах, несколько ближе к внутреннему краю, сделан желобок, предназначенный для установления и продвижения по нему соответствующего инструмента для наблюдений, о чем более подробно речь будет дальше.

Самое верхнее деление сохранившейся части инструмента 57°; затем идут 58°, 59°, 60° и т. д.— до 80°. Но поперечные черточки, соответствующие градусным делениям, доходят до конца, т. е. примерно до 90°. «Оказалось, что если бы продолжить мраморную облицовку по барьерам вверх до доски с 57°,— говорит В. Л. Вяткин,— то на уровне пола... пришелся бы 45°». Во время раскопок строительных остатков, заполнявших траншею, были найдены фрагменты облицовки, аналогичные сохранившейся части инструмента — две мраморные плиты с обозначениями на одной из них 19°,[16] а на другой — 20° и 21°. «Приведенные выше данные,— продолжает В. Л. Вяткин,— кажется, не оставляют никакого сомнения в том что сооружение в траншее представляет собою не что иное, как

[16] Указание В. Л. Вяткина на то, что эта плита носила обозначение 11°, оказалось ошибочным.

часть гигантского квадранта,[17] половина которого помещалась ниже уровня горизонта, а другая половина должна была возвышаться над ним». Высота сохранившейся части инструмента, находящейся в траншее, оказалась 10 м.

Выше было сказано о делении дуги инструмента на интервалы в 70.2 см, соответствующие одному градусу. Но расстояние между черточками (делениями) оказалось не везде одинаковым, хотя отклонения в ту и другую сторону от средней и наиболее часто повторяющейся длины (70.2 см) не превышает 0.1 см (за исключением одного случая, когда эта разница несколько больше). При интервале 70.2 см, соответствующем одному градусу, радиус дуги рассматриваемого инструмента должен составлять 40.24 м; при непосредственном измерении средняя величина радиуса оказалась равной 40.9 м, а по измерениям 1941 г.—40.04 м. В дальнейшем мы будем придерживаться последней цифры.

На площадке обсерватории В. Л. Вяткиным были обнаружены следы круглой стены в один кирпич, т. е. около 27 см, представляющей окружность радиусом 23.82 м.[18] Инструмент находится внутри этой окружности и проходит по ее диаметру, как указано, в направлении меридиана.

По мнению архитектора Б. Н. Засыпкина, изучавшего остатки обсерватории с архитектурно-технической точки зрения, этот так называемый «горизонтальный» или «азимутальный» круг является декоративной облицовкой основной кирпичной стены круглого здания, что вполне согласуется (как увидим далее) с результатами наших исследований.

При раскопках было найдено много глиняных чаш одинаковых форм и размеров, внутри глазурованных. Астрономом В. Миловановым этим находкам было дано следующее объяснение: «Они могли служить для двух целей: во-первых, для установки частей инструмента в плоскости горизонта, являясь как бы прообразом современного уровня (некоторые указания

---

[17] Который оказался своеобразным секстантом; о нем речь будет дальше.

[18] С облицовкой.

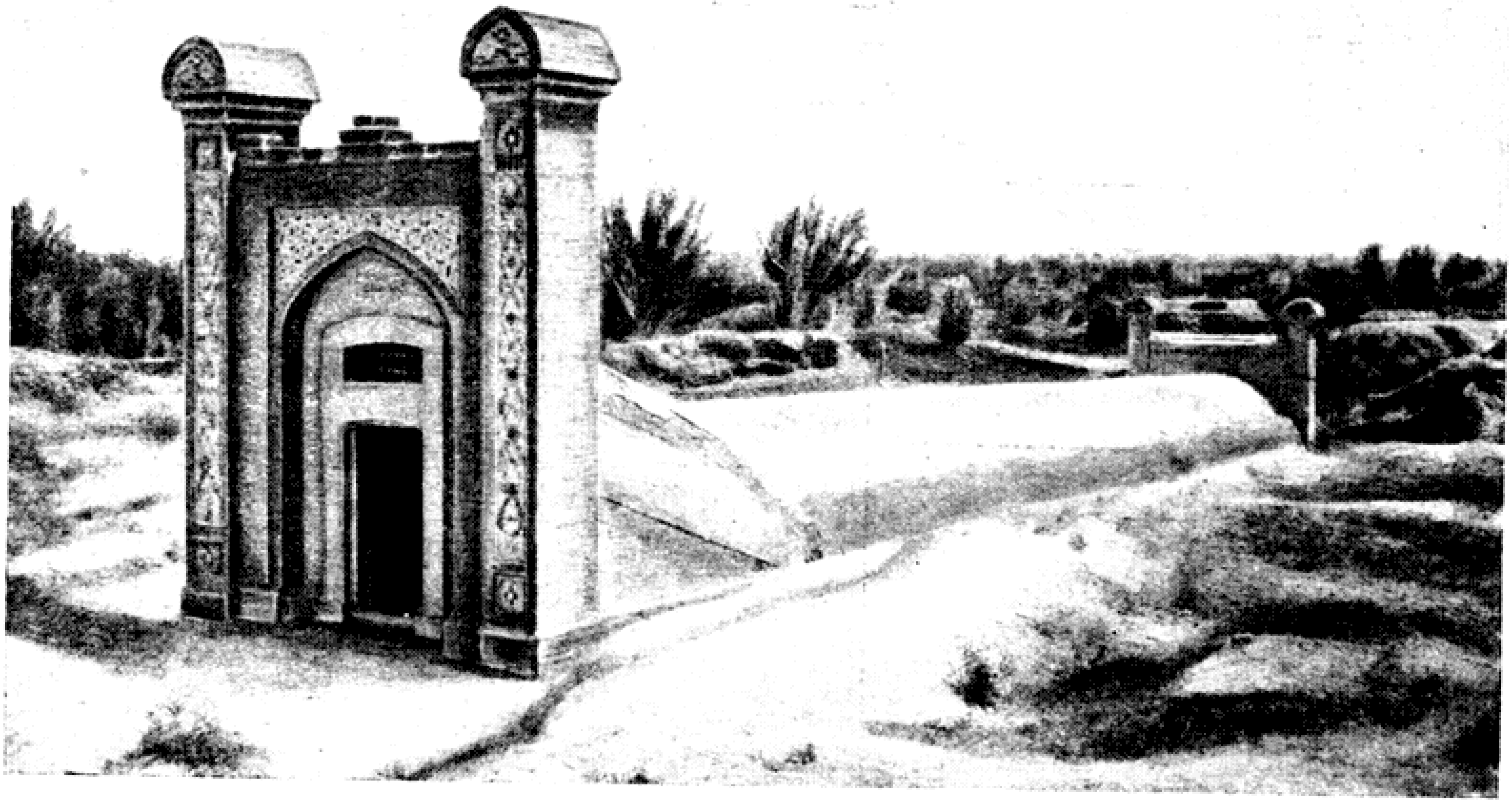


Рис. 32. Самарканд. Сводчатое перекрытие над главным инструментом обсерватории Улугбека, сооруженное в 1914 г.

на применение жидкости для таких установок находятся в «Таблицах» Улугбека); во-вторых, и это гораздо вероятнее (таково, повидимому, и мнение М. П. Осипова), чаши, наполненные жидкостью, служили искусственным горизонтом, не пользуясь которым невозможно было бы наблюдать самаркандским

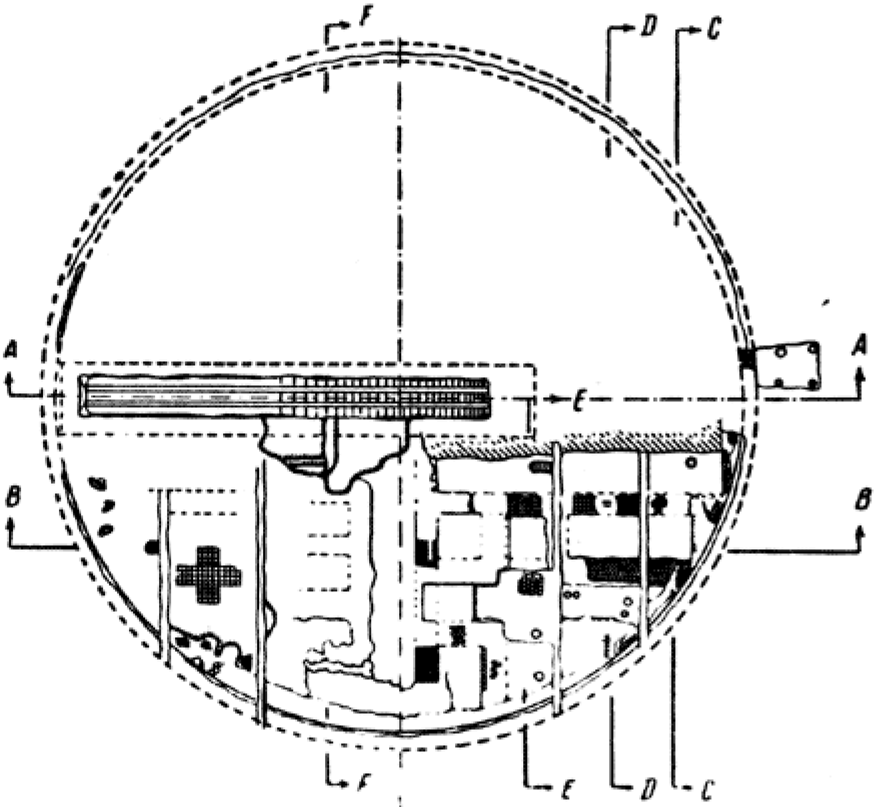


Рис. 33. Обсерватория Улугбека. План раскопок 1941 г.

квадрантом светила к северу от зенита; между тем, при помощи этих чаш самые несложные наблюдения давали требуемые высоты светил: необходимо только допустить: 1) что северная башня и возвышающаяся над поверхностью площадки часть квадранта имели прорез по меридиану и 2) что в южном конце квадранта также возвышалась башня, которая должна была поддерживать центральный диоптр квадранта; впрочем, этой второй башни могло и не быть, если согласиться с предположениями В. Л. Вяткина, что по обе стороны траншеи квадранта возвышались стены, почти сходившиеся на уровне вершины квадранта».[19] Однако дальнейшее изучение обсерватории, как увидим далее, показало ошибочность такого предположения Милованова.

В обсерватории Улугбека, кроме главного, несомненно, были и другие астрономические инструменты. К сожалению, как видно из отчета В. Л. Вяткина, в этой области раскопки ничего не обнаружили, за исключением лишь того, что «как в траншее, так и в других местах холма найдены были плоские куски мрамора в виде досок с отполированной одной широкой стороной с такими же желобками, как и на досках квадранта, с кружками и буквами в них. Буквы и здесь, видимо, имеют числовое значение, но форма начертания их иная, нежели на квандранте, и они обозначают только десятки. В кружках помещается лишь по одной букве. На двух таких же кусках мрамора в кружках оказались цифры — на одном 6 и на другом 4. Некоторые мраморные плиты обтесаны таким образом, что в целом давали кольцо. Эти плиты также имеют желобок, расположенный ближе к внутреннему краю, и он соответствует направлению закругляющихся сторон изгиба». Повидимому, эти мраморные плиты — фрагменты горизонтального круга, установленного (как увидим далее) на крыше обсерватории.

В 1908 г. направление инструментов было проверено П. К. Залесским, который отметил уклонение южного конца к западу на 29′.4. В 1909 г. аналогичное измерение произвел П. Н. Кастальский, обнаруживший уклонение к востоку на 3′. Однако трудно судить о степени точности и надежности этих измерений. Поэтому В. Л. Вяткин совершенно правильно замечает: «Такая разница в результатах двух измерений требует нового измерения». В 1941 г. со всей возможной тщательностью измерения были произведены астрономом В. П. Щегловым, который определил рассматриваемое уклонение к западу на 10′.4. По справедливому замечанию В. П. Щеглова, такая

---

[19] В. Милованов. Астрономические познания самаркандских астрономов. Протоколы заседаний и сообщения членов Туркестанского кружка любителей археологии, Ташкент, 1913, стр. 42.

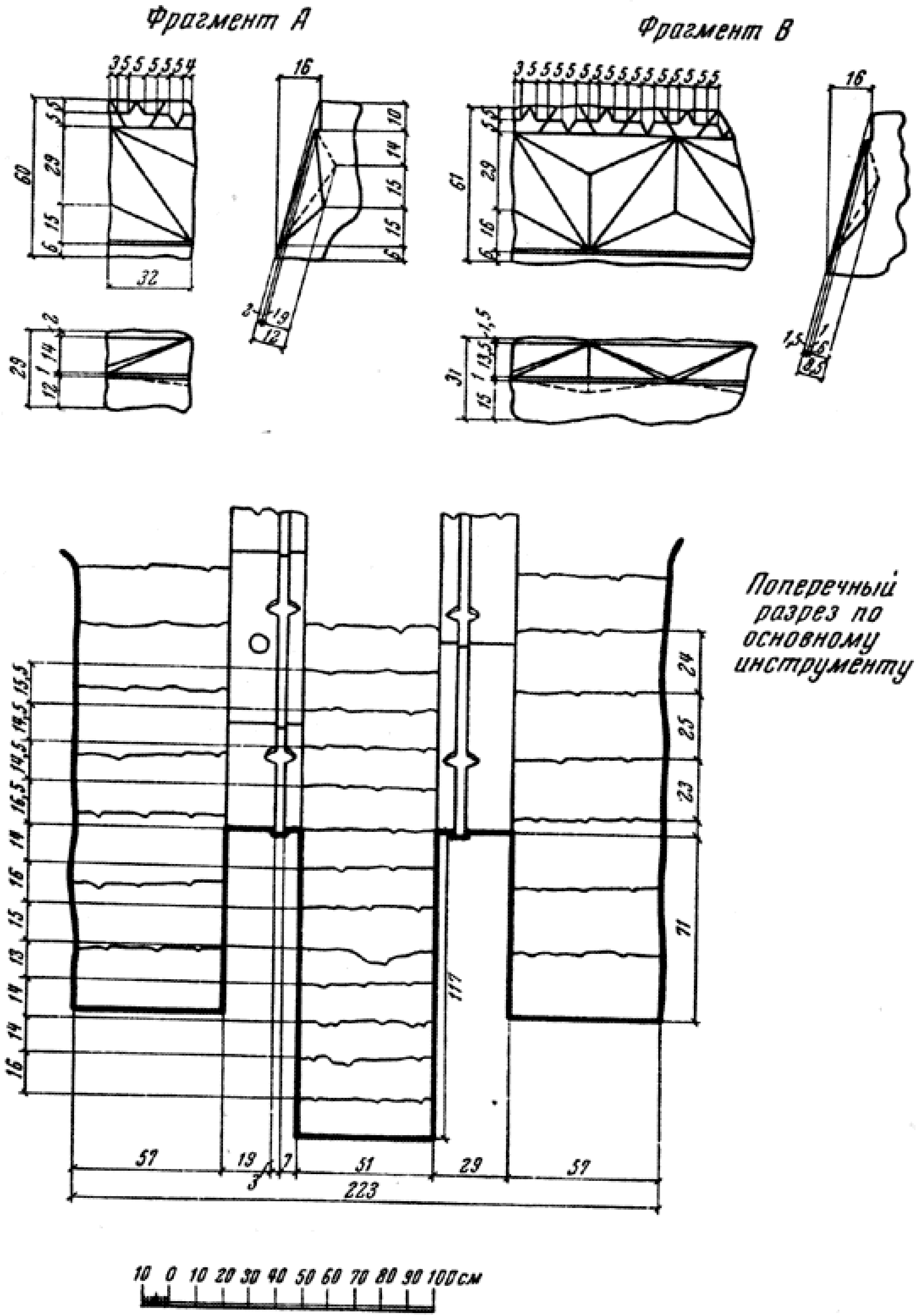

Фрагмент А
Фрагмент В
Поперечный разрез по основному инструменту
10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 см
57
19
7
51
29
57
223

Рис. 35.

ошибка (следовательно, и ошибка, обнаруженная другими) объясняется, во-первых, смещением земной коры в результате сейсмической деятельности, а во-вторых, невозможностью точно фиксировать ось инструмента. С другой стороны, необходимо принять во внимание установленную деформацию инструмента, происшедшую вследствие падения на его барьеры с большой высоты кусков капитальных стен, о чем пишет В. Л. Вяткин в упомянутом отчете. Несомненно, инструмент был установлен с высокой степенью точности, максимально достижимой средствами того времени. В противном случае результаты наблюдений Улугбека не были бы столь точными, какими они являются.

В 1914 г. В. Л. Вяткин возобновил раскопки, но за неимением средств работы были прекращены. В 1941 г., в связи с изучением эпохи Навои, Комитет Навои (М. Е. Массон, И. А. Сухарев) начал раскопки обсерватории, но вскоре работы были приостановлены в связи с Великой Отечественной войной и возобновлены лишь в 1948 г. Институтом истории и археологии АН УзССР (В. А. Шишкин).

В отчете о раскопках 1908 г. В. Л. Вяткин писал, что разрушение обсерватории происходило не естественно, а «путем последовательного искусственного разрушения, причем цельный кирпич, крупные обломки, плиты мрамора и крупные куски изразцовых украшений отвозились для других сооружений, а разный мусор сваливался тут же в глубокую траншею квадранта».

Раскопки последних лет окончательно подтвердили это предположение: действительно, в свое время обсерватория основательно была разрушена; кирпичи оказались разобранными до самого фундамента, очевидно для утилитарных целей.

Далее раскопки дали возможность установить план обсерватории, который оказался довольно сложным: в нем были большие залы, комнаты, коридоры, переходы, соединяющие эти помещения, и т. д. Само здание — круглой формы. Его середину занимал главный инструмент.

Предполагается, что здание имело плоскую крышу, на которой стояли более мелкие инструменты для наблюдения светил.

5. Об инструментах обсерватории Улугбека

Весьма важным является вопрос об астрономических инструментах, применявшихся в обсерватории Улугбека. К сожалению, все раскопки не обнаружили ничего существенного в этой области. Однако существование таких приборов, как астролябии, небесные глобусы и т. д., в такой первоклассной обсерватории не подлежит никакому сомнению. Астролябия была известна на Востоке еще в IX в. н. э., хотя она греческого происхождения. Но греческие астролябии были по конструкции, гораздо проще, чем так называемые «арабские». В этом отношении главная заслуга ученых Востока заключается в том, что они их усовершенствовали, удачно комбинируя в одном приборе несколько различных. Именно здесь искусство изготовления астролябий достигло высокого совершенства как по точности, так и по художественному оформлению. Такие астролябии давали возможность не только наблюдать высоты светил, но и решать ряд других задач практической астрономии.

Одна такая астролябия XVII в., изготовленная Мухаммед Земан ибн-Ходжа Шарафутддин Хасаном, приобретенная у одного бухарца членом б. Туркестанского археологического кружка И. И. Пославским во время сельскохозяйственной выставки 1909 г. в Ташкенте, ныне хранится в Музее истории АН УзССР.

Однако даже фрагменты астролябии во время раскопок не были обнаружены. Очевидно, *все эти приборы были или растасканы, или уничтожены реакционным духовенством в период разрушения обсерватории*.

Ввиду такого положения вещей на данной стадии изученности обсерватории оставалось одно: обратиться к историческим первоисточникам — рукописям, ибо печатная литература не дает ничего, кроме единственного указания «о гигантском квадранте» Улугбека. В предисловии одной индийской рукописи XVIII в.— астрономических таблиц, составленных раджой Савой-Джай-Син'гом и посвященных султану Мухаммед-Шаху (1719—1748 гг.),[20] обнаружилось явное указание на астрономические инструменты, применявшиеся в обсерватории Улугбека.[21]

Получив распоряжение Мухаммед-Шаха о сооружении обсерватории и составлении астрономических таблиц, Савой-Джай-Синг пишет: «Для приведения в исполнение сего высочайшего повеления, препоясавшись поясом душевной энергии, здесь также устроили по мусульманским книгам несколько астрономических приборов, подобных тем, которые когда-то были сделаны в Самарканде, вроде бронзового зат-ал-халк'а, сторона которого равна 3 газам, потребляемым в наше время, из коих каждый равен двойному шариатскому локтю (зир'а), зат-ас-сук-батайн'а, зат-аш-шу'батайна, Фахриева секстанта и шамила».

Упомянутый бронзовый зат-ал-халк есть не что иное, как армиллярная сфера. Древние астрономы, в частности Гиппарх, Эратосфен, а за ними Птолемей пользовались этим инструментом. Даже Тихо де Браге производил бо̀льшую часть своих наблюдений над планетами при помощи этого инструмента. Зат-ас-сук-батайн — инструмент, имеющий два отверстия (диоптры); зат-аш-шу'батайн — древний астрономический инструмент — трикветр; Фахриев секстант — шестая часть окружности определенного радиуса, которая известным образом устанавливается по направлению меридиана данной местности; наконец, шамила — универсальный инструмент, заменяющий астролябию и квадрант.

Фахриев секстант изобретен астрономом ал-Ходженди, жившим во времена Фахри ад-Дауля (X в.). Его описание дано

---

[20] Рукопись на таджикском языке, хранящаяся в Институте восточных рукописей АН УзССР, № 441. Более подробно об этой рукописи см. дальше.

[21] См. Т. Н. Кары-Ниязов. Обсерватория Улугбека в свете новых данных. Научная сессия АН УзССР, Ташкент, 1947, стр. 127.

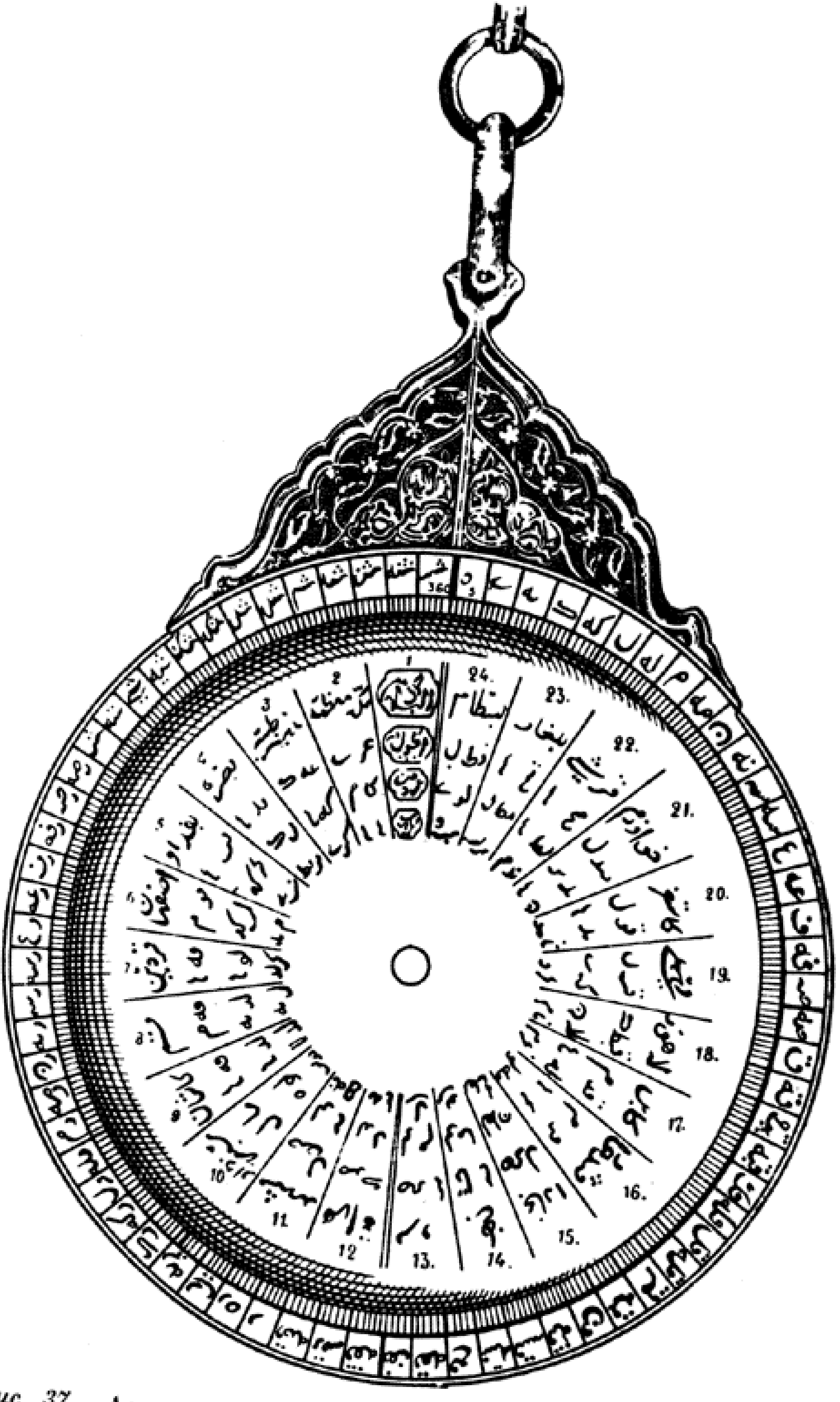


Рис. 37. Астролябия XVII в. Лицевая сторона коробки (деления обозначены соответствующими числами).

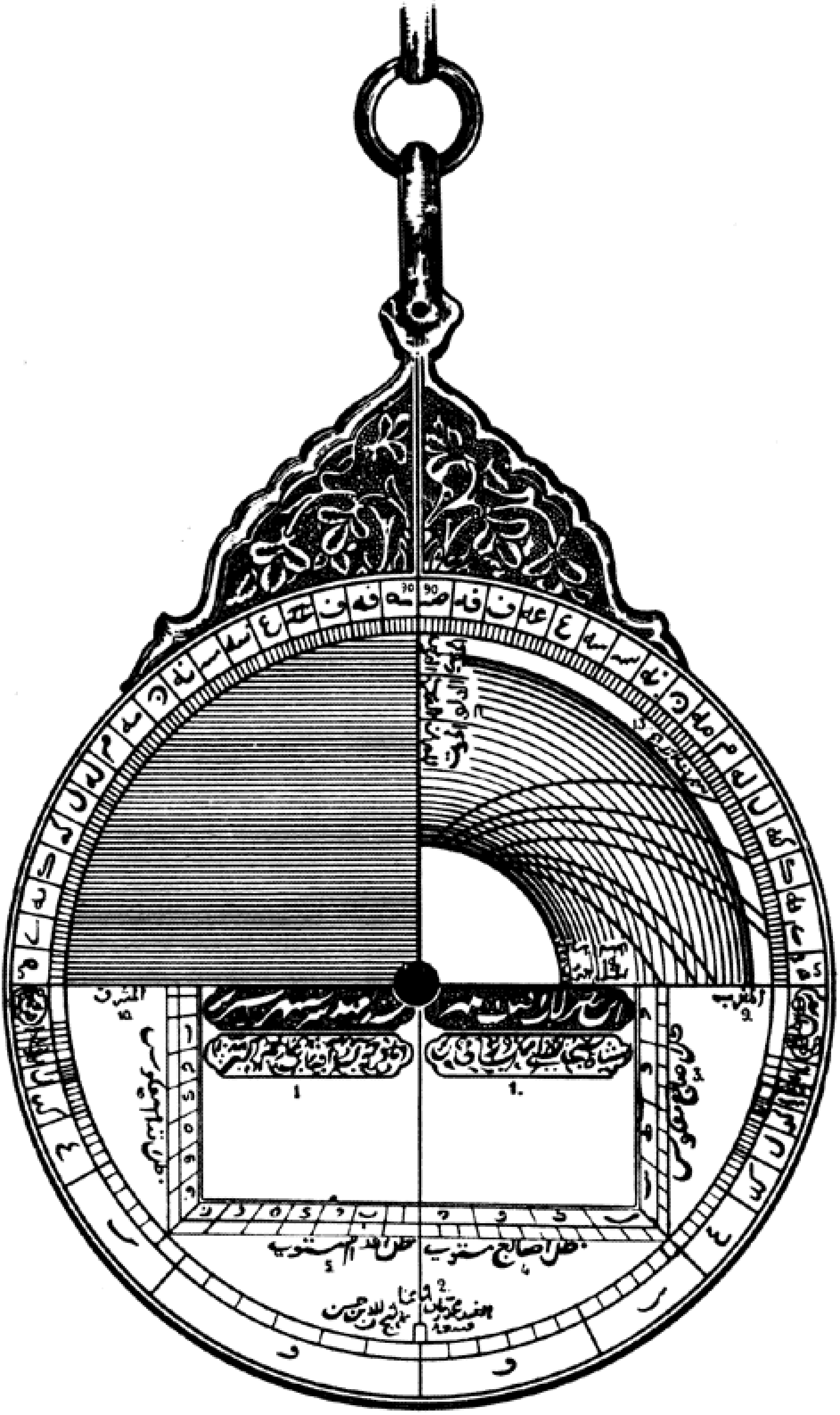


Рис. 38. Астролябия XVII в. Спинка коробки.

в упомянутом небольшом трактате об астрономических инструментах, составленном в 1416 г. Гияс-ад-дином Джемшидом. Этот трактат, написанный на таджикском языке и состоящий всего из трех печатных страниц, помещен в книге В. В. Бартольда «Улугбек и его время» как приложение. Приводим описание упомянутого секстанта: «Секстант Фахри есть шестая часть окружности, установленная в плоскости меридиана; она делится на секунды. Секстант устанавливается так: возводится стена из камня и ганча (цементирующего состава) таким образом, что основание этой стены имеет длину 80 газов, толщину 4 газа, а высоту на северном конце 40 газов и южном — 1 газ. Дугу, равную шестой части окружности, проводят таким образом, что она проходит с одной стороны через основание южной стены и с другой — через вершину северной стены, и притом так, что если опустить перпендикуляр из ее центра на плоскость горизонта, то таковая, т. е. шестая часть окружности, должна остаться по одной стороне этого перпендикуляра. Поверхность дуги секстанта делают из тесаного камня; затем на ней вдоль ее длины делается углубление (желобок) шириною в 4 пальца и глубиною в 1 палец, где помещается медная или бронзовая доска так, чтобы ее поверхность находилась на уровне дуги секстанта».[22] Далее говорится о градуировании дуги секстанта и о том, что направление линии меридиана окончательно устанавливается в результате тщательных исследований посредством наблюдений.

Как увидим ниже, радиус описанного здесь секстанта Фахри равен гипотенузе прямоугольного треугольника, катеты которого равны 80 и 40 газам, т. е. 89.4 газа. Газ в основном, по определению его автором XVII в. Мухаммедом Хусейн-и Тебризием, равен «24 пальцам руки, уложенным рядом», что составляет примерно 48 см. При этом радиус секстанта получается равным 42.9 м. Принимая во внимание неточность определения газа, мы видим, что размеры описанного секстанта

[22] Гияс-ад-дин Джемшид (رساله در شرح آلات رصد) Трактат об астрономических инструментах.

ناصیهٔ عظمت و شهریاری، دُرّ یکتای بحر خلافت کبری، دری بی همتای فلک سلطنت عظمی، خورشید
علم، قمر حشم، مریخ بزم، عطارد قلم، ناهید خدم، مشتری تمکین، سپهر آستان، کیوان پاسبان
السلطان ابن السلطان الخاقان ابن الخاقان سکندر جاه ظل الله پادشاه غازی محمد شاه لا زال
مظفراً فی المغازی رسانیده فرمودند که چون دانای اسرار را درین امر مهم اتفاق تمام است مهندسان
و منجمان فرقه اسلام و برهمنان و دانایان فرنگ را جمع نموده آلات رصدی ساخته تحقیقات کار رسیده
چنان سعی نمایند که این اختلاف که در زمان محسوب امور مزبوره و وقت مرصوده اینها واقع میشود مرتفع
گردد. هرچند که این امر خطیر بود و مدت مدید شده که از راجهای ذوی الاقتدار کسی پیرامون او
گردیده و در فرقه اسلام هم از زمان شاه شهید مغفور میرزا الغ بیگ تا این زمان که زیاده از
سیصد سال گذشته هیچ یک از سلاطین ذی شان و صاحب ثروتان بلند مکان باین کار
متوجه نشده از برای بجا آوردن فرموده ارفع اعلا سرانجام کار را مامور را نطاق همت بر کمر جان بسته
چندی از آلات رصدی مانند آنکه در سمرقند ساخته بودند از روی کتب اسلامیان در اینجا هم ساخته
چون ذات الحلق برنجی بقطر سه گز رایج این عصر که قریب نصف ذراع اهل شرع است و ذات الثقبتین و
ذات الشعبتین و سدس فخری و شامله لیکن چون آلتهای برنجی را بسبب خوردی و عدم تقسیم
بدقایق و لرزش خوردن و سوده گشتن قطبها و بیجا شدن مراکز و دوایر و اختلال در جمع مقرری مطلوب
کما ینبغی مثمر مدعا نیافت معلوم کرد که سبب درست نیامدن مقررات قدما مانند ابرخس و بطلمیوس
امثال همین امور خواهد بود. بنابران در دار الخلافه شاه جهان آباد که محل جلال دولت و اقبال است
آلتهای اختراعی خود مثل جی پرکاش و رام جنتر و سمرت جنتر که نصف قطر آن هژده ذراع است و دقیقه
آن یک نیم شعیر میشود از سنگ و آهک باستحکام تمام و رزانت مالا کلام با رعایت قوانین هندسی
و تحقیق خط نصف النهار و عرض بلد و احتیاط در پیمایش و نصب آنها تیار کردند بدین سبب خلل لرزش
حلقها و دوایر و ساییدن قطبها و بیجا شدن مراکز و تفاوت دقایق برطرف گردید و برای رصد طریق
مستقیم پیدا گشت و تفاوتی که محسوب ثوابت و سیارات مرصوده آنها میشد باستعانت چنین آلات
اوساط و حرکات واقعی آنها دانسته مرتفع ساخت. و برای استشهاد حقیقت مدعا همین قسم آلتها
در سوائی جی پور و متهرا و بنارس و اوجین هم بنا کرده شد چون رصدهای این امکنه را بعد از ملاحظه
اجین
تخمین

Рис. 39. Страница из рукописи «Зидж Мухаммед-Шахи». Документ, свидетельствующий о том, какие астрономические инструменты находились в обсерватории Улугбека.

того же порядка, что у «квадранта» Улугбека. С другой стороны, как известно, автор вышеупомянутого трактата Гияс-ад-дин Джемшид был одним из ведущих астрономов обсерватории Улугбека. Эти обстоятельства привели Г. Джалалова, сотрудника Ташкентской астрономической обсерватории, к мысли о том, что главным инструментом обсерватории Улугбека является именно упомянутый секстант Фахри.

Дальнейшие наши исследования в этом направлении подтвердили эту мысль. В самом деле, во-первых, приведенный рассказ Сасой-Джай-Синга ясно свидетельствует о существовании секстанта Фахри в обсерватории Улугбека. Во-вторых, у комментатора основного труда Улугбека, астронома Бирджанди,[23] в IV главе, где речь идет об определении наклонения эклиптики, говорится, что «астрономами самаркандской обсерватории оно[24] определено при помощи секстанта Фахри».[25]

Напомним, что самое верхнее деление сохранившейся части главного инструмента — 57°, а затем идет 58°, 59°, 60° и т. д.— до 80° и что во время раскопок строительных остатков, заполнявших траншею, были найдены две мраморные плиты с обозначениями на одной из них 19°, а на другой —20° и 21°, именно такие, какие имеются на сохранившейся части главного инструмента.

Наличие этих плит говорит лишь о том, что дуга главного инструмента содержала более 60°. Но следует ли отсюда, как это сделал В. Л. Вяткин, утверждать, что главный инструмент был квадрантом, т. е. содержал в себе все 90°? Конечно, нет. В данном случае утверждение В. Л. Вяткина далеко не убедительно.

С другой стороны, в пользу того, что рассматриваемый инструмент был именно секстантом, кроме свидетельств Савой-

---

[23] Бирджанди (شرح زيج كوركانى), рукопись Института по изучению восточных рукописей АН УзССР, № 704, стр. 59а.

[24] Т. е. наклонение эклиптики.

[25] رصدان در سمرقندانرا هم بسدس فخرى معلوم كرداند

Рис. 40. Страница из рукописи Бирджанди «Шархи Зидж Гургани».

Джай-Синга и Бирджанди, говорят также нижеприведенные (§ 6) соображения о том, что 60° вполне достаточно для целей наблюдений, если учесть широту обсерватории и назначение главного инструмента.

Таким образом, хотя длина дуги главного инструмента получается более 60°, тем не менее собственно рабочая часть инструмента составляла не более 60°. Увеличение дуги до 90° усложнило бы без надобности конструкцию всей постройки; во-вторых, наблюдение северных светил было бы невозможно; в-третьих, в верхних частях дуги, близких к началу, наблюдатель оказался бы почти вниз головой, что весьма затрудняло бы наблюдение, и т. д.

6. Конструкция и назначение главного инструмента обсерватории Улугбека

Спрашивается: как практически осуществить установку секстанта Фахри?

Исходя из вышеприведенного описания Гияс-ад-дина Джемшида, секстант Фахри можно построить следующим образом. Построим прямоугольный треугольник (рис. 41), катеты которого равны: $AB = 40$ газам, $AC = 80$ газам. Прежде всего, согласно условию, дуга, равная одной шестой части окружности, должна заключаться между вершинами B и C прямоугольного треугольника ABC. Чтобы удовлетворить этому условию, радиусом, равным гипотенузе BC, опишем из вершин B и C две дуги; соединяя точку O пересечения этих дуг с теми же вершинами B и C, мы получим равносторонний треугольник BOC, а потому дуга, описанная из точки O как из центра и заключенная между вершинами B и C прямоугольного треугольника ABC, и будет равна одной шестой части окружности.

Если исходить из весьма вероятного предположения, что *задача главного инструмента Улугбека состояла в определении основных постоянных астрономии*: наклонения эклиптики к экватору, точки весеннего равноденствия, длины тропического года и др., выводимых из наблюдений Солнца, то приходится принять, что этот *инструмент был построен главным образом для солнечных наблюдений вообще, Луны и планет* в частности. Для подобных наблюдений совершенно достаточно дуги в 60°. Разумеется, в пределах поля зрения секстанта могли быть

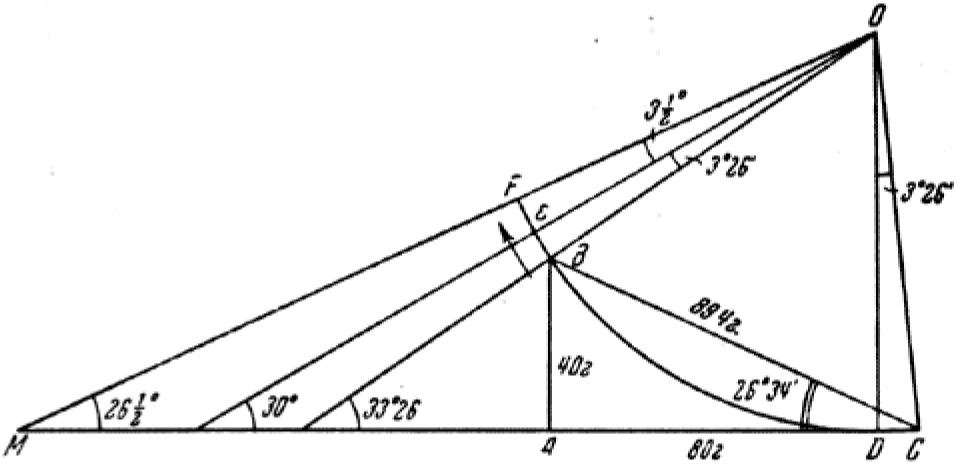


Рис. 41.

наблюдаемы и звезды. Что же касается определения положений звезд, находящихся вне поля зрения секстанта, то они могли быть произведены при помощи меньших угломерных инструментов, каковые, как сказано выше, находились в обсерватории Улугбека. Это предположение подтверждается не только найденными документами, свидетельствующими о наличии в обсерватории секстанта Фахри, но и тем обстоятельством, что указанные основные *астрономические постоянные, как увидим далее, были определены Улугбеком с непревзойденной для того времени точностью*, тогда как координаты многих звезд оставляют желать лучшего.

Широта Самарканда — 39° 40′, высота экватора — 50° 20′, следовательно, крайние высоты Солнца: 50°20′ ± 23°30′, т. е. около 26° и 74°, поэтому для Солнца вполне достаточно дуги от 25° до 75°. Согласно условию Джемшида, секстант должен находиться по одной стороне перпендикуляра *OD*, опущенного из точки *O* на плоскость горизонта. В зимнее солнцестояние имеем на широте Самарканда высоту Солнца, как указано выше, 26°50′, а прямая *OE* составляет с горизонтом угол, равный 30°. Так как $\angle BCA = \operatorname{arctg} {}^1/_2 = 26°34'$ и $90° - (60° + \angle BCA) = 3°26' = \angle DOC$, то, следовательно, для того чтобы наблюдать Солнце на высоте 26°50′, необходимо дугу DB увеличить примерно на $3°26' + 3^1/_2°$, т. е. на 6°56′ (точнее, на 6°36′).

Согласно чертежу: $\angle FOB = 6°56'$, хорда $BF = 2r\sin\frac{1}{2}FOB$, $BF = 178{,}8 \sin 3°28'$ газам.

Таким образом, как указано выше, хотя фактическая длина рассматриваемой дуги и получается более 60°, но ее собственно рабочая часть для наблюдений Солнца, а также Луны и пяти планет (Сатурна, Юпитера, Марса, Венеры и Меркурия) не превышает 60°.

К сожалению, раскопки не дали никаких указаний, относящихся к способам астрономических наблюдений. Их нет и в трудах самого Улугбека. Поэтому приходится, основываясь на тех или иных фактах, строить более или менее вероятные гипотезы по этому вопросу. Оказывается, по ал-Ходженди, конструктуру секстанта Фахри, на «верхнем конце южной стены приделан купол с отверстием», и «проходящие через отверстия лучи Солнца улавливаются на белом диске, который передвигается по дуге (секстанта). Таким путем определяется кульминационная высота Солнца».[26] Действительно, закрывая отверстие на куполе пластинкой с пробуравленным небольшим диоптром, на белом диске можно получить изображение Солнца. Это существенным образом дополняет данные Джемшида, относящиеся к секстанту Фахри. *Эти данные в сочетании с данными Джемшида в корне меняют положение вещей и служат ключом к разгадке тайны, существовавшей до сих пор в этой области.* Тем самым решается ряд важных спорных вопросов, в частности о перекрытии, о конструктивных и архитектурных формах обсерватории и т. д., а также опрокидывается существовавшая до сих пор гипотеза о невозможности наблюдения северных звезд и т. д.

---

[26] Al-Khudjandi (E. Wiedemann). Enzyklopaedie des Islams, т. II, Лейден — Лейпциг, 1927, стр. 1043.

Итак, в точке O находилось отверстие (диоптр). Лучи, проходящие через это отверстие, отражались на белом диске, который передвигался по желобку дуги секстанта. С другой стороны, при помощи визирного инструмента, передвигаемого по желобкам секстанта, могли быть наблюдаемы планеты и звезды.

При помощи этого (главного) инструмента ежедневно в полдень могли быть определены меридианная высота Солнца, зенитное расстояние и склонение, а отсюда уже выведены широта и наклонение эклиптики, так как между широтой φ, зенитным расстоянием z и склонением δ существует известная зависимость

$$\varphi = z + \delta. \tag{1}$$

Например, обозначая наклонение эклиптики через ε, будем иметь: полуденное зенитное расстояние в день летнего солнцестояния

$$z_1 = \varphi - \varepsilon, \tag{2}$$

а в день зимнего солнцестояния

$$z_2 = \varphi + \varepsilon, \tag{3}$$

откуда

$$\varepsilon = \frac{1}{2}(z_2 - z_1). \tag{4}$$

В III главе (§ 4) будет показан замечательный результат, полученный Улугбеком для ε. Забегая несколько вперед, здесь же отметим, что полученное Улугбеком значение наклонения эклиптики

$$\varepsilon = 23°\,30'\,17''$$

лишь на — $0'32''$ отличается от действительной величины (для своей эпохи), т. е. является результатом довольно высокой степени точности.

Ширина Самарканда (точнее — обсерватории) определяется из тех же равенств (2) и (3) и равна:

$$\varphi = \frac{1}{2}(z_2 + z_1). \tag{5}$$

Наконец, при помощи φ из (1) равенства определяется и склонение Солнца. Во втором разделе XVI главы своего труда Улугбек дает несколько способов для определения широты местности.

Все эти способы (о которых речь будет в главе III, § 4) по существу основаны на соотношении (1).

Широта обсерватории Улугбеком была определена в $39°\ 37'\ 28''$.

В свое время широта Самарканда была определена Струве в $39°38'50''$, которая, как видно, весьма незначительно отличается от результата, полученного Улугбеком.

К сожалению, неизвестно, имело ли место косвенное или непосредственное определение широты Самарканда со стороны Струве, и если последнее, то неизвестно, где находился исходный пункт измерения.

В 1941 г. широта обсерватории Улугбека была непосредственно измерена астрономом В. П. Щегловым, который получил для нее: $39°40'37''\pm1''.0$, т. е. на $2'9''\pm1''.0$ больше. В этом нет ничего удивительного, если принять во внимание средства и методы наблюдения того времени, притом без учета рефракции.

В эпоху Улугбека (и даже гораздо позднее) астрономические наблюдения производились невооруженным глазом. Поэтому масштабы и конструкции астрономических инструментов играли важную, фундаментальную роль. Выше было указано, что деление дуги секстанта на градусы соответствует интервалу в 70.2 см, т. е. 11.7 мм соответствует одна минута, а 0.2 мм — одна секунда. Грандиозные размеры секстанта, тщательная его конструкция, а также высокое искусство наблюдения самаркандских астрономов давали им возможность получать максимально достижимую для того времени точность наблюдений.

Среди всех известных истории мировой науки астрономических обсерваторий тех времен не было ничего подобного: она по своим грандиозным масштабам являлась величайшей в мире.

Обсерватория Улугбека — один из интереснейших памятников материальной культуры мирового значения, несомненно, является ярким и *убедительным показателем высокой древней культуры народов Средней Азии.*

7. Об архитектурном облике обсерватории Улугбека

Представляет большой интерес восстановление архитектурного облика обсерватории Улугбека. Раскопки последних лет, а также результаты наших исследований позволяют дать в общих чертах более или менее вероятное решение этой задачи.

Еще в 1943—1944 гг., по нашему предложению, кандидатом архитектурных наук Б. Н. Засыпкиным был проделан первый опыт реконструкции обсерватории. Тогда же было установлено, что здание имело круглую форму; круглая стена, которая считалась В. Л. Вяткиным, а затем М. Е. Массоном остатками так называемого горизонтального круга, оказалась промежуточным слоем между кладкой наружной стены и мраморной облицовкой; азимутальный круг должен был размещаться на круглой крыше, на том же меридиане, по которому установлен главный инструмент обсерватории, что вполне согласуется с результатами наших исследований.

Остатки фундаментов восточной половины здания были раскопаны, как указывалось раньше, в 1941 г. (М. Е. Массон, И. А. Сухарев), однако плохая их сохранность не позволила выяснить формы внутренних помещений. В 1948 г. раскопки были возобновлены экспедицией Института истории и археологии АН УзССР (В. А. Шишкин); была раскопана западная половина здания. В результате были обнаружены фундаменты, которые позволили архитектору В. А. Нильсену довольно точно определить разбивку и формы помещений внутри упомянутой круглой стены (рис. 43). Окончательно подтвердилось мнение о том, что здание обсерватории было круглой цилиндрической формы.

Для практического определения точного положения главного инструмента обсерватории — секстанта Фахри — необходимо было: 1) или продолжить по шаблону дугу секстанта так, чтобы она составляла полный квадрант, и точно установить в центре верхний диоптр, отвес его над 90° и горизон-

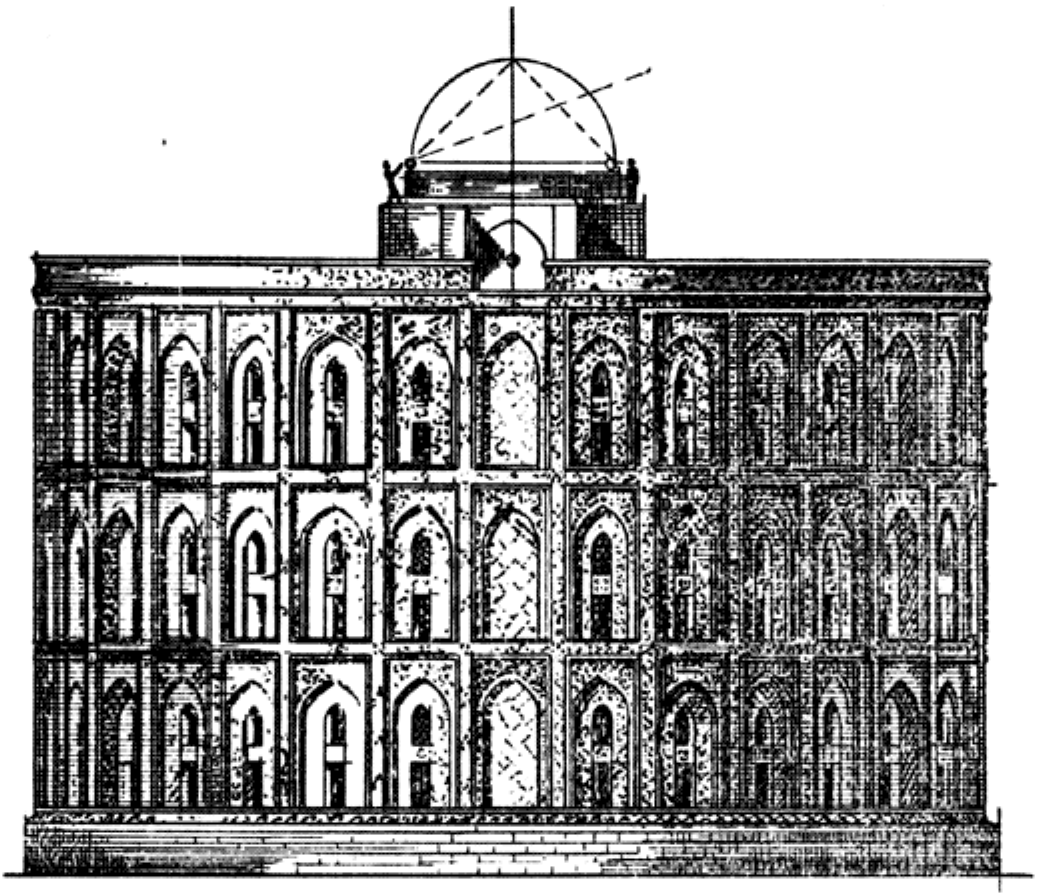


Рис. 42. Обсерватория Улугбека. Опыт реконструкции. Южный фасад.

тальность по отношению к 0, что достигалось путем устройства по верху двух капитальных стен желобков и наполнения их водой (так называемые «оби-тараза»), как это применялось вообще в строительной технике Узбекистана при возведении зданий, 2) или положение нулевой точки определить путем вычисления так, как показано выше.

Очевидно, высота стен определяет высоту рассматриваемого круглого здания. Центр здания, а также верхнего азимутального круга приходится на 60° дуги и на меридиане. Радиус здания без облицовки — 23.00 м. Внизу мраморная облицовка цоколя достигала толщины 1.08 м, а в верхних частях — примерно 0.5 м в наиболее выступающих частях.

До возведения здания должны были быть определены и закреплены репер меридиана и ось здания. Две капитальные

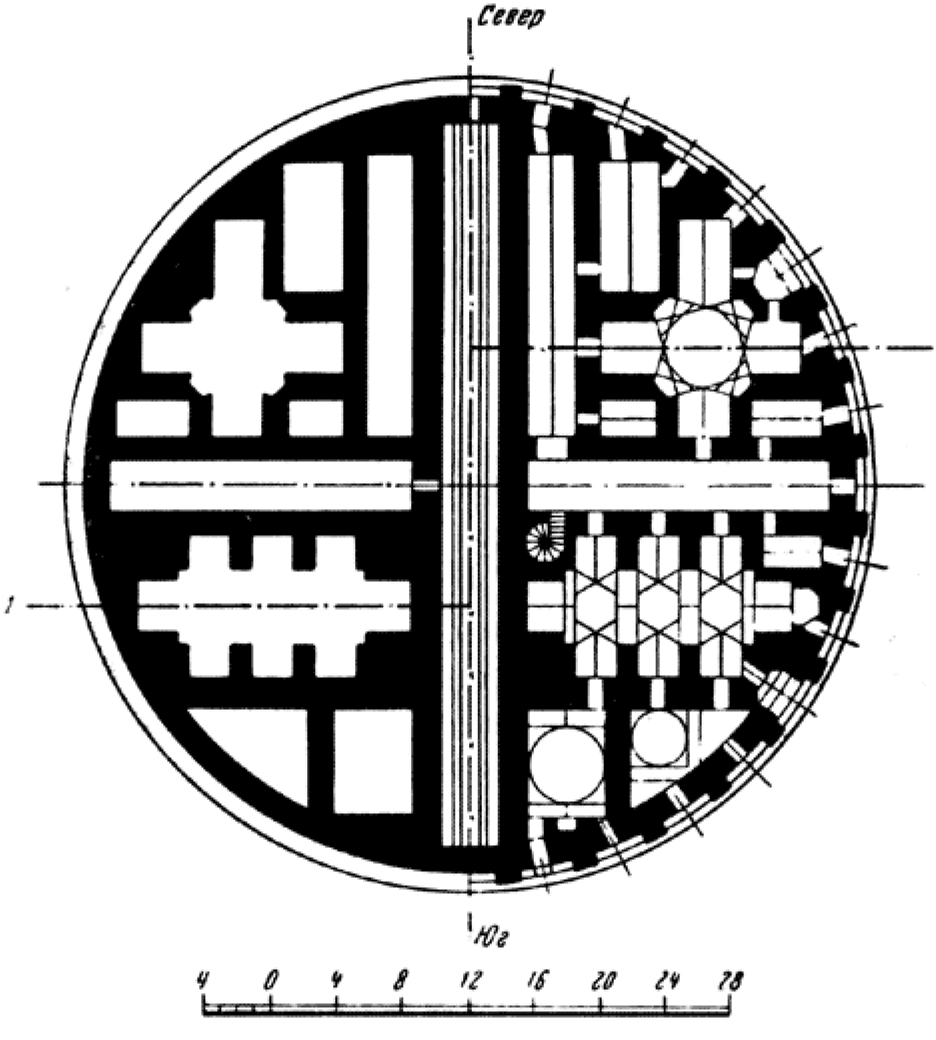


Рис. 43. Обсерватория Улугбека. План.

стены, между которыми размещен главный инструмент, возводились одновременно со всеми другими. Эти стены достигали высоты от отметки 90°—40.04 м, а над скалой возвышались на 30 м. Установить мраморные дуги можно было только после возведения основных стен здания. Обтесывание их могло быть произведено до этого на рабочей площадке по шаблону, но шлифовка и нанесение градусных делений — после установки вчерне дуг на место. В центре инструмента должна была находиться железная ось, пользуясь которой как центром можно было поворачивать проволочный равносторонний треугольник со сторонами 40.04 м, добиться правильной дуги окружности и точно разбить инструмент на градусы. При первом варианте определения положения нулевой точки первые 20° от 0° и последние 10° не использовались для наблюдений. Дуга между ними в 60° и составляла секстант.

В центре секстанта находился основной диоптр; при помощи визирных инструментов, передвигаемых по бронзовым рельсам, могли наблюдаться планеты и, в частности, звезды. Помещение секстанта было затемнено и представляло камеру-обскуру с одним отверстием (верхний диоптр). Луч Солнца давал «зайчик», который, как было указано выше, улавливался на белом диске, передвигавшемся по дугал секстанта. В отчете В. Л. Вяткина о раскопках 1908 г. было отмечено, что «в числе кусков стен оказались такие, которые имели не ровную поверхность, а слегка вогнутую, что достигалось путем напуска каждого последующего кирпича над предыдущим. Получался, таким образом, переход в арку. По отдельным кускам стены можно было допустить этот изгиб почти до аршина,[27] считая по линии изгиба. Таким образом, можно предположить с большим основанием, что шедшие по продолжению обрывов траншеи кирпичные стены в верхней части переходили в арочный свод».[28] Итак, помещение, в котором находился главный инструмент, было перекрыто сводом с оставлением проходов. В северной части здания имеются по бокам секстанта коридорообразные помещения. Перекрывая их сводами на шесть этажей и устанавливая арочки в сторону секстанта (рис. 44 и 45), мы получаем возможность доступа к верхним частям инструмента.

---

[27] Аршин ≃ 0.71 м.

[28] В. Л. Вяткин, упом. отчет, стр. 88.

Размер азимутального круга не установлен. Учитывая, что измерялись не только азимуты, но и углы вообще, на этом круге должны были располагаться (§ 5) подвижные угломерные

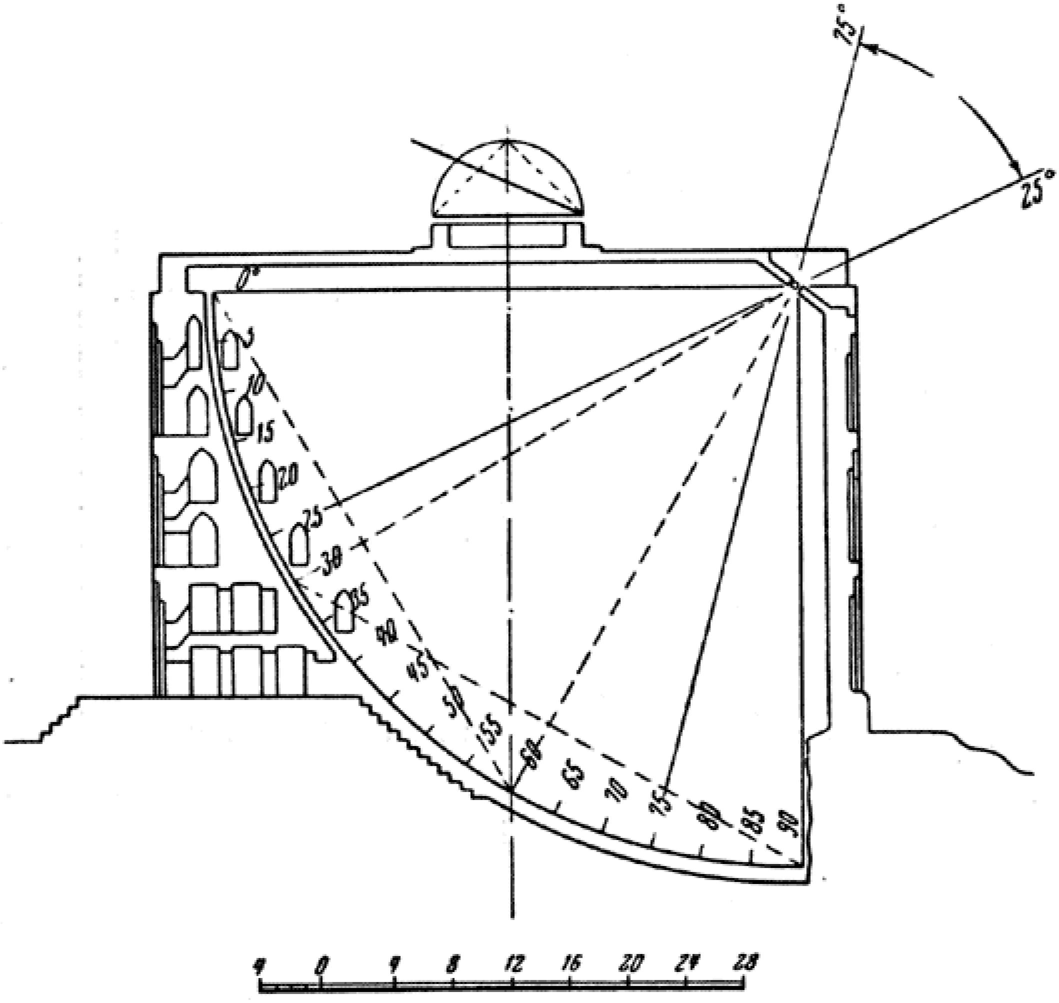


Рис. 44. Обсерватория Улугбека. Разрез север — юг.

инструменты (квадранты, трикветры, параллактические линейки и др.), почему радиус его не мог быть слишком велик. На рисунках (чертежах) он принят условно за 5 м, также условны изображения угломерных инструментов. Для архитектурной реконструкции важно, что азимутальный круг должен размещаться на своде главного инструмента.

План фундаментов (рис. 43) дает форму помещений для всех трех этажей. Сводчатые перекрытия определяются формой планов и характерны для архитектуры времени Улугбека, главным образом для второй четверти XV в.

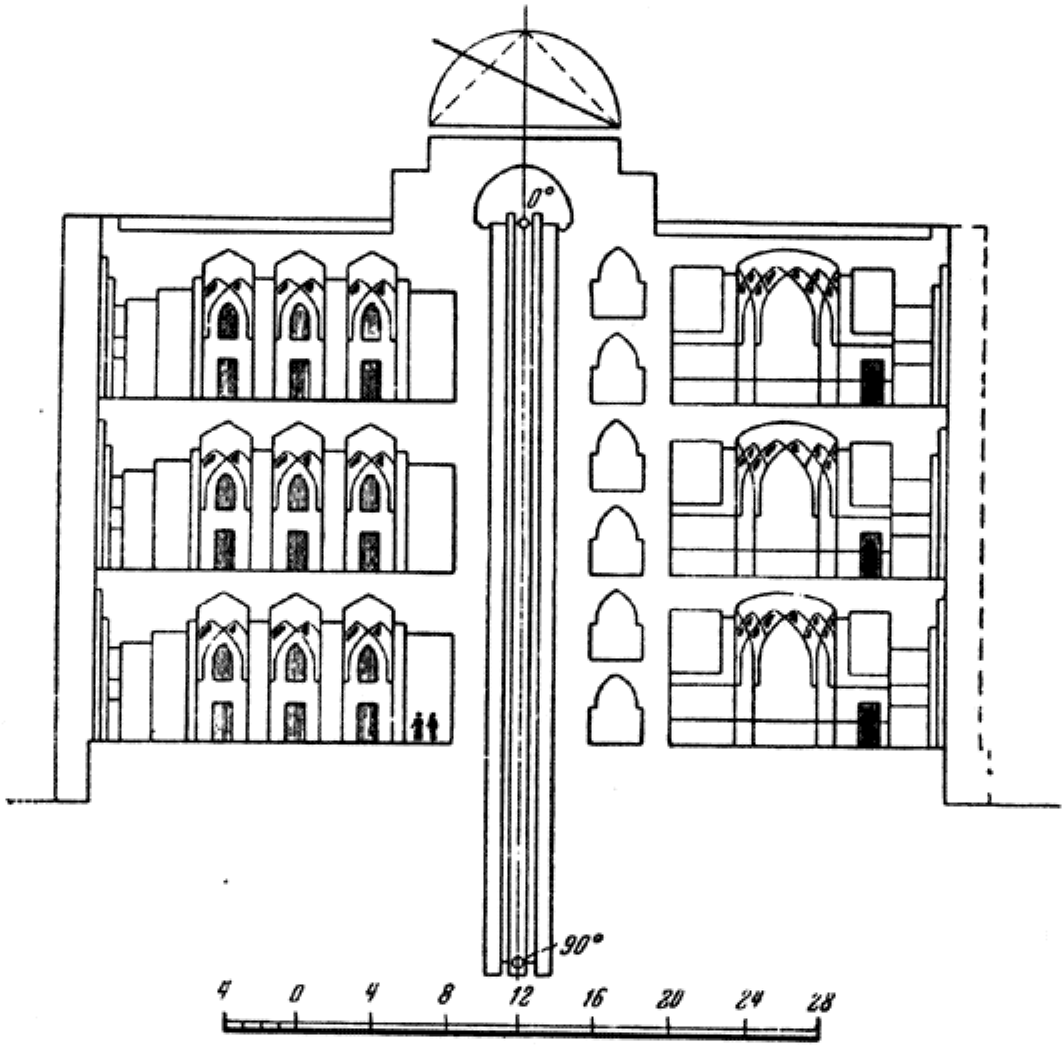


Рис. 45. Обсерватория Улугбека. Разрез 1—1.

Разбивка здания на три этажа дает основание для наружного оформления обсерватории. Цоколь — мраморный, переход к первому этажу обработан крупной занджарой, фрагмент которой найден при раскопках. Каждый этаж обработан аркой в пропорциях, типичных для архитектуры первой половины XV в. Верх здания, повидимому, венчала широкая лента с надписью. Раскопки установили, что керамическая облицовка была выполнена из цветных кирпичиков (синие, белые, голубые, терракотовые) и характерной резной мозаикой весьма чистых и ярких тонов, среди которых преобладал синий. Каждый этаж, повидимому, имел кругом 32 неглубокие арки, из них четыре могли быть нишами. В арках располагались проемы в два света. Однако главные помещения были освещены слабо. Лестниц могло быть две, четыре, шесть и восемь. Все помещения были оштукатурены (главные — с детальной профилировкой) и имели, по словам историков-очевидцев, росписи с изображением небесных сфер и «семи климатов».

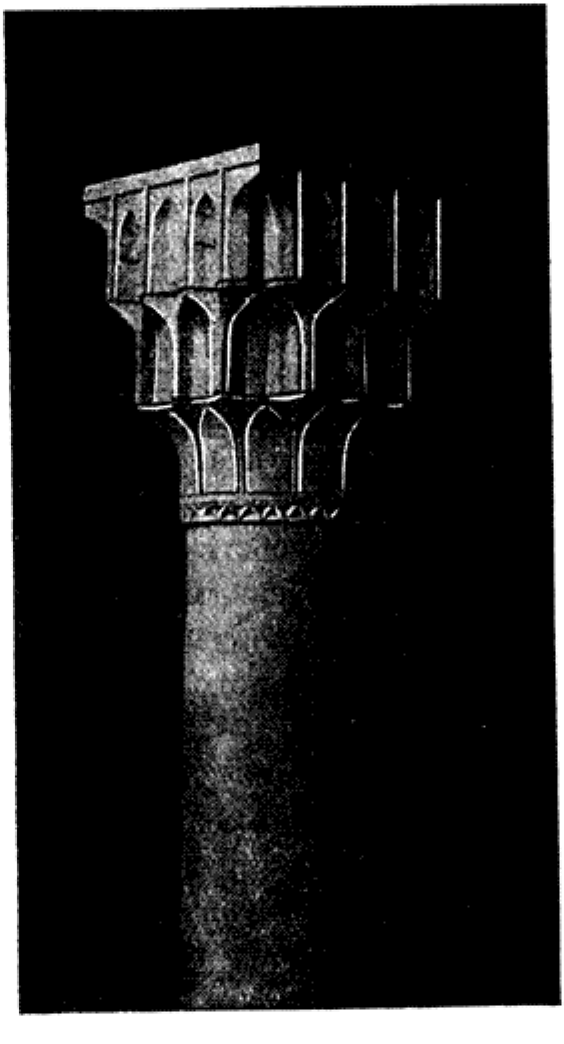


Рис. 46. Макет колонны обсерватории Улугбека (работа Ш. Гафурова).

В цокольной части здания не было входных дверей. Реконструкция предусматривает единственный ход с северной стороны по наружной лестнице на уровень пола первого этажа.

Обсерватория была расположена на холме высотой около 21 м и, следовательно, возвышалась над общим уровнем окрестностей на 51—55 м. С крыши можно было наблюдать широкий горизонт, а к югу — место, где меридиан пересекал горы на перевале Тахтакарача. Таким образом, обсерватория Улугбека, действительно, имела величественный вид и заслуженно пользовалась всемирной славой.

Глава третья

О НАУЧНЫХ ТРУДАХ УЛУГБЕКА И ЕГО ШКОЛЫ

1. *Общий обзор*

Важнейшим результатом ученых работ Улугбека и его сотрудников являются так называемые новые астрономические таблицы. Этот труд содержит обширное введение (теорию) и собственно таблицы, составленные по наблюдениям, произведенным в Самаркандской обсерватории Улугбека. Он был закончен в основном в 1437 г., хотя работа по его завершению продолжалась и после — до последних дней жизни Улугбека.

Введение (теория) к астрономическим таблицам Улугбека состоит из четырех частей. Первая часть посвящена изложению принятых у различных восточных народов способов летосчисления; вторая — вопросам практической астрономии; третья — изложению теории планет, и небольшая четвертая часть — астрологии.

Здесь мы будем рассматривать главным образом именно эту фундаментальную работу Улугбека. Но прежде чем приступить к ее анализу, мы считаем необходимым дать *общий обзор работ астрономической школы Улугбека* — его сотрудников и учеников. К сожалению, многие труды представителей самаркандской школы астрономов до нас не дошли: часть из них утеряна, часть в свое время была уничтожена реакционным духовенством. Лишь небольшая сохранившаяся часть рукописей является достоянием немногих крупнейших библиотек мира.

Одному из виднейших сотрудников Улугбека Гияс-ад-дин Джемшиду принадлежит ряд работ: 1. «Усовершенствованные Ильханские таблицы хакана».[1] В основе этих астрономических таблиц лежат таблицы, составленные в Мерагской обсерватории под руководством Насир-ад-дина Туси. Эти таблицы Джемшидом были подвергнуты тщательному критическому анализу, исправлены, а также значительно дополнены новыми данными. Работа написана на таджикском языке; экземпляр ее хранился в б. библиотеке Ая-Софии (№ 2692); работа, как видно из заглавия, посвящена хакану (т. е. султану). 2. «Трактат об окружности».[2] По имеющимся литературным данным,[3] этот трактат, написанный на арабском языке, содержит изложение оригинального метода определения приближенного значения отношения окружности к диаметру. Работа важна с точки зрения истории науки. 3. «Лестница небес»[4] — на арабском языке. В работе рассматриваются проблемы, относящиеся к измерениям небесных тел. Отдельные экземпляры этого трактата есть в некоторых библиотеках Европы, в частности в Лейденской (№ 1141) и Оксфордской (№ 1.881.4°). 4. «Услада прекрасных садов»,[5] где дано изложение изобретенного автором для обсерватории Улугбека астрономического инструмента. 5. «Ключ к арифметике»,[6] где рассматриваются важнейшие вопросы арифметики и алгебры, а также подробное решение ряда сложных арифметических и алгебраических задач. Отдельные экземпляры этого трактата хранятся в некоторых библиотеках Европы, в частности в Лейденской библиотеке (№ 1036)

---

[1] زیج خاقانی در تکمیل زیج ایلخانی

[2] رسالة المحيطيه

[3] صالح ذکی «آثار باقیه» استانبول ۱۳۲۹

[4] سلم آسما

[5] نزهته الحدائق

[6] مفتاح احساب

и Британском музее (№ 419). 6. «Трактат о хордах и синусах».[7] В этой работе рассматривается новый, оригинальный метод вычисления синуса дуги одного градуса. Этот метод изложен нами в § 3 настоящей главы. Джемшидом даны замечательные приемы извлечения корней и формулы бинома для натуральных показателей.

Гияс-ад-дин Джемшид умер задолго до окончания работ по составлению астрономических таблиц. Точная дата его смерти неизвестна; предполагается, что он умер в 30-х годах XV в.

Далее, заслуживают внимания работы вышеупомянутого астронома — сотрудника обсерватории Улугбека — Салах-ад-дина Муса бин-Мухаммед Казы-Задэ. Его перу принадлежат следующие работы: 1. «Трактат по арифметике»,[8] написанный на арабском языке. Само сочинение и комментарий к нему неизвестного автора были в библиотеке Али-паша (№ 1992) в Стамбуле. 2. Комментарии к «Сущности астрономии»[9] Махмуда бин-Мухаммеда бин-Омара ал-Чагмини. Работа пользовалась большой популярностью среди изучающих астрономию, в частности она служила настольной книгой студентов-астрономов. Экземпляр этого сочинения (на арабском языке) имеется в Институте по изучению восточных рукописей АН УзССР (№ 2655). 3. Комментарии к «Основам фигур»[10] Шамсутдина Самарканди, где рассматривается ряд важных геометрических вопросов. 4. «Трактат о синусе»,[11] где дан новый упрощенный вариант определения синуса дуги одного градуса, основанный на методе, предложенном Гияс-ад-дином Джемшидом. Этот метод изложен нами в § 3 настоящей главы. 5. Обширные комментарии к «Ключу к наукам»[12] Ат-Тафтазани.

---

[7] رسالة الوتر الجيب

[8] رسالة فى الحساب

[9] شرح ملخص فى الهيئة

[10] شرح اشكال التاسيس

[11] رسالة الجيب

[12] مفتاح العلوم

Казы-Задэ умер вскоре после Гияс-ад-дина Джемшида, также не дожив до окончания работы по составлению астрономических таблиц (т. е. до 1437 г.).

Следующим талантливым представителем рассматриваемой школы является вышеупомянутый Али-Кушчи, ученик Улугбека. Ему приписываются работы: 1. «Трактат по арифметике».[13] Работа, написанная на таджикском языке и состоящая из трех частей, посвящена индусской математике и некоторым вопросам астрономии. Хранится в Лейденской библиотеке (№ 1050), а также в Институте восточных рукописей АН УзССР (№ 3356). 2. «Трактат по астрономии»,[14] древнейший экземпляр которого (№ 2639) был в б. библиотеке Ая-Софии, а также в Институте по изучению восточных рукописей АН УзССР в Ташкенте (№ 3356). 3. «Трактат о решении лунообразной фигуры».[15] 4. «Трактат Мухаммедия»,[16] где рассматриваются вопросы арифметики и алгебры. После трагической смерти Улугбека (о которой речь будет дальше) Али-Кушчи переселился в Стамбул, где этот трактат им был переведен с таджикского на арабский язык и преподнесен султану Мухаммеду II, откуда и название «Мухаммедия». Экземпляр этого сочинения, собственноручно написанный автором на арабском языке, был в библиотеке Ая-Софии (№ 2733). 5. «Фатхия»[17] — трактат по астрономии на арабском языке. Отдельные экземпляры этого сочинения были в Париже (№ 2504,4°) и Стамбуле (№ 1474/75). 6. «Комментарии к таблицам Улугбека», или, иначе, к «Таблицам Гурагони».[18] Этот труд, известный по литературным данным, повидимому, не сохранился до наших дней. Али-Кушчи умер в 1474 г. в Стамбуле.

---

[13] رسالة فى الحساب

[14] رسالة فى الهيئة

[15] رسالة فى حل اشكال القمر

[16] رسالة المحمديّة

[17] رسالة الفتحية

[18] شرح زيج كوركانى

Замечательным представителем школы Улугбека был и внук Казы-Задэ — Махмуд бин-Мухаммед, более известный под именем Мерием Челеби. Перу этого ученого принадлежит ряд ценных работ, а именно: 1. «Комментарии к таблицам Улугбека».[19] Этот обширный труд (на таджикском языке) был написан по просьбе турецкого султана Баязида II; хранился в некоторых библиотеках Европы, в частности в Париже (№ 171) и Стамбуле (№ 2697). 2. Комментарии к астрономическому «Трактату Фатхия»[20] Али-Кушчи; имеется в Париже (№ 2504,5°). 3. Ряд работ, посвященных вопросам азимута Киблы, в том числе довольно обстоятельная работа под названием «Трактат по исследованию азимута Киблы».[21] Последняя работа была в Стамбуле (№ 2628). 4. «Полный трактат о синусе», или «Полное собрание о синусе».[22] Работа посвящена анализу вопросов, касающихся синуса дуги. 5. «Трактат об Альмукантаре».[23]

Среди астрономов самаркандской школы необходимо еще отметить упомянутого Му'ин-ад-дина и его сына Мансура Каши. Но особого внимания заслуживает ученик последнего Абд-ал-Али бин-Мухаммед бин-Хусейн Бирджанди, которому принадлежит ряд ценных работ, а именно: 1. Весьма обстоятельные «Комментарии к Гурагонским таблицам»,[24] т. е. к таблицам Улугбека; эта работа в виде прекрасно сохранившейся рукописи на таджикском языке со множеством чертежей, датированная 929 годом хиджры (1522), хранится в Институте по изучению восточных рукописей АН УзССР (№ 704) и представлена автографом автора; в дальнейшем мы не раз будем

---

[19] دستور العمل و تصحيح الجدول

[20] شرح رسالة الفتحيه

[21] رسالة فى تحقيق سمت القبله

[22] رسالة الجيب الجامعه

[23] رسالة فى الربع المقنطرات

[24] شرح زيج كوركانى

иметь дело с этой работой. 2. Толкование вышеупомянутых комментариев Казы-Задэ к «Астрономическому трактату Чагмини»; имеется в ряде библиотек Европы, в частности в Ленинграде (№ 126,2°). 3. Комментарии к «Алмагесту» — арабскому переводу Насир-ад-дина Туси;[25] имеется в Институте по изучению восточных рукописей АН УзССР (№ 464). 4. Комментарии к трактату по астролябии[26] Насир-ад-дина Туси — в Британском музее (№ 22752), в Стамбуле (№ 3646), Ленинграде (№ 315,2° и 317,2°) и в Ташкенте — в АН УзССР (№ 1854). В этой работе, состоящей из двадцати глав, Бирджэнди дает подробное описание, теоретическое обоснование и применение астролябии к различным вопросам астрономии. 5. Трактат по летосчислению[27] на таджикском языке; хранится в Оксфорде (№ 73,12). 6. Трактат по астрономии на таджикском языке, единственный экземпляр которого имеется в Оксфорде (№ 73,10).

Каталог звезд Улугбека был напечатан T. Hyde в 1665 г. в Оксфорде,[28] затем перепечатан G. Sharpe в 1767 г. и F. Baily в 1843 г. в Лондоне,[29] а обширное введение Улугбека к его астрономическим таблицам было переведено и издано Sédillot в Париже в 1853 г.;[30] наконец, исследования каталога звезд Улугбека были изданы в 1917 г. в Америке.[31] Далее, перу Улугбека принадлежат составленные им географические таблицы, которые вместе с географическими табли-

---

[25] شرح مجسطی

[26] شرح کتاب بست‌باب اسطرلاب در معرفت اعمال اسطرلاب

[27] رسالهٔ در معرفت تقویم

[28] «Tabulae longitudinis et latitudinis stellarum fixarum ex observatione Ulugbeighi», Oxford, 1665.

[29] «Mémoirs of the Astronomical Society», XIII, London, 1843.

[30] «Prolégomènes des Tables astronomiques d'Ouloug-Beg», Paris, 1853.

[31] C. H. F. Peter and E. B. Knobel. Ulugh-beg's Catalogue of Stars, Washington, 1917.

цами Насир-ад-дина были изданы I. Greaves в 1652 г. в Лондоне.[32]

Изложенное является одним из ярких показателей популярности астрономической школы Улугбека.

2. Таблицы летосчисления Улугбека

Летосчисление, несомненно, является одним из тех фундаментов, на котором зиждется история и астрономия. Вот почему еще в древние времена одной из главных функций, возложенных на астрономов, было упорядочение календаря. В самом деле, решение (с требуемой точностью) вопроса о том, когда имело место то или иное событие или когда оно должно наступить (разумеется, при наличии необходимых и достаточных условий), имеет фундаментальное значение. Поэтому Улугбек и начинает свой труд с изложения основных положений этого вопроса.

Начиная свое вступление с определения того, что называется годом, месяцем (солнечным, лунным, истинным и т. д.), Улугбек говорит, что продолжительность средних гражданских суток, по его определению, равна 0 59′, 8″, 19‴. 37⁗, 43′′′′′.[33] Здесь время выражено в градусах, минутах и секундах и представляет собой избыток сверх 360°, т. е. сверх 24 часов. Для превращения указанного угла во времени следует, как обычно, разделить указанный угол на 15, получится 3 мин. 56.5 сек., представляющие собой разность между средними и звездными сутками.

К сожалению, в трудах Улугбека нет никаких прямых указаний относительно измерения времени. Однако в рассматриваемом труде несколько раз говорится о «тени гномона». В частности, при рассмотрении вопроса об определении широты местности Улугбек также несколько раз ссылается на «тень

---

[32] «Binae tabulae geographicae, una Nassir-Eddini Persae, altera Ulug-Begi, Tartari», London, 1652.

[33] Улугбек, упом. рукопись, л. 2а.

гномона» (§ 4, гл. III). Это обстоятельство дает основание предполагать, что измерение времени при дневных наблюдениях производилось при помощи солнечных часов, что весьма вероятно, ибо в Средние века, даже гораздо позднее, например в первой половине XVII в. в Индии, в Джайпурской астрономической обсерватории применялись громадных размеров солнечные часы, сохранившиеся как памятник материальной культуры и до наших дней. Яркие солнечные дни, стоящие в Самарканде почти круглый год, создавали благоприятные условия для измерения времени при помощи солнечных часов.

Повидимому, солнечные часы помещались на крыше обсерватории, над главным инструментом. Помощник наблюдателя с крыши мог моментально сообщить время наблюдателю, находящемуся внизу у главного инструмента, в момент кульминации Солнца.

При надлежащей конструкции солнечных часов, когда штифт, бросающий тень, расположен по направлению оси Земли, его тень лежит в плоскости часового круга Солнца, а угол между этой плоскостью и плоскостью меридиана есть часовой угол Солнца, или истинное время.

Поэтому при ночных наблюдениях определение времени могло производиться посредством визирования звезды вдоль нити, один конец которой прикреплен к краю штифта, а другой — к делениям его шкалы (плоскость которой параллельна плоскости экватора). Тогда чтение показателя шкалы дает часовой угол звезды, или угол, образуемый часовым кругом с меридианом.

Но часовой угол звезды есть разность между ее прямым восхождением и прямым восхождением меридиана, и, следовательно, в момент нахождения звезды в верхней кульминации звездное время равно ее прямому восхождению, а потому по часовому углу непосредственно определяется время по прямым восхождениям (по таблицам).

1. Улугбек излагает принятые у восточных народов способы летосчисления, а именно: в первой главе рассматривается эра Мухаммеда, во второй — греческая эра, в третьей — эра Езди-

герда, а в четвертой — соотношение между этими эрами; в пятой главе рассматривается эра Мелики (иначе эра Джалаледдина), в шестой — эра китайцев и уйгур; наконец, в седьмой главе говорится о праздничных днях в упомянутых эрах.

Приступая к разбору мусульманского календаря хиджры, в котором за начало эры принимается бегство или переселение Мухаммеда из Мекки в Медину, что имело место в пятый день недели, Улугбек пишет: «Мусульмане ведут счет месяцев хиджры от одной новой луны до следующей за ней новой луны; этот промежуток времени не превышает 30 дней и никогда не бывает меньше 29, так что можно считать попеременно четыре месяца по 30 дней и 3 месяца по 29 дней без всякого остатка; двенадцать месяцев образуют один год; годы и месяцы по этому способу исчисления являются истинными, лунными. Астрономы считают, что М о х а р р а м содержит 30 дней, С а ф а р — 29 дней и так далее до последнего месяца года: но только на протяжении 30 лет месяц З у л ь х и д ж - ж а одиннадцать раз исчисляется в 30 дней. Добавочный день вставляется в годы 2, 5, 7, 10, 13, 15, 18, 21, 24, 26 и 29-й, и эти одиннадцать лет, называемые високосными, заключены в следующих трех словах: بهز يجهح ادوط

Некоторые лица заменяют 15-й год 16-м, так что второе слово оказывается тогда измененным следующим образом:[34]

يجوح

Численные значения вышеприведенных трех искусственно составленных слов, взятых по известному принципу, согласно правилу «абджад» как раз составляют приведенную таблицу високосных годов.

Для пояснения приведенного Улугбеком последнего положения заметим прежде всего, что в лунных календарях 1-е число каждого месяца должно совпадать с новолунием и что средняя длина лунного синодического месяца равняется 29. 53059 дня (более точно — 29.53058812 дня); но так как кален-

[34] У л у г б е к, рукопись на таджикском языке, хранящаяся в Институте по изучению восточных рукописей АН УзССР, № 2214, л. 2а.

дарные лунные месяцы могут заключать в себе только целое число дней, то такими числами могут быть либо 29, либо 30. Если считать попеременно по 29 и 30 дней в месяце, то длина года, состоящего из 12 таких месяцев, будет равна: $29.53059.12 = 354.3671$ дня. Следовательно, принимая все годы по 354 дня, мы ежегодно допускаем ошибку в 0.3671 дня. Поэтому в подобном календаре даты новолуния через 10 лет уйдут на 4 дня (от начала месяцев).[35] По этой причине через каждые три года вместо 354 дней год считают в 355 дней — лунный високосный год. Таким образом, рассматриваемая здесь задача сводится к разысканию системы високоса, приведенной Улугбеком. Заметив, что

$$354.3671.30 = 10\,631.013, \text{ а } 354.30 = 10\,620,$$

мы приходим к выводу, что 30 лет должны содержать в себе 11 високосов, ибо:

$$354.19 + 355.11 = 10\,631 \text{ (ошибка 0.013 дня).}$$

Теперь заметим следующее: если продолжительность года считается в 354 дня, очевидно, делается ошибка в 0.367 дня, а если в 355 дней, то ошибка равна — 0.633 дня. Таким образом, в первом случае новолуние относительно его момента в начале первого года уходит вперед на 0.367 дня, а во втором — на 0.633 дня сдвигается назад. Приняв это в расчет (а также полагая, что в начале цикла ошибка равна нулю), легко установить места високосов в рассматриваемом 30-летнем цикле, которые оказываются, как сказано у Улугбека, следующими:

2, 5, 7, 10, 13, 15, 18, 21, 24, 26, 29.

---

[35] Путаница в годе у греков в известной мере была устранена введением цикла, открытого (в V в. до н. э.) Метоном. Этот цикл (погрешность которого весьма мала) состоит из 19 лет, в течение которых Луна сменяется 235 раз.

В принятой системе високосов ошибка к концу 15-го года оказывается равной 0.495 дня. Если эту дробь принять равной нулю, то 15-й год цикла, очевидно, будет простым, а если — единице, то, как сказано у Улугбека, 16-й год будет високосным.

В рассматриваемой системе точность периода весьма велика: так как к концу цикла новолуние сдвигается всего на 0.01 дня, то в 100 циклов, иначе говоря в 3000 лет, оно уходит только на один день.

Переходя к рассмотрению вопроса об определении так называемого *мадхаля* مدخل года, т. е. начального (вступительного) дня года, Улугбек пишет: «Для определения *мадхаля* вычитайте от числа текущего года хиджры число 210 до тех пор, пока не получится в остатке 210 или менее 210 полных лет; затем разделите число истекших лет остатка на 30 и полученное частное умножьте на 5. Заметив себе полученное произведение, посмотрите в полных годах полученного остатка от деления по порядку букв بهز يجوح ادوط, какие годы являются високосными и какие не являются; далее умножьте первые на 5, а вторые — на 4; добавьте полученное произведение к замеченному вами выше числу, затем добавьте к сумме 5 и из полученной суммы отнимите число 7 столько раз, сколько это окажется возможным; тогда полученный остаток (т. е. разность) и будет мадхалем года (т. е. начальным днем года)».[36]

Аналогично этому, Улугбек дает наставление и для определения мадхаля месяца. [37]

В комментариях комментатора рассматриваемого труда Улугбека — Абд-ал-Али бин-Мухаммеда Бирджанди[38] дан пример на вышеизложенное правило определения мадхаля года, предложенное Улугбеком.

---

[36] Очевидно, в том случае, когда в остатке получится ноль, то мадхаль года — суббота (чему в таблицах Улугбека соответствует число 7).

[37] Улугбек, упом. рукопись, л. 3а.

[38] Бирджанди (شرح زيج كوركانى). упом. рукопись, см. примечание, л. 9б.

«Пусть, например, — говорит Бирджанди, — требуется определить начальный день (Мохаррам) 930 года хиджры. Для этого от 930 вычитаем четыре раза по 210, в результате получим 90 (который содержит один текущий год); разделив 89 полных лет на 30, получим 2 и в остатке 29, а это содержит в себе 11 високосных и, следовательно, 18 простых годов; умножая первое число на 5, а второе на 4, получим: $11 \cdot 5 = 55$ и $18 \cdot 4 = 72$; теперь умножим целое частное, полученное от деления 89 на 30 (т. е. 2), на 5, получим 10; составляем сумму: $55 + 72 + 10 + 5 = 142$; наконец, вычитаем из полученной суммы по 7 столько раз, сколько возможно, т. е. 140, тогда получим 2. Следовательно, начальный день 930 года хиджры есть второй день недели (Мохаррама) или понедельник (ду-шамбе)».

Для определения мадхаля года и месяца Улугбек приводит составленные им для этой цели две таблицы (табл. 1 и 2).

«Для определения мадхаля годов и месяцев хиджры,— говорит Улугбек,— мы составили две таблицы: вычтя по 210 из числа, изображающего текущие годы, полученный остаток мы заносим на первую таблицу, тогда получаем мадхаль месяца Мохаррама рассматриваемого года; во второй таблице, взяв месяц в боковом столбце, а мадхаль года в верхнем столбце, мы в точке пересечения обоих столбцов получим мадхаль рассматриваемого месяца».[39]

Бирджанди на примере показывает, как пользоваться этими таблицами Улугбека. «Пусть, например, — говорит Бирджанди,[40] — в результате вычитания по 210 (от числа текущего года хиджры) получилось число 38; обращаясь к таблице 1, сверху в первом горизонтальном столбце берем число 30, а в первом слева вертикальном — число 8; число, находящееся в пересечении этих двух столбцов, т. е. 6, и есть мадхаль месяца Мохаррама рассматриваемого года, или пятница. Но в приведенном примере Бирджанди, очевидно, по вине переписчика, приведена цифра 5, а не 6. Во всех других

[39] Улугбек, упом. рукопись, л. 3а.

[40] Бирджанди, упом. рукопись, л. 9б.

1. Таблица мадхаля текущих годов хиджры

	0	30	60	90	120	150	180
1 2	5 2	3 7	1 5	6 3	4 1	2 6	7 4
3 4	7 4	5 2	3 7	1 5	6 3	4 1	2 6
5 6	1 6	6 4	4 2	2 7	7 5	5 3	3 1
7 8	3 1	1 6	6 4	4 2	2 7	7 5	5 3
9 10	5 2	3 7	1 5	6 3	4 1	2 6	7 4
11 12	7 4	5 2	3 7	1 5	6 3	4 1	2 6
13 14	1 6	6 4	4 2	2 7	7 5	5 3	3 1
15 16	3 1	1 6	6 4	4 2	2 7	7 5	5 3
17 18	5 2	3 7	1 5	6 3	4 1	2 6	7 4
19 20	7 4	5 2	3 7	1 5	6 3	4 1	2 6
21 22	1 6	6 4	4 2	2 7	7 5	5 3	3 1
23 24	3 7	1 5	6 3	4 1	2 6	7 4	5 2
25 26	5 2	3 7	1 5	6 3	4 1	2 6	7 4
27 28	7 4	5 2	3 7	1 5	6 3	4 1	2 6
29 30	1 6	6 4	4 2	2 7	7 5	5 3	3 1

2. Таблица мадхаля месяцев хиджры

Мохаррам	5	6	7	1	2	3	4
Сафар	7	1	2	3	4	5	6
Раби I	1	2	3	4	5	6	7
Раби II	3	4	5	6	7	1	2
Джумада I	4	5	6	7	1	2	3
Джумада II	6	7	1	2	3	4	5
Раджаб	7	1	2	3	4	5	6
Шабан	2	3	4	5	6	7	1
Рамазан	3	4	5	6	7	1	2
Шавваль	5	6	7	1	2	3	4
Зулька'да	6	7	1	2	3	4	5
Зульхиджжа . . .	1	2	3	4	5	6	7

рукописях[41] Улугбека, которыми мы располагаем, дана цифра 6. То же самое получается и при непосредственном вычислении.

[41] Например, см. рукопись № 2118.

Далее, вышеразобранный первоначальный пример Бирджанди проверяет при помощи таблицы 1, показывая полное согласие вычисления с таблицей. Так, например, в примере Бирджанди в результате вычитания (из числа 930) по 210 мы имели 90. Взяв в верхней строке таблицы 60, а в первой левой вертикальной 30, мы в пересечении этих двух строк находим 2, т. е. опять понедельник.

2. Переходя к рассмотрению *греческой эры*, Улугбек пишет: «Эта эра начинается со второго дня недели, двенадцать (солнечных) лет спустя после смерти Александра, сына Филиппа Македонского; годы и месяцы этой эры — солнечные, простые; год считается в $365\,^1/_4$ дня, месяцев — 12; семь из них имеют по 31 дню, четыре — по 30 дней, а один — 28; этот последний месяц каждые четыре года считается в 29 дней (из-за указанной $^1/_4$ дня), тогда такой год называется високосным. Название месяцев и числа дней в каждом из них следующие: Тешрин I, 31 день; Тешрин II, 30 дней; Канун I, 31 день; Канун II, 31 день; Шебат, 28 дней; Адар, 31 день; Нисан, 30 дней; Айяр, 31 день; Хазиран, 30 дней; Тамуз, 31 день; Аб, 31 день; Эйлул, 30 дней».[42]

Далее, разбирая вопрос об определении мадхаля, т. е. порядкового дня недели греческого года, Улугбек говорит: «Чтобы узнать мадхаль, или порядковый день недели начального дня какого-нибудь греческого года, надо из числа текущего года столько раз вычесть число 28, сколько это окажется возможным, так, чтобы осталось 28 или менее 28; остаток делится на 4 и к нему (числу остатка) добавляется частное, полученное от деления; к сумме прибавляется одна единица и из новой суммы вычитается число 7 или его кратное; остаток и будет днем недели первого дня искомого года».

Бирджанди приводит следующий пример,[43] поясняющий предложенное правило Улугбека. Пусть, говорит Бирджанди, нам дан 1835 год греческой эры. Вычитая из числа истекших лет, т. е.

---

[42] Улугбек, упом. рукопись, л. 3а.

[43] Бирджанди, упом. рукопись, л. 11а.

от 1834 по 28 (т. е. разделив на 28), в остатке получим 14; разделим 14 на 4, получим в частном 3; прибавив к сумме[44] чисел 3+14 число 2, получим 19; наконец, вычитая от 19 по 7 два раза, получим 5; следовательно, мадхаль (т. е. первый вступительный день) 1835 года — четверг (5 — пяндж-шамбе).

Для определения мадхаля месяца греческой эры Улугбек приводит составленную им для этой цели таблицу. «Для определения мадхаля месяцев,— говорит Улугбек,— мы составили таблицу (табл. 3); вычтя столько раз, сколько возможно, число 28 от числа текущих лет, полученное число разыскиваем в боковом столбце, а название месяца — в верхнем столбце; тогда в точке пересечения обоих столбцов мы получим мадхаль рассматриваемого месяца».[45]

Бирджанди приводит следующий пример, показывающий способ употребления предложенной Улугбеком таблицы для определения мадхаля месяца.[46]

Пусть, говорит Бирджанди, требуется найти мадхаль месяца Тешрин I 1835 года греческой эры. Вычитая от числа 1835 по 28, т. е. разделив на 28, получим в остатке 15; находя это число в боковом столбце, а название месяца (Тешрин I)— в верхнем столбце, в точке их пересечения получим 5. Следовательно, искомый мадхаль — пятый день недели месяца Тешрин I, т. е. четверг (пяндж-шамбе), что вполне согласно с результатом вышеприведенного вычисления.

3. Переходя к определению иранской *эры Ездигерда*, Улугбек пишет: «Начало этой эры совпадает с третьим днем недели (вторник), первым днем года вступления на престол Ездигерда, сына Шахрияра. Годы и месяцы этой эры — солнечные, простые. Год состоит из точно вычисленных 365 дней, а каждый месяц — из 30 дней. За месяцем Абан-махом следует

[44] По Улугбеку, на 28 делится число «текущих лет» (1835), а по Бирджанди—«число полностью истекших лет» (1834). Поэтому, по Улугбеку, к 18 нужно прибавить 1, а по Бирджанди — к 17 прибавить 2.

[45] Улугбек, упом. рукопись, л. 3а, л. 3б.

[46] Бирджанди, упом. рукопись, л. 11а.

3. *Таблица мадха для греческих месяцев*

Текущие годы	Тешрин I	Тешрин II	Канун I	Канун II	Шебат	Адар	Нисан	Айяр	Хазиран	Тамуз	Аб	Эйлул
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	5	1	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	7	3	6
6	1	4	6	2	5	5	1	3	6	1	4	7
7	2	5	7	3	6	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
10	6	2	4	7	3	3	6	1	4	6	2	5
11	7	3	5	1	4	5	1	3	6	1	4	7
12	2	5	7	3	6	6	2	4	7	2	5	1
13	3	6	1	4	7	7	3	5	1	3	6	2
14	4	7	2	5	1	1	4	6	2	4	7	3
15	5	1	3	6	2	3	6	1	4	6	2	5
16	7	3	5	1	4	4	7	2	5	7	3	6
17	1	4	6	2	5	5	1	3	6	1	4	7
18	2	5	7	3	6	6	2	4	7	2	5	1
19	3	6	1	4	7	1	4	6	2	4	7	3
20	5	1	3	6	2	2	5	7	3	5	1	4
21	6	2	4	7	3	3	6	1	4	6	2	5
22	7	3	5	1	4	4	7	2	5	7	3	6
23	1	4	6	2	5	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	7	3	4	7	2	5	7	3	6
28	1	4	6	2	5	5	1	3	6	1	4	7

5 дополнительных дней, которые затем в конце каждого года и вводятся астрономами».

«Если добавить,— продолжает Улугбек,— число 2 к числу текущих лет и отнять от полученной суммы столько раз по 7, сколько это окажется возможным, то мы получим мадхаль (т. е. порядковый день недели первого дня) года, а следовательно, и первого месяца; для каждого из остальных месяцев прибавляется число 2; когда сумма начинает превышать число 7, вычитается это число или его кратные; остаток показывает порядковый день недели месяца».[47]

Рассмотрим пример на предложенное правило Улугбека. Допустим, что требуется определить мадхаль 921 года. К числу текущих лет. т. е. к 921, прибавим 2, получается 923; вычитая из полученной суммы 131 раз по 7, т. е. разделив 923 на 7, получим в остатке 6; это и есть искомый первый день рассматриваемого года.

«Для определения мадхаля,— говорит Улугбек,— мы составили таблицу (табл. 4); вычитая из числа текущих лет по 7, мы полученный остаток поместим в верхнем столбце (строке); тогда число, находящееся (в соответствующем вертикальном столбце) против соответствующего месяца, и будет порядковым днем недели этого месяца».[48]

Для примера возьмем предыдущую задачу и решим ее при помощи упомянутой таблицы (табл. 4). Итак, допустим, что требуется определить мадхаль 921 года. Вычитая от 921 по 7 столько раз, сколько это возможно, или разделив 921 на 7, в остатке получим 4. Находя в верхнем столбце число 4, мы против Фервердин-маха (в том же столбце, где число 4) находим 6. Это и есть искомый первый день рассматриваемого года, что находится в полном согласии с результатом непосредственного решения без таблицы.

4. По вопросу перехода от одной из рассматриваемых эр к другой Улугбек говорит: «Зная дату одной из этих трех эр,

---

[47] Улугбек, упом. рукопись, л. 3б.
[48] Там же.

4. Таблица мадхаля иранской эры

Месяцы	1	2	3	4	5	6	7
Фервердин-мах	3	4	5	6	7	1	2
Ардебихишт-мах . . .	5	6	7	1	2	3	4
Хордад-мах	7	1	2	3	4	5	6
Тир-мах	2	3	4	5	6	7	1
Мордад-мах	4	5	6	7	1	2	3
Шахривер-мах	6	7	1	2	3	4	5
Михр-мах	1	2	3	4	5	6	7
Абан-мах	3	4	5	6	7	1	2
Азер-мах	5	6	7	1	2	3	4
Дей-мах	7	1	2	3	4	5	6
Бахман-мах	2	3	4	5	6	7	1
Исфендармузд-мах . .	4	5	6	7	1	2	3

для того, чтоб перейти к другой, прежде всего необходимо дату данной эры обратить в дни. Если речь идет об иранской эре, помножьте число полностью истекших лет на 365, а полностью истекших месяцев — на 30. Если речь идет о хиджре, умножьте полностью истекшие годы на 354, разделите то же число (полных лет) на 30 и к произведению от первого умножения добавьте частное, помножив его на 11; учтите в числе полностью истекших лет, оставшихся после деления, високосные годы в порядке значений букв,[49] прибавьте к полученной сумме число високосных лет, прибавляйте затем последовательно полностью истекшие месяцы в 30 и 29 дней, и вы получите требуемое число дней».

«Что же касается греческой эры, то умножьте число полностью истекших лет на 365 и прибавьте к произведению одну четверть того же числа лет (т. е. числа полностью истекших лет); обратите полные месяцы в дни, считая Тешрин II, Нисан, Хазиран и Эйлул — по 30 дней, Шебат — в 28 дней (или в 29 — в високосные годы), а остальные 7 месяцев — по 31 дню. Закончив эту операцию, добавьте число истекших дней текущего месяца, и вы получите искомое число».[50]

«Если хотят установить соответствие между собой всех этих различных эр,— продолжает Улугбек,— то к сумме полученных дней добавляется разделяющий их интервал, если искомая эра предшествует данной. И, наоборот, его (интервал) вычитают из этой суммы, если имеет место обратное; так получается требующееся число дней. Затем, действуя по обратному методу, эти дни обращаются в годы. Для нахождения даты по эре Ездигерда, разделите сумму дней на 365; вы получите в частном число полностью истекших лет этой эры; разделите остаток на 30, и в частном вы будете иметь число полностью истекших месяцев; остаток даст вам истекшие дни текущего месяца».

Аналогично только что изложенному, повторяя в основном вышеприведенные правила относительно составления требуемого числа для перехода к хиджре (с учетом интервала, разделяющего данную эру от хиджры), Улугбек говорит, что «частное от деления составленных по вышеуказанному способу дней на 354 представляет собой полностью истекшие годы,

---

[49] بهز يجهج ادوط

[50] Улугбек, упом. рукопись, л. 3б, л. 4а.

а оставшиеся дни от полностью истекших месяцев в 29 и 30 дней, если таковые будут иметь место, представляют собой истекшие дни текущего месяца».[51] Ниже приводится пример, наглядно иллюстрирующий изложенное.

В этом же духе Улугбек делает наставление для перехода от одной из рассмотренных выше эр к греческой эре. В основе решения рассматриваемого вопроса лежит знакомый нам метод.

В нашу задачу не входит перевод труда Улугбека. Мы здесь лишь пытаемся, используя его отдельные наиболее важные и характерные фрагменты, дать читателю общее представление о стиле изложения и применяемых им методах.

Развивая свои наставления, Улугбек говорит: «да будет известно, что греческая эра предшествует: хиджре на—340700 дней, что в шестидесятилетиях составляет 1‴, 34″, 38′, 20 дней, и эре Ездигерда — на 344 324 дня, или на 1‴, 35″, 38′, 44 дня; хиджра, в свою очередь, предшествует эре Ездигерда на 3624 дня, или на 0‴, 1″, 0′, 24 дня в шестидесятилетиях».[52]

Рассмотрим пример, предложенный Бирджанди. «Пусть нам дано,— говорит Бирджанди,[53] — 5-е Раби II 930 года хиджры и требуется определить соответствующую дату эры Ездигерда.

Число полностью истекших лет — 929; произведение этого числа на 354 даст 328 866; частное от деления полностью истекших лет (т. е. 929) на 30 есть 30 целых и 29 в остатке; прибавив произведение $30 \cdot 11 = 330$ к числу 328 866, получим сумму: 329 196; далее, $329\,196 + 11 = 329\,207$; сумма чисел дней в месяцах Мохаррам, Сафар и Раби I составляет 89; из суммы: $329\,207 + 89 + 5 = 329\,301$ вычитаем интервал, отделяющий хиджру от иранской эры Ездигерда, т. е. число 3624, получится разность 325 677; разделив эту разность на 365, получим

---

[51] Улугбек, упом. рукопись, л. 3б, л. 4а.
[52] Там же, л. 4а.
[53] Бирджанди, упом. рукопись, л. 13а.

в частном 892 (число полностью истекших лет) и в остатке 97; разделив 97 на 30, получим в частном 3 (число полностью истекших месяцев) и в остатке 7; следовательно, искомая дата: 7-е Тир-маха 893 года эры Ездигерда».

Для решения подобных задач Улугбек предлагает составленные им две таблицы. «Чтобы облегчить производство всех этих вычислений,— говорит Улугбек,— мы составили две таблицы — одну для годов и другую для месяцев. В первой таблице рядом с полными годами известной нам эры приводится перевод соответствующего количества дней других эр (по шестидесятилетиям); во второй — даются дни полных месяцев, а в остатке число дней текущего месяца; к ним прибавляют — или из них вычитают, смотря по обстоятельствам,— интервал, разделяющий данную эру от искомой; полученная сумма, после сравнения с первой таблицей, позволяет сразу же найти искомую эру, а остаток показывает, сколько следует взять полных месяцев по второй таблице; получается еще один остаток, каковой и является истекшим днем текущего месяца».[54]

Рассмотрим пример, поясняющий употребление упомянутых таблиц Улугбека, предложенный другим комментатором труда Улугбека, Мериемом Челеби.[55] «Пусть нам дан,— говорит Мерием Челеби,— месяц Раджаб 903 года хиджры и требуется найти соответствующую дату греческой эры.

Для этого ищем в таблице 5 (шестидесятилетий) в графе «Периоды лет» число, близкое к 903. Таковым является 900. Против этого числа в графе «хиджры» находим:[56]

1 28 35 30.

В той же таблице (в части отдельных лет) в графе «хиджры» против числа 2 находим:[57] 11 49, а в 6 таблице за 6 месяцев, предшествующих Раджабу, соответствует: 2 57.

[54] Улугбек, упом. рукопись, л. 4а.

[55] См. Sédillot, стр. 24.

[56] Собственно: $1''', 28'', 35', 30$, но здесь ради простоты значки опущены.

[57] Так как число полностью истекших лет — 902.

5. *Таблица обращения дней греческой, хиджры и иранской эр*

Периоды лет				Единицы лет							
полные годы	греческие	хиджры	иранские	полные годы	греческие	хиджры	иранские	полные годы	гре еские	хиджры	иранские
120	0.12.10.30	0.11.48.44	0.12.10.0	1	0. 6. 5	0. 5.54	0. 6. 5	31	3. 8.43	3. 3. 5	3. 8.35
180	0.18.15.45	0.17.43. 6	0.18.15.0	2	0.12.10	0.11.49	0.12.10	32	3.14.48	3. 9. 0	3.14.40
240	0.24.21. 0	0.23.37.28	0.24.20.0	3	0.18.16	0.17.43	0.18.15	33	3.20.53	3.14.54	3.20.45
300	0.30.26.15	0.29.31.50	0.30.25.0	4	0.24.21	0.23.37	0.24.20	34	3.26.58	3.20.48	3.26.50
360	0.36.31.30	0.35.26.12	0.36.30.0	5	0.30.26	0.29.32	0.30.25	35	3.33. 4	3.26.43	3.32.55
420	0.42.36.45	0.41.20.34	0.42.35.0	6	0.36.31	0.35.26	0.36.30	36	3.39. 9	3.32.37	3.39. 0
480	0.48.42. 0	0.47.14.56	0.48.40.0	7	0.42.37	0.41.21	0.42.35	37	3.45.14	3.38.32	3.45. 5
540	0.54.47.15	0.53. 9.18	0.54.45.0	8	0.48.42	0.47.15	0.48.40	38	3.51.19	3.44.26	3.51.10
600	1. 0.52.30	0.59. 3.40	1. 0.50.0	9	0.54.47	0.53. 9	0.54.45	39	3.57.25	3.50.20	3.57.15
660	1. 6.57.45	1. 4.58. 2	1. 6.55.0	10	1. 0.52	0.59. 4	1. 0.50	40	4. 3.30	3.56.15	4. 3. 2
720	1.13. 3. 0	1.10.52.24	1.13. 0.0	11	1. 6.58	1. 4.58	1. 6.55	41	4. 9.35	4. 2. 9	4. 9.25
780	1.19. 8.15	1.16.46.46	1.19. 5.0	12	1.13. 3	1.10.52	1.13. 0	42	4.15.40	4. 8. 3	4.15.30
840	1.25.13.30	1.22.41. 8	1.25.10.0	13	1.19. 8	1.16.47	1.19. 5	43	4.21.46	4.13.58	4.21.35

900	1.31.18.45	1.28.35.30	1.31.15.0	14	1.25.13	1.22.41	1.25.10	44	4.27.51	4.19.52	4.27.40
960	1.37.24. 0	1.34.29.52	1.37.20.0	15	1.31.19	1.28.36	1.31.15	45	4.33.56	4.25.47	4.33.45
1020	1.43.29.15	1.40.24.14	1.43.25.0	16	1.37.24	1.34.30	1.37.20	46	4.40. 1	4.31.41	1.39.50
1080	1.49.34.30	1.46.18.36	1.49.30.0	17	1.43.29	1.40.24	1.43.25	47	4.46.7	4.37.35	4.45.55
1140	1.55.39.45	1.52.12.58	1.55.35.0	18	1.49.34	1.46.19	1.49.30	48	4.52.12	4.43.30	4.52. 0
1200	2. 1.45. 0	1.58. 7.20	2. 1.40.0	19	1.55.40	1.52.13	1.55.35	49	4.58.17	4.49.24	4.58. 5
1260	2. 7.50.15	2. 4. 1.42	2. 7.45.0	20	2. 1.45	1.58. 7	2. 1.40	50	5. 4.22	4.55.18	5. 4.10
1320	2.13.55.30	2. 9.56. 4	2.13.50.0	21	2. 7.50	2. 4. 2	2. 7.45	51	5.10.28	5. 1.13	5.10.15
1380	2.20. 0.45	2.15.50.26	2.19.55.0	22	2.13.55	2. 9.56	2.13.50	52	5.16.33	5. 7. 7	5.16.20
1440	2.26. 6. 0	2.21.44.48	2.26. 0.0	23	2.20. 1	2.15.50	2.19.55	53	5.22.38	5.13. 1	5.22.25
1500	2.32.11.15	2.27.39.10	2.32. 5.0	24	2.26. 6	2.21.45	2.26. 0	54	5.28.43	5.18.56	5.28.30
1560	2.38.16.30	2.33.33.32	2.38.10.0	25	2.32.11	2.27.39	2.32. 5	55	5.34.49	5.24.50	5.34.35
1620	2.44.21.45	2.39.27.54	2.44.15.0	26	2.38.16	2.33.34	2.38.10	56	5.40.54	5.30.45	5.40.40
1680	2.50.27. 0	2.45.22.16	2.50.20.0	27	2.44.22	2.39.28	2.44.15	57	5.46.59	5.36.39	5.46.45
1740	2.56.32.15	2.51.16.38	2.56.25.0	28	2.50.27	2.45.22	2.50.20	58	5.53. 4	5.42.33	5.52.50
1800	3. 2.37.30	2.57.11. 0	3. 2.30.0	29	2.56.32	2.51.17	2.56.25	59	5.59.10	5.48.28	5.58.55
1860	3. 8.42.45	3. 3. 5.22	3. 8.35.0	30	3. 2.37	2.57.11	3. 2.30	60	6. 5.15	5.54.22	6. 5. 0

Находим сумму этих трех чисел (разумеется, в шестидесятилетиях):

1‴	28″	35′	30
		11′	49
		2′	57
1‴	28″	50′	16

Интервал между эрами хиджры и греческой есть:

1‴ 34″ 38′ 20

Добавляем это число к предыдущей сумме:

1‴	28″	50′	16
1‴	34″	38′	20
3‴	3″	28′	36

Теперь из этого числа вычитаем число, близко подходящее к нему, в 5 таблице. Оно находится против 1800, а именно: 3‴ 2″ 37′ 30.

3‴	3″	28′	36
3‴	2″	37′	30
		51′	6

В той же (5) таблице отдельных лет против 8 имеем: 48′ 42. Разность между последними двумя числами есть:

51′	6
48′	42
2′	24

Накопец, в 6 таблице мы имеем за 4 месяца: 2′ 3. Составляем разность между последними двумя числами:

2′	24
2′	3
	21

6. Таблица дней греческой, хиджры и иранской эр

Греческая эра		Хиджра		Иранская эра	
Тешрин I	0 31	Мохаррам	0 30	Фервердин-мах	0 30
Тешрин II	1 1	Сафар	0 59	Ардебишт-мах	1 0
Канун I	1 32	Раби I	1 29	Хордад-мах	1 30
Канун II	2 3	Раби II	1 58	Тир-мах	2 0
Шебат	2 31 2 32	Джумада I	2 28	Мордад-мах	2 30
Адар	3 2 3 3	Джумада II	2 57	Шахривер-мах	3 0
Нисан	3 32 3 33	Раджаб	3 27	Михр-мах	3 30
Айяр	4 3 4 4	Шабан	3 56	Абан-мах	4 0
Хазиран	4 33 4 34	Рамазан	4 26	Адар-мах	4 30
Тамуз	5 4 5 5	Шавван	4 55	Дей-мах	5 0
Аб	5 35 5 36	Зулькада	5 25	Бахман-мах	5 30
Эйлул	6 5 6 6	Зульхиджжа	5 54 5 55	Исфендармуз-мах	6 0

Это и есть число истекших дней пятого месяца греческой эры, т. е. Шебат 1809 года.

5. В пятой главе Улугбек рассматривает эру Мелики, или Джалаледдина. «Эта эра,— говорит Улугбек,— названа так по имени султана Джалаледдина Мелик-шаха, сына Алп-

Арслана Сельджукида. Она начинается, согласно одним, в воскресенье, в 5-й день месяца Шабана 468 года хиджры, а согласно другим — в пятницу, в 10-й день Рамазана 471 года. Это составляет разницу в 1097 дней, причина которой нам неизвестна. Но поскольку последнее мнение является общепринятым, мы и будем следовать ему. Начало эры Джалаледдина совпадает с днем вступления Солнца в созвездие Овна, т. е. считается от ближайшего полдня; месяцы этой эры также подчинены прохождению Солнца через отдельные знаки Зодиака, почему годы и месяцы этой эры должны были бы быть солнечными, истинными. Однако обычно исчисляют месяцы в 30 твердо установленных дней, чтобы внести регулярность в таблицы эфемерид. Таким образом, месяцы этой эры — солнечные, общие. Им даются названия персидских месяцев, но только их от персидских отличают по даваемым им эпитетам: персидские месяцы — древние, а месяцы Мелик-шаха — Джалалевы. За концом месяца Исфандармуза следуют пять дополнительных дней и каждые четыре года вставляется еще один день; после того как эта интерполяция будет повторена 6 или 7 раз, она переносится на пятый год».[58]

Как известно, автором рассматриваемого календаря является знаменитый астроном — поэт XI в. Омар-Хайям. В 1074 г. ему было предложено произвести коренную реформу общетаджикского календаря. Одним из основных требований, которое предъявлялось при этом, заключалось в том, чтобы Науруз — общетаджикский новый год — всегда приходился бы на весеннее равноденствие, так как большинство народов Востока, в том числе и иранцы, с этого момента начинали свой новый год.

Отнеся исходное весеннее равноденствие на 15 марта 1079 г. (начало эры Мелики или Джалаледдина), Омар-Хайям устанавливает систему високосов с периодом в 33 года, с 8 високосами.

Так как при этом средняя длина года равна

$$365\,{}^{8}/_{33}=365.24242 \text{ дня},$$

[58] **Улугбек**, упом. рукопись, л. 5а.

а продолжительность тропического года

$$365.2422 \text{ дня},$$

то разность между ними, а именно 0.00022 дня, показывает, что приблизительно через 4500 лет равноденствие уйдет от своей даты назад только на один день.

Таким образом, мы видим, что *рассматриваемый календарь удовлетворяет требованиям весьма высокой точности*.

Для перехода от одной из предыдущих эр к эре Мелики Улугбек приводит составленную им для этой цели таблицу (табл. 7).

«Мы приводим такую таблицу,— говорит Улугбек,— что если известна одна из рассмотренных выше эр, то по ней можно найти соответствующую им дату в эре Мелики. Для этого сначала дата данной эры обращается в дни по известному способу; затем из полученного числа дней вычитается интервал, отделяющий данную эру от искомой; число оставшихся дней заносится на таблицу; тогда полученное число периодов или единиц лет показывает число истекших лет эры Джалаледдина. Если в остатке окажется какое-нибудь число дней, то его надо разделить на 30, чтобы получить число полностью истекших после Фервердина Джалалева месяцев, и если при этом получится число, меньшее 30, то это и будет числом дней текущего месяца; если же число дней получится с дробью, то ее необходимо считать за полный день».

«Затем для этого дня определяется подлинное местонахождение Солнца; день этот, согласно таблице, должен приходиться на 1-е Фервердина эры Джалаледдина; и если в этот день оно как раз вступило в Овен, то это хорошо; если же оно находится там со вчерашнего дня, или если оно взойдет туда только завтра, то надо прибегнуть к вычислениям, чтобы точно узнать порядковый день недели первого дня месяца Фервердина».[59]

---

[59] Улугбек. упом. рукопись, л. 5а.

7. *Таблица дней полных лет эры Мелики*

Число лет	Д н и	Части дня (шестидесятилетия)			
1	365	14	33	7	32
2	730	29	6	15	4
3	1095	43	39	22	36
4	1460	58	12	30	8
5	1826	12	45	37	40
6	2191	27	18	45	12
7	2556	41	51	52	44
8	2921	56	25	0	16
9	3287	10	58	7	48
10	3652	25	31	15	20
20	7304	51	2	30	40
30	10957	16	33	46	0
40	14609	42	5	1	20
50	18262	7	36	16	40
60	21914	33	7	32	0
70	25566	58	38	47	20
80	29219	24	10	2	40
90	32871	49	41	18	0
100	36524	15	12	33	20
200	73048	30	25	6	40
300	109572	45	37	40	0
400	146097	0	50	13	20
500	182621	16	2	46	40
600	219145	31	15	20	0
700	255669	46	27	53	20
800	292194	1	40	26	40
900	328718	16	53	0	0
1000	365242	32	5	33	20

«Если же, наоборот, известна дата эры Мелики,— продолжает Улугбек,— и хотят установить ее соответствие с одной из трех вышеупомянутых эр, то в таблицу заносится число полностью истекших лет эры Мелики и из нее (таблицы) берутся соответствующие дни и части дней; к сумме прибавляется по 30 дней за счет каждого истекшего месяца, а затем число дней текущего месяца; тогда полученный результат и будет числом дней эры Мелики. Правильность произведенных действий можно проверить при помощи мадхаля (начального дня недели) следующим образом: вычитают из числа дней эры Мелики столько раз по 7, сколько это окажется возможным; оставшееся число, меньшее 7, показывает мадхаль, или порядковый день недели, начиная счет с пятницы. Если при этом дни недели совпадают с известным нам днем (известной эры), то вычисление сделано правильно; в противном случае достаточно добавлять или вычитать один или два дня, пока не получится полное согласие. Если известно число истекших дней эры Мелики, то к нему прибавляется интервал между двумя эрами и вопрос решается при помощи изложенного способа».

Раздел заканчивается таблицей интервалов между рассмотренными эрами и эрой Мелики в переводе на шестидесятилетия. Так, «греческая эра,— говорит Улугбек,— предшествует эре Мелики на 507 497 дней, или в шестидесятилетиях на 2‴, 20″, 58′, 17 дней, хиджра — на 166 797 дней,[60] или на 0‴, 46″, 19′, 57 дней, а иранская эра — на 163 173 дня, или на 0‴, 45″, 19′ 33 дня».[61]

Бирджанди на примере показывает, как пользоваться упомянутой таблицей Улугбека. Дана дата: 7-е Тир-маха 893 года эры Ездигерда, говорит Бирджанди,[62] требуется определить соответствующую дату эры Мелики.

Обращая данную дату в дни, получаем: $892 \cdot 365 + 97 =$

[60] У Sédillot вкралась ошибка: 166 757 дней (как указано у него) не соответствуют 0‴, 46″, 19′, 57.

[61] Улугбек, упом. рукопись, л. 5б.

[62] Бирджанди, упом. рукопись, л. 17б.

= 325 677 дней; отсюда вычитаем интервал, отделяющий эру Ездигерда от эры Мелики, а именно: 163 173 дня, получаем: 162 504 дня.

Теперь, обращаясь к таблице 7, разыскиваем число, возможно близко подходящее к полученному нами числу дней; таковым является 146 097, которому соответствует (в шестидесятилетиях):

$$0''' \; 50'' \; 13' \; 20 \text{ или } 400 \text{ лет;}$$

составляя разность чисел: 162 504—146 097 = 16 407, мы опять обращаемся к той же таблице; находим ближайшее к нему число 14 609, которому соответствует:

$$42''' \; 5'' \; 1' \; 20 \text{ или } 40 \text{ лет;}$$

наконец, составляя разность чисел: 16 407—14 609, получим 1798; обращаясь к таблице, находим ближайшее к нему число: 1460, которому соответствует:

$$58''' \; 12'' \; 30' \; 8 \text{ или } 4 \text{ года.}$$

Таким образом, числу дней: 146 097 + 14 609 + 1460 = = 162 166 соответствует: 400 + 40 + 4 = 444 года. Находя остаток (разность) 162 504—162 166 = 338 и разделив его на 30, получим:

$$338 : 30 = 11 \, ^8/_{30},$$

т. е. мы имеем 11 полных месяцев и 7 дней следующего 12-го месяца. Таким образом данной дате эры Ездигерда соответствует 7-е Исфендармуза 445 года эры Мелики.

6. Переходя к рассмотрению эры китайцев и уйгур, Улугбек говорит:[63] «Китайские и уйгурские астрономы подразделяют гражданские сутки на двенадцать частей, называемые

---

[63] Улугбек, упом. рукопись, л. 2б.

«чаг»'ами, из которых каждый имеет свое наименование, как видно из следующей таблицы:[64]

8. Таблица чаг'ов

	Наименование чаг'ов											
Китайские названия	Цзы	Чоу	Им	Мао	Чэнь	Сы	У	Вэй	Шэнь	Ю	Сюй (Шу)	Хай
Тюркские названия	Кешку	Ут	Барс	Тувушкан	Лу	Йилан	Юнед	Кой	Сичен	Закун[65]	Ит	Тонгуз

Каждый «чаг» делится на восемь частей, называемых «кэ»; гражданские сутки заключают в себе десять тысяч частей, называемых «фенк»;[66] отношение фенка к чагу равно $1 : 833^1/_3$, а отношение фенка к кэ — $1 : 104^1/_6$. Начало гражданских суток приурочено к пятому кэ первого чага, так что в середине ночи, отправной точке гражданского дня, уже истекает половина чага — Цзы или Кешку, а другая его половина еще остается в неприкосновенности».

Далее Улугбек останавливается на определении циклов рассматриваемой эры. «Астрономы Китая и Туркестана,— говорит Улугбек,— установили циклы в 12 разделов как для дней, так и для лет и даже для частей гражданского дня, к которым применяют вышеприведенные названия. Китайцы имеют также цикл из 10 делений, для которого применяют следующие названия: 1. Цзя. 2. И. 3. Бин. 4. Дин. 5. Ву. 6. Цзи. 7. Гэн. 8. Синь. 9. Жэнь. 10. Гуй. Комбинируя этот цикл с предыдущим,

[64] Китайские названия прокорректированы профессором-китаистом Института востоковедения АН СССР Г. Т. Смыкаловым.

[65] В рукописи № 2118 (л. 3а): «Докук», что является измененным «Довук» или «Товук» (курица).

[66] Улугбек, упом. рукопись, л. 5. Таким образом, 2 часа = чаг; 15 мин. = кэ.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Цзя Цзы	И Чоу	Бин Им	Дин Мао	Ву Чэн	Цзи Сы	Гэн У	Синь Вэй	Жэнь Шэнь	Гуй Ю
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Цзя Шу	И Хай	Бин Цзы	Дин Чоу	Ву Им	Цзи Мао	Гэн Чэнь	Синь Сы	Жэнь У	Гуй Вэй
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Цзя Шэнь	И Ю	Бин Шу	Дин Хай	Ву Цзы	Цзи Чоу	Гэн Им	Синь Мао	Жэнь Чэнь	Гуй Сы
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Цзя У	И Вэй	Бин Шэнь	Дин Ю	Ву Шу	Цзи Хай	Гэн Цзы	Синь Чоу	Жэнь Им	Гуй Мао
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Цзя Чэнь	И Сы	Бин У	Дин Вэй	Ву Шэнь	Цзи Ю	Гэн Шу	Синь Хай	Жэнь Цзы	Гуй Чоу
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Цзя Им	И Мао	Бин Чэнь	Дин Сы	Ву У	Цзи Вэй	Гэн Чэнь	Синь Ю	Жэнь Шу	Гуй Хай

они образуют цикл в 60 разделов, который служит им для счета дней. Этот цикл 60-ти заменяет им нашу неделю, и мы называем его циклом 60-дневья. Таблица 9 показывает слияние этих циклов в один».[67]

«Китайцы для летосчисления применяют также цикл в 3 года; каждый из этих трех циклов имеет следующее название: первый — Шан-Юань,[68] второй — Чжун-Юань[69] и третий — Ся-Юань.[70] Продолжительность всех трех периодов — 180 лет. Если китайцы хотят взять более значительный промежуток времени, тогда они восходят к сотворению мира и считают, что с начала этой эпохи до начала первого года цикла Шан-Юань, падающего на вторник 8-го Шавваля 847 года хиджры, протекло 8863 полных Юань и 9860 лет текущего Юаня. Каждый Юань[71] содержит 10 000 лет. Тюрки пользуются для своего летосчисления циклом в 12 (лет), но продолжительность их эры нам неизвестна».

«Годы китайцев и уйгур — настоящие, солнечные; счет им ведется с момента прохождения Солнца через какую-нибудь определенную точку какого-нибудь из знаков Зодиака до его возвращения к той же точке и согласно установившимся представлениям заключает в себе 365 дней 2436 фенков, или частей дня. Они делятся на 24 равные части, каждая из которых состоит из 15 дней 2184 $^5/_6$ фенка».

«Народами, о которых идет речь, первый день времен года перенесен в середину каждого квадранта, так что весна начинается с 16° Водолея. Этот же принцип регулирует соответствующие точки четырех главных частей, на которые делится год».[72]

---

[67] Улугбек, упом. рукопись, л. 5б.

[68] У Улугбека (см. упом. рукоп., л. 5б): شانك ون (Шанг-Вен)

[69] У Улугбека (там же): جونك ون (Джунг-Вен).

[70] У Улугбека (там же): خاون (Хо-Вен).

[71] Или «Вен» (по другой транскрипции).

[72] Улугбек, упом. рукопись, л. 5—6.

10. Таблица 24 частей года, числа дней и фенков, из которых они

Весна					Лето				
№ п/п	Названия	Дни	Фенки	6-е части фенка	№ п/п	Названия	Дни	Фенки	6-е части фенка
1	Ли-Чунь . . .	0	00	0	7	Ли-ся	91	3109	0
2	Вуши	15	2184	5	8	Сяо-мань . . .	106	5293	5
3	Цзин-чжэ . .	30	4369	4	9	Ман-чжун . .	121	7478	4
4	Чунь-фэнь . .	45	6554	3	10	Ся-чжи . . .	136	9663	3
5	Цин-мин . . .	60	8739	2	11	Сяо-шу . . .	152	1848	2
6	Ку-юй	76	924	1	12	Да-шу	167	4033	1

В заключение Улугбек приводит таблицу обозначений упомянутых 24 частей, с указанием числа дней и фенков, содержащихся в них за весь год (таблица 10).

Далее, переходя к рассмотрению мадхаля (начального дня) 24 частей года в 60-раздельном цикле, Улугбек говорит: «Всякий раз, когда мы хотим найти для какого-нибудь года мадхаль одной из этих 24 частей, следует сначала узнать день и чаг, на которые падает начало Ли-Чуня одного из предшествующих ему или следующих за ним годов 60-раздельного цикла; это есть то, что называется основой (частей) года (асль); за первый год цикла Шан-Юань, о котором мы уже говорили, истекает 55 дней 6140 фенков».

«Если мы хотим знать начало какого-нибудь года, следует сначала определить число лет, отделяющих его от года, принятого за основу (асль); затем надо помножить это число на излишек сверх 360 первых дней года, т. е. на 5 дней 2436 фенков: наконец, прибавляя столько дней, сколько раз в произведении заключено по десять тысяч фенков, мы получаем искомый интервал. Если искомый год относительно года, принятого за основу, является последующим, мы добавляем этот *состоят, а также наименования, которые им дают китайцы*

Осень					Зима				
№ п/п	Названия	Дни	Фенки	6-е части фенка	№ п/п	Названия	Дни	Фенки	6-е части фенка
13	Ли-цю	182	6218	0	19	Ли-дун	273	9237	0
14	Чу·шу	197	8402	5	20	Сяо-сюэ . . .	289	1511	5
15	Бай-лу	213	587	4	21	Да-сюэ	304	3696	4
16	Цю-фень . . .	228	2772	3	22	Дун-чжи . . .	319	5881	3
17	Ханьлу . . .	243	4957	2	23	Сяо-хань . . .	334	8066	2
18	Шуан-цзян . .	258	7142	1	24	Да-хань . . .	350	251	1

интервал к основе частей года и из числа дней вычитаем столько раз по 60, сколько это окажется возможным; если же искомый год предшествует основе, мы вычитаем 60 и кратные этого числа из числа дней, составляющих интервал, а остаток вычитаем из основы (асля) частей года; если вычитание невозможно, к основе добавляется 60 и действие продолжается. Если число фенков интервала превышает числа фенков основы, из числа фенков основы занимают один день, прибавляют составляющие его десять тысяч фенков к фенкам основы и из полученной суммы вычитают фенки интервала; остаток (после сложения и вычитания) дает начало Ли-Чуня рассматриваемого года. Затем его приведем в соответствие с началом цикла 60-летий, подсчитываем фенки частей дня, и тогда точка, па которую они падают, и будет началом рассматриваемого года».

«Узнав начало, мы берем дни и фенки всех частей в таблицах начальных дней частей года и прибавляем их к дням и фенкам начала этого года. Если полученное число дней превышает 60, мы вычитаем из него это количество возможное число раз, пока не получим мадхаль (первый день недели) этой части года. В нижеследующей таблице (табл. 11) мы

11. Таблица частей года, превышающих 360 дней

Число лет	Дни	Фенки
1 2	5 10	2436 4872
3 4	15 20	7308 9744
5 6	26 31	2180 4616
7 8	36 41	7052 9488
9 10	47 52	1924 4360
20 30	44 37	8720 3080
40 50	29 22	7440 1800
60 70	14 7	6160 520
80 90	59 51	4880 9240
100 200	44 28	3600 7200
300 400	13 57	800 4400
500 600	41 26	8000 1600
700 800	10 54	5200 8800
900 1000	39 23	2400 6000

даем вычисление сумм частей года тех лет, число дней которых превышает 360 с ее кратным, чтобы это позволило легко установить согласование времен; в другой таблице (табл. 12) указывается начало чагов и кэ; разыскав в ней число фенков мадхаля, мы узнаем, сколько прошло чагов и кэ текущих суток».[73]

Для пояснения изложенного рассмотрим пример, приведенный Бирджанди.[74]

«Допустим,— говорит Бирджанди,— что мы хотим определить начало Ли-чуня для 893 года Ездигерда. Данный год является 80-м годом цикла 180-летий. Умножим (согласно правилу) 80 на 5 дней 2436 фенков:

$$80\,(5\text{ дн. }2436\text{ ф.})=400\text{ дн. }194\,880\text{ ф.}=419\text{ дн. }4880\text{ ф.},$$

так как 190 000 фенков составляют 19 дней; вычитая по 60 из 419, получим в остатке 59 (дней); далее составляем сумму: 59 дн. 4880 ф. + 55 дн. 6140 ф. = 114 дн. 11 020 ф. = 115 дн. 1020 ф. Наконец, разделив число дней на 60, получим в остатке 55 дней. Таким образом, имеем окончательно: 55 дней 1020 фенков».

Продолжив рассмотренный пример Бирджанди, можно сказать следующее: так как чаг содержит $833^1/_3$ фенка, а кэ — $104^1/_6$ фенка, то 1020 фенков содержат в себе: 1 чаг + 1 кэ + + $82^3/_6$ ф. (2-го чага), что соответствует: Чоу (по китайскому летосчислению) и Ут (по тюркскому).

Теперь решим ту же задачу при помощи таблиц Улугбека.

В таблице 11 числу 80 (лет) соответствует:

59 дней 4880 фенков,

что и было найдено выше путем вычисления. Прибавив к этому числу основу частей года, т. е. 55 дней 6140 фенков, получим:

115 дней 1020 фенков;

вычитая 60 из 115, получим в остатке 55 дней; заметив полученное число: 55 дней 1020 фенков, обратимся к таблице 12,

---

[73] Улугбек, упом. рукоп., л. 6а.

[74] Бирджанди, упом. рукоп., л. 21а.

12. Таблица начала

Китайские названия	Цзы		Чоу		Им		Мао		Чэнь		Сы	
Тюркские названия	Кешку	6-е части	Ут	6-е части	Барс	6-е части	Тувушкан	6-е части	Лу	6-е части	Йилан	6-е части
кэ	фенки		фенки		фенки		фенки		фенки		фенки	
1	9687	3	520	5	1354	1	2187	3	3020	5	3854	1
2	9791	4	625	0	1458	2	2291	4	3125	0	3958	2
3	9895	5	729	1	1562	3	2395	5	3229	1	4062	3
4	10000 полночь	0	833	2	1666	4	2500	0	3333	2	4166	4
5	104	1	937	3	1770	5	2604	1	3437	3	4270	5
6	208	2	1041	4	1875	0	2708	2	3541	4	4375	0
7	312	3	1145	5	1979	1	2812	3	3645	5	4479	1
8	416	4	1250	0	2083	2	2916	4	3750	0	4583	2

[75] См. примечание к 8 таблице.

где находим ближайшее к числу 1020 число 937, которому соответствует 5-е кэ 2-го чага Чоу или Ут, т. е. прошло 1020—937 = 83 фенка 2-го чага Чоу или Ут.

Переходя к рассмотрению мадхаля месяца (т. е. начального дня месяца) в цикле 60-ти, Улугбек продолжает: «Для всякого года прежде всего необходимо точно знать интервал, разделяющий месяц Арам от начала месяца Ву-ши; это то, что мы называем основой головы года».

«В первом году цикла Шан-Юань этот интервал равен 23 дням и 2000 фенкам. Затем вычисляется промежуток между годом, принятым за основу, и рассматриваемым годом и умножается на превышение продолжительности солнечного года над годом лунным, составляющее 10 дней 8764 фенка. Если рассматриваемый год следует за основой «головы лет», то к этой основе при-

чагов и кэ в фенках

У		Вэй		Шэнь		Ю		Шў		Хай	
Юнед		Кой		Спчен		За-кун ''		Ит		Тун-гуэ	
фенки	6-е части	фенки	6-е части	Фенки	6-е части	фенки	6-е части	фенки	6-е части	фенки	6-е части
4687	3	5520	5	6354	1	7187	3	8020	5	8854	1
4791	4	5625	0	6458	2	7291	4	8125	0	8958	2
4895	5	5729	1	6562	3	7395	5	8229	1	9062	3
5000	0	5833	2	6666	4	7500	0	8333	2	9166	4
5104	1	5937	3	6770	5	7604	1	8437	3	9270	5
5208	2	6041	4	6875	0	7708	2	8541	4	9375	0
5312	3	6145	5	6979	1	7812	3	8645	5	9479	1
5416	4	6250	0	7083	2	7916	4	8750	0	9583	2

бавляется произведение от умножения и из полученной суммы вычитается столько лунных месяцев, сколько возможно, и притом до тех пор, пока в остатке не останется меньше одного месяца; продолжительность среднего лунного месяца равна 29 дням 5306 фенкам».

«Если искомый год предшествует основе «головы лет», то из этой основы вычитается произведение от умножения, после того, как из него уже были вычтены все содержащиеся в нем лунные месяцы. Если вычитание невозможно, к основе присчитывается еще один лунный месяц; остаток, меньший продолжительности целого месяца, указывает промежуток, отделяющий Арам от Ву-ши рассматриваемого года. Затем этот промежуток вычитается из мадхаля (вступительных дней) Ву-ши; если при этом вычитание невозможно, к этому числу (мадхалю дней

Ву-ши) прибавляется 60 дней; остаток (после вычитания) дает мадхаль начала Арама в цикле 60-ти, путем подсчета средних движений; после этого достаточно прибавить продолжительность лунного месяца, чтобы получить мадхаль следующего месяца, а также и других месяцев. Мы привели составленные нами таблицы (таблицы 13 и 14), заключающие вычисление продолжительности лунного месяца и превышение продолжительности солнечного года над годом лунным (с кратными этих двух величин), которые облегчают пользование вышеизложенными правилами».

7. Далее Улугбек вводит понятие так называемой *хиссы* Солнца и Луны, причем разность между шестой частью солнечного года, т. е. 60-ю днями 8740 фенками, и интервалом, отделяющим в каком-либо году начало Арама от начала Ву-ши, он называет хиссой Солнца до начала Арама. Затем прибавляется продолжительность одного лунного месяца, чтобы определить хиссу Солнца каждого из последующих месяцев.

«Что же касается хиссы Луны,— говорит Улугбек,— то надо сначала узнать основу (асль) этого светила в начале какого-нибудь года. Для первого года цикла Шан-Юань она равна 21 дню 8100 фенкам. Берется разница между этим и рассматриваемым годом, и эта разница умножается на 7 дней 338 фенков, т. е. на превышение продолжительности солнечного года над 13-ю обращениями эпицикла Луны».

«Если этот год следует за первым годом упомянутого Шан-Юаня, произведение от умножения прибавляется к основе (асль) хиссы Луны; из этой суммы, если она превышает 27 дней 5556 фенков, т. е. продолжительности обращения эпицикла Луны,[76] вычитается это число и его кратные до тех пор, пока в остатке не останется величина, меньшая этого числа; назовем этот остаток *махфуз* (запоминаемый, резервированный)».

«Если рассматриваемый год предшествует первому году Шан-

[76] Бирджанди здесь принимает ее равной 27 дн. 5546 ф., хотя в приведенных им вычислениях он придерживается числа 27 дн. 5556 ф. (из них верно первое число).

13. Таблица продолжительности среднего лунного месяца

Числа по порядку	Дни	Фенки
1	29	5306
2	59	612
3	88	5918
4	118	1224
5	147	6530
6	177	1836
7	206	7142
8	236	2448
9	265	7754
10	295	3060
20	590	6120
30	885	9180
40	1181	2240
50	1476	5300
60	1771	8360
70	2067	1420
80	2362	4480
90	2657	7540
100	2953	600
200	5906	1200
300	8859	1800
400	11812	2400
500	14765	3000
600	17718	3600
700	20671	4200
800	23624	4800
900	26577	5400
1000	29530	6000

14. Таблица превышения продолжительности солнечного года над лунным годом

Числа по порядку	Дни	Фенки
1	10	8764
2	21	7528
3	32	6292
4	43	5056
5	54	3820
6	65	2584
7	76	1348
8	87	0112
9	97	8876
10	108	7640
20	217	5280
30	326	2920
40	435	560
50	543	8200
60	652	5840
70	761	3480
80	870	1120
90	978	8760
100	1087	6400
200	2175	2800
300	3262	9200
400	4350	5600
500	5438	2000
600	6525	8400
700	7613	4800
800	8701	1200
900	9788	7600
1000	10876	4000

Юаня, произведение от умножения вычитают (предварительно вычтя число содержащихся в нем обращений эпицикла) из основы (асль) хиссы Луны; если такое вычитание окажется невозможным, то к упомянутой основе прибавляется время одного обращения эпицикла Луны; действие продолжается; полученный таким образом остаток и есть махфуз. Далее из махфуза вычитается интервал, отделяющий начало Арама от Ву-ши в искомом году; если при этом вычитание окажется невозможным, то к махфузу присчитывается продолжительность одного обращения эпицикла Луны в начале месяца Арама рассматриваемого года; умножив этот остаток на 9, мы получаем хиссу Луны».

«Чтобы определить хиссу каждого из месяцев, берут 17 дней 7754 фенка; этому времени равняется хисса Луны за один месяц, и таким образом определяются хисса месяцев одного за другим; из суммы этих хисс, превышающей 248 дней, вычитается указанное число; в остатке получается хисса Луны».[77]

Рассмотрим следующий пример, приведенный Бирджанди.[78] «Допустим,— говорит Бирджанди,— что мы хотим найти хиссу Луны для 893 года Ездигерда. Данный год является 80-м годом цикла Шан-Юаня (см. выше). Умножаем это число на превышение продолжительности солнечного года над 13-ю обращениями эпицикла Луны, т. е. на 7 дней 338 фенков:

$$80\ (7\ \text{дн.}\ 338\ \text{ф.}) = 560\ \text{дн.}\ 27\,040\ \text{ф.} = 562\ \text{дн.}\ 7040\ \text{ф.};$$

прибавив к полученному числу хиссу Луны,[79] т. е. 21 день 8100 ф., получим: 584 дн. 5140 ф. или 5 845 140 ф. Разделив полученное число на продолжительность обращения эпицикла Луны (т. е. на 27 дн. 5556 или 275 556 ф.), получим:

$$\frac{5845140}{275556} = 21\ \frac{58464}{275556},$$

полученный остаток, т. е. 58 464 ф., или 5 дн. 8464 ф., и есть махфуз».

---

[77] Улугбек, упом. рукопись, л. 7а, 7б.

[78] Бирджанди, упом. рукопись, л. 25б.

[79] Для первого года цикла Шан-Юаня.

«Интервал, отделяющий начало Арама от Ву-ши, есть 7 дн. 3940 ф., но так как это число превышает махфуз (вычитание невозможно), то мы прибавляем к нему продолжительность обращения эпицикла Луны, т. е. 27 дн. 5556 ф., получим: 33 дня 4020 ф. Теперь вычитаем из этой суммы упомянутый интервал (т. е. 7 дн. 3940 ф.), получим: 26 дн. 80 ф. Наконец, умножив полученное число на 9, получим: 234 дн. 720 ф. Это и есть хисса Луны начала Арама 893 г. Ездигерда».

В целях упрощения подобных вычислений Улугбек приводит составленные им две таблицы (табл. 15 и 16), заключающие числа превышения продолжительности солнечного года над тринадцатью обращениями эпицикла Луны, а также хиссу Луны каждого из месяцев с кратными всех этих количеств.

Проверим решение вышеприведенного примера Бирджанди при помощи таблиц Улугбека. Обращаясь к табл. 15, мы видим, что разнице лет, т. е. числу 80, соответствует:

11 дней 5920 фенков;

прибавив к этому числу основу (асль) Луны в начале Шан-Юаня, т. е. 21 день 8100 ф., получим:

33 дня 4020 фенков.

Таким образом, тот же результат, который был получен выше при помощи нескольких действий, здесь очень просто получается при помощи лишь одного действия—сложения. Дальнейший ход действия не нуждается в объяснении.

«В двух случаях,— продолжает Улугбек,— а именно: когда нет полного дня хиссы (или когда хисса состоит из 182 дней), уравнение Солнца обращается в ноль; если число дней меньше 182, число дней хиссы умножается на число, недостающее до 182, и $^2/_9$ произведения дают число фенков уравнения Солнца; в этом случае уравнение—слагаемое. Если же число дней превышает 182, то этот излишек умножается на число, недостающее до 364, и $^2/_9$ произведения дают число фенков уравнения Солнца; в этом случае оно — вычитаемое».

15. Таблица превышения продолжительности солнечного года над тринадцатью обращениями эпицикла Луны

№ п/п	Дни	Фенки
1	7	338
2	14	676
3	21	1014
4	0	5796
5	7	6134
6	14	6472
7	21	6810
8	1	1592
9	8	1930
10	15	2268
20	2	8980
30	18	1248
40	5	7960
50	21	228
60	8	6940
70	23	9208
80	11	5920
90	26	8188
100	14	4900
200	1	4244
300	15	9144
400	2	8488
500	17	3388
600	4	2732
700	18	7632
800	5	6976
900	20	1876
1000	7	1220

16. Таблица хиссы Луны в продолжении месяца

№ п/п	Дни	Фенки
1	17	7754
2	35	5508
3	53	3262
4	71	1016
5	88	8770
6	106	6524
7	124	4278
8	142	2032
9	159	9786
10	177	7540
11	195	5294
12	213	3048
13	231	802

Аналогично определяется и уравнение Луны. «Определив сначала хиссу Луны за месяц, потом обращают внимание на число полных дней; если оно меньше 124, их умножают на число, которое нехватает до этого числа; произведение дает фенки уравнения; полученное произведение — слагаемое. Если же число полных дней превышает 124, излишек умножается на число, недостающее до 248; произведение показывает фенки уравнения; в этом случае оно — вычитаемое».[80]

В заключение Улугбек приводит две таблицы для уравнений: Солнца (табл. 17) и Луны (табл. 18), которые определяют эти уравнения по отношению к полным дням хиссы.

Далее Улугбек останавливается на вопросе определения начала месяца какого-нибудь года, а также года, к которому следует отнести месяц Шунь; затем рассматривается вопрос о четвертом цикле китайцев (применяемом ими к дням). Глава заканчивается рассмотрением вопроса о переходе от одной из рассмотренных эр к китайской эре и наоборот. «Прежде всего,— говорит Улугбек, — следует знать, что мадхаль Шан-Юаня, принятого нами за основу (асль), следует за (началом) греческой эры на 640 767 дней, или (в шестидесятилетиях) на 2‴, 57″, 57′, 27 дней; за хиджрой — на 300 067 дней, или на 1‴, 23″, 21′, 7 дней; за эрой Ездигерда — на 296 443 дня, или на 1‴, 22″, 20′, 43 дня; за эрой Мелики или Джалаледдина — на 133 270 дней, или на 37″, 1′, 10 дней. Мы приводим такую таблицу (табл. 19), при помощи которой, зная эру китайцев, можно установить ее соответствие с какой-либо из предыдущих эр; находя интервал, отделяющий известную эру от Шан-Юаня, принимаемого за исходную точку (в полностью истекших годах и днях, если последние имеют место), в таблице разыскивается число полных лет и берется соответствующее число дней и фенков. Если известная нам дата следует за Шан-Юанем, принятым за основу (асль), то к полученным фенкам прибавляются фенки основы (асля), исчисляющиеся в 6140 фенков, как мы это видели выше. Если полученная сумма превосходит

---

[80] Улугбек, упом. рукопись, л. 8б.

17. *Таблица уравнения Солнца*

Плюс (слагаемое)		Уравнения	Минус (вычитаемое)		Плюс (слагаемое)		Уравнения	Минус (вычитаемое)	
дни	хисса	фенки	дни	хисса	дни	хисса	фенки	дни	хисса
0	182	0000	182	364	46	136	1390	228	318
1	181	0040	183	363	47	135	1410	229	317
2	180	80	184	362	48	134	1429	230	316
3	179	119	185	361	49	133	1448	231	315
4	178	158	186	360	50	132	1467	232	314
5	177	197	187	359	51	131	1485	233	313
6	176	235	188	358	52	130	1502	234	312
7	175	272	189	357	53	129	1519	235	311
8	174	309	190	356	54	128	1536	236	310
9	173	346	191	355	55	127	1552	237	309
10	172	382	192	354	56	126	1568	238	308
11	171	418	193	353	57	125	1583	239	307
12	170	453	194	352	58	124	1598	240	306
13	169	488	195	351	59	123	1613	241	305
14	168	523	196	350	60	122	1627	242	304
15	167	557	197	349	61	121	1640	243	303
16	166	590	198	348	62	120	1653	244	302
17	165	623	199	347	63	119	1666	245	301
18	164	656	200	346	64	118	1678	246	300
19	163	688	201	345	65	117	1690	247	299
20	162	720	202	344	66	116	1701	248	298
21	161	751	203	343	67	115	1712	249	297

22 23	160 159	782 813	204 205	342 341	68 69	114 113	1723 1733	250 251	296 295
24 25	158 157	843 872	206 207	340 339	70 71	112 111	1742 1751	252 253	294 293
26 27	156 155	901 930	208 209	338 337	72 73	110 109	1760 1768	254 255	292 291
28 29	154 153	958 986	210 211	336 335	74 75	108 107	1776 1783	256 257	290 289
30 31	152 151	1013 1040	212 213	334 333	76 77	106 105	1790 1797	258 259	288 287
32 33	150 149	1067 1093	214 215	332 331	78 79	104 103	1803 1808	260 261	286 285
34 35	148 147	1118 1143	216 217	330 329	80 81	102 101	1813 1818	262 263	284 283
36 37	146 145	1168 1192	218 219	328 327	82 83	100 99	1822 1826	264 265	282 281
38 39	144 143	1216 1239	220 221	326 325	84 85	98 97	1829 1832	266 267	280 279
40 41	142 141	1262 1285	222 223	324 323	86 87	96 95	1835 1837	268 269	278 277
42 43	140 139	1307 1328	224 225	322 321	88 89	94 93	1838 1839	270 271	276 275
44 45	138 137	1349 1370	226 227	320 319	90 91	92 91	1840 1840	272 273	274 273

18. *Таблица уравнений Луны*

Плюс (слагаемое)		Уравнения	Минус (вычитаемое)		Плюс (слагаемое)		Уравнения	Минус (вычитаемое)	
дней	хисса	фенки	дней	хисса	дней	хисса	фенки	дней	хисса
0	124	0000	124	248	32	92	2944	156	216
1	123	123	125	247	33	91	3003	157	215
2	122	244	126	246	34	90	3060	158	214
3	121	363	127	245	35	89	3115	159	213
4	120	480	128	244	36	88	3168	160	212
5	119	595	129	243	37	87	3219	161	211
6	118	708	130	242	38	86	3268	162	210
7	117	819	131	241	39	85	3315	163	209
8	116	928	132	240	40	84	3360	164	208
9	115	1035	133	239	41	83	3403	165	207
10	114	1140	134	238	42	82	3444	166	206
11	113	1243	135	237	43	81	3483	167	205
12	112	1344	136	236	44	80	3520	168	204
13	111	1443	137	235	45	79	3555	169	203
14	110	1540	138	234	46	78	3588	170	202
15	109	1635	139	233	47	77	3619	171	201
16	108	1728	140	232	48	76	3648	172	200
17	107	1819	141	231	49	75	3675	173	199
18	106	1908	142	230	50	74	3700	174	198
19	105	1995	143	229	51	73	3723	175	197
20	104	2080	144	228	52	72	2744	176	196
21	103	2163	145	227	53	71	3763	177	195
22	102	2244	146	226	54	70	3780	178	194
23	101	2323	147	225	55	69	3795	179	193
24	100	2400	148	224	56	68	3808	180	192
25	99	2475	149	223	57	67	3819	181	191
26	98	2548	150	222	58	66	3828	182	190
27	97	2619	151	221	59	65	3835	183	189
28	96	2688	152	220	60	64	3840	184	188
29	95	2755	153	219	61	63	3843	185	187
30	94	2820	154	218	62	62	3844	186	186
31	93	2883	155	217	00	61	—	—	185

10 000 фенков, число дней увеличивается на один день и к нему прибавляются дни, отделяющие начало искомой эры от Шан-Юаня, служащего основой, а затем — истекшие дни текущего года китайцев. Эти дни дают нам, при помощи вышеизложенного метода, искомую дату».

«Если известная нам эра предшествует эре Шан-Юаня, принятого за основу, то число фенков, взятое из таблицы, вычитается из фенков основы (асля); если это вычитание невозможно, к дням, взятым из таблицы, прибавляется один день и 10 000 — к фенкам основы (асля); эти дни прибавляются к тем, которые находятся (в излишке) сверх полных годов, если таковые дни имеются, и полученная сумма вычитается из числа дней, отделяющих начало искомой эры от Шан-Юаня, принятого за основу; остающиеся дни, согласно вышеизложенному способу, и представляют собой искомую дату».

«Если известна одна из вышеупомянутых эр и хотят установить ее соответствие с эрой китайцев, надо прежде всего превратить ее в дни по вышеизложенному способу; затем взять разницу между полностью истекшими днями этой эры и днями, отделяющими ее исходную точку от Шан-Юаня, принятого за основу (асль). Установив эту разницу, к сумме дней прибавляются или из нее вычитаются (смотря по обстоятельствам) 6140 фенков; сумма от сложения или разность от вычитания разыскивается в упомянутой таблице (табл. 19) и в ней последовательно находят соответствующие периоды и единицы лет».

«Определив число дней эры китайцев, превышающих Шан-Юань, к этому числу прибавляем интервал основы (асля) начала эры китайцев; полученная сумма дает число полностью истекших лет указанной эры; дни, которые остались от полных лет, являются полными днями текущего года, а если остаются еще и лишние фенки, их считают за один полный день».

«Если есть излишек дней между началом известной эры и началом Шан-Юаня, принятого за основу (асль), то число лет, взятых из таблицы (табл. 19), надо вычесть из числа лет начала Шан-Юаня; остаток (разность) дает число полностью истекших лет эры китайцев, конечно, если нет больше дней,

19. *Таблица дней и фенков, заключающихся в годах китайской эры*

Годы	Дни	Фенки
1	365	2436
2	730	4872
3	1095	7308
4	1460	9744
5	1826	2180
6	2191	4616
7	2556	7052
8	2921	9488
9	3287	1924
10	3652	4360
20	7304	8720
30	10957	3080
40	14609	7440
50	18262	1800
60	21914	6160
70	25567	520
80	29219	4880
90	32871	9240
100	36524	3600
200	73048	7200
300	109573	800
400	146097	4400
500	182621	8000
600	219146	1600
700	255670	5200
800	292194	8800
900	328719	2400
1000	365243	6000

требующих учета; в противном случае один год превратился бы в текущий и из излишка следовало бы вычесть 366 дней, если не остается фенков; иначе число фенков превышало бы 2436 или недоставало бы до этого числа; если имеется превышение, берется только 365 дней, а то, что остается, даст полные дни эры китайцев. Когда в цикле 60-ти по изложенному методу определен мадхаль (начальный день) Ли-Чуня текущего года китайцев, мы тем самым узнаем мадхаль известной эры того же самого цикла, а когда по вышеизложенному способу определен мадхаль частей года и месяцев текущего года китайцев,становится известным месяц его части и день искомой эры».[81]

Рассмотрим пример, приведенный Бирджанди.[82] Допустим, что мы хотим знать, говорит Бирджанди, дату, соответствующую эре Ездигерда, по данной дате эры китайцев — начала Ли-Чуня 21-го года цикла Чжун-Юань, следующего за Шан-Юанем через 80 лет.

Из табл. 19 находим, что 80 лет соответствуют: 29 219 дн. 4880 ф.; добавим к этому числу фенки основы, т. е. 6140 ф., получим: 29 219 дн. 11 020 ф., или 29 220 дн. 1020 ф.; вспомнив, что интервал между эрой Ездигерда и Шан-Юаня составляет 296 443 дня, составляем сумму:

29 220 дн. 1020 ф. + 296 443 дня = 325 663 дня 1020 ф.

Разделив полученное число дней на 365, получим в частном 892 (число полностью истекших лет эры Ездигерда), а в остатке 83 (число полностью истекших дней), что составляет 2 месяца 23 дня. Следовательно, искомая дата: 24-е Хордада 893 года Ездигерда.

В заключение отметим следующее. Главная ценность работы Улугбека по летосчислениям заключается, конечно, не в сведениях,[83] которые он сообщает по этому вопросу, а в тех

[81] Улугбек, упом. рукопись, л. 9б.

[82] Бирджанди, упом. рукопись, л. 32б.

[83] Эти сведения и приводимые им правила являются введениями к соответствующим таблицам по летосчислению.

остроумных таблицах, которые им предложены. Действительно, как было сказано выше: точное определение даты того или иного прошедшего или ожидаемого явления имеет громадное значение. Таблицы летосчисления Улугбека, на составление которых, несомненно, автором затрачено огромное количество кропотливого труда, дают возможность быстро и просто решать основные задачи на время, часто встречающиеся в различных восточных источниках при изложении фактов, связанных с летосчислением.

3. Тригонометрические таблицы Улугбека

Прежде чем приступить к рассмотрению вопроса о составлении тригонометрических таблиц, Улугбек в общих чертах останавливается на вопросе об интерполяции. «Так как, — говорит Улугбек, — построение таблиц для дробных частей градуса потребовало бы слишком много труда, то столбец с вводными (начальными) цифрами располагается в такой последовательности, которая более всего соответствует каждому объекту, и против каждого числа помещаются пропорциональные им части. Если после этого мы хотим найти пропорциональную часть какого-нибудь (промежуточного) числа, не вошедшего в столбец с начальными (основными) числами, то мы выбираем в этом столбце два других числа таким образом, чтобы первое из них было меньше искомого числа, а второе — больше его; затем мы находим разность между пропорциональными частями, соответствующими этим двум числам; мы умножаем эту разность на разность первого из двух вводных (начальных) основных чисел и искомого числа и произведение делим на разность двух вводных чисел; частное мы прибавляем к пропорциональной части меньшего числа, если пропорциональные числа расположены в восходящем порядке; в противном случае, чтобы найти (соответствующую) пропорциональную часть искомого числа, мы производим вычитание» и т. д.

После этого Улугбек переходит к определению синуса и синуса-верзуса, а также различных основных соотношений между ними. «Так как,— продолжает Улугбек,— при астрономических вычислениях мало пользуются синусом-верзусом, а также потому, что при помощи таблицы синусов легко можно определить синус-верзус какой-либо дуги или же дугу какого-либо синуса-верзуса, то после всего вышесказанного мы и не стали составлять для синусов-верзусов (отдельные) таблицы. Мы вычислили синусы от минуты к минуте и расположили их в таблице против соответствующих им дуг, служащих начальными числами. Что же касается секунд, терций и других подразделений, то их вычисляют по таблице, по способу интерполяции (изложенному выше)».

«Вычисление таблицы синусов и теней,[84]— продолжает Улугбек,— основано на синусе в один градус. До сих пор никто еще не определял его убедительным путем; все ученые сознаются, что они могли сделать это только наглядным путем, полагая, что таким путем можно достигнуть достаточного приближения. Мы же, с помощью бога, пошли по (другому) пути — доказательного метода — и составили особый (отдельный) труд, в котором мы даем решение этого сложного (спорного) вопроса; затем мы составили наши таблицы синусов, полученных на основе упомянутого метода».[85]

Спрашивается, в чем сущность упомянутого метода? «Метод, которым был вдохновлен прославленный автор,— гово-

[84] Т. е. тангенсов. — *Т. К.*

[85] Улугбек, упом. рукопись, л. 10б.
«جیب یکدرجه که بناء عمل جدا ول جیب و ظل بر ان است
الی یومنا هذا هیچکس بطریق برهانی استخراج نکرده و همه
حکماء تصریح کرده‌اند تا یك طریق عمل باستخراج آن
نیافته‌اند و حیلت کرده‌اند تا بتقریب بدست آورده‌اند و
ما بعنایت الله و منه بطریق برهانی ملهم شدیم و در بیان
ان کتاب علاحده برداختم وبان جیب برهانی این جد اول
را عمل کردیم»


تتمه جدول الجيب

Рис. 47. Тригонометрические таблицы Улугбека. Страница из рукописи Улугбека «Зидж Гурагони».

рит М. Челеби,— является методом алгебраическим». Действительно (это мы увидим ниже) задача определения синуса дуги одного градуса при помощи упомянутого метода сведена к решению кубического уравнения вида

$$x^3 + ax + b = 0.$$

Рассматриваемый метод изложен сотрудником обсерватории Улугбека Гияс-ад-дином Джемшидом в его работе, называемой «Трактат о хордах и синусах».[86]

Сущность этого метода в применении к современной терминологии заключается в следующем.

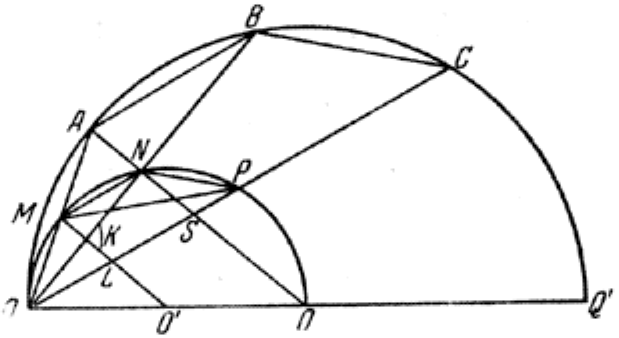


Рис. 48.

Рассмотрим полуокружность произвольного диаметра QQ' и другую, описанную на диаметре $QO = \frac{1}{2}QQ'$ (рис. 48). Начиная с точки Q отложим на большой полуокружности равные дуги QA, AB, BC и образуем равные хорды QA, AB, BC; затем проведем хорды QB, QC и т. д. Эти хорды QA, QB, QC... пересекают малую полуокружность соответственно в точках M, N, P, ... Так как дуги QA, AB, BC... равны между собою и так как половинами этих дуг измеряются соответствующие вписанные углы, то, очевидно, и дуги QM, MN, NP, а, следовательно, и соответствующие им хорды также равны между собою, т. е.

$$QM = MN = NP. \tag{1}$$

[86] Бирджа̣нди, упом. рукопись, л. 49—52, صالح ذكى ч. 1, стр. 121.

Из сказанного также следует, что

$$QM = MA = {}^1/_2 QA,$$

$$QN = NB = {}^1/_2 QB,$$

$$QP = PC = {}^1/_2 QC.$$

Теперь соединим точку O с точкой A и точку O' с точкой M. Так как $OA \perp QB$ и $O'M \perp QN$, то $O'M \parallel OA$. Очевидно, в подобных прямоугольных треугольниках QKM, QNA, QLK и QSN:

$$MK = KL; \quad AN = NS; \quad QL = QM; \quad QS = QA.$$

Далее, в силу подобия четырехугольников $QMNP$ и $QABC$:

$$QM = MN = NP = {}^1/_2 QA, \tag{2}$$

точно так же

$$QN = MP. \tag{3}$$

Из четырехугольника $QMNP$ следует, что

$$QM \cdot NP + MN \cdot QP = QN \cdot MP,$$

или, принимая во внимание (2) и (3),

$$QM^2 + QM \cdot QP = QN^2.$$

Примем теперь вписанные в большую полуокружность равные дуги QA, AB, BC равными 2°. Тогда половины хорд этих дуг, измеряемые в частях радиуса, и будут $\sin 1°$, а QP $\sin 3°$, следовательно:

$$\sin^2 1° + \sin 1° \cdot \sin 3° = QN^2.$$

Обозначая неизвестную величину, т. е. $\sin 1°$ через x Гияс-ад-дин приходит к следующему уравнению:

$$x^2 + x \cdot \sin 3° = QN^2. \tag{4}$$

Принимая во внимание пересекаемые хорды малой полуокружности, а именно QN и MO', и применяя к ним теорему Эвклида о том, что произведение отрезков хорды равно произведению отрезков диаметра, проходящего через точку пересечения этого диаметра с названной хордой, получаем:

$$QK \cdot KN = MK(2MO' - MK),$$

или

$$QK^2 = 2MK \cdot MO' - MK^2;$$

так как в прямоугольном треугольнике QMK

$$QK^2 = MQ^2 - MK^2,$$

то

$$MQ^2 - MK^2 = 2MK \cdot MO' - MK^2,$$

или

$$MQ^2 = 2MK \cdot MO';$$

обозначая MQ через x (ибо $MQ = \sin 1°$), получим:

$$x^2 = 2MK \cdot MO',$$

откуда

$$MK = \frac{x^2}{2MO'}.$$

Из прямоугольных треугольников QNO и QKO' следует что:

$$NO = 2(MO' - MK) = 2\left(MO' - \frac{x^2}{2MO'}\right) = 2MO' - \frac{x^2}{MO'},$$

или так как в прямоугольном треугольнике QNO

$$QN^2 = QO^2 - NO^2,$$

то

$$QN^2 = QO^2 - \left(2MO' - \frac{x^2}{MO'}\right)^2,$$

или внося это в (4) и обозначая радиус QO через R, а, следовательно, MO' через $^1/_2\ R$, получим:

$$\frac{3}{4}x = \frac{1}{4}\sin 3^\circ + \frac{x^3}{R^2}.$$

Наконец, Гияс-ад-дин, полагая $R = 60$, приходит к уравнению вида

$$45\cdot 60x = 15\cdot 60\sin 3^\circ + x^3. \qquad (5)$$

Далее, принимая во внимание, что $\sin 3^\circ$ есть не что иное, как половина хорды (конечно, измеряемой в частях радиуса), соответствующей дуге в 6°, Гияс-ад-дин геометрическим способом вычисляет $\sin 3^\circ$. Для этого он, предварительно определив стороны вписанных в окружность пятиугольника и шестиугольника, приходит к длине хорды, соответствующей дуге в 12°, т. е. $72^\circ - 60^\circ = 12^\circ$.

Наконец, пользуясь соотношением, позволяющим по известной хорде определенной дуги найти хорду, соответствующую половине этой дуги, Гияс-ад-дин получает значение $\sin 3^\circ$.

Таким образом, он окончательно приходит к следующему уравнению третьей степени:

$$x^3 - 45x + 0.785\,039\,343\,364\,400\,6 = 0. \qquad (6)$$

Полученное уравнение Гияс-ад-дин решает методом последовательных приближений,[87] сущность которого заключается в следующем:

обозначив коэффициент при x через k, а свободный член через m, представим уравнение в виде:

$$x = \frac{m + x^3}{k}. \qquad (7)$$

Так как неизвестное x по своей величине меньше единицы, то, очевидно, x^3 еще менее x. Поэтому прибавление x^3 к известному члену m не влияет на первые знаки неизвестного x.

[87] Упом. صالح ذکی

Заметив это, разделим m на k. Пусть полученное при этом частное будет a_1, а остаток b_1, т. е.

$$m = a_1 k + b_1,$$

следовательно,

$$x = a_1 + \frac{b_1 + x^3}{k}. \tag{8}$$

Принимая a_1 за первое приближение неизвестного x, а потому заменяя выражение $b_1 + x^3$ через $b_1 + a_1^3$ и рассуждая, как выше, получим:

$$b_1 + a_1^3 = a_2 k + b_2,$$

где a_2 соответствующее частное, а b_2 — новый остаток.

Определив отсюда b_1 и подставляя его выражение в (8), получим:

$$x = a_1 + a_2 + \frac{b_2 + \left(x^3 - a_1^3\right)}{k}.$$

Принимая сумму $a_1 + a_2$ за второе приближение и рассуждая, как выше, получим:

$$x = a_1 + a_2 + a_3 + \frac{b_3 + [x^3 - (a_1 + a_2)^3]}{k},$$

где сумма $a_1 + a_2 + a_3$ представляет собою третье приближение и т. д.

Вообще n-ое приближение [87a] значения неизвестного, определяемое суммой

$$a_1 + a_2 + a_3 + \ldots + a_n$$

имеет погрешность вида

$$\frac{b_n + [x^3 - (a_1 + a_2 + a_3 + \ldots + a_{n-1})^3]}{k},$$

что позволяет вычислить значение неизвестного x, равного $\sin\ 1°$ с какой угодно точностью. Решая таким образом

[87a] Процесс приближения — сходящийся. См., например, Я. С. Безикович «Приближенные вычисления», изд. 6-е, 1949, стр. 239.

уравнение (6), Гияс-ад-дин приходит к следующему результату:

$$\sin 1^\circ = 0.017\,452\,406\,437\,283\,571.$$

С точки зрения состояния математического аппарата того времени, полученный результат поражает нас *как оригинальностью метода, так и своей высокой степенью точности*.

Другой, несколько упрощенный вариант решения рассматриваемого вопроса, основанный на только что изложенном

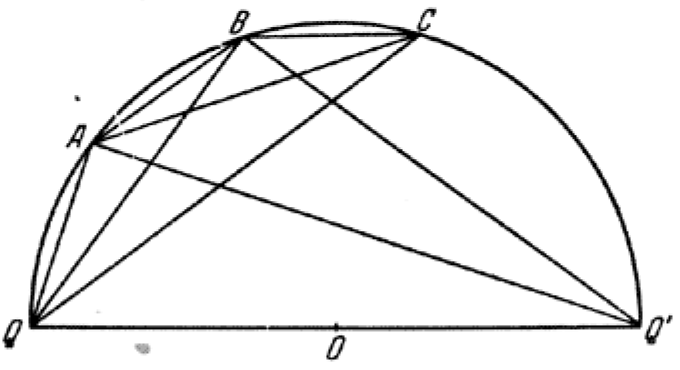


Рис. 49.

методе, был дан вышеупомянутым Казы-Задэ в его работе, сокращенно называемой «Трактат о синусе».[88]

Казы-Задэ, следуя Гияс-ад-дину, рассматривает полуокружность произвольного диаметра QQ' и на ней, начиная с точки Q, откладывает равные дуги QA, AB, BC; затем проводит хорды QA, AB, BC, AC, QB, QC, AQ' (рис. 49).
Из четырехугольника $QABC$ получается:

$$QA \cdot BC + AB \cdot QC = AC \cdot BQ.$$

Заметив, что

$$QA = AB = BC\,; \quad AC = BQ,$$

Казы-Задэ приходит к соотношению:

$$QA^2 + QA \cdot QC = BQ^2.$$

Далее, следуя Гияс-ад-дину, Казы-Задэ полагает исходную

---

[88] Упом. صالح ذكى; ч. 1.

дугу $QABC$ равной 6°; тогда половины равных хорд QA, AB, BC, измеряемые в частях радиуса, и будут sin 1°; обозначив дл. хорды QA через x, он приходит к следующему уравнению:

$$x^2 + QC \cdot x = BQ^2. \tag{1}$$

В полученном уравнении, коэффициент при неизвестном первой степени, т. е. QC является хордой, соответствующей дуге 6°.

Далее, проводя хорду BQ', составляет пропорцию:

$$\frac{QQ' - BQ'}{QA} = \frac{QA}{QO},$$

откуда

$$BQ' = QQ' - \frac{QA^2}{QO},$$

или, возвысив обе части в квадрат,

$$BQ'^2 = QQ'^2 - 2QQ' \cdot \frac{QA^2}{QO} + \frac{QA^4}{QO^2}.$$

Заметив, что в прямоугольном треугольнике QBQ'

$$QQ'^2 = BQ'^2 + BQ^2,$$

получает

$$BQ^2 = 2QQ' \cdot \frac{QA^2}{QO} - \frac{QA^4}{QO^2},$$

или так как $QA = x$, $QO = R$, то

$$BQ^2 = 4x^2 - \frac{x^4}{R^2}.$$

Замена в уравнении (1) BQ^2 полученным выражением, дает:

$$3x = QC + \frac{x^3}{R^2}. \tag{2}$$

Наконец, вычисляя длину хорды QC, соответствующую дуге 6°, по вышеупомянутому способу Гияс-ад-дина, при, $R = 1$ окончательно приходит к следующему уравнению:

$$x^3 - 3x + 0.104\,671\,913\,171\,758\,7 = 0. \tag{3}$$

Сравнивая полученное уравнение с уравнением Гияс-ад-дина, мы видим, что оно того же вида, как уравнение Гияс-ад-дина.

Решая это уравнение по способу Гияс-ад-дина, Казы-Задэ получает: $x = 0.034\,904\,828\,725\,67$. Но так как через x была обозначена длина хорды, соответствующей 2°, то половина этой хорды (в частях радиуса) и будет sin 1°, следовательно:

$$\sin 1° = 0.017\,452\,406\,437\,283.$$

Придерживаясь терминологии тогдашней эпохи, Улугбек переходит к определению тангенса и котангенса какой-нибудь дуги. С этой целью он подробно рассматривает вопрос о тени, взяв сначала, как объект гномон,[89] а затем — дугу окружности. Изложив различные свойства тени (когда она имеет определенную величину, когда — бесконечна и т. д.) и постепенно обобщая вопрос, Улугбек переходит к рассмотрению тени, как тригонометрической линии, причем *под первой тенью он подразумевает тангенс, а под второй тенью — котангенс какой-нибудь дуги.* «Если принять за центр вершину гномона, а его высоту за радиус,— продолжает Улугбек,— и если описать дугу, заключенную между гномоном и диаметром тени,[90] то, очевидно, что тень гномона будет обозначена линией, идущей от начала дуги, перпендикулярно к диаметру, проходящему через это начало, и будет заканчиваться на пересечении с другим диаметром (тени), проведенным через край (конец) той же дуги. В этом именно смысле астрономы обозначают всякую линию, определенную таким путем по отношению к какой-нибудь дуге, названием «тени» этой дуги и в дальнейшем пользуются этими линиями при своих астрономических вычислениях; а так как при такой манере выражаться: *первая тень является высотой светила, а вторая тень — ее дополнением*

[89] Здесь Улугбек рассматривает гномон не только в вертикальном, но и в горизонтальном положении.

[90] Под диаметром тени Улугбек подразумевает гипотенузу образовавшегося прямоугольного треугольника.

до этой высоты, то отсюда следует, что под тенью какой-нибудь дуги они понимают первую тень этой дуги, а под тенью дополнения — вторую тень той же дуги. Таким образом, если дана какая-нибудь дуга и я хочу узнать тень этой дуги, я делю ее синус на ее косинус, и в частном имею первую тень; если же я, наоборот, делю косинус на синус, то получаю вторую тень — каждую из них в шестидесятых долях модуля».

Далее, основываясь на тригонометрическом соотношении между (первой) тенью какой-нибудь дуги и тенью дополнения той же дуги (т. е. по современной терминологии соотношение между тангенсом какой-нибудь дуги и тангенсом ее дополнения), Улугбек говорит: «Это положение было взято за исходную точку, чтобы свести вычисление таблиц теней к вычислению таблиц для одной восьмой окружности».

В заключение Улугбек говорит: «Мы привели в таблицах первые тени, вычисленные так же, как и синусы, по минутам до 45°, а от 45° до 90° — только на каждые 5 минут; в другой таблице заключается вычисление вторых теней по градусам».

С целью определения степени точности тригонометрических таблиц Улугбека сделаем выборочную проверку отдельных значений синусов каких-нибудь углов, например, 20°, 23°, 26° (см. л. 176 — упом. рукописи Улугбека). Сделав переход от шестидесятиричной системы исчисления к десятичной, получим:

$$\sin 20^\circ = \frac{20}{60} + \frac{31}{60^2} + \frac{16}{60^3} + \frac{21}{60^4} + \frac{3}{60^5},$$

$$\sin 23^\circ = \frac{23}{60} + \frac{26}{60^2} + \frac{37}{60^3} + \frac{55}{60^4} + \frac{26}{60^5},$$

$$\sin 26^\circ = \frac{26}{60} + \frac{18}{60^2} + \frac{8}{60^3} + \frac{10}{60^4} + \frac{4}{60^5}$$

или

$$\sin 20^\circ = 0.342\ 020\ 142,$$

$$\sin 23^\circ = 0.390\ 731\ 129,$$

$$\sin 26^\circ = 0.438\ 371\ 147.$$

Сопоставляя полученные значения с соответствующими действительными значениями тех же величин, получим следующую таблицу:

По Улугбеку		Действительное значение	
α	sin α	α	sin α
20°	0.342 020 142	20°	0.342 020 143
23°	0.390 731 129	23°	0.390 731 128
26°	0.438 371 147	26°	0.438 371 147

Эта таблица говорит сама за себя и не нуждается в каких-либо комментариях.

4. Вопросы практической астрономии

Здесь Улугбек рассматривает основные вопросы практической астрономии, а именно: наклонение эклиптики, определение координат небесных светил, методы проведения линии меридиана, определение долготы и широты любой точки земной поверхности, определение расстояния между звездами или планетами, определение азимута Киблы и т. п. вопросы. В целях иллюстрации рассматриваемых Улугбеком методов мы остановимся на некоторых из них.

1. *Наклонение эклиптики* является весьма важным элементом в астрономических вычислениях.

Оно получается простейшим образом как полуразность полуденных высот Солнца во времена летнего и зимнего солнцестояний (глава 2, § 6).

«Четыре точки эклиптики,— говорит Улугбек,— всегда имеют одно и то же склонение; эти четыре точки попарно соответственно расположены на равном [расстоянии от одной или от другой точек равноденствия. Достаточно, следовательно, определить склонение точек одного из квадрантов эклиптики, чтобы с уверенностью определить склонение всех других точек этого большого круга. По нашим собственным наблюдениям полное (или общее) склонение равно 23° 30′ 17″».

По Улугбеку, «полное» или «общее» склонение и есть то, что мы называем *наклонением эклиптики*, и оно, следовательно, равно 23° 30′ 17″.

«Чтобы получить другие склонения точек эклиптики, — продолжает Улугбек,— я умножаю синус расстояния между данной точкой и ближайшей точкой равноденствия на синус полного склонения и в произведении имею: синус склонения требуемой точки».

Следуя установившейся терминологии, Улугбек называет первым склонением или просто склонением — склонение точек эклиптики, а вторым склонением — широту точек экватора. Показав способы определения второго склонения, Улугбек говорит: «Мы дали в Таблицах оба склонения, чтобы можно было легко определить как склонение любой дуги, так и дугу любого склонения».

Сравнение предшествующих наблюдений с последующими обнаружило, что наклонение эклиптики не остается постоянным, а уменьшается непрерывно, приблизительно на полсекунды в год.[91] Факт непрерывного уменьшения наклонения эклиптики был известен астрономам Востока.

В целях определения степени точности определения Улугбеком наклонения эклиптики прежде всего попытаемся оценить допущенную им погрешность, а затем его результат сопоставим с аналогичными результатами предшествующих Улугбеку ученых. По Бесселю, наклонение эклиптики выражается следующей формулой:

$$\varepsilon = 23°28'18''.0 + 0''.483\,68t - 0''.000\,002\,722\,95t^2,$$

где t означает число лет, отсчитываемое от исходного 1750 г. нашей эры.

---

[91] Лапласом было открыто, что от притягательного действия Луны и планет наклонение эклиптики может изменяться в пределах от 21°.5 до 27°.5.

Так как наблюдения Улугбека относятся к 1437 г., то при $t = 1750 - 1437 = 313$, получается

$$\varepsilon = 23^\circ\, 30'\, 49''.13,$$

т. е. разность между результатом наблюдения Улугбека и данным вычисления выражается в — 0'32''. Ошибка весьма незначительная, если принять во внимание средства наблюдения той эпохи.

В заключение, чтобы показать достижение Улугбека в этом важнейшем вопросе, сопоставим его результат с аналогичными результатами некоторых его предшественников. Наклонение эклиптики равно:[92]

По	Эратосфену — 230 г. до Р. Х.	ε=23°51'20'';	ошибка	+ 7'35''
»	Гиппарху — 130 » » » »	ε=23°51'20'';	»	+ 8'23''
»	Птолемею — 140 » по Р. Х.	ε=23°51'20'';	»	+10'10''
»	Ал-Баттани — 880 » » » »	ε=23°35' ;	»	— 0'17''
»	Ал-Суфи — 965 » » » »	ε=23°33'45'';	»	— 0'50''
»	Абу-ль-Вафа — 987 » » » »	ε=23°35' ;	»	+ 0'35''
»	Ал-Кухи — 988 » » » »	ε=23°51'01'';	»	+16'36''
»	Ибн-Юнусу — 1001 » » » »	ε=23°34'52'';	»	+ 0'33''
»	Насир-ад-дину — 1270 » » » »	ε=23°30' ;	»	— 2'9''
»	Улугбеку — 1437 » » » »	ε=23°30'17'';	»	— 0'32''

Таким образом, мы видим, что *Улугбек в вопросе определения наклонения эклиптики стоял на самых передовых позициях мировой науки.*

2. Переходя к рассмотрению вопроса об определении *склонения светила*, Улугбек говорит: «Если широта светила и второе склонение (наклонение) его градуса к эклиптике имеют одинаковый знак, я складываю их; в противном случае, узнаю их разность и называю полученный результат *хиссой* (экваториального) расстояния (или склонения). Знак этой хиссы бу-

---

[92] Al-Battani. Opus Astronomicum. Publicazioni del Reale Osservatorio di Brera in Milano, N. XL, p. I, Milano, 1903.

дет одним и тем же как для суммы, так и для разности. Умножая синус хиссы (экваториального) расстояния на косинус опрокинутого склонения соответствующего градуса (эклиптики), в произведении получим синус расстояния до экватора (т. е. синус склонения). Иначе: умножая синус хиссы (экваториального) расстояния на косинус общего наклонения (т. е. собственно наклонение эклиптики) и разделив полученное произведение на косинус второго склонения (наклонения) градуса светила, в частном получим синус (экваториального) расстояния (т. е. синус склонения); оно имеет тот же знак, что и хисса (экваториального) расстояния».

«Если светило не имеет широты,[93] то первое склонение (наклонение) его градуса равно его (экваториальному) расстоянию; если светило имеет широту,[94] но не имеет градуса склонения (т. е. если оно находится в колурии равноденствия), то мы умножаем синус широты светила на косинус общего склонения (т. е. наклонения эклиптики) и в произведении получим: синус (экваториального) расстояния; произведение имеет тот же знак, что и широта; если склонение градуса одинаково с общим склонением,[95] то хисса (экваториального) расстояния равна этому расстоянию; другими словами, умножая синус расстояния градуса светила до ближайшего солнцестояния на косинус широты светила, в произведении мы получим: синус расстояния светила до круга, проходящего через все четыре полюса,— колурий солнцестояний».

«Разделив синус широты светила на косинус расстояния до колурия солнцестояний, мы в частном получим: синус дуги, величину которой находим в таблицах; эту дугу мы называем «первичной (начальной) дугой»; она имеет знак,* одинаковый со знаком широты светила; если широта и градус эклиптики светила имеют один и тот же знак, мы прибавляем первичную

---

[93] Т. е., если она равна нулю.

[94] Т. е., если она отлична от нуля.

[95] Т. е., когда светило находится в колурии солнцестояний.

* Везде в рукописи говорится о «стороне» (направлении).

дугу к общему наклонению, и, если при этом сумма их больше или меньше полуокружности, то мы узнаем дополнение до полуокружности и называем это дополнение «вторичной дугой»; оно имеет тот же знак, что и сумма или разность; наконец, умножив синус вторичной дуги на косинус расстояния светила до колурия солнцестояний, в произведении получим: синус

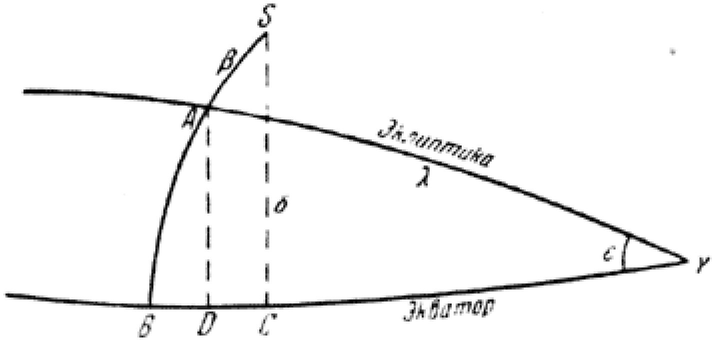


Рис. 50.

(экваториального) расстояния светила; знак этого произведения такой же, как у вторичной дуги».[96]

Своеобразная, порою совершенно непереводимая на современный язык точных наук терминология, стиль изложения, свойственный специфике средневековья, отсутствие математических символов и равенств, отсутствие иллюстрирующих примеров и к тому же скупость Улугбека на слово — делает весьма трудным понимание текста Улугбека. Поэтому постараемся интерпретировать изложенное при помощи современных математических символов. Пусть S — светило, $A\gamma$ — дуга эклиптики, $B\gamma$ — дуга экватора, $SC = \delta$ — склонение; $A\gamma = \lambda$ — долгота, $AS = \beta$ — широта светила (рис. 50).

Задача состоит в нахождении склонения δ по данной долготе λ, широте $\beta = AS$ и наклонению эклиптики ε.

Продолжение $SA = \beta$ до пересечения с экватором в точке B, т. е. дугу AB Улугбек называет вторым склонением точки («данного градуса эклиптики»), которое (как в примере Челеби), обозначим через D''. Значение D'' берется из специальной

[96] Улугбек, упом. рукопись, л. 11а, 11б.

таблицы, где по аргументу долготы дается для каждого градуса соответствующее значение D''. Складывая дугу D'' с $\beta = SA$, получаем дугу SB, которую Улугбек называет *хиссой* (экваториального) *расстояния*. Далее, угол $90° - AB\gamma$ он называет *опрокинутым склонением* (D''') данной точки A эклиптики и его значение берет тоже из специальной таблицы по аргументу λ.

Из прямоугольного сферического треугольника BSC имеем:

$$\sin SC = \sin BC \cdot \sin B,$$

или

$$\sin \delta = \sin (D'' + \beta) \sin B, \tag{1}$$

или

$$\sin \delta = \sin (D'' + \beta) \cos D'''. \tag{2}$$

Далее, из прямоугольного сферического треугольника $AB\gamma$ мы имеем:

$$\sin B = \frac{\cos \varepsilon}{\cos AB} = \frac{\cos \varepsilon}{\cos D''},$$

т. е. $\sin B$ равен косинусу общего наклонения эклиптики, деленному на косинус второго склонения. Подставив в формулу (1) вместо $\sin B$ полученное выражение, будем иметь вторую формулу для вычисления δ:

$$\sin \delta = \frac{\sin(D'' + \beta) \cdot \cos \varepsilon}{\cos D''}. \tag{3}$$

Sédillot приводит пример М. Челеби, где дано вычисление δ звезды Алтаира [97] по $\lambda = 292°57'$ и $\beta = 29°10'$, схематично, основанное на соотношении (1). По таблице Челеби находит для $\lambda = 292°57'$ $D'' = -21°49'31''$ (заметим, что то же самое значение D'' получим по формуле $\operatorname{tg} D'' = \operatorname{tg} \varepsilon \cdot \sin \lambda$, приняв $\varepsilon = 23°30'2$). Далее, $D'' + \beta = 29°10' - 21°49'31'' =$

[97] У Sédillot ошибочно указано $\lambda = 282°57'$.

$= 7°20'29''$; значение угла D''' Челеби берет из таблицы Улугбека: $8°56'10''$. Наконец,

$$\sin(D'' + \beta)\cos D''' = 0{,}12620,$$

что соответствует $\sin 7°15'6''$. Результат отличается от результата, полученного Челеби, на $29''$. К сожалению, нельзя установить степень погрешности вычисления Челеби, так как не известно принятое им наклонение эклиптики.

Улугбек называет «первым склонением» *расстояние данной точки эклиптики от экватора*, т. е. дугу AD. Поэтому, очевидно, при $\beta=0$ склонение δ светила будет равно «первому

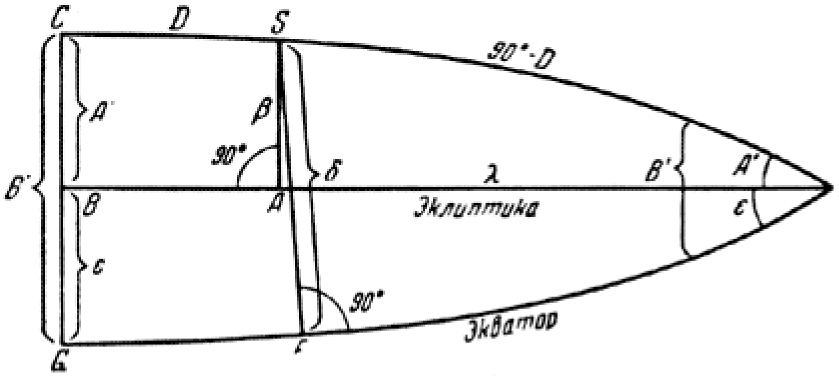


Рис. 51.

склонению» соответствующей точки (градуса) эклиптики. Если первое склонение равно нулю, что имеет место при $\lambda = 0°$ или $180°$, т. е. для светил, лежащих в колурии равноденствия, тогда, очевидно и $D'' = 0$ и формула (3) превращается в

$$\sin\delta = \sin\beta\cdot\cos\varepsilon. \tag{4}$$

Когда первое склонение $= \varepsilon$, что имеет место при $\lambda = 90°$ или $270°$, светило лежит в колурии солнцестояний и его склонение равно аргументу склонения (точки B и C в этом случае совпадают).

Улугбек показывает также способ вычисления δ, не прибегая к вспомогательным таблицам, дающим D'' и D''' по аргументу λ. Для уяснения смысла его формул обратимся к рис. 51, в котором: S — данное светило, $G\gamma$ — экватор, $B\gamma$— эклиптика, GC — колурии солнцестояний, $CS = D$ — расстояние от колурия; уг. $C\gamma B = \smile CB = A'$ (первичная вспомогательная дуга); уг. $C\gamma G = \smile CG = B'$ (вторичная вспомогательная дуга); уг. $B\gamma G = BG = \varepsilon$ (наклонение эклиптики); $SA = \beta$ — широта светила; $SF = \delta$ — склонение светила; $A\gamma = \lambda$ — долгота светила; $C\gamma = B\gamma = G\gamma = 90°$ (четверти окружности).

Из сферического треугольника $SA\gamma$ имеем:

$$\sin D = \cos(90° - D) = \cos\beta \cos\lambda;$$

и

$$\sin A' = \sin\beta : \cos D;$$

далее

$$B' = CG = CB + BG = A' + \varepsilon, \tag{5}$$

а из сферического треугольника $SF\gamma$ имеем:

$$\sin\delta = \sin B' \cdot \cos D, \tag{6}$$

т. е. синус склонения равен произведению синуса вторичной вспомогательной дуги на косинус расстояния светила до колурия солнцестояний.

3. В VIII главе второго раздела «Введения» Улугбек рассматривает вопрос о так называемом *«Уравнении дня»* подразумевая под этим *дугу дневной параллели, заключенную между горизонтом и кругом склонения, проходящим через полюсы меридиана*. После некоторых замечаний общего характера Улугбек говорит: «Уравнения для четырех точек эклиптики всегда одинаковы, поскольку (в этом большом круге) всегда имеются четыре точки, имеющие одинаковое склонение; поэтому достаточно определить уравнение дня для одного из квадрантов, чтобы иметь представление относительно уравнений для всех точек эклиптики».

«Далее, если умножить тангенс первого склонения на тангенс широты [98] местности, то в произведении получится синус уравнения дня данного градуса эклиптики».

---

[98] В рукописях (№ 2214, л. 12а; № 2118, л. 16б и др.) говорится о «тангенсе широты», правильность которого подтверждается выведенной нами формулой. У Sédillot (стр. 94) говорится о «косинусе широты», что неправильно.

«Иначе: делим синус первого склонения на косинус широты местности; частное есть синус дуги, заключающейся между центром восходящего светила и востоком (единичная амплитуда); разделив косинус этой дуги на косинус первого склонения, в частном получаем синус [99] уравнения дня».

«Иначе: мы умножаем синус дуги, заключающейся между центром восходящего светила и востоком (единичная амплитуда), на синус широты местности и делим произведение на косинус первого склонения; частное будет синусом уравнения дня».

«А если даны *матоли'* экваториальное (т. е. прямое восхождение) и общее уравнение дня, т. е. уравнение дня наиболее близкой точки солнцестояния, то умножаем синус экваториального матоли' соответствующего градуса эклиптики на синус общего уравнения дня (соответствующего градуса); в произведении получится синус уравнения дня для данного градуса (эклиптики)».

«Прибавляя уравнение дня к одной четверти окружности в том случае, когда данный градус находится на стороне видимого полюса,[100] или же, вычитая его, когда он находится на стороне скрытого полюса,[101] мы получим полудневную дугу соответствующего градуса (эклиптики)».

«Если мы вычтем местное матоли' (восхождение) из матоли' градуса прямого восхождения прямой сферы, считая от Козе-

[99] В рукописи 2214 ошибочно сказано «косинус».

[100] В рукописи № 2214 (л. 12а) ошибочно сказано (در جیب قطب ظاهر) «на синусе видимого полюса»; это место исправлено по рукописи № 2118 (л. 17а), где сказано (در جهت قطب ظاهر) «на стороне видимого полюса».

[101] Аналогично предыдущему, в рукописи № 2214 (л. 12а) ошибочно сказано (در جیب قطب حفی) «на синус (очевидно, «скрытого». — *Т. К.*) полюса»; это место исправлено также по рукописи № 2118 (л. 17а), где сказано (در جهت قطب خفی) «на стороне скрытого полюса».

рога, то остаток будет полудневной дугой соответствующего градуса (эклиптики)».

«Если вычесть матоли′ градуса из матоли[1] надира,[102] то в остатке получится дневная дуга данного градуса (эклиптики). Разделив дневную дугу на пятнадцать, мы будем иметь число прямых часов этого дня; а разделив его на двенадцать, мы узнаем градусы (части) косых часов. Дополнение дневной дуги до окружности будет ночной дугой; тем же самым способом, что и выше, определяются прямые часы ночи и градусы (части) косых часов. С другой стороны, если вычесть число прямых часов дня из двадцати четырех, то в остатке получится число прямых часов ночи, и, наоборот, если вычесть число прямых часов ночи[103] из двадцати четырех, то в остатке получится число прямых часов дня. Точно так же, если вычесть градусы (части) косых часов дня из тридцати градусов, то в остатке получатся градусы (части) косых часов ночи, и наоборот».

«Изложенный нами,— продолжает Улугбек,— способ определения дуг дневной и ночной, а также числа прямых часов и (частей) косых часов представляет собою только способ приближенный. Если же хотят знать способ определения более близкий к истине, то следует: определить из уравнения дня (времени) в полдень, полученного вышеуказанным способом, истинное положение Солнца в момент восхода и заката; затем матоли′ градуса Солнца в момент восхода его вычитается из матоли′ надира этого градуса в момент захода; полученный остаток и есть истинная дуга дня. Если же произвести это действие в обратном порядке, т. е. если вычесть матоли′ надира градуса Солнца в момент заката из матоли′ градуса Солнца в момент восхода, то остаток будет истинной дугой ночи».

«И тогда, если хотят знать число прямых часов дня или ночи, то следует сначала определить градус какого-либо из прямых часов; это можно сделать следующим образом: если

[102] Т. е. два косых восхождения, соответствующие данной точке Земли.

[103] В рукописи (№ 2214, л. 12а) описка, а именно: بيست , т. е. двадцать; следует читать: شب , т. е. ночь.

этот прямой час является средним часом, то делим всю окружность, а также среднее движение Солнца на 24, и мы получим градусы, соответствующие среднему часу. Если же это истинный час, то вычитается матоли′ истинного положения Солнца в предыдущий полдень из матоли′ истинного положения Солнца в следующий полдень; остаток прибавляется к полной окружности, и вся сумма делится на двадцать четыре; частное от деления показывает соответствующие градусы одного истинного часа дня, о котором идет речь».

«Мы, таким образом, определили и разместили в Таблице градусы, соответствующие одному истинному часу по отношению к истинному положению Солнца. Если разделить дугу дня или дугу ночи на градусы, соответствующие среднему часу ночи, то мы получим число средних часов дня и ночи; если разделить их на градусы, соответствующие истинному часу, мы получим число истинных часов; если же разделить дуги, дневную и ночную, на двенадцать, то мы определим градусы, соответствующие косым часам».

«Мы высчитали и расположили в Таблице матоли′ знаков Зодиака и часов меридиана широты места, в котором производили свои наблюдения. И, наконец, если в вышеуказанных действиях применять экваториальное расстояние светила вместо первого склонения, то мы будем иметь единичную амплитуду (часть дуги, заключенной между центром восходящего светила и востоком) и уравнение дня этого светила».[104]

Уравнением дня Улугбек называет дугу малого круга, описываемую Солнцем от горизонта до пересечения с кругом склонений, проходящим через точки востока и запада (полюса меридиана).

Пусть P — полюс, ON — горизонт, K — точка восхода Солнца и KS — уравнение дня (рис. 52). Обозначим через y угол, соответствующий этой дуге, т. е. $SPK = y$; дуга $OK = a_0$ является восточной амплитудой Солнца, а O — точка востока; $OP = ON = 90°$; углы при P и N также прямые.

---

[104] Улугбек, упом. рукопись, л. 12а.

В сферическом треугольнике KPN, в котором $PN = \varphi$ (широте места), $KP = 90° - \delta$, $KN = 90° - a_0$:

$$\cos KPN = \operatorname{tg} PN \cdot \operatorname{ctg} PK,$$

$$\cos KN = \cos KP : \cos PN,$$

$$\cos KPN = \cos KN : \cos (90° - \delta),$$

или

$$\sin y = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta, \qquad (1)$$

$$\sin a_0 = \sin \delta : \cos \varphi, \qquad (2)$$

$$\sin y = \cos a_0 : \sin \delta. \qquad (3)$$

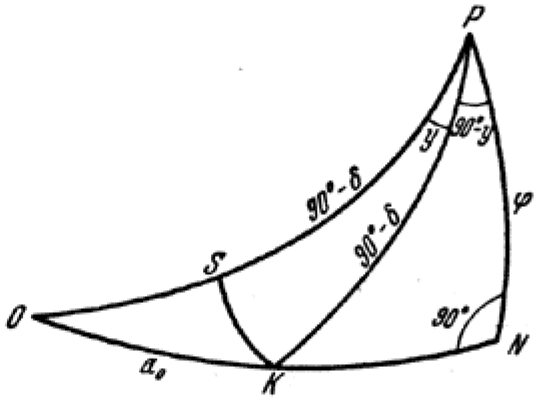


Рис. 52.

Формула (1) дает первый способ Улугбека, а именно: «умножив тангенс первого склонения на тангенс широты местности, в произведении мы получим синус уравнения дня данного градуса эклиптики».

Точно так же совокупность (2) и (3) формул выражает второй способ Улугбека.

Представляя формулу (1) в виде

$$\sin y = \frac{\operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \delta}$$

и подставляя сюда выражение $\sin \delta$ из (2), получаем:

$$\sin y = \frac{\sin a_0 \cdot \sin \varphi}{\cos \delta}, \qquad (4)$$

а это есть не что иное, как выражение третьего способа Улугбека, а именно: «мы умножаем синус дуги, заключающейся между центром восходящего светила и востоком, на синус широты местности и делим произведение на косинус первого склонения; частное будет синусом уравнения дня».

В дни солнцестояний $\delta = \varepsilon$ (наклонение эклиптики) уравнение дня достигает тогда своего наибольшего значения. Уравнение дня, соответствующее этому случаю, Улугбеком названо «общим уравнением дня». Итак,

$$\sin y_{\max} = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varepsilon. \tag{5}$$

Если известно «общее уравнение дня» $y_{\max}$ и прямое восхождение солнца α («матоли'»), то, подставляя в (1) вместо $\operatorname{tg} \delta$ известное выражение

$$\operatorname{tg} \delta = \sin \alpha \operatorname{tg} \varepsilon,$$

получим:

$$\sin y = \sin y_{\max} \cdot \sin \alpha,$$

т. е. четвертый способ Улугбека для вычисления уравнения дня.

Полудневной дугой называется половина пути, проходимого Солнцем над горизонтом. Эта дуга, очевидно, равна $90° + y$. Дуга, описываемая Солнцем между восточной частью круга склонений OP и его западной частью, равна $180°$, а весь путь над горизонтом $180° + 2y$. Полудневную дугу можно получить также и из «косого восхождения», или «местного матоли'». Местным, или косым, восхождением называли промежуток времени (звездного) от восхода точки равноденствия до восхода данного светила. Очевидно, этот промежуток в разных широтах различен. На экваторе небесная сфера лежит «прямо» (полюса лежат на горизонте, а небесный экватор проходит через зенит). Местное восхождение будет прямым (звезды восходят перпендикулярно к горизонту), отсюда происхождение названия «прямое восхождение». Связь между прямым и косым восхождением выражается формулой

$$\alpha = \alpha' + y,$$

где α' — косое восхождение, y — уравнение дня. Так как

$$\sin y = \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta,$$

то при $\varphi = 0$, $y = 0$ (на экваторе) и $\alpha = \alpha'$.

Пусть ON — горизонт, EM — экватор, O — точка востока, N — точка севера, L — данное светило (рис. 53). Когда точка равноденствия совпадает с точкой востока O, дуга $OM = \alpha$, т. е. прямому восхождению, дуга же KL (или угол KPL) будет равна косому восхождению α'.

Если точка E лежит в меридиане, т. е. $OE = 90° = 6$ час., то прямое восхождение E будет $\alpha = 18^h$ или начало знака Козерога. Полудневной интервал $KE' = EA = EM - \alpha' = (\alpha + 90°) - \alpha'$, т. е., вычитая из прямого восхождения (матоли′) данной точки, считаемого от начала знака Козерога, ее косое восхождение, получим тоже полудневной интервал.

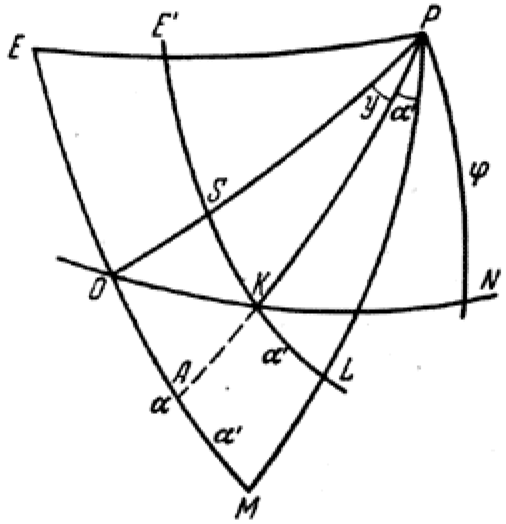


Рис. 53.

Для получения продолжительности дня в средних часах делим дневной интервал на 15 (так как 1 час = 15°). Для получения величины одного «косого» часа в градусах надо, очевидно, разделить всю дневную дугу на 12, так как во времена Улугбека от восхода до захода Солнца всегда считали 12 часов (косых), независимо от продолжительности дня. Ночные часы получим подобным же образом из ночной дуги, которая равна дополнению до 360° дневной дуги.

Рассматриваемый способ определения дневных и ночных дуг и продолжительности прямых часов дня и ночи, исходя из положения Солнца в полдень, дает лишь первое приближение для искомых величин. Для получения более точных значений, надо, очевидно, вычислив приближенные моменты восхода и захода Солнца, определить для каждого из них точные координаты Солнца α и δ и по ним уже вычислять точные моменты восхода и захода, которые и определят точные значения дневной и ночной дуг.

4. Глава XI второго раздела «Введения» Улугбека посвящена вопросу *восхождения* небесных светил. «Мы делим,— говорит Улугбек,— синус расстояния светила до круга, проходящего через все четыре полюса — колурий солнцестояния, о котором мы говорили в главе, посвященной определению экваториального расстояния (склонения), на косинус экваториального расстояния светила; частное — есть синус, дугу которого мы находим в таблицах; эта дуга есть расстояние от светила до солнцестояния; поэтому, если положение светила таково, что она находится впереди (точки) летнего солнцестояния, мы вычитаем из 90°, и прибавляем к 90°, если она находится позади нее. Если она находится впереди (точки) зимнего солнцестояния, мы вычитаем расстояние из 270° и прибавляем к 270°, если она находится позади. В результате получается прямое восхождение светила».

«Такое правило вычисления пригодно для светила, широта и второе склонение соответствующей точки эклиптики которого имеют противоположные знаки; для светила же, у которого эти обе величины имеют одинаковые знаки и, если произведение тангенса широты на тангенс общего наклонения (т. е. наклонения эклиптики) равно синусу его истинного положения или меньше его, вычисление должно быть сделано по предыдущему способу, но, вместо того, чтобы прибавить, как это сделали, расстояние от точки матоли′, его следует вычесть, и его следует прибавить в тех случаях, когда мы его вычитали; затем найденную сумму или разность прибавляют к полуокружности, чтобы получить прямое восхождение светила».[105] Далее Улугбек излагает еще два способа решения рассматриваемой задачи при помощи «таблиц матоли′» для широты данного места, о которых речь будет ниже.

Для интерпретации изложенной Улугбеком теории обратим внимание на рис. 54. Пусть круг $WSON'$ — экватор, $WBOA$ — эклиптика (спроектированная на плоскость экватора), P — полюс экватора, Z — полюс эклиптики. O — точка

[105] Улугбек, упом. рукопись, л. 13а.

равноденствия, OPW — круг склонений, соответствующий точкам равноденствия, SN' — колурий солнцестояний; E — данная звезда, OF, FE ее прямое восхождение и склонение (α, δ), OG, GE ее долгота и широта (λ, β). Задача состоит в нахождении прямого восхождения звезды: $\alpha = OF$.

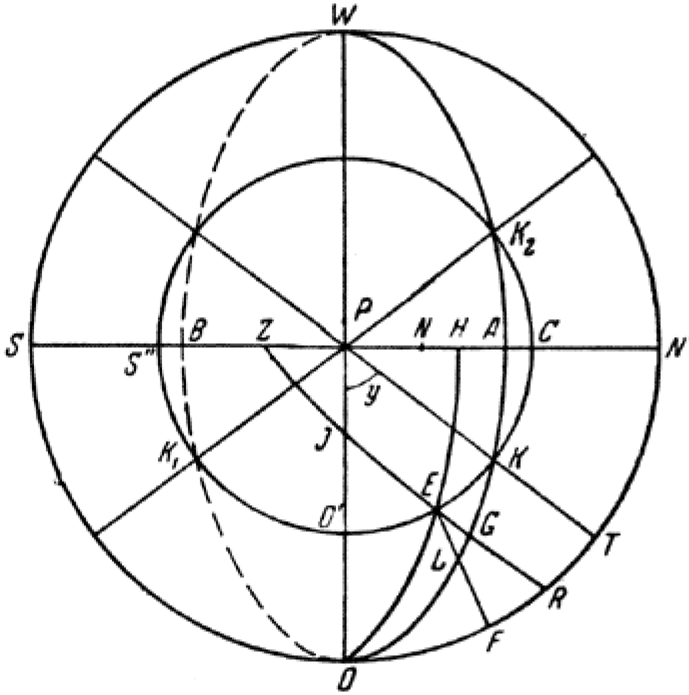


Рис. 54.

Из сферического прямоугольного треугольника OEG имеем:

$$\cos OE = \cos OG \cos GE,$$

или

$$\cos OE = \cos\lambda \cos\beta.$$

Обозначив (EH) расстояние до колурия солнцестояний, как и ранее через D и заметив, что $OE + EH = 90°$, получим:

$$\sin D = \cos\lambda \cos\beta. \tag{1}$$

С другой стороны из сферического треугольника OEF имеем:

$$\cos OE = \cos OF \cos FE,$$

или

$$\sin D = \cos\alpha \cos\delta,$$

откуда

$$\cos\alpha = \frac{\sin D}{\cos\delta}. \tag{2}$$

Астрономы Востока для определения углов на небесной сфере широко применяли астролябию, достигавшую здесь, на Востоке, большого совершенства. При помощи этого инструмента по известной долготе или широте одной звезды легко определить координаты других звезд (или планет). Таким образом, из формулы (2) Улугбек получает α. Очевидно, α будет лежать в той же четверти, что и λ, если звезда лежит между экватором и эклиптикой в пространстве: $OAWN'O$ или $OBWSO$, т. е. на дуге GR или ее продолжении, которое характеризуется тем, что широта GE и «второе склонение» точки G эклиптики, т. е. дуга GR, имеют разные знаки.[106]

Когда звезда находится по другую сторону эклиптики, т. е. когда β и δ, имеют одинаковые знаки, могут встретиться два случая:

1) Звезда на дуге GI; случай характеризуется неравенством

$$\operatorname{tg}\beta \operatorname{tg}\varepsilon \leqslant \sin\lambda.$$

Долгота и прямое восхождение в той же четверти.

2) Звезда на дуге IZ; случай характеризуется неравенством

$$\operatorname{tg}\beta \operatorname{tg}\varepsilon \geqslant \sin\lambda.$$

Долгота и прямое восхождение в разных четвертях.

Последние неравенства вытекают из рассмотрения прямо-

[106] Второе склонение данной точки («градуса») эклиптики есть часть круга широт от эклиптики до экватора (в отличие от первого склонения, которое есть часть круга склонений) и считается положительным для северной части эклиптики, т. е. полуокружности OAW; для южной же части эклиптики, OBW, которая лежит под экватором, оно считается отрицательным.

угольного треугольника OIG, в котором $\angle\, IOG = 90° - \varepsilon$ и $\angle\, OGI = 90°$. В этом треугольнике имеет силу формула

$$\sin OG = \operatorname{ctg} IOG \operatorname{tg} IG,$$

или

$$\sin\lambda = \operatorname{tg}\varepsilon \operatorname{tg} IG.$$

Когда точка E лежит на отрезке IG, $GE \leqslant GI$, и в этом случае:

$$\operatorname{tg}\varepsilon \operatorname{tg}\beta \leqslant \operatorname{tg} GI \operatorname{tg}\varepsilon = \sin\lambda.$$

Когда точка E лежит на отрезке IZ, $GE \geqslant GI$, и в этом случае:

$$\operatorname{tg}\varepsilon \operatorname{tg}\beta \geqslant \operatorname{tg} GI \operatorname{tg}\varepsilon = \sin\lambda.$$

Далее, как было упомянуто выше, Улугбек излагает еще два способа определения восхождения светил. В первом способе он по таблице, дающей первое и второе склонение для разных градусов эклиптики, подыскивает точку N_0 на ней (т. е. долготу λ'), имеющую то же склонение, что и заданное светило, а затем в таблице матоли' эклиптики, соответствующей широте данного места, находит для этой точки эклиптики косое восхождение (и соответствующее уравнение дня или y по нашему обозначению). Зная прямое восхождение α точки эклиптики с долготой λ, он получает косое восхождение светила по формуле

$$\alpha' = \alpha - y - E, \tag{3}$$

где E означает так называемое «уравнение восхождений», зависящее от широты β светила, и получается, очевидно, по вышеописанному способу, который можно выразить формулой

$$\operatorname{tg} E = \cos\varepsilon \sin\lambda \operatorname{tg}(\beta + \delta_2),$$

или

$$\operatorname{tg} E = \cos\varepsilon'' \operatorname{tg}(\beta + \delta_2),$$

где ε — наклонение эклиптики, а ε'' и δ_2'' «перевернутое наклонение» и «второе склонение точки эклиптики», имеющей долготу λ.

Для уяснения формулы (3) рассмотрим рис. 55. Пусть SON — экватор, $S'ON'$ — эклиптика, $S''ON''$ — горизонт места, KN_0 — суточная параллель, M — данная звезда, K — точка ее восхода, $MF = N_0G = \delta$, $OF = \alpha$, $OB = \alpha_0$, $OA = \lambda$, $AM = \beta$, $AB = \delta_2$, $SS' = \varepsilon$, $\angle MBF = \varepsilon''$, $BF = E$, $OC = y$, $ON_0 = \lambda'$.

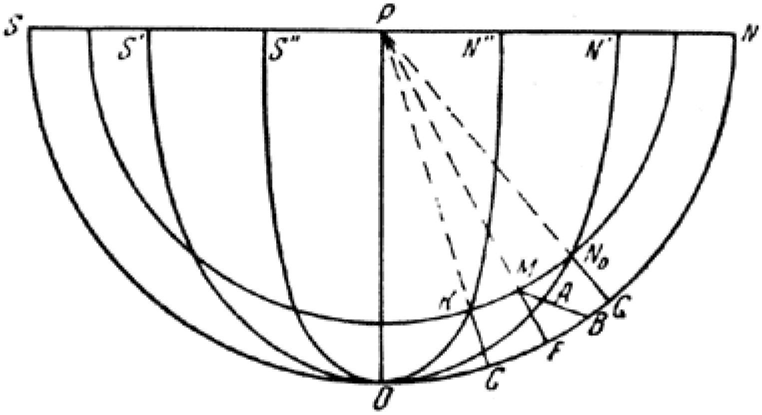


Рис. 55.

Из треугольников ABO и BMF находим:

$$\cos \varepsilon'' = \cos \varepsilon \sin \lambda,$$

$$\operatorname{tg} BF = \cos B \operatorname{tg} (BA + AM),$$

или

$$\operatorname{tg} E = \cos \varepsilon'' \cdot \operatorname{tg} (\delta_2 + \beta).$$

Косое восхождение

$$\alpha' = CF = OB - OC - BF = \alpha_0 - y - E.$$

Для случая, когда имеется только прямое восхождение, Улугбек дает еще способ, в котором нет надобности знать δ светила. Для точки A эклиптики, имеющей долготу λ, отыскивается дуга круга широт $AB = \delta_2$ (а также α_0 и ε'') и α получается по формуле: $\alpha = \alpha_0 - E$.

Первый из указанных способов годится, конечно, лишь для светил, у которых δ и φ находятся в известных пределах; так как функция $\sin y = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta$ симметрична относительно δ и φ, то значение y для светила со склонением δ на широте φ будет то же, что и для светила со склонением φ на широте δ.

Как долготы, так и восхождения Улугбек считает от зимнего солнцестояния ($\lambda = 270°$ или начальный знак Козерога, т. е. X (дом), дугу же эклиптики от точки равноденствия Улугбек называет «истинным положением» светила. Для перехода от «истинного положения» к долготе или счета восхождений от зимнего солнцестояния по счету от равноденствий приходится поэтому прибавлять или вычитать дугу в 90°, как это и делает Улугбек в своих наставлениях.

В следующей XII главе того же раздела «Введения» Улугбек останавливается на вопросе «появления и исчезновения», т. е. «восхода и заката» небесных светил.

На экваторе *матоли' мамар*,— говорит Улугбек,— такой же, как *матоли' тлу'*. В наклонных горизонтах, если экваториальное расстояние светила находится на стороне видимого полюса, мы, чтобы получить *матоли' тлу'* (точка восхода), вычитаем дневное уравнение из матоли' мамар и прибавляем его к этому матоли' мамар, если расстояние находится на стороне невидимого полюса. Произведя вычисление в обратном порядке, мы получим *магориб* светила. Если мы прибавим дневную дугу светила к матоли' тлу' или полуокружности — к магориб, мы получим матоли' надира (точки) заката, который называется матоли' заката. Затем, если взять в таблицах матоли' для широты данного места, дуги, соответствующие матоли' тлу' точек восхода и заката, мы получим градус восхода и надир заката».

«Если же взять дугу, соответствующую магориб на горизонте надира данной местности, мы получим градус (точки) заката. Если же вычесть матоли' тлу' из *матоли' толи'*, то, если остаток меньше, чем полудневная дуга, светило находится над землей и на востоке; если больше, чем полудневная дуга и меньше, чем дневная дуга, то оно находится над землей со стороны запада; если больше, чем дневная дуга и меньше, чем сумма дуг дневной и полуночной, то светило находится под землей на стороне запада; если, наконец. больше, чем эта сумма, то светило находится под землей и на стороне востока».[107]

Для интерпретации рассматриваемого текста Улугбека опять обратимся к рис. 54. Пусть попрежнему $WSON^1$ означает экватор, E — данное светило, а $WBOA$ не эклиптику, а горизонт, Z — зенит, N — надир, то K будет точкой восхода, K_2 — точкой заката, KS'' — полуденная дуга, $KS''K_2$ — дневная дуга K_2K — ночная дуга, $KO' = TO$ — уравнение дня, которое обозначим через y, OPW — первый круг склонений.

Для получения часового угла (или дуги $SWN'T$) точки K восхода светила («матоли′ тлу») надо вычесть y или уравнение дня из часового угла первого круга склонений («матоли′ мамар»). Таким образом, часовой угол точки восхода будет:

$$270^\circ + y \quad \text{при} \quad \delta < 0,$$

$$270^\circ - y \quad \text{при} \quad \delta > 0.$$

Дополнительная дуга $(270^\circ - y)$ при $\delta < 0$ и $(270^\circ + y)$ при $\delta > 0$ названа у Улугбека «магориб». Часовой угол точки заката будет соответственно $90^\circ - y$ и $90^\circ + y$.

Из таблиц полудневных дуг для разных широт можно таким образом вычислить часовые углы восхода и заката светил. Вычтя часовой угол восхода из часового угла светила в данный момент («матоли′ толи»), получим дугу KE, описанную светилом с момента восхода. В зависимости от величины этой дуги KE будем иметь четыре случая положения светила относительно горизонта. Обозначив полудневную дугу $KS'' = TS$ через d и полуночную K_2C через n, получим следующие возможные случаи:

1) $KE < d$	светило	на востоке	над	горизонтом,
2) $d < KE < 2d$	»	» западе	»	»
3) $2d < KE < 2d + n$	»	» западе	под	»
4) $KE > 2d + n$	»	» востоке	»	»

[107] Улугбек, упом. рукопись, л. 13а, 13б.

5. В главе XIII второго раздела «Введения» Улугбек рассматривает вопрос об определении *азимута* по высоте или депрессии.[108]

«Умножаем синус высоты,— говорит Улугбек,— или депрессию на тень (тангенс) широты местности; или же умножаем его на синус широты местности и делим на косинус той же широты; полученное таким образом произведение или же частное будет так называемой *хиссой* азимута, знак которого противоположен знаку широты местности, если вычисление производится путем определения высоты; они одинаковы, если оно производилось путем определения депрессии».

«Если знак экваториального расстояния светила такой же, как у хиссы азимута, то мы берем сумму синусов единичной амплитуды и хиссу азимута; в противном случае мы берем их разность и получаем уравнение азимута, знак которого одинаков со знаком суммы или разности. Если светило не имеет единичной амплитуды, что имеет место, когда экваториальное расстояние равно нулю, или же когда светило постоянно видно или постоянно невидимо, то хисса азимута и уравнение азимута, в первом случае, идентичны; во втором случае, мы производим вычисление, как для получения синуса единичной амплитуды; результат мы используем так же, как поступали в отношении синуса единичной амплитуды (получаем уравнение азимута). Затем мы делим уравнение азимута на косинус высоты; в частном получается синус азимута, знак которого такой же, как и у уравнения».

«Составляем сумму дуг: высоты или депрессии и дополнения широты (S_1); далее, составляем разность тех же дуг, т. е.: разность между высотой или депрессией и дополнением широты (S_2). Назовем половину суммы синусов двух полученных дуг (т. е. S_1 и S_2) первой вспомогательной дугой, а половину разности тех же синусов — второй вспомогательной дугой».

---

[108] «Депрессией» светила, находящегося под горизонтом, называют угол между этим светилом и горизонтом, другими словами—отрицательную высоту светила.

«Если светило находится на стороне скрытого полюса над Землей, или на стороне[109] видимого полюса и под Землей, мы прибавляем вторую вспомогательную дугу к синусу экваториального расстояния и делим эту сумму на первую вспомогательную дугу. В частном получится синус азимута, знак которого будет такой же, как и у экваториального расстояния (как на севере, так и на юге). Если же, наоборот, светило находится на стороне скрытого полюса и находится под Землей, или на стороне видимого полюса и над Землей, то мы делим разность между второй вспомогательной дугой и синусом экваториального расстояния[110] на первую вспомогательную дугу; в частности, получается синус азимута, знак которого такой же, как и у экваториального расстояния, если излишек на стороне экваториального расстояния; в противном случае — противоположен. Наконец, если синус расстояния равен второй вспомогательной дуге, то светило не имеет азимута».[111]

«Ту же задачу можно решить и другим способом, а именно: по высоте определяем разность дуги обращения способом, который бедет изложен в главе XX этого раздела. Затем мы умножаем синус этой дуги на косинус экваториального расстояния и делим произведение на косинус высоты, в частности получается косинус азимута. Если при этом светило находится на стороне скрытого полюса, то знак азимута одинаков со знаком экваториального расстояния; противоположен, если упомянутая дуга не больше, чем уравнение дня; если же она больше его, но произведение от умножения косинуса превышения означенной дуги на тень (т. е на тангенс) широты местности меньше тени (тангенса) экваториального расстояния, тогда азимут находится на стороне широты местности и имеет одинаковый знак с широтой местности; если же оно равно тени (тангенсу) экваториального расстояния, то светило не имеет азимута;

---

[109] В рукописи № 2214 (л. 13б) имеет место описка, а именно: вместо جهت , т. е. «сторона», ошибочно сказано جيب , т. е. «синус».

[110] В рукописи № 2214 описка: نقل; следует читать: بعد .

[111] Т. е. азимут равен нулю.

если же оно больше тени (тангенса), экваториального расстояния, то знак азимута противоположен знаку широты местности; и вообще, знак азимута по отношению востока и запада одинаков со знаком высоты или депрессии».[112]

Попытаемся интерпретировать изложенное при помощи современного математического языка.

Возьмем известную формулу сферической астрономии:

$$\cos a_s = \frac{\sin \varphi \sin h - \sin \delta}{\cos \varphi \cos h}, \tag{1}$$

где φ — широта, δ, h — склонение и высота светила, a_s — его азимут, считаемый от точки юга S. Представим эту формулу в следующем виде:

$$\cos a_s \cos h = \sin h \operatorname{tg} \varphi - \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}, \tag{2}$$

тогда можно заметить следующее: то, что в данном случае Улугбек называет «хиссой» азимута, очевидно есть не что иное, как первый член второй части равенства (2), т. е. $\sin h \operatorname{tg} \varphi$; что же касается второго члена этого равенства, т. е. $\frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$, то этот член выражает собою синус восточной амплитуды, т. е. дуги горизонта от точки востока до точки восхода светила.

Всю вторую часть равенства (2) Улугбек называет «уравнением азимута». Разделив уравнение азимута на $\cos h$, мы получим, очевидно, $\cos a_s$ или $\sin a_0$, если считать азимут от точки востока, как это делает Улугбек (и вообще, астрономы Востока того времени). При $\delta = 0$ и амплитуда обращается в нуль, и, следовательно, уравнение азимута окажется равным аргументу азимута.

Но ту же задачу можно решить и другим способом. В самом деле, полагая

$$S = h + 90° - \varphi, \quad D = h - 90° + \varphi,$$

---

[112] Улугбек, упом. рукопись, л. 13б.

введем две вспомогательные величины

$$A = \frac{1}{2}(\sin S + \sin D),$$

$$B = \frac{1}{2}(\sin S - \sin D).$$

Заметив, что

$$A = \frac{1}{2}\{\cos(\varphi - h) + \cos(\varphi + h)\} = \cos\varphi\cos h,$$

$$B = \frac{1}{2}\{\cos(\varphi - h) - \cos(\varphi + h)\} = \sin\varphi\sin h,$$

формулу (1) можно представить в виде

$$\sin a_0 = \frac{B - \sin\delta}{A},$$

что вполне соответствует вышеприведенному правилу Улугбека для случая, когда «светило находится со стороны видимого полюса и над Землей», что, по-нашему, означает: $\delta > 0$ и $h > 0$. Очевидно, остальные случаи также выражаются той же формулой.[113]

Далее, в следующей XIV главе того же раздела Улугбек решает обратную задачу, т. е. *задачу определения высоты посредством азимута*. «Умножив косинус азимута,— говорит Улугбек,— на косинус широты местности, мы в произведении получаем синус некоторой дуги, которую мы находим по таблицам; затем мы последовательно делим на косинус этой дуги сначала широту местности, затем синус экваториального расстояния; далее, мы находим в таблицах синусов — дуги, соответ-

[113] Улугбек дает еще один способ нахождения азимута по высоте, пользуясь часовым углом светила. Этот способ выражается формулой

$$\cos a_0 = \sin a = \frac{\sin t\cos\delta}{\cos h},$$

где t—часовой угол светила (вычисление которого дано Улугбеком в XX главе).

ствующие обоим частным; затем мы складываем эти дуги, если экваториальное расстояние дуги находится на стороне скрытого полюса и светило находится над Землей, или если светило находится на стороне видимого полюса и под Землей; в противном случае мы берем разность между двумя дугами и дополнение к высоте или депрессии светила. Если светило не имеет экваториального расстояния, то частное от первого деления будет косинусом высоты светила; если же светило не имеет азимута, то частное (от деления синуса экваториального расстояния на синус широты местности) будет синусом высоты. Для тех светил, экваториальное расстояние которых на стороне видимого полюса больше широты местности, а восточный азимут идет уменьшаясь, или западный азимут — возрастая, мы вместо дуги, получаемой в частном от второго деления, пользуемся ее дополнением до полуокружности и доводим действие до конца. Для местностей же, расположенных под экватором, синус экваториального расстояния делится на синус азимута, и в частном получается косинус высоты; вообще, знак высоты всегда зависит от знака азимута».[114]

Для решения и этой задачи, т. е. *для определения высоты светила по данному азимуту*, очевидно Улугбек пользуется тем же параллактическим треугольником ZPS, что и в предыдущей задаче (рис. 60). Опустив перпендикуляр PM из P на ZS, мы получим два прямоугольных сферических треугольника: ZPM и MPS, откуда по формулам для прямоугольных сферических треугольников определяются три вспомогательных угла

$$\mu,\ \nu,\ \rho:\quad \mu = PM,\ \nu = ZM,\ \rho = MS;$$

$$\sin\mu = \cos\alpha\cos\varphi;\qquad \cos\nu = \frac{\sin\varphi}{\cos\mu};\qquad \cos\rho = \frac{\sin\delta}{\cos\mu}.$$

Тогда сумма $\nu + \rho$ будет равна зенитному расстоянию светила, т. е. $90° - h$. Но так как Улугбек по $\cos\nu$ и $\cos\rho$ ищет дуги не в таблицах косинусов, а в таблицах синусов, то его

[114] Улугбек, упом. рукопись, л. 14а.

вспомогательные углы будут соответственно $90° - \nu$ и $90° - \rho$ и сумма их будет равна $180° - (\nu + \rho)$.

Правила вычисления высоты при разных частных значениях φ и δ вытекают из вышеуказанных формул и приведенного здесь чертежа. На экваторе $\varphi = 0$, $\mu = 90° - a_0$, $\nu = 90°$; $90° - h = \nu + \rho = 90° + \rho$: иначе $h = -\rho$ и $\cos h = \frac{\sin \delta}{\sin a_0}$, как совершенно правильно указывает Улугбек.

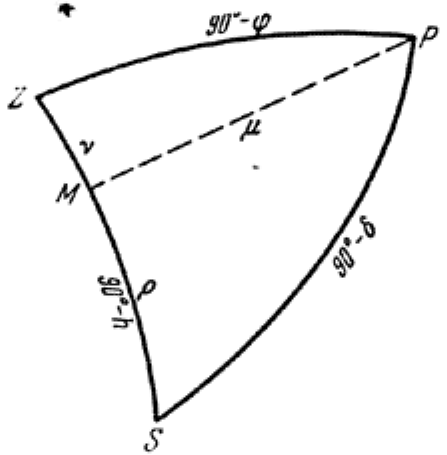


Рис. 56.

6. В главе XVI второго раздела «Введения» Улугбек рассматривает вопрос *об определении долготы и широты какой-нибудь местности*. Начиная с определения долготы, Улугбек говорит: «Мы определяем какое-нибудь предстоящее лунное затмение для местности, долгота коей известна, часы (т. е. момент) начала затмения и появления светила вновь, считая их от предшествующего полдня. Затем при помощи астрономического инструмента мы определяем в местности, долготу которой требуется узнать, также начало и конец этого затмения, считая их от предшествующего полдня, и разницу между ними[115] в часах мы умножаем на 15; полученное произведение и есть разница в долготах».

«Если часы (т. е. момент) начала и конца затмения для той местности, долгота коей известна, находятся впереди, мы вычитаем из долготы этой местности разницу в долготе; в противном случае, мы ее прибавляем, и результат дает нам долготу искомой местности».

Далее, переходя к определению широты, Улугбек продолжает: «Прежде всего мы следим за тем, находится ли тень гномона в полдень в местности, о которой идет речь, всегда на

[115] Т. е. между наблюденными моментами начала и конца затмения для первой местности и наблюденными моментами — для второй

одной и той же стороне, будь то на севере или на юге; такие местности называются местностями, имеющими всего одну тень; [116] во-вторых, находится ли тень то на севере, то на юге; такие местности делят на два класса: в одном тень описывает полный круг по окружности, и эти места называют «имеющими круговую тень»,[117] во втором — те, которые называют «имеющими две тени».[118]

«Если речь идет о местности, имеющей одну тень, я складываю общее наклонение с наименьшей высотой Солнца или вычитаю его из наибольшей высоты; в результате получается дополнение широты местности».

«Если речь идет о местности с двумя тенями, я прибавляю общее наклонение к наименьшей из высот, находящихся на стороне скрытого полюса, чтобы получить дополнение к широте местности; или же вычитаю дополнение наименьшей высоты со стороны видимого полюса из общего наклонения, чтобы получить самую широту».

«Если речь идет о местности с круговой тенью, я вычитаю общее наклонение из наибольшей высоты и получаю дополнение широты; если вычитание невозможно, то это значит, что широта достигла 90°».

«Если я определяю широту посредством какой-нибудь постоянно видимой звезды, проходящей, по отношению к зениту, со стороны видимого полюса, то широту местности дает мне половина суммы наибольшей и наименьшей высоты. Если же звезда (по отношению к зениту) проходит со стороны скрытого плюса, то я, вместо наибольшей высоты, беру ее дополнение до полуокружности и для получения широты местности кончаю вычисление, как указано выше».

«Другой способ определения широты местности, если дана ее долгота: я беру высоту Солнца на меридиане и вычисляю

---

116 ذات ظل واحد (Улугбек, л. 14а).

117 ذات ظل داير (Улугбек, л. 14б).

118 ذات ظلين (там же, л. 14б)

ее истинную долготу в тот же день в полдень; затем я вычитаю первое истинное наклонение Солнца на указанной высоте, если оно находится на противоположной стороне, или же складываю эти две величины, если они находятся на одной и той же стороне, или же если широта местности находится на противоположной стороне; сумма или разность дают дополнение широты места, в котором производятся наблюдения, в противном случае я прибавляю наклонение к высоте и, вычтя из этой суммы 90°, имею в остатке широту местности. В местности с круговой тенью следует пользоваться наибольшей высотой (годовой)».[119]

В заключении этой части «Введения» Улугбек в числе своих многочисленных астрономических таблиц приводит таблицу географических координат 683 различных населенных пунктов стран мира, в том числе Испании, Судана, Египта, Сирии. Византии, Месопотамии, Армении, Азербайджана, Ирака, Персии, России и т. д.

Теперь обратим внимание на нижеследующее. Прежде всего, определение разности долгот двух точек земной поверхности из одновременных наблюдений на них моментов начала и конца лунного затмения по местному времени представляло во времена Улугбека самый надежный и, пожалуй, самый точный способ определения долгот при отсутствии часов, допускающих перевозку, и при несовершенстве лунной теории, исключающем использование для этой цели наблюдений лунных расстояний, покрытий и солнечных затмений.

Для определения широты точек земной поверхности Улугбек дает несколько способов. Прежде всего, как следует из вышеприведенной цитаты, все местности земной поверхности Улугбек разбивает на две категории. К первой категории он относит те, в которых тень гномона в меридиане всегда направлена в одну сторону, либо к северу, либо к югу (по Улугбеку — местности «с одной тенью»). Это места умеренного пояса, широта которых заключается между ε и $90° - \varepsilon$, где ε — наклонение эклиптики к экватору. В умеренном поясе северного

[119] Улугбек, упом. рукопись, л. 14а.

полушария тень никогда не может быть направлена к югу, а в южном полушарии — к северу от гномона (рис. 57). Ко второй категории Улугбек относит те местности, в которых тень в меридиане может быть направлена в ту и в другую сторону, причем, в свою очередь, эту категорию он делит еще на

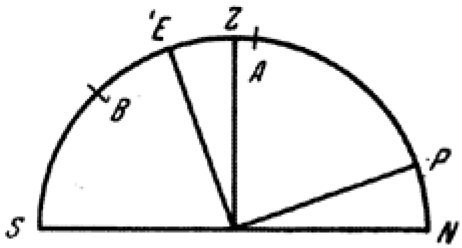


Рис. 57.

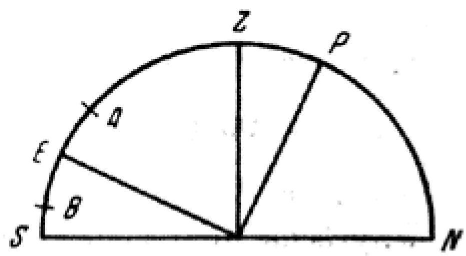


Рис. 58.

два класса: a) местности с «круговой тенью», т. е. описывающей полный круг (рис. 58 и 59). Это полярные области,[120] где $\varphi \geqslant 90° - \varepsilon$; в этих областях в течение полярного дня тень кружится вокруг гномона; и b) местности «с двумя тенями». Это — тропические области,[121] где $\varphi \leqslant \varepsilon$ и при склонении Солнца $\delta_{\odot} < \varphi$ тень в полдень направлена к северу, а при $\delta_{\odot} > \varphi$ — к югу. При $\delta_{\odot} < = \varphi$, что случается два раза в год, гномон в полдень не дает тени.

В местах первой категории наименьшая полуденная высота Солнца будет

$$h_{\min} = 90° - (\varepsilon + \varphi),$$

а наибольшая

$$h_{\max} = 90° - (\varphi - \varepsilon).$$

Прибавляя к $h_{\min}$ или вычитая из $h_{\max}$ угол ε, получим,

---

[120] Это обстоятельство подчеркивает и Бирджанди в своих комментариях: عروض انها از تمام میل کلی کمتر نباشد, л. 92б.

[121] У Бирджанди сказано: عروض انها از میل کلی کمتر باشد (там же).

очевидно, в результате 90°—φ. Что же касается мест «с двумя тенями», то для северной полуденной тени

$$h_{\min} = 90° - (\varphi + \varepsilon),$$

а для южной тени $h_{\min} = 90° - (\varepsilon - \varphi)$.

В первом случае $h_{\min} + \varepsilon = (90° - \varphi)$, во втором: $\varepsilon - h_{\min} = \varphi$. Далее, в местах с «круговой тенью»

$$h_{\max} = 90° (\varphi - \varepsilon), \text{ или } h_{\max} - \varepsilon = 90° - \varphi.$$

На полюсе $h_{\max} = \varepsilon$; $\varphi = 90°$. Таким образом, все наставления Улугбека подтверждаются полностью.

Здесь SZN — плоскость меридиана, E — точка экватора, P — полюс, A — положение Солнца в летнем солнцестоянии, B — положение Солнца в зимнем солнцестоянии; $EA = EB = \varepsilon$, $EZ = NP = \varphi$. В первом случае (т. е. в местах первой категории):

$$h_{\min} = SB = SZ - EZ - EB = 90° - \varphi - \varepsilon,$$

$$h_{\max} = SA = SZ - EZ + EA = 90° - \varphi + \varepsilon.$$

В местах второй категории класса (a):

$$h_{\max} = SA = SZ - EZ + EA = 90° - (\varphi - \varepsilon),$$

класса (b):

$$h_{\min} = SB = SZ - EZ - EP = 90° - \varphi - \varepsilon \text{ (на юге)},$$

$$h_{\min} = NA = NZ + EZ - EA = 90° + \varphi - \varepsilon \text{ (на севере)}.$$

Все эти формулы можно свести к одной, а именно: $\varphi = z + \delta$, если условиться считать зенитные расстояния z в меридиане положительными к югу и отрицательными к северу и принять во внимание, что склонение δ Солнца в летнее солнцестояние равно $+\varepsilon$, а в зимнее $-\varepsilon$.

Другой способ определения широты, указываемый Улугбеком, состоит в наблюдении незаходящей звезды в двух кульминациях. Полусумма высот в верхней и нижней кульминации даст, очевидно, широту места, если обе кульминации происходят по одну сторону зенита. Когда же две кульминации происходят по разные стороны зенита, вместо h верхней кульминации придется взять $180° - h$.

Третий способ состоит в наблюдении высоты Солнца в полдень в любой день года. Высота Солнца в полдень равна высоте экватора в меридиане плюс склонение соответствующей точки эклиптики, или $h = 90° - \varphi + \delta$. Зная δ данной точки эклиптики (или первое склонение данного градуса) и h, получаем из этой формулы широту φ.

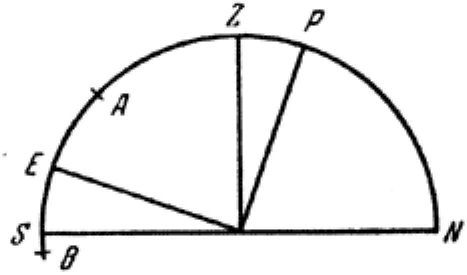


Рис. 59.

Таблицы Улугбека вычислены для Самарканда, долгота которого по автору 99°16′. Согласно Улугбеку, долгота отсчитана от острова Халидат (ازجزابر خالدات).[122] «Ал-Халидат» (полностью: ал-Джаза'ир ал-Халидат), повидимому от арабского «Хульд»—«Вечные острова»— у астрономов большей частью носят название «Джаза'ир ал-Са'ада»—«Острова блаженства», как перевод греческого названия «Макарон Несои», воспринятого арабами в связи с переводом «Географии» Птолемея. Ал-Бакри знает также их латинское название — Фортунате инсулае (Fortunatae insulae) в форме «Фортунаташ». Это — Канарские острова. Ал-Бируни и ал-Идриси упоминают о шести островах, ал-Макари — о семи; ал-Идриси приводит название двух из них: Масфахан и Лагус; первое, согласно Дози и де-Гуйе, соответствует современному названию «Тенериф», а второе, вероятно, острову Канария. По ал-Бируни, расстояние их от материка должно равняться около 200 фарсангов (свыше 1100 км), тогда как, согласно ал-Макари, они в ясную погоду видны из Сала. По ал-Бакри, название острова происходит от исключительно роскошной его растительности».[123]

---

[122] Улугбек, упом. рукопись, л. 14б.

[123] P. Schwarz. Al-khalidat, «Enz. des Islams», т. II. Лейден — Лейпциг, 1927, стр. 880—881.

Комментатор Улугбека, упомянутый Бирджанди, также говорит о шести островах Халидат. По свидетельству Бирджанди эти острова затоплены водой (حالا ا نر ا آ ب كر فته). Но Бирджанди, ссылаясь на книгу «Таквим-и ал-булдон» (تقويم ا لبلد ن), т. е. «Положение местностей», говорит, что «Острова Халидат и Са'ада не одни и те же; Халидат—острова Атлантического океана, которые находятся от берега на расстоянии 10°, а острова Са'ада в числе 24 островов находятся между берегом и островами Халидат».[124]

Но самый западный остров вышеупомянутой группы Канарских островов (у западного берега Африки) — Ферро — находится всего на расстоянии примерно 300 км (а не 1100 км) от берега. В древние времена его считали самым западным пунктом Старого Света, предполагая, что здесь земной шар делится на два полушария (восточное и западное), почему отсчет по меридианам производился от этого острова — Ферро.

В целях определения положения основного меридиана Улугбека, рассмотрим следующую таблицу:

Название местностей	Долгота		Разность долгот
	по Улугбеку	от Гринвича	
Самарканд	99° 16′	67° 00′	32° 16′
Ходжент	100° 35′	69° 37′	30° 58′
Ош	102° 20′	72° 48′	29° 32′
Бухара	97° 30′	64° 26′	33° 4′
Герат	94° 20′	62° 6′	32° 14′

По известным соображениям для примера мною взяты среднеазиатские города; Герат взят по той простой причине, что Улугбеку приходилось не раз побывать там. К сожалению, нет возможности более или менее точно определить положение основного меридиана Улугбека, хотя бы по той простой причине, что наблюдения относятся не к одним и тем же точкам одной

[124] Бирджанди, упом. рукопись, л. 94а.

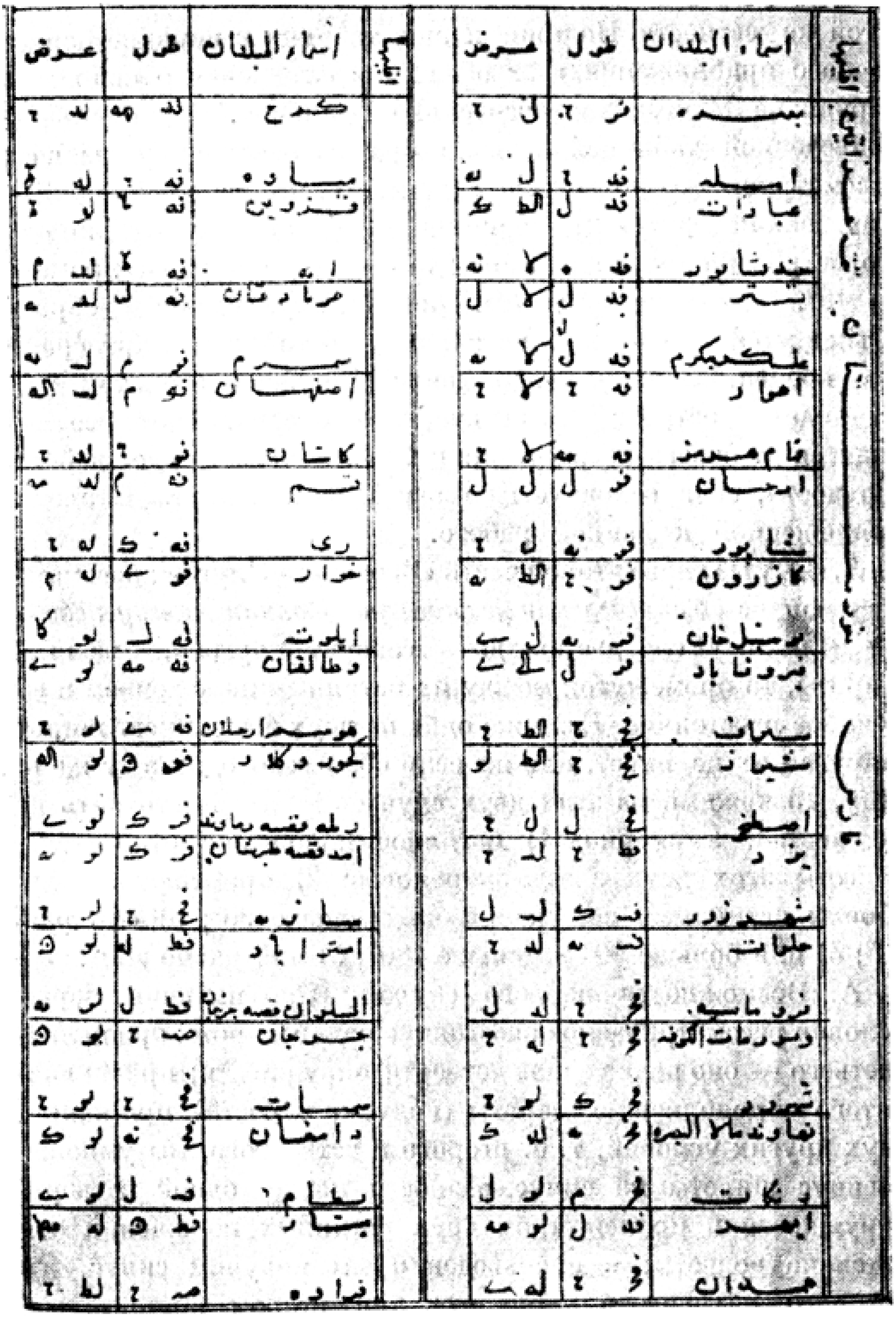


Рис. 60. Таблица географических координат местностей. Страница из рукописи Улугбека «Зидж Гургани».

и той же местности. Но приведенная таблица в порядке первого грубого приближения дает общее представление о положении меридиана Улугбека относительно Гринвича. Ограничившись приведенной таблицей и взяв среднюю величину разности рассматриваемых долгот, можем сказать, что искомый меридиан Улугбека находится примерно на 31°36′ к западу от Гринвича. Но остров Ферро находится к западу от Гринвича примерно на 18°. Такое расхождение, повидимому, главным образом объясняется неудовлетворительным состоянием картографии тех времен. Однако утверждение Бирджанди о том, что «Халидат — острова Атлантического океана, которые находятся от берега на расстоянии 10°»,— соответствует действительности, если исходить из географической карты Птолемея, приложенной к данной работе.

7. В XVIII главе второй части «Введения» Улугбек рассматривает вопрос *об определении углового расстояния между небесными телами*. «Если две звезды,— говорит Улугбек,— не имеют широты, то промежуток между их истинным положением и есть искомое расстояние. Если же одна из двух звезд имеет широту, а другая ее не имеет, или же если обе имеют одну и ту же широту, то каждый из этих двух случаев может иметь пять возможностей, а именно: 1) истинное положение относительно долготы этих двух звезд одинаковое; 2) промежуток между обоими истинными положениями — меньше 90°; 3) или равно 90°; 4) или больше 90° и меньше 180°; 5) или равно 180°.

А. Возможности первого случая. При наличии первого условия рассматриваемое расстояние равно широте; при наличии третьего — оно равно одной четверти окружности; при наличии пятого — дополнению широты (полуокружности); при наличии двух других условий, т. е. второго и четвертого, мы умножаем косинус широты на синус разности между одной четвертью окружности и промежутком двух истинных положений относительно долготы; в произведении мы получим синус, дугу которого находим в таблицах; при втором обстоятельстве мы вычитаем эту дугу из 90°, а при четвертом — мы прибавляем ее к 90°, чтобы получить требуемое расстояние.

В. Возможности второго случая. При наличии первого обстоятельства, если обе широты находятся на одной стороне, их разность или их сумма и есть требуемое расстояние. При наличии пятого обстоятельства, если обе широты находятся на одной стороне, мы вычитаем сумму двух широт из полуокружности, а если они на противоположных сторонах, то вычитаем из полуокружности их разность. Полученный остаток и будет искомым расстоянием. При наличии третьего обстоятельства, мы умножаем синус широты первой звезды на синус широты второй; в произведении мы получаем синус, дугу которого находим в таблицах; мы вычитаем эту дугу из 90°, если рассматриваемые широты имеют один и тот же знак, в противном случае прибавляем к 90°. Полученный таким образом результат и будет требуемым расстоянием. При наличии двух других условий (т. е. второго и четвертого) мы умножаем косинус широты одной звезды на синус промежутка между их долготами; в произведении получаем синус, дугу которого находим в таблицах, и ее дополнение называем *первой вспомогательной* (первый махфуз); разделив синус широты этой звезды на синус первой вспомогательной дуги, мы в частном получим синус, дугу которого находим в таблицах, и называем эту дугу *второй вспомогательной* (второй махфуз).

«Если при наличии второго обстоятельства обе звезды находятся на одной и той же стороне, а при наличии четвертого — на противоположных сторонах, мы прибавляем вторую вспомогательную дугу к дополнению широты другой звезды и называем полученную сумму третьей вспомогательной (третий махфуз). Если же, наоборот, при втором обстоятельстве, обе звезды находятся на противоположных сторонах, а при четвертом — на одной и той же стороне, тогда разность между второй вспомогательной дугой и дополнением широты второй звезды есть третья вспомогательная. Далее, мы умножаем синус третьей вспомогательной дуги на синус первой вспомогательной дуги и получаем синус, дугу которого, найденную в таблицах, мы называем четвертой вспомогательной (четвертый махфуз)».

«При наличии второго обстоятельства, если обе звезды находятся на одной и той же стороне, или, если они находятся на противоположных сторонах, то излишек (разность) относится к дополнению широты: или же при четвертом обстоятельстве, если обе звезды находятся на одной и той же стороне и если излишек относится ко второй вспомогательной дуге, то мы вычитаем четвертую вспомогательную дугу из одной четверти окружности; при наличии же остальных трех условий, мы прибавляем четвертую вспомогательную дугу к одной четверти окружности и окончательно получаем требуемое расстояние Если же обе звезды имеют одну и ту же широту, нет надобности производить все эти вычисления; если обе звезды находятся на одной и той же стороне, мы умножаем косинус широты на синус половины промежутка между долготами обоих истинных положений, в противном случае — на косинус половины промежутка между долготами обоих истинных положений; получается синус, дуга которого отыскивается в таблицах; удвоив полученную дугу, мы будем иметь искомое расстояние, если стороны совпадают; в противном случае, т. е. если широты обеих звезд находятся на разных сторонах, получится дополнение искомого расстояния. Если же вместо истинной долготы мы возьмем прямое восхождение, а вместо широты — экваториальное расстояние, мы тем самым найдем требуемое расстояние».

«Таким же способом мы находим расстояние, разделяющее две земные точки, используя вместо долготы истинного положения звезды — долготу земной местности и, вместо широты звезды — земную широту той же местности».[125]

При помощи математических символов изложенное можно представить следующим образом. Пусть в сферическом треугольнике PS_1S_2 будут (рис. 62): S_1 — первая точка, β_1 — ее широта; S_2 — вторая точка, β_2 — ее широта; P — полюс эклиптики, λ — разность долгот точек.

Для определения искомого расстояния $S_1S_2=\Delta$ разбиваем косоугольный треугольник PS_1S_2 на два прямоугольных

[125] Улугбек, упом. рукопись, лл. 14, 15.

треугольника: S_1PM и S_1MS_2. Вводя вспомогательные углы: μ, ν, ξ, ρ, из первого треугольника находим:

$$\cos\mu = \cos\beta_1 \sin\lambda,$$

$$\sin\nu = \frac{\sin\beta_1}{\sin\mu}.$$

Обозначая через $90° - \xi$ дугу MS_2 (или $\xi = 90° - \nu + \beta_2$), находим из второго треугольника S_1MS_2:

$$\cos S_1S_2 = \sin\rho = \sin\mu \sin\xi.$$

Очевидно, при $\beta_1 = 0$ получаем упрощенную задачу, соответствующую случаю «А». При $\lambda = 0$ получается условие 1 случая «В» с очевидным решением: искомое расстояние $\Delta = \beta_1 - \beta_2$. При $\lambda = 90°$ получается условие 3 с решением:

$$\cos\Delta = \sin\beta_1 \cdot \sin\beta_2.$$

Наконец, при $\lambda = 180°$ получается условие 5 с решением:

$$\Delta = 180° - (\beta_1 + \beta_2).$$

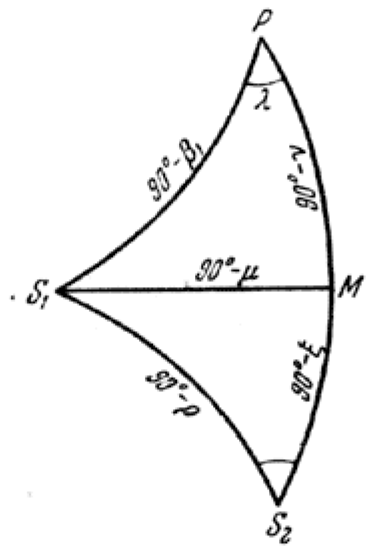


Рис. 62.

8. Согласно религии ислама, во время молитвы лицо мусульманина должно быть обращено по направлению к Мекке, где похоронено тело Мухаммеда. Вот почему определение *азимута Киблы* или *направления в сторону Мекки* (Кааба) являлось одной из важных задач астрономов мусульманского Востока.

Пусть M_0 данная местность, а M — Мекка. Тогда касательная, проведенная к большому кругу M_0M в точке M_0 равносильна упомянутому направлению. Угол α, образованный между этой касательной и меридианом данной местности, называемый мусульманскими астрономами инхираф (انحراف),

является предметом исследования почти всех астрономов Востока. Для больших городов они вычисляли на каждый день высоту Солнца для того момента, когда оно пересекало направление Киблы.

Существует приближенный метод определения угла α в тех случаях, когда разница в широтах и долготах между данной местностью и Меккой незначительна. К такому методу, дающему практически удовлетворительные результаты, прибегали более ранние астрономы мусульманского Востока (например, ал-Баттани, Ибн-Юнус и некоторые другие). Сущность этого метода заключается в следующем.[126] На горизонтальном круге, начиная с южной точки в западном направлении, определяется разница между долготами Мекки и данной местности; далее, то же самое определяется, начиная с северной точки, и концы полученных таким образом равных дуг SA и NB, т. е. точки A и B соединяются между собой прямой AB. Аналогично этому определяется разница между широтами этих двух местностей, начиная с точек востока и запада, двигаясь в южном направлении; наконец, определенные таким образом точки C и D соединяются между собой прямою CD. Тогда прямая, проходящая через центр круга точки M_0 и точки K, пересечения CD и AB, и будет направлением Киблы (рис. 63).

Легко видеть из чертежа, что [127]

$$KE = \sin(\lambda_2 - \lambda_1);\ \ EM_0 = \sin(\varphi_1 - \varphi_2),$$

где φ_1 и φ_2, λ_1 и λ_2 широты и долготы точек M_0 и M. Тогда

$$\sin\alpha = \frac{KE}{KM_0},$$

или

$$\sin\alpha = \frac{\sin(\lambda_2 - \lambda_1)}{\sqrt{\sin^2(\lambda_2 - \lambda_1) + \sin^2(\varphi_1 - \varphi_2)}}.$$

[126] C. Schoy. Kibla, «Enz. des Islams», т. II, Лейден — Лейпциг, 1927, стр. 985—989.

[127] Здесь радиус круга принят равным единице.

Применяя эту формулу для Каира, в отношении которого: $\varphi_1 - \varphi_2 = 9°$, $\lambda_2 - \lambda_1 = 12°$, Ибн-Юнус определяет значение α в 53°. Определяя же α по точным формулам сферической тригонометрии, он находит: 53°0′17″.

Далее, точное определение рассматриваемого угла α дано Абу-ль-Вафа, ал-Хайтам и др.

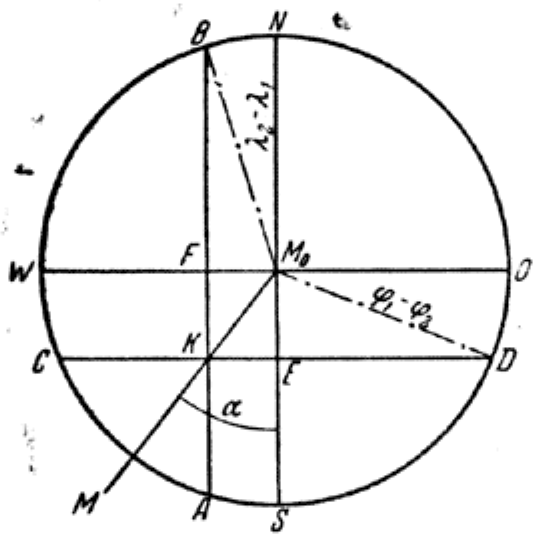


Рис. 63.

Улугбек также дает точное решение рассматриваемой задачи, как увидим ниже, основываясь на правилах сферической тригонометрии. «При определении положения какой-нибудь местности,— говорит Улугбек,— могут представиться пять различных случаев, а именно: 1) когда у них долгота одинаковая; 2) когда разность в долготах меньше 90°; 3) когда она равна 90°; 4) когда она больше 90° и меньше 180° и 5) когда она равна 180°».

«В первом случае азимут Киблы является северной точкой горизонта, если местность имеет южную широту, или если она имеет северную широту, но меньшую, чем широта Мекки; он будет южной точкой горизонта, если местность имеет северную широту, бóльшую, чем широта Мекки».

«В пятом случае он будет северной точкой, если широта местности северная или южная и меньше широты Мекки;

южной точкой — если широта южная и больше широты Мекки; *если же широта южная и равна широте Мекки, то азимут Киблы этой местности будет неопределенным, ибо в какую бы сторону ни повернулся мусульманин, он всегда будет лицом к Мекке*».

«В третьем случае, для местности, расположенной под экватором, дополнение широты Мекки является склонением северной точки; умножив синус широты Мекки на синус широты местности, в произведении получим синус, дугу которого мы находим в таблицах; затем делим на косинус этой дуги косинус широты Мекки; в частном от этого деления получим синус склонения северной точки».[128]

«Во втором и четвертом случаях мы умножаем синус разности обеих долгот на косинус широты Мекки и заканчиваем вычисление согласно правил, изложенных в отношении вычисления расстояния между двумя земными местностями, пока не получим все четыре вспомогательных величины и искомое расстояние от Мекки до данной местности; затем мы делим косинус первой вспомогательной дуги на синус расстояния между двумя городами, и полученное от деления частное и есть синус склонения северной точки, если: как во втором случае, данная местность является южной и если при этом третья вспомогательная дуга больше 90°; или если, как в четвертом случае, местность является северной и третья вспомогательная дуга меньше 90°; или же это будет синус склонения южной точки, если, как во втором случае, местность северная, а третья вспомогательная дуга меньше квадранта, или, если как в четвертом случае, местность южная, но третья вспомогательная дуга меньше 90°. В этих двух случаях всякий раз, как третья вспомогательная дуга равна 90°, склонение также равно 90°. Наконец, во всех случаях, когда имеется склонение (т. е. когда оно отлично от нуля), это склонение будет западным, если долгота местности больше долготы Мекки, и если превы-

---

[128] В данном случае под склонением северной или южной точки Улугбек понимает азимут, отсчитываемый от точки севера или точки юга.

шение будет меньше 180°; оно будет восточным, если долгота местности меньше долготы Мекки, или если превышение долготы местности над долготой Мекки будет больше 180°».[129]

Таким образом, Улугбек дает более подробное и вместе с тем точное решение задачи. Ход этого решения явствует из того же сферического треугольника S_1PS_2, служившего для вывода расстояния между двумя точками на сфере (рис. 62). В самом деле, если S_1 соответствует положению Мекки, а S_2 — данной точки на земном шаре, то угол $A = PS_2S_1$ будет искомым азимутом и определится из треугольника S_1MS_2 по формуле:

$$\sin A = \frac{\cos\mu}{\cos\rho},$$

где μ и ρ вспомогательные углы, служившие для определения расстояния S_1S_2.

Частные случаи задачи, соответствующие

$$\lambda = 0,\ \lambda = 90°,\ \lambda = 180°,$$

упрощают ее настолько, что решение становится очевидным без особых комментариев.

9. В главе XX этого раздела «Введения» Улугбек рассматривает вопрос *об определении часового угла и прямого восхождения по данной высоте звезды.* «Сначала,— говорит Улугбек, — определяется разность дуги обращения [130] и вот каким образом: умножается синус высоты для данного момента времени на синус-верзус полудневной дуги, и произведение делится на синус наибольшей высоты; полученное частное вычитается из синуса-верзуса полудневной дуги; полученный остаток есть синус-верзус разности дуги обращения».

«Иначе: синус высоты данного момента времени делится на синус наибольшей высоты; полученный результат называется неуравненным синусом. Затем его дополнение до 60 умножается

[129] Улугбек, упом. рукопись, лл. 15а, 15б.

[130] Т. е. часовой угол.

на синус уравнения дня; полученное произведение и называется уравнением».

«Если экваториальное расстояние находится на стороне [131] видимого полюса и если уравнение равно неуравненному синусу, то разность дуги обращения равна одному квадранту, в противном случае я нахожу в таблицах синусов дугу, соответствующую разности между уравнением и неуравненным синусом, и прибавляю эту дугу к квадранту, если уравнение больше (чем неуравненный синус), или же вычитаю его, если уравнение меньше его, и получаемые сумма или остаток и будет разностью дуги обращения; если же экваториальное расстояние находится на стороне скрытого полюса, мы прибавляем уравнение к неуравненному синусу, чтобы получить косинус разности дуги обращения».

«Эти два изложенные нами способа определения разности дуги обращения свойственны только в отношении таких звезд, которые имеют свой восход и свой закат на рассматриваемом горизонте».

«Более общий способ. Если же, однако, мы хотим иметь другой способ, относящийся также и к звездам постоянного появления (околополюсным), мы начинаем с определения так называемого среднего синуса, что делается нижеследующим образом: с одной стороны, мы прибавляем экваториальное расстояние звезды к дополнению широты местности, а с другой — вычитаем его; затем прибавляем синус суммы к синусу разности, и, взяв половину общей суммы, мы получаем средний синус. Если экваториальное расстояние равно дополнению широты, то половина синуса наибольшей высоты дает средний синус; если она больше, чем дополнение широты, то разность между синусом наибольшей высоты и синусом наименьшей высоты и есть средний синус».

«Другой способ. Мы умножаем синус экваториального расстояния на синус широты местности; мы вычитаем

[131] В рукописи № 2214 (л. 15б) имеет место описка, а именно: вместо جهت, т. е. «сторона», ошибочно сказано جيب, т. е. «синус».

произведение из синуса наибольшей высоты, если расстояние находится на стороне видимого полюса; в противном случае, мы прибавляем его и в результате имеем средний синус».

«*Другой способ*. Мы умножаем косинус экваториального расстояния на косинус широты местности, и полученное произведение есть средний синус; когда средний синус уже определен, мы вычитаем синус высоты в данный момент времени из синуса наибольшей высоты, и остаток делим [132] на средний синус; полученное частное дает синус-верзус разности дуги обращения».

«*Другой способ*. Если по отношению к экватору звезда находится на стороне скрытого [133] полюса, то (в момент наблюдений) мы берем разность между средним синусом и синусом наибольшей высоты; затем прибавляем к ней синус высоты; разделив эту сумму на средний синус, в частном получим косинус разности дуги обращения».

«Если же звезда находится на стороне видимого полюса, мы определяем разность между первой разностью и синусом высоты в данный момент времени; делим ее на средний синус и в частном получаем синус, дугу которого находим в таблицах; мы вычитаем эту дугу из квадранта, если излишек на стороне синуса высоты, в противном же случае мы прибавляем дугу; полученные сумма или остаток дают разность дуги обращения. Если синус высоты равен вышеозначенной разности, то разность дуги обращения представляет собою квадрант».

«Когда определена указанная разность дуги обращения, мы вычитаем ее из полуденной дуги, если высота восточная, в противном случае, для получения дуги обращения мы

---

[132] В рукописи № 2214 (л. 15б) сказано نقصان کنیم, т. е. «вычитаем», а в рукописи № 2118 قسمت کنیم, т. е. «делим». Верно последнее.

[133] В рукописи № 2214 (л. 15б) описка, а именно: вместо در جهت قطب, т. е. «на стороне полюса», сказано: جیب قطب, т. е. «синус полюса».

прибавляем ее. Если прибавить дугу обращения к прямому восхождению точки восхода, мы получаем прямое восхождение самой звезды; это свойственно звездам, которые восходят и заходят на рассматриваемом горизонте».

«Более общий способ. Если же мы хотим иметь способ, пригодный также и для постоянно видимых звезд, мы

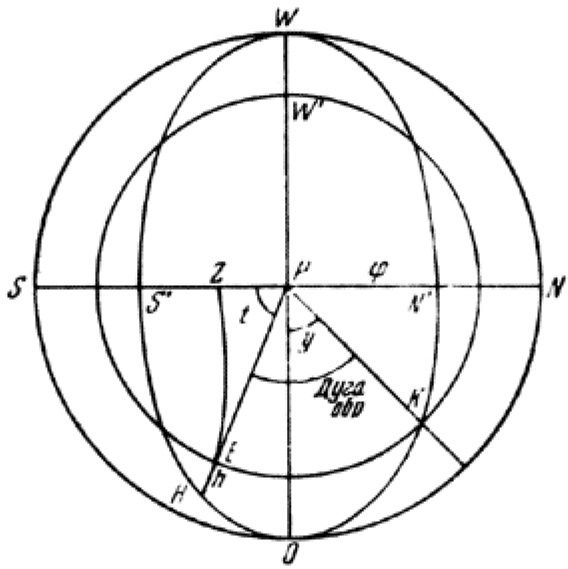


Рис. 64.

вычитаем разность дуги обращения, соответствующей высоте звезды из градуса точки, проходящей через меридиан, если его высота восточная, и прибавляем ее, если она западная, и мы получаем матоли′ звезды. Затем мы находим в таблицах матоли′ (той широты, о которой идет речь) дугу, соответствующую матоли′, или же мы применяем способ вычисления матоли′, уже изложенный выше, и находим, наконец, искомое толи′ (восхождение)».[134]

При помощи математических символов изложенное можно интерпретировать следующим образом. Пусть $OSWN$ — экватор,[135] P — полюс, $OS'WN'$ — горизонт, Z — зенит, $EW'K$ —

[134] Улугбек, упом. рукопись, л. 15б.

[135] Все точки и дуги спроектированы на плоскость экватора.

суточная параллель, K — точка восхода звезды, E — положение звезды в данный момент, $HE = h$ — высота звезды (рис. 64). Дугой обращения Улугбек называет дугу KE (от точки восхода до положения ее в данный момент). Остальную часть полудневной дуги от E до меридиана он называет «разностью дуги обращения», которая в настоящее время называется часовым углом и обозначается обычно буквой t. Буквой y обозначено на чертеже уравнение дня, так что полусуточная дуга будет $90° + y$.

Задача состоит в определении часового угла t или «разности дуги обращения» звезды по ее высоте h. Улугбек дает несколько способов ее решения. Для уяснения его рассуждения напишем для косоугольного треугольника ZPE известную формулу сферической тригонометрии:

$$\cos ZE = \cos ZP \cos EP + \sin ZP \sin EP \cos t,$$

из которой имеем:

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi\cos\delta}, \tag{1}$$

а из треугольника $PN'K$

$$\sin y = \operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\delta. \tag{2}$$

Или заметив, что

$$\cos(\varphi - \delta) = \cos\varphi\cos\delta + \sin\varphi\sin\delta = \cos\varphi\cos\delta\,(1 + \operatorname{tg}\varphi\operatorname{tg}\delta),$$

откуда

$$\cos\varphi\cos\delta = \frac{\cos(\varphi-\delta)}{1+\operatorname{tg}\varphi\operatorname{tg}\delta} = \frac{\cos(\varphi-\delta)}{1+\sin y},$$

формулу (1) для $\cos t$ можно представить следующим образом:

$$\cos t = \frac{\sin h\,(1+\sin y)}{\cos(\varphi-\delta)} - \operatorname{tg}\varphi\operatorname{tg}\delta,$$

или, на основании (2),

$$\cos t = \frac{\sin h\,(1+\sin y)}{\cos(\varphi-\delta)} - \sin y, \tag{3}$$

или

$$1-\cos t=(1+\sin y)-\frac{\sin h\,(1+\sin y)}{\cos(\varphi-\delta)}. \tag{4}$$

Наибольшее значение высоты h будет

$$h_0=90^\circ-(\varphi-\delta)$$

для всех звезд, которые в данном месте восходят и заходят. Поэтому

$$\cos(\varphi-\delta)=\sin h_0. \tag{5}$$

Но

$$1+\sin y=1-\cos(90^\circ+y),$$

следовательно, равенство (4) можно написать так:

$$\text{sin-vers}\,t=\text{sin-vers}\,(90^\circ+y)-\frac{\sin h\ \text{sin-vers}\,(90^\circ+y)}{\sin h},$$

что представляет собою первый способ нахождения «разности дуги обращения» по Улугбеку.

Для второго способа Улугбек вводит понятие «неуравненного синуса», подразумевая под этим отношение $\frac{\sin h}{\sin h_0}$. Обозначая его через $\sin N$, напишем:

$$\sin N=\frac{\sin h}{\sin h_0}=\frac{\sin h}{\cos(\varphi-\delta)}. \tag{6}$$

Далее под термином «уравнение» он в рассматриваемом случае разумеет выражение $\sin y\,(1-\sin N)$, обозначив которое через $\overline{Y}$, будем иметь, согласно Улугбеку:

$$\cos t=\sin N-\overline{Y}. \tag{7}$$

Эта формула вытекает из равенства (3). В самом деле, на основании (5), равенство (3) можно представить так:

$$\cos t = (1 + \sin y) \quad \sin N - \sin y = \sin N + \sin \; N \sin y - \sin y =$$
$$= \sin N - \sin y\,(1 - \sin N),$$

или

$$\cos t = \sin N - \bar{Y}.$$

Для вывода более общей формулы, пригодной для всех звезд, включая околополярные (незаходящие) звезды, Улугбек вводит еще другое понятие, а именно понятие *«средний синус»*, под которым он разумеет выражение

$$\sin M = \frac{\sin(90^\circ - \varphi + \delta) + \sin(90^\circ - \varphi - \delta)}{2} =$$
$$= \frac{\cos(\varphi - \delta) + \cos(\varphi + \delta)}{2} = \cos\varphi\cos\delta,$$

которое[136] можно представить еще так:

$$\sin M = \cos(\varphi - \delta) - \sin\varphi\sin\delta; \tag{8}$$

тогда из формулы (1) следует:

$$1 - \cos t = \frac{\cos\varphi\cos\delta - \sin h + \sin\varphi\sin\delta}{\cos\varphi\cos\delta} = \frac{\cos(\varphi - \delta) - \sin h}{\cos\varphi\cos\delta},$$

или

$$\text{sin-vers}\, t = \frac{\sin h_0 - \sin h}{\sin M},$$

или

$$\cos t = \frac{\sin h - (\sin h_0 - \sin M)}{\sin M}. \tag{9}$$

При $\sin h = (\sin h_0 - \sin M)$, очевидно, $\cos t = 0$ и $t = 90^\circ$. Для получения «дуги обращения» KE надо, очевидно, из полудневной дуги вычесть разность дуги обращения t, если звезда наблюдалась на востоке. Когда же звезда находится на западе, то «дуга обращения» будет, очевидно, больше полусуточной и тогда придется к полусуточной дуге прибавить t.

---

136 При $90^\circ - \varphi = \delta \; \sin(90^\circ - \varphi - \delta) = 0$ и $\sin M = {}^1/_2 \sin h_0$, т. е. средний синус будет равен половине синуса наибольшей высоты.

Прибавляя к прямому восхождению точки восхода дугу обращения с соответствующим знаком, получим прямое восхождение данной звезды. Последний способ неприменим, очевидно, к незаходящим звездам. Для них придется к прямому восхождению в меридиане или к звездному времени прибавить с соответствующим знаком t или, по Улугбеку, «разность дуги обращения». Получив прямое восхождение легко перейти от него к долготе λ, как указано было выше.

10. В XXI главе второго раздела «Введения» Улугбек рассматривает задачу, обратную только что рассмотренной, а именно: *определение высоты светила по данному часовому углу, прямому восхождению или долготе.* «Мы вычитаем *толи'* звезды из *матоли'* восхождения,— говорит Улугбек,— и если остаток больше дневной дуги, то звезда находится под землей; если же он меньше, мы вычитаем синус-верзус разности между этим остатком и полудневной дугой из синуса-верзуса направления дуги обращения; мы умножаем этот синус на синус наибольшей высоты, делим произведение на синус-верзус полудневной дуги и в частном получаем синус искомой высоты».

«Другой способ. Мы вычисляем средний синус по одному из способов, изложенных в главе XX, и умножаем его на синус направления дуги обращения; полученное произведение есть синус высоты. Если звезда находится под землей, ее депрессия определяется тем же способом, при том условии, что вместо матоли' восхода, мы берем матоли' заката, вместо дневной дуги — дугу ночную, а вместо максимума высоты — максимум депрессии, затем мы доводим вычисление до конца; однако эти два способа пригодны только для звезд, которые восходят и заходят на рассматриваемом горизонте».

«Более общий способ. Если мы хотим иметь способ, который был бы пригоден и для звезд постоянно видимых, а также для тех, которые не появляются на горизонте, мы определяем разность между матоли' мамар звезды и матоли' X-го (дома) и умножаем синус-верзус этой разности на средний синус; затем мы берем разность между полученным произведением и синусом наибольшей высоты, при этом, если излишек на стороне синуса наибольшей высоты, этот излишек и есть синус искомой высоты; если же превышение на стороне произведения от умножения, то это превышение есть синус депрессии».

«Для звезд постоянно невидимых мы пользуемся матоли′ IV-го (дома) вместо матоли′ X-го (дома) и синусом наибольшей депрессии, вместо синуса наибольшей высоты; заканчиваем затем вычисление, пока не будет определен синус депрессии».

«Другой способ.[137] Если звезда не имеет широты, мы умножаем синус промежутка между звездой и восхождением на косинус широты климата; это произведение и есть синус высоты, если звезда находится впереди восхождения, или синус депрессии, если она находится позади восхождения».

«Если звезда имеет широту, мы умножаем косинус широты звезды на косинус промежутка между ее градусом и восхождением, или VII-м (домом) (точка на 180° от первой), в зависимости от того, к чему ближе градус этот находится; произведение будет синусом, дугу которого мы определяем по таблицам, а дополнение ее называем первичной дугой. Затем мы делим широту светила на синус первичной дуги; частное есть синус, дугу которого мы определяем по таблицам и называем ее вторичной дугой».

«После этого, если градус звезды находится над Землей и если широта ее находится на той же стороне, что и широта климата (высота полюса эклиптики), или же если она находится под [138] Землей и обе эти широты находятся на противоположных сторонах, то в обоих случаях мы прибавляем вторичную дугу к дополнению широты климата».

«Если же звезда находится над Землей, а (указанные) широты — на противоположных сторонах, или же если она находится под Землей, а широты — на одной и той же стороне, то в обоих случаях мы берем разность между вторичной дугой и широтой климата».

---

[137] Здесь Улугбек излагает способ определения высоты и депрессии по эклиптикальным координатам ее λ и β.

[138] В рукописи № 2214 (л. 16а) пропуск: تحت (под).

«Затем мы умножаем синус суммы или разности на синус первичной дуги; в произведении получаем синус [139] и определяем его дугу, которая является дугой высоты в первой гипотезе, так же как и в третьей, если излишек находится на стороне дополнения широты климата; в четвертой — если излишек находится на стороне вторичной дуги; в противном случае, т. е. во второй гипотезе, она будет дугой высоты (при всех условиях); в третьей же гипотезе — если превышение принадлежит вторичной дуге, и в четвертой — если оно принадлежит дополнению широты климата, дуга, о которой идет речь, является дугой депрессии звезды».

«Если звезда находится на самом восхождении или на VII-м (доме) (на круге, проходящем через точки эклиптики на горизонте), то мы умножаем синус широты звезды на синус широты климата, и произведение это является синусом высоты, если широта звезды находится на одной стороне с широтой климата; в противном случае — это синус депрессии» [см. ниже равенство (7)].

«Если звезда находится на круге, расположенном на 90° от точки восхождения, мы пользуемся, вместо вторичной дуги, широтой звезды и, в зависимости от вышеизложенных обстоятельств, определяем разность между этой широтой и дополнением широты климата, или же складываем их».

«Если звезда находится от восхождения более, чем в 90°, мы берем дополнение до полуокружности и получаем расстояние звезды от горизонта; мы делаем вычисления по вышеизложенным способам в том случае, если это дуга высоты, или дуга депрессии».

«Но, если вместо восхождения взять — *матоли'*, вместо градуса звезды — *матоли' мамар*, вместо широты звезды — ее расстояние до экватора и, наконец, вместо широты климата — широту земной местности, то мы вышеуказанными способами найдем также искомые величины».[140]

---

[139] См. ниже равенство (6).

[140] Улугбек, упом. рукопись, л. 16а, 16б.

Вычитая из часового угла восхода звезды часовой угол ее в момент наблюдения, получаем ее «дугу обращения». Если она меньше дневной дуги, то звезда находится под горизонтом, если больше дневной — звезда над горизонтом. Чтобы найти высоту в первом случае, Улугбек вводит прежде всего понятие «синуса направления дуги обращения», подразумевая под этим термином

$$\sin D = \cos t - \cos (90^\circ + y)$$

или

$$\sin D = \cos t + \sin y,$$

где t и y имеют те же значения, что и в предыдущей задаче.

Для уяснения смысла вышеприведенных рассуждений Улугбека обратимся к формулам современной сферической астрономии. Преобразуя известную формулу для высоты h, можем написать:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t =$$
$$= \sin \varphi \sin \delta - \cos \varphi \cos \delta (1 - \cos t) + \cos \varphi \cos \delta =$$
$$= \cos (\varphi - \delta) - \cos \varphi \cos \delta \operatorname{sin-vers} t,$$

или

$$\sin h = \sin h_0 - \sin M \operatorname{sin-vers} t, \tag{1}$$

где h_0 — наибольшая высота, а $\sin M$ — так называемый «средний синус» (см. предыдущую задачу). Полученное выражение дает третий способ Улугбека, пригодный и для звезд, незаходящих в данной точке.

Переписав основную формулу в виде

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

или

$$\sin h = \sin M \sin D, \tag{2}$$

имеем второй способ вычисления высоты.

Наконец, вспомнив выведенное выше выражение

$$\cos \varphi \cos \delta = \frac{\cos (\varphi - \delta)}{1 + \sin y},$$

получаем:

$$\sin h = \cos\varphi \cos\delta \sin D = \frac{\cos(\varphi - \delta)}{1 + \sin y} \sin D$$

или

$$\sin h = \frac{\cos(\varphi - \delta)\sin D}{\text{sin-vers}\,(90^\circ + y)}, \tag{3}$$

т. е. первый способ определения высоты, предложенный Улугбеком, так как выше было показано, что $\cos(\varphi - \delta) = \sin h_0$.

Прямое восхождение Улугбек отсчитывает от начала знака Козерога ($\alpha = 18^h\,0^m$). Вследствие этого, для получения часового угла t звезды он вычитает из прямого восхождения звезды не звездное время в момент наблюдения (которое равно часовому углу точки восхождения равноденствия), а часовой угол начала знака Козерога или X (дома). Для вычисления депрессии или отрицательной высоты Улугбек переворачивает сферу, т. е. переносится мысленно в антиподы, на противоположную точку (точку надира) земного шара, для которой дневная дуга, очевидно, будет ночною и наоборот. Звездное время на ней будет на 12 часов или 6 знаков отличаться от звездного времени в данном месте, т. е. вместо X (дома) придется брать IV (дом).

Для уяснения способа Улугбека определения высоты по эклиптикальным координатам λ и β (см. выше) рассмотрим рис. 65. На чертеже ALB — горизонт, ACB — эклиптика, Z — зенит, P — полюс экватора, P_0 — полюс эклиптики, E — звезда, EG — широта звезды (β), EM — высота звезды (h), $CZ = P_0R = \varphi'$ — широта климата места (т. е. высота полюса эклиптики). Весь чертеж представляет проекцию небесной сферы на плоскость горизонта.

При $\beta = 0$, т. е. для звезд, лежащих на самой эклиптике, например, в точке E_0, мы имеем из прямоугольного треугольника CZE_0:

$$\cos E_0Z = \cos E_0C \cos CZ$$

или

$$\sin h = \sin AE_0 \cos\varphi', \tag{4}$$

где AE_0 — расстояние по эклиптике от горизонта до звезды. Если звезда лежит на верхней части эклиптики ACB, т. е. предшествует точке A, получим $h>0$, если же звезда на нижней части эклиптики ADB, т. е. следует за точкой A, получим $h<0$ или депрессию. Для случая, когда $\beta \neq 0$ Улугбек вводит понятие «первичной» и «вторичной» дуги. Первичной дугой (A_1) он на-

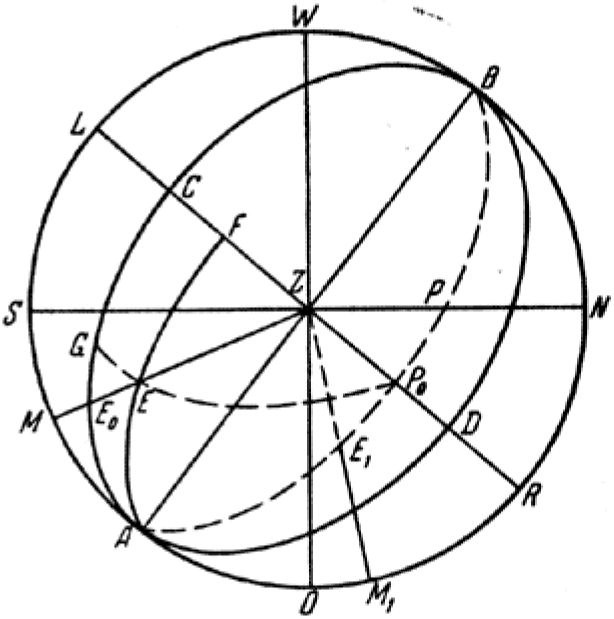


Рис. 65.

зывает дугу AE большого круга, проходящего через точки пересечения эклиптики с горизонтом и звезду E. Вторичной дугой (A_2) он называет дугу CF круга, проходящего через зенит и полюс эклиптики между точкой C эклиптики и точкой F на продолжении первичной дуги.

Очевидно

$$\cos AE = \cos AG \cos GE,$$

или

$$\cos A_1 = \cos AG \cos \beta. \tag{5}$$

Далее из треугольника MEA имеем:

$$\sin ME = \sin AE \sin EAM.$$

т. е.

$$\sin h = \sin A_1 \sin LF,$$

но

$$LF = LC + CF = 90^\circ - \varphi' \pm A_2,$$

следовательно,

$$\sin h = \sin A_1 \sin (90^\circ - \varphi' \pm A_2). \tag{6}$$

Выражения (5) и (6) представляют собою описанный выше способ Улугбека определения высоты светила по данным эклиптикальным координатам в общем случае.

В зависимости от того, будет ли звезда лежать над или под горизонтом, а также над или под эклиптикой,— и точка F будет соответственно лежать по ту или другую сторону от точки C или D и в выражении для $\sin h$ перед A_2 придется брать верхний или нижний знак. Если звезда находится на самом круге AP_0B (проходящем через точки пересечения эклиптики с горизонтом и через полюс эклиптики), например, в точке E_1, то из треугольника AE_1M имеем

$$\sin E_1 M_1 = \sin AE_1 \sin E_1 AM_1,$$

или

$$\sin h = \sin \beta \sin P_0 R,$$

т. е.

$$\sin h = \sin \beta \sin \varphi'. \tag{7}$$

Когда звезда находится на круге LZP_0R, перпендикулярном к предыдущему, то β будет равно A_2, $A_1 = 90^\circ$ и $h = 90^\circ - \varphi' \pm \beta$.

Если $AE > 90^\circ$, т. е. звезда к западу от LZR, то вместо AE надо взять дополнение до 180° или дугу BE и по ней вычислить высоту вышеуказанным способом. Когда вместо λ и β имеются α и δ данной звезды, тогда можно аналогично указанному методу получить по ним также выражения для $\sin h$. Придется только заменить широту β склонением δ, высоту полюса эклиптики φ' широтой места φ и дугу эклиптики от точки A до G дугой экватора от точки востока O до соответствующей точки на экваторе.

5. Вопросы теории движения планет

Как сказано выше, в третьем разделе «Введения», состоящем из тринадцати глав, Улугбек излагает теорию движения планет.

1. В первой главе им рассматривается «уравнение дней» или «уравнение времени».[141] Как известно, разность между прямыми восхождениями истинного и среднего Солнца, или, иначе, разность между средним и истинным временем в данный момент называется уравнением времени. По причине неравномерности движения Солнца по эклиптике, с одной стороны, и наклона эклиптики — с другой, эта разность со дня на день меняется. Она является той поправкой, которую надо придать истинному времени, чтобы получить среднее. Объяснив сущность среднего и истинного дней, Улугбек говорит: «Разность между истинным днем и средним днем есть так называемое уравнение (времени) дней; если известно какое-нибудь время, выраженное в истинных днях, и мы хотим обратить его в среднее время, то соответственно вычитается средняя долгота Солнца и его истинное прямое восхождение к началу данного времени, из его средней долготы и его истинного прямого восхождения к концу того же времени. Полученную разность обращаем в части средних часов из расчета: $15°2'27''50'''49^{IV}$ в час, что было определено нами; в результате получится уравнение времени (в минутах) в данный момент».[142]

---

[141] Улугбек, упом. рукопись, л. 111а.

[142] Здесь в рукописи вкралась какая-то неточность: для получения уравнения времени в данный момент, а также для превращения промежутка времени, данного в истинном времени, в среднее, переход к звездному времени совершенно не нужен.

«Для получения времени в средних днях, в том случае, когда разница получена за счет остатков двух средних долгот, мы вычитаем из истинных дней уравнение времени; в противном случае прибавляем его; если же время дано в средних днях и хотят найти соответствующие ему истинные дни, то действие производится в обратном порядке: вместо того, чтобы вычитать, следует прибавить и наоборот. Так как среднее движение планет было вычислено в средних днях, то истинное положение планет, которое определяется по таблицам на полуденный час, было определено для среднего полудня, а не для истинного; если же хотят определить это положение для истинного полудня, нет уже необходимости вычислять уравнение дней: для получения его мы составили таблицу в которой, зная истинное положение Солнца, мы находим соответствующее ему количество, которое затем вычитаем из истинного меридианного часа, поскольку первый час начинается с восходом Солнца. Истинное положение планет, полученное на этот час, уменьшенный таким образом, и есть истинное положение истинного полудня. Мы называем эту таблицу «Таблицей уравнения исходных дней». Кроме таблицы уравнения времени, мы составили еще и другую для Солнца; в ней надо искать данные центра Солнца, к которым прибавляется соответственная часть, указываемая этой таблицей, и то, что получится относительно этого центра по окончании всех действий и будет истинным положением Солнца в истинный полдень».

«Затем мы составили для Луны другую таблицу, в которой начальными данными служит истинное положение Солнца; остаток, получаемый от вычитания той соответственной части, которая будет найдена в таблице, из истинного положения Луны, и есть искомое истинное положение Луны в истинный полдень. Но если исправить начало часов согласно таблицы уравнения (исходных) дней, то по этим исправленным часам также можно определить истинное положение Луны».[143]

---

[143] Улугбек, упом. рукопись, л. 111а. Здесь предполагается, конечно, что истинное положение Луны в средний полдень известно.

Таким образом, дав определение уравнения времени, Улугбек объясняет, как превратить промежуток времени, выраженный в истинном времени, в среднее время. Для этого нужно, очевидно, найти среднее время начала промежутка и конца его и взять разность. Приводимое Улугбеком число

$$15^\circ\, 2'\, 27''\, 50'''\, 49^{\mathrm{IV}} = 1^{\mathrm{h}}\, 0^{\mathrm{m}}\, 9^{\mathrm{s}}.856$$

является продолжительностью среднего часа, выраженного в звездном времени, в точности совпадающего с принятым в настоящее время по данным Ньюкомба, и дается, повидимому, Улугбеком для превращения промежутка в звездное время.

Далее Улугбек дает указание, как делать обратный переход от среднего времени к истинному. Для удобства вычисления при нахождении средних положений солнца и планет, когда момент задан в истинном времени, он составляет специальную таблицу («Таблица уравнения исходных дней»), в которой средние положения даются для истинного полдня.

2. Во второй главе третьего раздела «Введения» Улугбек рассматривает вопрос *об определении средней долготы планет для любой эпохи.* Для решения этой задачи он предлагает составленную им таблицу. В основу таблицы положено летосчисление хиджры; за исходный принят период 841—871 гг. «Если мы хотим определить, — говорит Улугбек,— среднюю долготу Солнца и других планет для любой эпохи, то мы сначала переводим эту эпоху в летосчисление хиджры; если текущие годы заключаются в промежутке времени между 841 и 871 годами хиджры, то мы, для определения истинного положения Солнца, берем его центр и апогей,[144] соответствующие этим годам; если указанные годы имели место до начала этого промежутка или после него, то мы берем: а) соответственную пропорциональную часть, записанную против года, разность между которой и данным годом составляет

[144] Т. е. долготу центра и долготу апогея.

тридцать или число кратное тридцати, и записываем эту разность в стороне; б) среди тридцатилетних периодов, соответствующую пропорциональную часть, и вычитаем это последнее количество из первого, если искомая эпоха предшествует 841 году хиджры, или прибавляем его, если она является последующей по отношению к 871 году хиджры, чтобы получить центр и апогей Солнца к началу данного года».

«Затем мы находим в таблице месяцев и в таблице дней (если таковые имеются) соответственные им пропорциональные части и прибавляем их соответственно к центру Солнца и апогею начала года, чтобы получить центр и апогей в полдень данного дня, для долготы места наблюдения, которая равна 99°16′ для Самарканда; она нами и положена в основу вычисления».

«Если же мы хотим произвести это вычисление для долготы другого какого-нибудь города, мы находим в таблицах разностей долгот разность, соответствующую разности между указанными двумя городами; если долгота данного города меньше, то мы прибавляем пропорциональную часть; в противном случае, для того, чтобы получить центр и апогей Солнца в полдень в данном городе, мы вычитаем ее».

«Если же требуется делать вычисление для другого часа, а не для полдня, тогда мы берем часы, заключающиеся между полднем и данным часом и в таблицах часов находим для означенных часов соответственную им пропорциональную часть для центра и апогея; если у этого времени, помимо часов, имеются еще и минуты, мы пользуемся той же таблицей, беря данные в следующем (нисходящем) ряду; для секунд и терций мы соответственно берем второй и третий (нисходящие ряды). То, что получится, мы вычитаем из чисел центра и апогея (Солнца) в полдень, если данное время имело место до полудня; в противном случае для того, чтобы получить центр и апогей в данном городе и в данное время, мы складываем эти два количества».

«Точно так же мы определяем то же самое в отношении Луны, ее центра, особого движения в эпицикле, среднего движения и среднего движения узла, а также в отношении других планет их центра, особого движения и апогея — по вышеизложенному способу».[145]

Таким образом, для промежутка между 841 и 871 гг. хиджры долготы даются Улугбеком непосредственно для начала соответствующего года. Если же данный момент не лежит в этом промежутке, то приходится пользоваться таблицей 30-летних изменений соответствующих долгот. Для перехода от средних долгот в начале года к долготам в другие дни и часы и для других мест, кроме Самарканда, даются специальные суточные и часовые изменения этих долгот. Такие же 30-летние суточные и часовые изменения даются и для других аргументов, как положение центра эпицикла, «особое» положение (в эпицикле), долгота узла и др.

3. В третьей главе рассматриваемого раздела главным образом речь идет *об определении истинного положения планет*, где описывается способ употребления составленных Улугбеком для этой цели таблиц.

«В отношении Солнца,— пишет Улугбек,— по его центру находим уравнение времени и, прибавляя его к центру, мы получим так называемый уравненный центр; далее по этому уравненному центру мы находим уравнение Солнца, которое прибавляем к тому же уравненному центру; наконец, прибавляя к этой последней сумме апогей, мы получим истинное положение Солнца».

Аналогично описывается и способ определения положения Луны. «В отношении Луны,— пишет Улугбек,— по ее центру берем первое уравнение и, прибавляя к нему собственное движение, мы получим так называемое собственное уравненное движение, по которому мы определяем табличную разность. Если при этом уравненное собственное движение меньше, чем шесть знаков, то по центру мы находим в таблице минуты пропорциональных частей, которые находятся впереди таблицы разностей; в противном случае мы определяем их по другой

---

[145] Улугбек, упом. рукопись, л. 111а.

таблице, которая помещена после таблицы разностей. Наконец, умножаем то, что получится, на упомянутую разность; тогда, прибавив к полученному произведению второе уравнение, а также среднюю долготу, мы в результате и получим истинное положение Луны. Далее, по истинному положению Солнца мы обращаемся к таблице уравнения дней Луны, и то, что в ней мы находим, вычитаем из истинного положения Луны; полученный результат и есть истинное положение Луны, уравненное уравнением времени в кругу наклонений. Для получения же аргумента широты мы прибавляем среднее движение восходящего узла к истинному положению Луны; но если мы хотим быть более точными, то по величине аргумента широты мы определяем третье уравнение и вычитаем его из истинной долготы, если аргумент широты находится в первом или в третьем квадранте, или прибавляем его к истинной долготе, если аргумент находится в одном из двух других квадрантов. Полученный таким образом результат и есть истинное положение Луны в гомоцентрическом кругу для данного времени».[146] Аналогичный способ перехода от средних к истинным долготам описывается и в отношении определения положения и остальных пяти планет.

В целях дальнейшего пояснения всего вышеизложенного, прежде всего воспользуемся примером М. Челеби в переводе Sédillot [147] (за неимением подлинника в нашем распоряжении). Отметив всю сложность движений планет, М. Челеби говорит: «Точкой, наиболее удобной для того, чтобы можно было относить к ней сложное движение, является не Земля или центр мира; однако обычно его относят именно к этому центру. Вот как он определяется. Движение Солнца: по центру определяется уравнение времени, которое прибавляется к центру, и по сумме определяется уравнение Солнца, которое опять прибавляется к центру вместе с (величиной) апогея, что дает истинное солнечное время».

---

[146] Улугбек, упом. рукопись, л. 111б.

[147] См. Sédillot (перев. Н. Б. Байковой), стр. 140—151.

«Пример. [148] Центр Солнца, определенный в предыдущей главе, равен . .	8^s	25°	$15'$	$31''$	$28'''$
Мы берем соответствующее уравнение, которое является частью, пропорциональной уравнению времени	0^s	0°	$0'$	$58''$	$20'''$
Уравненный центр или центр в истинное время	8^s	25°	$16'$	$29''$	$48'''$
Уравнение центра в истинное время или уравнение орбиты	0^s	3°	$51'$	$37''$	$40'''$
Центр «макум» или истинный центр в истинное время	8^s	29°	$8'$	$7''$	$28'''$
Апогей	3^s	1°	$22'$	$59''$	$26'''$
Истинная долгота или «таквим» в данный день (29 Раджаба 904 года хиджры) в Константинополе	0^s	0°	$31'$	$6''$	$54'''$

«В первой главе мы объяснили, почему часть, пропорциональная уравнению времени, всегда бывает положительна и прибавляется к центру (среднему, время среднее); но почему же уравнение центра или орбиты всегда прибавляется к уравненному центру, тогда как в астрономических книгах мы читаем, что, согласно принятому у современных авторов обычаю, в одной половине орбиты уравнение следует прибавлять, а в другой его половине — вычитать? Это происходит из-за способа построения таблицы, а не вследствие самой природы вещей: порядок построения предполагает, что из апогея эпохи предварительно был вычтен максимум уравнения, который, согласно наблюдениям прославленного автора, равен $1^\circ 55' 53'' 12'''$, и что этот максимум был затем проставлен против начала Овна, или первого знака центра (уравненного), т. е. в начале центра, являющегося точкой апогея для того, чтобы, прибавляя его к апогею, мы получили бы истинную долготу Солнца».

---

[148] Объяснение к примеру см. ниже в (5).

«Однако в нисходящей половине по отношению каждого из градусов центра, из наибольшего уравнения вычитается пропорциональная часть уравнения времени, и остаток располагается прямо напротив каждого из соответствующих градусов; а так как этот остаток прибавляется к центру, а апогей — к сумме, то в действительности уравнение вычитается и апогей прибавляется к остатку, тогда как в восходящей половине, поскольку пропорциональная часть уравнения была прибавлена к наибольшему уравнению каждого из градусов, то полученная сумма располагается прямо напротив каждого из этих градусов; а так как к центру прибавляется сумма, да еще и апогей, то в действительности это равносильно тому, что мы для того, чтобы получить уравненный центр, прибавляем уравнение к центру. Таким образом то, что было вычтено из апогея, без всякого изменения опять прибавляется к нему, и реинтеграция ничего не изменяет».

«Против среднего расстояния нисходящей половины вторичной интеграции нет; напротив среднего расстояния восходящей половины проставлено удвоенное наибольшее уравнение; против перигея так же, как и против апогея, имеется наибольшее уравнение. Если после этого вычесть наибольшее уравнение из тотального центра для какой-нибудь определенной эпохи, то, следовательно, это будет то же самое».

«В одном из примечаний на полях (стр. 271 рукописи) мы читаем: «Наш Мулла Гияс-ад-дин Джемшид спросил на собрании нескольких султанов или чиновников принца, автора этих таблиц, почему в трактатах по астрономии сказано, что в апогее и перигее никакого уравнения нет, тогда как мы находим определение его в таблицах? Его величество ответил: «В мои намерения не входит установить в моих таблицах уравнение для этих двух точек». Ответ, данный Гияс-ад-дину Джемшиду, очевидно, правилен, после того, что мы изложили в наших комментариях».[149]

«Таков метод, которому Улугбек следовал при вычислении

[149] Объяснение к этим рассуждениям см. ниже в (5).

уравнения 6′ аномалии для составленной им таблицы, при условии, что наибольшее уравнение соответствует началу центра (или 0° аномалии), соответствующему началу Овна. Уравнение в 1° 55′ 41″ 28‴ находится напротив 0° 6′ центра; если бы наибольшее уравнение не было вычтено из апогея для какой-нибудь определенной эпохи (той, что в таблице), то дополнение в 1°55′ 41″ 28‴ к наибольшему уравнению, равное 11″ 44‴ (1° 55′ 41″ 28‴ +0° 0′ 11″ 44‴ =1° 55′ 53″ 12‴, вычисление, показывающее, что следует читать يب 12, а не نب 52), было бы помещено против 0° 6′ центра, для того, чтобы быть вычтенным из центра».

«Но так как наибольшее уравнение уже было вычтено из апогея в свою вышеназванную эпоху, то для 6′ центра было вычтено на 11″ 44‴ больше, чем следовало; однако, дополнение этого последнего количества (11″ 44‴) к наибольшему уравнению является тем, что остается для 0° 6′: это и есть тот остаток, который, будучи проставлен против 0° 6′, и прибавляется к сумме движения апогея в данное время и на величину которого центр (равный 0° 6′) должен быть увеличен, чтобы получить истинное положение Солнца».

«Таким путем, то, что для основного уравнения является отрицательным, вычитается из наибольшего уравнения; полученный остаток располагается против градусов и минут центра; прибавив этот остаток к центру, получаем уравненный центр».

«Затем у начала Весов, т. е. в той точке, где центр равен одной половине окружности, где Солнце находится в апогее, а основное уравнение — мунтафи (منتفى обращенное), также проставляется наибольшее уравнение для того, чтобы реинтеграция (постоянная, введенная раньше) компенсировала проделанное уменьшение (апогея), как уже было сказано выше; затем к наибольшему уравнению прибавляется то, чего требует основное уравнение, и полученная сумма проставляется против градусов и минут центра для того, чтобы, прибавив ее к центру, получить в результате истинный центр, называемый центром «макум».

«Способ получения уравнения для частей эксцентрика таков, что градусы центра, для которых отыскивается уравнение, могут представить три различных случая:

первый — когда центр меньше квадранта, $< 90°$;

второй — когда он равен квадранту, $= 90°$;

третий — когда он больше квадранта и меньше половины окружности, $>90°$ и $<180°$, поскольку, если он равен полуокружности, то уравнение представляет собою «мунтафи», и что уравнение для одной полуокружности достаточно для того, чтобы определить уравнение для всей окружности в целом. И, действительно, из каждого градуса нисходящей полуокружности, заключенной между апогеем и перигеем, вычитается одно и то же уравнение, которое в другой ее половине прибавляется к диаметрально-противоположным градусам».

«Во втором случае уравнение равняется наибольшему уравнению, которое мы, согласно автору таблиц, исчисляем в $1°\,55'\,53''\,12'''$. В первом случае синус центра умножается на пониженную эксцентричность $\left(\frac{\varepsilon}{R}\right)$, т. е. на расстояние от центра мира до центра эксцентрика, каковое, согласно прославленному автору, равно $2^{\mathrm{p}}\,1'\,20''$ радиуса; полученное произведение я называю «махфуз» (запоминаемое) (sin средней аномалии $\times\ \frac{\varepsilon}{R}\Big) = C$».

«Затем косинус центра умножается на пониженную эксцентричность, и к произведению прибавляется 60 (cos средней аномалии $\times\,\frac{\varepsilon}{R} + 60 = C'$), затем полученная сумма возводится в квадрат и этот квадрат прибавляется к квадрату «махфуза»; далее, извлекается корень из суммы этих двух квадратов $\sqrt{C^2 + C_1^2} = D$; затем «махфуз» делится на этот пониженный (на один порядок или деленный на 60) корень и в частном получается синус уравнения; определив дугу этого синуса, мы получаем искомое уравнение.

«Пример. Нам дан центр $2^{s}\,6°\,14'\,21'' = 66°\,14'\,21'' =$ $=$ средней аномалии, его синус ($=$ sin средней аномалии $=$

$=54^p\,54'\,51''$; умножьте этот синус на пониженную эксцентричность $\frac{2^p 1'\,20''}{60}$; произведение $=1^p\,51'\,3''$—и есть «махфуз».[150]

«Дополнение центра равно $23°45'\,39''$; синус его $=24^p\,10'\,28''$, умноженный на пониженную эксцентричность, дает в произведении $0^p\,48'\,53''$; прибавьте 60^p и вы получите $60^p\,48'\,53''$; возведите в квадрат $61.38^p\,25'\,45''$ (где 61 является один раз «марфух» или повышенным).

Квадрат «махфуза» равен	$3^p\ 25'\ 32''$
Получите сумму двух квадратов	$61.41^p\ 51'\ 17''$;

извлеките из нее корень $1.0^p\,50'\,34''$; разделите первое «запоминаемое» ($1^p\,51'\,3''$) на этот пониженный корень ($1^p\,0'\,50''\,34'''$) и в частном вы получите для синуса (угла) уравнения — $1^p\,49'\,31''\,30'''\,40^{IV}$; возьмите дугу в $1°\,44'\,36''$ — это будет величина уравнения соразмерного تعديل واقعى или реального, т. е. ничем необусловленного».

«Если хотят согласовать это уравнение с тем, что дается в справочной таблице, составленной, как мы это уже говорили, прославленным автором, то, согласно его построений, следует вычесть соразмерное уравнение из максимума уравнения, чтобы получить результат, подобный результату таблицы;

и действительно, если из максимума уравнения .	1^p	$55'$	$53''$	$12'''$
мы вычтем полученное уравнение	1	44	36	
то остается	$0°$	$11'$	$17''$	$12'''$

и этот остаток подобен тому, что дано в таблице в отношении $2^s\ 6°\ 14'\ 21''$.

«Не следует забывать, однако, что к данному центру надо

[150] Все вычисление, как и всюду у Улугбека, делается в 60-ричной системе, причем: $1^p=\frac{1}{60}$, $1'=\frac{1}{60^2}$, $1''=\frac{1}{60^3}$, $1'''=\frac{1}{60^4}$ и т. д.

прибавить также и уравнение дней, так как прославленный автор включил это уравнение в уравненный центр. (Выше мы видели, что он уравнивает центр при помощи пропорциональной части уравнения дней, чтобы получить средний центр в истинное время и вычислить затем уравнение центра)».

«В третьем случае, я умножаю синус дополнения центра к полуокружности на пониженную эксцентричность и называю полученное произведение «махфуз». Это дополнение центра я вычитаю из 90; умножаю синус остатка на пониженную эксцентричность и затем полученное произведение вычитаю из 60^p; прибавляю квадрат разности к квадрату «махфуза», извлекаю корень из суммы квадратов и делю «махфуз» на этот корень; полученное частное и есть синус (угла) уравнения».

«Приведенного нами примера для предыдущего случая вполне достаточно, не будем поэтому дальше распространяться об этом предмете.

Поскольку минуты уравнения даны в таблице от 6′ до 6′ центра, иногда случается, что минуты «дастури» دقايق دستورى «получаемые в результате вычисления», не совпадают с теми, которые приводятся автором, но что они падают на интервалы между двумя числами, проставленными вверху таблицы. Но вследствие этого одно из этих двух чисел неизбежно сильнее, а другое слабее, чем указываемое число; но поскольку в таблице указаны части, соответствующие каждому из этих двух чисел, мы прибегаем тогда к интерполяции».

«Я, следовательно, говорю, что отношение разности между этими двумя числами к разности соответствующих им частей равно отношению разности между меньшим числом и данным числом к разности между частью, соответствующей меньшему числу, и частью, соответствующей тому числу, которого нет в таблице; таким образом, эти четыре числа образуют пропорцию, неизвестный четвертый член которой равен произведению второго на третий, деленному на первый».

«П р и м е р. Я хочу определить уравнение для 6° 15′ Близнецов; деление 15′ не включено в таблицу, но оно должно находиться между 12′ и 18′.

В строке шестого градуса я нахожу

против	12—0°	11′	19″	47‴
»	18—0	11	14	38
разность значений, соответствующих [этим числам] равна	0°	0′	5″	9‴

«Умножаю эту разность на 3, т. е. на разность между данным числом (15) и меньшим числом (12); делю полученное произведение 15″ 27‴ на 6 и в частном имею 2″ 34‴. Так как уравнения идут в нисходящем порядке, то я вычитаю их из соответствующей части меньшего числа, и полученный остаток 0°11′ 17″ 13‴ и есть уравнение для данного числа (т. е. угла 6° 15′)».

«Если бы против минут не были проставлены пропорциональные части и если бы в двенадцати таблицах двенадцати знаков была проставлена только часть, соответствующая нулю (صفر, «сифр») градусов, то даже и этого уже было бы достаточно; в таком случае, для примера, о котором идет речь, можно было бы определить разность между частями, соответствующими 6° и 7°, умножить ее на число (15) данных минут и, вычтя полученное произведение из того числа, которое проставлено против 6°, мы получили бы в результате искомое число без необходимости даже производить деление (так как разность между двумя числами равна единице)».

«Пример. Я хочу узнать по этому способу уравнение 6° 15′ Близнецов; в строке 6° я нахожу против нуля:

в строке 6° я нахожу против нуля:	0°	11′	30″	9‴
а в строке 7° — против нуля	0°	10′	39″	6‴
разность двух соответствующих частей равна	0°	0′	51″	3‴
Умножаю ее на данные 15′	0°	15′	0″	0‴
и получаю в произведении ($^{15}/_{60} = {}^1/_4$) . . .	0°	0′	12″	46‴
каковое число и вычитаю из части, соответствующей 6°, и в остатке получаю	0°	11′	17″	23‴

что (приблизительно) соответствует результату предыдущей операции».

«В примечании на полях мы читаем: „Если уравнение нисходящее, вычитается разность между двумя числами из того, что проставлено против первого числа; если же уравнение восходящее, то разность прибавляется к тому, что проставлено против первого числа, и в результате получается уравнение". Разность, о которой идет речь, представляет собою разность между данным нам числом, не включенным в таблицу, и непосредственно предшествующим ему числом».

«Что же касается Луны, то того же результата можно достигнуть или можно определить ее истинное положение следующим образом: по центру, определенному в предыдущей главе, определяется первое уравнение, которое и прибавляется к собственному движению; оно было определено в той же самой главе (что дает нам уравненное собственное движение); затем, по уравненному собственному движению определяется второе уравнение и разность, которые записываются в стороне. Затем, если уравненное собственное движение меньше шести знаков, то по центру в таблице, которая или предшествует таблице разностей или следует за ней, определяются соответствующие минуты (دقايق الحصص); найденное там умножается на разность, и произведение, вместе со вторым уравнением, прибавляется к среднему движению, и этим получается «таквим» (или истинное положение) Луны, которое более правильно называют средним «макум»ом (وسط مقوم средняя долгота)».

«Затем, по истинному положению Солнца в таблице уравнений дней ищут уравнение для Луны; то, что будет найдено, вычитается из истинного положения Луны для того, чтобы получить истинную долготу, уравненную уравнением дня (т. е. в истинное время), в наклонной орбите (орбита Луны)».

«В отношении восходящего узла, к истинной долготе Луны прибавляется средняя долгота узла, чтобы получить аргумент широты; если же хотят быть еще более точным, по аргументу широты определяется третье уравнение, которое затем вычитается из истинной долготы, если аргумент широты находится в первом или третьем квадранте, или прибавляется, если аргумент находится во втором или четвертом квадранте; полученное и есть истинная долгота Луны (или ее истинное местоположение по долготе) для данного времени».

«Вот теперь каков порядок вычисления уравнений. О 1-м уравнении: в первой главе этой третьей части мы говорили, что первое уравнение Луны — это угол, образуемый в центре эпицикла пересечением двух линий, из коих одна проходит через центр мира, а другая — через точку «мухазат»а (диаметрально противоположную центру эксцентрика по отношению к центру мира, на равном расстоянии от этого центра)».

«Отсюда очевидно, что если центр эпицикла находится в апогее или перигее, то линия, проведенная из центра мира, и линия, проведенная из «мухазат»а, перекроют одна другую; истинный апогей эпицикла и его средний апогей совпадут в одной и той же точке, точно так же как и его истинный перигей с его средним перигеем. Таким образом, не будет никакого уравнения собственного движения».

«Если же центр эпицикла будет находиться вне этих двух точек, то средний апогей не будет больше совпадать с истинным апогеем, а средний перигей — с истинным перигеем; а так как собственное движение, согласно вычислению, изложенному в предыдущей главе, начинается в среднем апогее, положение которого приводится к движению «мухазат»а, тогда как движения, о которых идет речь в настоящей главе, приводятся к центру мира, то в данном случае нам приходится брать начало собственного движения в истинном апогее; и это истинное движение мы обозначаем определением «уравненного собственного движения», а «первым уравнением» называем расстояние, разделяющее эти два апогея».

«Точно так же очевидно, что до тех пор, пока центр эпицикла находится в нисходящей половине деферента, средний апогей удаляется от истинного апогея в прямом порядке знаков, в его восходящей половине в обратном порядке знаков; следовательно, для того, чтобы получить уравненное собственное движение, в первом случае необходимо прибавлять уравнение к среднему собственному движению, а во втором — вычитать его».

«Что же касается слов прославленного автора этих таблиц о том, что уравнение всегда следует прибавлять к собственному движению, то это является следствием способа, по которому построена таблица, а не самой природы вещей».

«Но таблица эта была построена таким образом, что максимум уравнения предполагается уже вычтенным из суммы среднего собственного движения к началу 841 года хиджры — эпохи, с которой начат был счет средних движений; и что затем уже пришлось помещать это наибольшее уравнение против 0° центра, где, естественно, уравнения нет никакого, чтобы, прибавляя его к среднему собственному движению, получить уравненное собственное движение. Если центр эпицикла находится в нисходящих частях (эксцентрика), то, поскольку частное уравнение каждого из градусов центра всегда должно быть прибавляемым, оно прибавляется к наибольшему уравнению, и эта именно сумма и проставляется (в таблице) против каждого градуса центра; указанная сумма берется для данного градуса и прибавляется к среднему собственному движению, чтобы получить уравненное собственное движение. Затем против той точки, где это уравнение достигает своего максимума, следует поместить (напротив) удвоенную величину наибольшего уравнения; а в перигее, где уравнения нет, так же как и в апогее, проставляется наибольшее уравнение. Когда же центр эпицикла проходит через восходящие части, то, поскольку уравнение, действительно подобающее каждому градусу центра, представляет собою величину, вычитаемую из собственного движения, то его следует вычитать из максимума уравнения, и только остаток от этого вычитания помещается против каждого соответственного градуса. Затем в той точке, где уравнение, дойдя до своего максимума, в то же время является вычитаемой величиной, в таблице совсем не дается уравнения (этот 0° уравнения находится в $8^s\ 6°$ центра)».

«Что же касается способа вычисления этого уравнения для каждого из градусов центра, то знайте, что градусы центра, как мы уже говорили это в отношении Солнца, неизменно (для одной половины орбиты) могут количественно представлять один из трех следующих случаев: 1) оно меньше квадранта; 2) оно равно квадранту и 3) оно больше квадранта, но меньше одной полуокружности».

«1-й случай. В первом случае синус центра умножается на эксцентричность, которая, по наблюдениям прославленного автора, равна пониженным $10^{p}23'$, и это частное называется «махфузом» (запоминаемым). Берется квадрат махфуза и этот квадрат вычитается из квадрата $49^{p}37'$; из остатка извлекается корень; затем косинус центра умножается на пониженную эксцентричность, и удвоение этого произведения прибавляется к полученному корню. Полученная сумма возводится в квадрат и этот квадрат прибавляется к квадрату махфуза; из этой суммы извлекается корень и на этот пониженный корень делится махфуз; в частном от этого деления получается синус (угла) уравнения».

«2-й случай. Во втором случае уравнение равно наибольшему уравнению, каковое, согласно наблюдениям прославленного автора, равно $13^{\circ}\,15'\,30''$».

«3-й случай. Умножьте синус дополнения центра до полуокружности на пониженную эксцентричность,— это будет махфуз; возведите махфуз в квадрат; вычтите его из квадрата $49^{p}37'$; из остатка извлеките корень. Умножьте косинус вышеупомянутого дополнения на пониженную эксцентричность; из корня вычтите полученное произведение, удвоив его; остаток возведите в квадрат и прибавьте этот квадрат к квадрату махфуза; извлеките корень из полученной суммы, разделите махфуз на этот корень, и в частном вы получите синус (угла) уравнения. Если бы для разъяснения этих вычислений я приводил бы по примеру на вычисление каждого из этих уравнений, это заняло бы слишком много времени; достаточно понятно то, что я говорил относительно уравнения Солнца. Мы, поэтому, закончим на этом то, что следует сказать относительно первого уравнения, и перейдем к другим уравнениям».

«Из конфигурации сфер Луны явствует, что всякий раз, когда Луна находится в апогее или в истинном перигее эпицикла, т. е. на крайнем конце линии, проведенной из центра мира, между ею и эпициклом, конечно, нет никакой разности; среднее движение и «таквим», или истинная долгота, находится в одной и той же точке, так как линия, проведенная из центра мира к центру эпицикла, конец которой отмечает среднее движение, совпадает там с линией, проведенной из центра мира через центр диска Луны, конец которой обозначает «таквим» или истинную долготу Луны».

«Если же Луна находится в другой точке, а не в апогее или истинном перигее эпицикла, то и место موضع, занимаемое в сфере знаков крайними концами двух линий, будет иное, безотносительно к тому, находится ли эпицикл в апогее, перигее или другом каком-нибудь между этими двумя точками месте. Но разность или промежуток, заключающийся между соответствующими окончаниями этих двух линий, называется 2-м уравнением, и максимум этого второго уравнения получается тогда, когда Луна занимает точку касания линии своего истинного положения к эпициклу; в этом месте полудиаметр эпицикла также является синусом (угла) этого уравнения; однако, хотя полудиаметр эпицикла и сам по себе представляет определенную величину, но в частях, радиус наклонной орбиты коих содержит 60, по наблюдениям прославленного автора, равен $5^{p}12'$. Однако, в зависимости от того удаляется ли эпицикл от центра мира или приближается к нему,— угол, под которым он (эпицикл) виден из центра мира, изменяется таким образом, что полурасстояние эпицикла, когда он находится в апогее — я имею в виду апогей эксцентрика — видим по углом в $4°59'$, образуемым в центре мира; если он находится в перигее, то под углом в $7°37'$. Таким образом, необходимо, чтобы в промежутке между апогеем и перигеем он был ближе, чем первый, и дальше, чем второй. Вот почему это уравнение рассматривается с нескольких точек зрения: 1) когда центр эпицикла находится в апогее: уравнение получает тогда название «муфрид», изолированного, обособленного, 2) когда центр эпицикла находится в перигее: уравнение называется тогда разностью наименьшего расстояния или просто «неравенством», «ихтилаф», 3) когда центр эпицикла находится между апогеем и перигеем: тогда максимальные уравнения и промежуточные соотношения являются представленными пропорциональными минутами دقايق الحصص; это — шестьдесят минут изменяющихся частей полудиаметра, которые пропорциональны минутам разности расстояния».

«Мы покажем сейчас, как вычисляется уравнение «муфрид» и неравенства расстояния перигея для каждого из градусов эпицикла».

«1. Об уравнении «муфрид», т. е. о том (уравнении), которое применяется, когда центр эпицикла находится в апогее. Если уравненное собственное движение меньше одного квадранта или больше, чем три квадранта, то умножайте в первом случае синус дополнения собственного движения до одного квадранта, а во втором — дополнение до одного квадранта прибавляйте к дополнению собственного движения до одной окружности — на пониженные $5^p12'$; прибавьте к произведению 60^p и возведите полученную сумму в квадрат. Если же уравненное собственное движение больше одного квадранта, или меньше, чем три квадранта, то вычитайте из 60 произведение от этого умножения, и остаток возведите в квадрат; прибавьте этот квадрат, как в том, так и в другом случае, к квадрату $5^p\,12'$; извлеките корень из суммы этих двух квадратов; этот корень будет расстоянием от центра Луны до центра мира в частях, радиус наклонной орбиты коих равен 60».

«Затем разделите синус уравненного собственного движения на пониженное расстояние от Луны до центра мира, и в частном от этого деления вы получите синус (угла) уравнения «муфрид».

«Астрономические вычисления сложны и трудны только потому, что они включают в себя значительное число соотношений, хотя каждое из них, взятое в отдельности, весьма просто; здесь нам может внести ясность только порядок (приведение их в порядок)».

«В рукописи можно прочесть нижеследующие два примечания на полях, написанные по-арабски:

а) Если разделите 60 на $20^p\,46'$ и помножите частное на дополнение расстояния (до центра земли) градуса (где находится центр эпицикла), вы будете иметь в произведении пропорциональные минуты, называемые دقایق الحصص

б) Если вы разделите разницу на 60 (здесь мы исправляем текст) и помножите частное на разницу между расстоянием апогея центра эпицикла и расстоянием данного градуса, то вы получите пропорциональные минуты».

«2. О неравенстве наименьшего расстояния. Произведение вышеупомянутого синуса на $5^p\,12'$ и затем пониженное до $39^p\,14'$ прибавляется, если уравненное собственное движение меньше одного квадранта или больше трех квадрантов; в двух других квадрантах оно вычитается; сумма или остаток возводится в квадрат; вычисление заканчивается, как для вычисления уравнения «муфрид»; получается синус (угла) уравнения».

«Если уравненный центр равен 90° или 270°, я говорю, что синус (угла) уравнения «муфрид» равен $4^p\,59'$, а синус неравенства наименьшего расстояния — $7^p\,37'$».

«Мы изложили здесь канон или правило вычисления уравнения «муфрид», а также вычисления неравенства наименьшего расстояния; сейчас мы укажем способ определения «максимумов» вторых уравнений, которые имеют место в том случае, когда центр эпицикла находится между апогеем и перигеем (эксцентрика)».

«Известно, что по примеру уравнения Солнца, для первого уравнения Луны достаточно вычислить уравнения одной половины орбиты; этого достаточно и для того уравнения, о котором идет речь».

«В этом отношении центр может быть только: 1) меньше квадранта, 2) равен квадранту, или, наконец, 3) больше, чем квадрант, и меньше полуокружности».

«1. В первом случае умножьте синус центра на 10°23′, или на пониженную эксцентричность; произведение возведите в квадрат, вычтите этот квадрат из квадрата $49^p\,37'$ и из остатка извлеките корень. Косинус центра умножьте на пониженную эксцентричность, и прибавьте полученное произведение к корню; полученная сумма будет расстоянием между центром эпицикла Луны и центром мира в тех частях, наклонный полудиаметр орбиты которых содержит 60».

«2. Во втором случае вышеназванный корень сам по себе равен расстоянию от центра эпицикла до центра мира».

«3. В третьем случае умножьте синус добавления к центру полуокружности на пониженную эксцентричность, вычтите произведение из $(49^p\,37')^2$; из остатка извлеките корень; затем умножьте косинус прибавления к центру на пониженную эксцентричность, вычтите это произведение из вышеупомянутого корня; остаток будет расстоянием от центра эпицикла Луны в частях того же порядка».

«Таким образом определяется расстояние центра эпицикла Луны в частях, полудиаметр наклонной орбиты коих равен 60, и величина радиуса эпицикла в $5^p\,12'$, разделив его на пониженное вышеназванное расстояние; частное от деления дает синус (угла) уравнения, дуга которого в этом положении является максимумом второго уравнения».

«Затем по тому же способу определяется угол максимума этого уравнения для всех точек, находящихся между апогеем и перигеем».

«Достаточно рассмотреть,— продолжает М. Челеби,— одну половину орбиты, вычислить максимум второго уравнения для каждого градуса центра до 180°, взять превышение этого максимума уравнения над максимумом уравнения «муфрид» и выразить отношение этого превышения к максимуму в минутах и секундах, из того соображения, что максимум разницы равен 60′, т. е. одному градусу, и проставить минуты и секунды под названием пропорциональных минут против градусов центра».

«Когда хотят получить уравнение какого-нибудь промежуточного между апогеем и перигеем градуса, например, второе уравнение 10° уравненного собственного движения, соответствующего 10° центра, то умножается разность 10° уравненного собственного движения на пропорциональные минуты, проставленные против 10° центра; в произведении получается превышение второго уравнения 10° уравненного собственного движения в данном положении над уравнением «муфрид» тех же самых 10° уравненного собственного движения, согласно уже изложенному выше принципу, что отношение превышения второго уравнения 10° уравненного собственного движения при данном положении центра эпицикла к разности этих 10° такое же, как отношение превышения максимума второго уравнения в этом положении к максимуму разности, предполагаемой в один градус, или же как отношение пропорциональных минут этого положения к одному градусу. Ясно, что из этих четырех пропорциональных между собой величин, искомой является первая, ибо, если умножить вторую величину, представляющую собою разность, на третью, которая слагается из пропорциональных минут, и разделить на четвертую, представляющую собою единицу, мы получим искомое количество, и это количество равно произведению от указанного умножения, поскольку деление на одну единицу не вносит в него никакого изменения; если же к уравнению «муфрид» 10° уравненного собственного движения прибавить произведение от вышеуказанного умножения, то в результате мы получим второе уравнение 10° уравненного собственного движения, соответствующее десятому градусу центра. А так как собственное движение в верхней части эпицикла Луны всегда совершается в обратном порядке знаков, то всякий раз, когда уравненное собственное движение будет меньше шести знаков, то уравненное уравнение всегда приходится вычитать из средней долготы, соответствующей собственному движению; если же оно больше шести знаков, то уравненное уравнение следует прибавить, чтобы получить истинную долготу в наклонной орбите, что и является искомой величиной».

«Вот почему эта разность, естественно, должна быть прибавляемой или вычитаемой; однако прославленный автор для того, чтобы сделать уравнение всегда прибавляемым к средней долготе, вычел из эпохи этой долготы максимум разности в перигее, которая, по его собственным наблюдениям, равна 7° 37′ 28″; он составил таблицу второго уравнения таким образом, что проставил эти 7° 37′ 28″ против начала первого градуса уравненного собственного движения, а затем против каждого градуса уравненного собственного движения, если он меньше шести знаков, проставляется то, что должно остаться от 7° 37′ 28″ апогея после того, как из этого количества вычесть часть, обусловливаемую соответствующим положением каждого из градусов уравненного собственного движения; потом он проставил 0 для наименьшего расстояния эпицикла, так как часть, соответствующая этому положению, делает необходимым вычесть эти 7° 37′ 28″. Таким образом, обе эти таблицы, в силу уменьшения (угла) уравнения, построены по принципу прибавления, пока после каждых полных шести знаков не будет прибавлено вновь 7° 37′ 28″ и т. д.»

«Это рассуждение показывает, что в отношении движения центра и в таблице разности автор не делает отступлений от общепринятого; однако в таблице среднего собственного движения (или, вернее, в таблице собственного движения и средней долготы) применены специальные (особые) приемы» (М. Челеби).

Приведенное выше, составленное комментатором Челеби описание способа вычисления координат Луны по таблицам Улугбека, в непривычном для современного читателя стиле и ставшее еще более туманным во французском переводе Sédillot, постараемся изложить нагляднее, пользуясь современной астрономической терминологией.

Движение Луны, согласно представлению Улугбека, происходит следующим образом: на расстоянии $e = 10^p\,23'$ от центра мира E по кругу $ZZ'Z''Z'''$, называемому эксцентриком, движется центр другого круга «деферента». Радиус ρ последнего равен $49^p\,37'$ (рис. 66).

По окружности деферента (не указанной на чертеже) с такою же угловой скоростью, как и его центр, но в обратном направлении движется центр A третьего круга, называемого эпициклом. По окружности же эпицикла в направлении, обратном движению центра эпицикла, движется сама Луна. Все три вращения происходят в плоскости, наклонной к эклиптике на угол около 5°. Расстояние EA принято за единицу или 60′. Таким образом, когда центр деферента находится в Z, центр эпицикла будет в A; когда центр деферента переместится в ζ, центр эпицикла перейдет в a; когда центр деферента дойдет до Z', центр эпицикла будет в B и т. д. Расстояния $ZA = \zeta a = Z'B = \ldots = \rho$. Центр эпицикла за время одного оборота (синодический оборот в $29^1/_2$ суток) будет два раза в апогее (точки A и C) и два раза в перигее (точки B и D). Каждой точке эксцентрика соответствует (на расстоянии 180° от нее) другая точка эксцентрика, называемая «мухазат», от положения которой зависит на соответствующем эпицикле положение его среднего апогея (точки M, M' и т. д.). При положениях центра деферента в точках Z, ζ, Z',... соответствующие

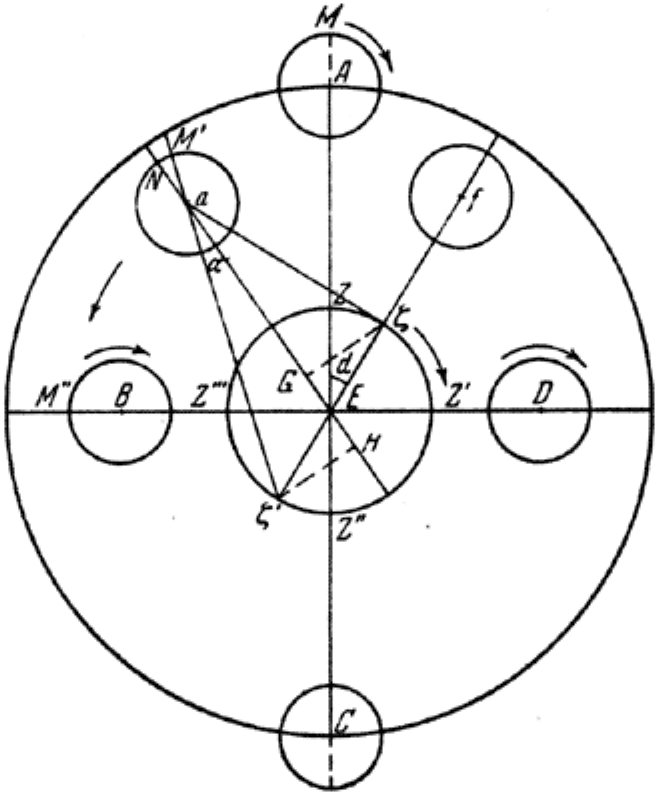


Рис. 66.

положения «мухазата» будут: Z'', ζ', Z''',..., а положение среднего апогея на эпицикле будет на продолжении прямых $Z''A$, $\zeta'd$, $Z'''B$,..., т. е. в точках M, M', M'',... Истинные же апогеи эпицикла будут соответственно в точках: M, N, M'',... на продолжении прямых EA, Ea, EB,... Средний и истинный апогей будут, очевидно, совпадать при положениях центра эпицикла в A. B. C, D, в остальных же частях орбиты (центра эпицикла) они будут отстоять друг от друга на дугу NM', называемую Улугбеком «первым уравнением». Для вывода формулы, по которой он вычисляет «первое уравнение», или первое неравенство, опустим из точек ζ и ζ' перпендикуляры на EN. Обозначим отрезок ζG («махфуз» — запоминаемый) через P, отрезок $EG = EH$ через Q, тогда

$$P = \rho \sin 2d, \quad Q = \rho \cos 2d,$$

где угол $d = AEa = AE\zeta$ есть разность средних долгот Луны и Солнца. Далее

$$aG^2 = a\zeta^2 - \zeta G^2 = \rho^2 - P^2,$$

$$GH = 2EH = 2Q,$$

$$aH = aG + GH = \sqrt{\rho^2 - P^2} + 2Q,$$

$$a\zeta'^2 = aH^2 + H\zeta'^2 = (\sqrt{\rho^2 - P^2} + 2Q)^2 + P^2.$$

Обозначив «первое уравнение», т. е. угол $Ea\zeta' = M'N$ через α', можно написать:

$$\sin \alpha' = H\zeta' : a\zeta' = P : \sqrt{(\sqrt{\rho^2 - P^2} + 2Q)^2 + P^2},$$

что вполне согласуется с приемом Улугбека (по разъяснению Челеби). Очевидно, что при $2d = 90°$ и $270°$, $P = 1$, $Q = 0$, а при $90° < 2d < 270°$, $Q < 0$ (2-й и 3-й случаи).

Указанная выше схема движения Луны придумана в основном еще Птолемеем для объяснения «эвекции», основного из неравенств движения, зависящих от взаимного расположения Луны и Солнца. Оно достигает в своем максимуме величины $1^1/_2°$. Улугбек в своей работе называет «вторым уравнением» не самую эвекцию, а сумму уравнения центра и эвекции, т. е. угол, под которым из точки E виден радиус-вектор Луны в эпицикле. Максимального значения этот угол будет достигать, когда Луна окажется в точке T касания, проведенной из центра мира E касательной к эпициклу (рис. 67). Этот максимум [151] будет различен в зависимости от того, лежит ли центр

[151] Для максимального значения B имеем:

$$\sin \alpha''_{\max} = aT : aE = r : R.$$

эпицикла в точках A и C (рис. 66), где он равен по Улугбеку $4^\circ 59'$, или в точках B и D, где он равен $7^\circ 37'$. В промежуточных точках он будет иметь промежуточное значение между указанными пределами. Когда центр эпицикла лежит в апогее (точки A и C), второе уравнение по Улугбеку носит название «муфрид». Чтобы найти значение этого неравенства, обозначим радиус эпицикла через r, радиус-вектор Ea центра эпицикла через R (по схеме Улугбека $r = 5^\circ 12'$), угол LaN (исправленная за первое неравенство, средняя аномалия или «выравненное собственное движение» по Улугбеку) через G (рис. 67). Здесь L — положение Луны в эпицикле. Второе неравенство (α'') выразится углом LEN

$$\sin\alpha'' = LI : LE = r\sin G : \sqrt{(r\sin G)^2 + (R + r\cos G)^2}.$$

По тексту Челеби[152] выходит:

$$\sin\alpha'' = \sin G : \sqrt{r^2 + (R + r\cos G)^2},$$

что ошибочно потому, что размерность левой части равенства (L°) не соответствует размерности правой (L^{-1}). Для положения «муфрид» R, очевидно, равно 60^p, для положения B и D R будет равно (рис. 66):

$$BZ' - EZ' = 60^p - 10^p 23' = 49^p 37'.$$

Промежуточное значение R получается следующим образом. При выводе формулы для (α') мы имели

$$Ga = \sqrt{\rho^2 - P^2} \text{ и } GE = Q,$$

следовательно,

$$R = Ea = Ga + EG = \sqrt{\rho^2 - P^2} + Q,$$

где $\rho = 49^p 37'$, $P = \rho\sin 2d$, $Q = \rho\cos 2d$. Таким образом, величина второго неравенства или «второго уравнения» зависит от двух аргументов: 1) от положения центра эпицикла и 2) от

[152] В переводе Sédillot, который, возможно, здесь неточен.

положения Луны в эпицикле. Улугбек составил таблицу 2-го неравенства для каждого градуса средней аномалии Луны в эпицикле, соответствующую положению эпицикла в «муфриде» (т. е. в точке A). Против каждого значения этого неравенства дается поправка для перехода от «муфрид» на максимальные значения неравенства (соответствующие положению эпицикла в B и D).

Кроме того, им составлены таблицы коэффициентов (так называемых «пропорциональных минут»), на которые надо множить эти поправки для перехода от «муфрид» к промежуточным положениям центра эпицикла. Эта таблица дает для каждого градуса угла d соответствующий переходный коэффициент. Эти коэффициенты выражены в минутах, так что максимальное значение 60′ будет соответствовать положениям эпицикла в B и D. Если требуется, например, вычислить 2-е неравенство для положения центра эпицикла, соответствующего $d = 10°$, и положения Луны в эпицикле («выравненного», т. е. исправленного за «первое уравнение»), соответствующего $G_0 = 20°$,[153] то нужно найти в первой таблице по аргументу 20° второе неравенство для «муфрид»; пусть это будет m и поправка для перехода к максимальному значению будет n. Во второй таблице по аргументу $d = 10°$ находим соответствующие пропорциональные минуты k, тогда, обозначив искомую поправку через x, можем написать

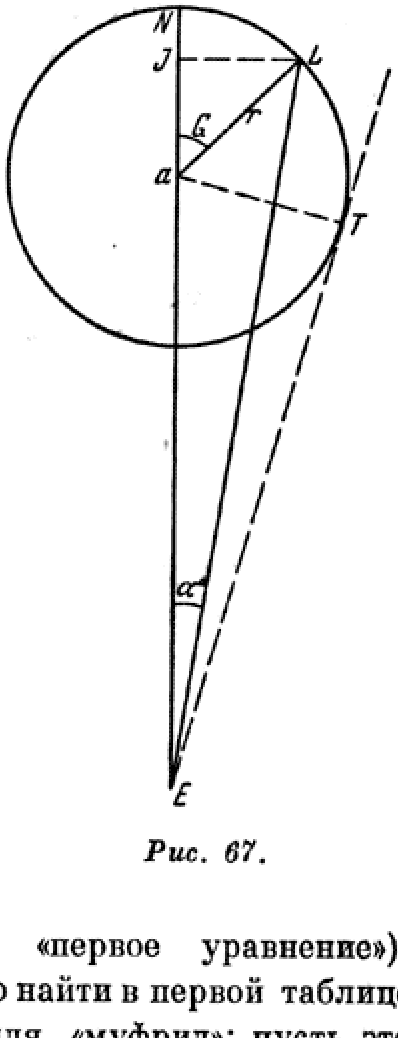


Рис. 67.

$$x : n = k : 60,$$

[153] В примере Челеби $d = 10°$ и $G = 10°$. Во избежание путаницы здесь взяты разные значения d и G.

и 2-е уравнение

$$\alpha'' = m + \frac{nk}{60}.$$

Далее у Челеби следует разъяснение приема, к которому прибегает Улугбек, чтобы сделать 2-е уравнение всегда положительным. Прием аналогичен тому, который применялся Улугбеком для таблиц движения Солнца.

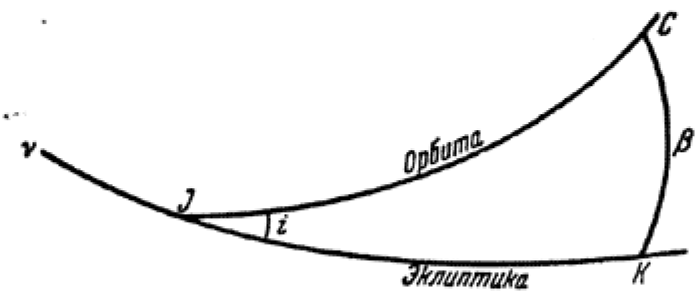


Рис. 68.

«Третьим уравнением» Улугбек называет поправку для перехода от положения в наклонной орбите (движение по которой мы до сих пор рассматривали), к долготе Луны в эклиптике («приведение на эклиптику» по современной терминологии). Это приведение Улугбек называет также «накл», а долготу в эклиптике — долготою в «гомоцентрике». Долготою в орбите называется в небесной механике сумма двух дуг: $VI + IC$ (рис. 68), из которых первая VI, лежащая на эклиптике, есть долгота восходящего узла Ω, а вторая IC, лежащая в орбите светила,— есть расстояние светила от узла или аргумент широты. На рис. 68 V — точка весеннего равноденствия, I — восходящий узел, IC — орбита Луны, C — положение центра Луны, $CIK = i$ наклонность лунной орбиты, $VK = \lambda$ долгота Луны, $KC = \beta$ — широта Луны.

Так как лунные узлы движутся в направлении, обратном движению Солнца или Луны, то Улугбек считает долготу восходящего узла тоже в направлении «обратном ходу знаков зодиака», т. е. в обратном, принятому в современной небесной механике, так что его аргумент широты будет иметь вид $L + \bar{\Omega}$, где L — долгота в орбите, а $\overline{\Omega} = -\Omega$. Зная широту β и L, можно найти долготу λ в эклиптике. Из сферического прямоугольного треугольника ICK получаем:

$$\cos IK = \cos IC : \cos KC$$

или

$$\cos(\lambda + \overline{\Omega}) = \cos(L + \overline{\Omega}) : \cos\beta.$$

Широта же β получится по формуле:

$$\sin\beta = \sin i \sin(L + \overline{\Omega}).$$

Вычитая $L + \overline{\Omega}$ из $\lambda + \overline{\Omega}$, получим приведение на эклиптику $\lambda - L$, т. е. 3-е уравнение Улугбека или «накл».

Улугбеком составлена таблица 3-го уравнения, в которой по аргументу широты можно получить значение «накл» для каждого градуса первой четверти. Пользуясь правилом знаков, вытекающим из вида вышеуказанной формулы, можно получить по этой таблице значение «накл» для всей окружности.

Прибавляя к средней долготе Луны неравенства 2-е и 3-е, получаем окончательно искомую долготу Луны для данного момента (1-е неравенство является лишь вспомогательною величиною для получения 2-го).

После всего вышеизложенного становится понятным порядок вычисления истинной долготы, изложенной Челеби. Прежде всего определяется «центр» (т. е. на рис. 66 дуга $Z\zeta = d$ на эксцентрике). Этот аргумент так же, как средняя аномалия, средняя долгота, долгота восходящего узла и другие основные аргументы, изменяющиеся пропорционально времени, подыскивается в одной из первых таблиц Улугбека. Там даются значения аргументов в начальную эпоху и изменения по годам, суткам, часам и т. д. Определив «центр», находим по специальной таблице 1-е уравнение. Исправив по 1-му уравнению среднюю аномалию, получаем «уравненное собственное движение» или аргумент, по которому в другой специальной таблице находим 2-е уравнение для начального положения эпицикла (т. е. при $d = 0$); от него при помощи вспомогательных табличек («разности» и «пропорциональные минуты») переходим вышеописанным способом к значению 2-го уравнения при частном значении d. Полученное значение 2-го уравнения складываем со средней долготой Луны и получаем истинную долготу в орбите: «таквим» (или «средний макум»). Долгота узла + «таквим» дает аргумент широты, по которому находится 3-е уравнение, необходимое для перехода от долготы в орбите к долготе в эклиптике. Так как для наблюдений важно было в те времена знать угловое расстояние Луны от Солнца (обычно измерялся именно этот угол), то вычисляется еще «уравненная долгота Луны» $L - E$, где E уравнение времени в градусах. Долгота Луны, по словам Челеби, считалась от середины знака Водолея, поэтому к окончательному результату прибавлялась еще поправка 45°.

4. В главе VII третьего раздела «Введения» Улугбек рассматривает вопрос *об интерполировании эфемерид планет и Луны*.

«Истинное положение Луны,— говорит Улугбек,— должно определяться на каждый день и по долготе и по широте, а истинное положение Меркурия — каждые пять дней; в отношении других планет — каждые десять дней, если только они не находятся вблизи своих мест стояний или регресса; в таком случае следует определять их истинное положение изо дня в день, если хотят узнать, сколько еще остается до дня отправления или остановки; скорость, соответствующую истинному движению за десять дней, делят на десять, а скорость за пять дней — на пять, чтобы получить суточную скорость, и называют ее «средней скоростью».

«По этой скорости определяется истинное положение планеты для каждого из этих десяти дней или для каждого из этих пяти дней, ибо, прибавляя эту среднюю скорость к истинному положению в предыдущий день, мы определяем истинное положение планеты в следующий за ним день, если планета движется в прямом направлении, или вычитаем ее из истинного положения в предыдущий день, чтобы определить истинное положение в следующий за ним день, если планета движется в обратном направлении».

«Затем, если средняя скорость значительно отличается от предыдущей скорости, то следует вычислить дугу разности, что делается следующим образом. Для периода в пять дней берется треть разности, а для периода в десять дней разность делится на одиннадцать, и частное удваивается».

«Треть разности прибавляется последовательно пять раз к предыдущей скорости, а удвоенное частное — прибавляется десять раз подряд, если средняя скорость больше, чем предыдущая скорость, и вычитается, если она меньше, чтобы получить уравненные скорости за пять дней или за десять дней, и по этим скоростям выводится истинное положение планеты соответствующего дня».

«Иногда для определения дуги разности (суточной), для интервала в десять дней, берется одна пятая разности между средней скоростью и предыдущей скоростью и прибавляется или вычитается она последовательно девять раз подряд, как это уже было сказано выше, чтобы получить скорость всех девяти дней, за исключением шестого; тогда скорость в шестой день равна скорости в пятый день. Однако, первый изложенный нами способ больше приближается к истине».

«Есть более общее правило, применимое к интервалам в пять и десять дней и вообще ко всем другим интервалам. Следуя этому способу, число данных нам дней делится на две неравные части так, чтобы разница между ними была равна одному дню; затем берется разность между средней скоростью и предыдущей скоростью, и эта разность делится на бо́льшую из двух неравных частей; частное от деления и есть уравнение скорости».

«Затем если средняя скорость больше, чем предшествующая скорость, то уравнение скорости прибавляется к предыдущей скорости по числу дней в данном интервале; если же средняя скорость меньше, то оно вычитается и по этим скоростям, как уже было сказано, определяется истинное положение планеты».

«Все эти операции, относящиеся к определению дуги разности (суточной), проверяются нижеследующим способом: если число данных дней нечетное, то уравненная скорость дня, находящегося в середине периода, равна средней скорости; если число дней данного периода четное, то сумма скоростей двух дней, находящихся на равном расстоянии от двух концов — начала и конца периода,—равна удвоенной средней скорости».[154]

Таким образом, в этой главе Улугбек излагает *способы простой и сложной интерполяции эфемерид планет и Луны*. Если имеются эфемериды, дающие положения планет через 5 или 10 дней, и требуется получить координаты для промежуточных дней, то в большинстве случаев бывает вполне достаточно простой линейной интерполяции, но вблизи стояний и в период регрессии приходится обычно учитывать влияние вторых разностей. Для таких случаев автор предлагает прием, сущность которого заключается в следующем.

Пусть заданы три долготы планеты: λ_0, λ_1, λ_2 для трех моментов t_0, t_1, t_2, отстоящих друг от друга на 5 или 10 дней. Требуется определить λ для промежуточной даты между t_1 и t_2. Средняя «суточная скорость» в первом промежутке будет $\frac{\Delta_0}{5}$, во втором $\frac{\Delta_1}{5}$, где через Δ_0 и Δ_1 обозначены осответственно разности $\lambda_1 - \lambda_0$ и $\lambda_2 - \lambda_1$. Треть разности суточных скоростей т. е.

$$\frac{1}{3}\left(\frac{\Delta_1}{5} - \frac{\Delta_0}{5}\right)$$

Улугбек называет «дугою разности» при пятидневном интервале, а при десятидневном «дугою разности» он называет величину

$$\frac{2}{11}\left(\frac{\Delta_1}{10} - \frac{\Delta_0}{10}\right).$$

Обозначив вторую разность, т. е. $\Delta_1 - \Delta_0$ через Δ'' для «дуги разности» получим: в первом случае выражение $\frac{1}{15}\Delta''$, а во втором $\frac{1}{55}\Delta''$. Далее Улугбек образует для пятидневного интервала такие суточные изменения

$$\frac{\Delta_0}{5} + \frac{\Delta''}{15}, \quad \frac{\Delta_0}{5} + \frac{2\Delta''}{15}, \quad \frac{\Delta_0}{5} + \frac{3\Delta''}{15}, \quad \frac{\Delta_0}{5} + \frac{4\Delta''}{15},$$

[154] Улугбек, упом. рукопись, л. 112б.

т. е. увеличивает каждый раз промежуток на $\frac{\Delta''}{5}$. При десятидневном интервале суточные изменения берутся такие:

$$\frac{\Delta_0}{10}+\frac{\Delta''}{55},\quad \frac{\Delta_0}{10}+\frac{2\Delta''}{55},\quad \frac{\Delta_0}{10}+\frac{3\Delta''}{55},\ldots,\frac{\Delta_0}{10}+\frac{9\Delta''}{55}.$$

Легко видеть, что последний промежуток в первом случае будет:

$$\frac{\Delta_0}{5}+\frac{5\Delta''}{15},$$

а во втором

$$\frac{\Delta_0}{10}+\frac{10\Delta''}{55}.$$

В самом деле, суммируя все пять промежутков в первом случае и десять промежутков — во втором, получим:

$$\frac{5\Delta_0}{5}+\frac{15\Delta''}{15}=\Delta_0+\Delta''=\Delta_1,$$

$$\frac{10\Delta_0}{10}+\frac{(1+2+\ldots+10)\,\Delta''}{55}=\Delta_0+\Delta''=\Delta_1,$$

т. е полученные промежутки, равномерно возрастая или убывая, разделят на 5 или 10 частей всю дугу $\lambda_2-\lambda_1$.

Далее Улугбек дает правило для общего случая, когда промежуток требуется разбить на любое число n частей, равномерно возрастающих или убывающих. Берется число x, удовлетворяющее уравнению

$$\frac{n}{x-1}-\frac{n}{x}=1,$$

т. е.

$$x=\frac{n+1}{2}$$

и на него делится разность суточных скоростей. Другими словами, «дуга разности» будет

$$\frac{1}{x}\left(\frac{\Delta_1}{n}-\frac{\Delta_0}{n}\right)=\frac{2\Delta''}{(n+1)\,n}.$$

Легко показать, что сумма промежутков

$$\frac{\Delta_0}{n}+\frac{2\Delta''}{n(n+1)},\quad \frac{\Delta_0}{n}+\frac{4\Delta''}{n(n+1)},\ldots,\frac{\Delta_0}{n}+\frac{2n\Delta''}{n(n+1)}$$

будет равна Δ_1. В самом деле, она равна

$$\frac{n\Delta_0}{n}+\frac{2\Delta''}{n(n+1)}(1+2+3+\ldots+n)=$$

$$=\Delta_0+\frac{2\Delta''n(n+1)}{2n(n+1)}=\Delta_0+\Delta''=\Delta_1.$$

В конце главы Улугбек указывает простой способ контроля сделанной по его способу интерполяции. Он вытекает из написанных здесь общих выражений для промежутков, на которые разбивается разность Δ_1. В описанном здесь приеме интерполяции предполагается, конечно, что до момента t можно было довольствоваться простою линейною интерполяцией и только с этого момента влияние вторых разностей стало ощутимым. Улугбек упоминает еще о другом способе для десятидневных промежутков, который также в то время применялся. Отличие его от предложенного Улугбеком состоит в том, что за «дугу разности» принимается не $\frac{\Delta''}{55}$, а $\frac{\Delta''}{50}$, но зато шестой промежуток берется равным пятому. Сумма всех десяти промежутков останется, как и прежде, равной Δ_1.

Некоторое упрощение вычисления здесь достигается ценою небольшого разрыва непрерывности хода разностей в середине ряда. Описанные в главе VII приемы теоретической строгостью не отличаются и для расширения эфемерид на протяжении нескольких 5-ти или 10-тидневных промежутков не годятся. Как легко убедиться, разность между результатами, получаемыми вышеуказанными способами, и по формуле Ньютона может достигать $\frac{\Delta''}{10}$, но все же они представляют собою некоторый шаг вперед по сравнению с методами греческих астрономов.

5. Рассматривая *метод последовательного приближения*

для обращения истинной аномалии в среднюю аномалию, Улугбек говорит: [155] «Взяв в таблице уравнений Солнца — уравнение, соответствующее уравненному центру, я вычитаю его из этого центра; в остатке (разности) я получаю новый центр. Далее, взяв уравнение, соответствующее этому новому центру, я прибавляю его к этому новому центру, получается еще один (второй) центр; составляю разность между прежним и уравненным (вторым) центром; если этот третий центр больше, чем уравненный (прежний), т. е. данный центр, я вычитаю разницу из второго центра, а если меньше, я прибавляю упомянутую разницу ко второму центру; полученная сумма или разность представляет собою (третий центр), уравнение которого я нахожу в таблице, и, прибавляя к нему это уравнение, я в сумме получаю окончательный (уравненный) центр. Если этот центр равен первоначальному уравненному центру, то это хорошо, в противном случае я продолжаю действия до тех пор, пока не найду такой конечный центр, определив уравнение которого и прибавив к нему это уравнение, я не получу в сумме первоначальный уравненный центр».

«Если я не хочу производить вычисления посредством «истикра», я вычитаю из (первоначального) уравненного центра половину наибольшего уравнения центра, которое мы путем наблюдений установили в $1^\circ 55' 53'' 12'''$, что дает мне в сумме истинный уравненный центр. Умножив синус полученного истинного уравненного центра на эксцентричность $2^{P} 1' 20''$ (согласно нашим вычислениям), обращенную в секунды, в произведении я получаю синус, дугу которого нахожу в таблицах. Если при этом истинный уравненный центр ниже шести знаков, я прибавляю его к этой дуге, в противном же случае я его вычитаю, и полученные сумма или разность будут неуравненным центром».

«Получив неуравненный центр (средняя аномалия), я вычитаю из него центр в полдень предыдущего дня, предварительно уравнив его уравнением дней, и по остатку (собственное

---

[155] Улугбек, упом. рукопись, л. 113а.

движение Солнца в полдень предыдущего дня) и по расстоянию между двумя центрами нахожу в таблице, вычисленной для минут и секунд, соответственные части дуги обращения и то, что нахожу там, есть дуга обращения (на экваторе или параллельная ему), описанная им с полудня предыдущего дня».

«Если я хочу, чтобы мои вычисления были более точными, я превращаю дугу обращения в часы и беру апогей Солнца для этих часов дня возвращения (поворота). Если этот апогей больше, чем тот, который мы вычли из места поворота, я узнаю это превышение и вычитаю его из разности двух центров, в противном случае, я прибавляю то количество, на которое он меньше, к разности двух центров; по разности или сумме, показывающей расстояние между двумя центрами, я нахожу пропорциональные части дуги обращения для этого расстояния. Затем по этой дуге обращения я определяю часы пройденного расстояния, пользуясь следующим правилом. Я делю дугу обращения на градусы одного часа времени, а именно: на часы среднего времени, если я хочу получить средние часы, или на градусы истинного времени, если мне нужны истинные часы; в результате деления получается число часов пройденного пространства».

Здесь Улугбек объясняет, каким образом, имея таблицу для перехода от средней долготы Солнца к истинной, решать обратную задачу нахождения средней долготы по истинной. Для этой цели он предлагает *метод последовательных приближений* или «истикра». Этот метод аналогичен методу, применяемому в настоящее время для перевода, например, истинной высоты светила в видимую по таблице, дающей рефракцию по аргументу видимой высоты и вообще в случае, когда изменение редукции незначительно по сравнению с изменением редуцируемой величины.

Пусть имеется таблица для перевода величины a в величину b, в которой для разных значений a дается редукция Δa, так что

$$b = a + \Delta a.$$

Тогда последовательные приближенные значения a будут:

$$a_0 = b,$$
$$a_1 = b - \Delta a_0,$$
$$a_2 = b - \Delta a_1,$$
$$a_3 = b - \Delta a_2,$$
$$\cdots\cdots\cdots$$
$$a_n = b - \Delta a_{n-1},$$

где $\Delta a_0, \Delta a_1, \Delta a_2, \ldots, \Delta a_{n-1}$ значения редукции, соответствующие значениям аргументов a_0, a_1, $a_2, \ldots$, a_{n-1}.

Другой способ превращения истинной аномалии в среднюю, предлагаемый Улугбеком, состоит в том, что он превращает в секунды эксцентриситет $2e$ и находит вспомогательный угол γ по формуле

$$2e \sin v = \sin \gamma,$$

а затем берет:

$$M = v + \gamma,$$

где M средняя аномалия, v — истинная. Следует иметь в виду, что во времена Улугбека как средняя, так и истинная аномалии считались не от перигея или перигелия как теперь, а от апогея, и эксцентриситет при движении по эпициклу имел другое значение, чем эксцентриситет эллипса (при движении по законам Кеплера), но приблизительно можно считать, что прежний эксцентриситет равен удвоенному эллиптическому $2e$. Тогда по известной формуле разложения v по M имеем:

$$v = M + 2e \sin M + \frac{5}{4} e^2 \sin M + \cdots$$

Приближенно, ограничиваясь одним членом разложения и меняя M, v на $180 - M$, $180 - v$, чтобы перейти от перигея к апогею, получим:

$$M = v + 2e \sin M.$$

Ввиду малости e для орбиты Земли можно написать

$$M = v + \gamma.$$

Для большего уточнения полученной предыдущими способами средней аномалии Улугбек предлагает ввести еще поправку на перемещение апогея с момента, предшествующего наблюдению полудня (так как для получения v было принято значение апогея в ближайший полдень). Для этого надо обратить во времени полученную выше для M дугу и для этого промежутка вычислить перемещение апогея. Полученную поправку придется ввести с соответствующим знаком в вычисленную ранее среднюю аномалию.

В вышеприведенном примере Челеби, по вычислению истинной долготы Солнца в полдень 29 Раджаба 904 г. в истинный полдень в Константинополе, поправка, равная $58'' 20'''$, является приведением средней аномалии Солнца в средний полдень к средней аномалии в истинный полдень. $3° 51' 37'' 40'''$ — уравнение центра, способ вычисления которого для разных значений средней аномалии дается ниже. К полученной с этими поправками истинной аномалии прибавляется долгота апогея $91° 22' 59'' 26'''$ и в результате получается искомая истинная долгота $0° 31' 6'' 54'''$.

Далее дается объяснение того факта, почему приводимые в таблице значения уравнения центра всегда положительны. С целью упрощения вычислений Улугбек применяет в своих таблицах тот же способ, которым пользуются и современные составители таблиц движений планет и Луны (как, например, Ганзен или Браун) для того, чтобы при суммировании ряда неравенств иметь дело с одними положительными слагаемыми (что упрощает и делает более надежным процесс нахождения искомых координат).

Выражение, имеющее вид $a + b \sin M$, преобразуется к виду:

$$(a - b) + b + b \sin M,$$

т. е. из постоянной части вычитается, а к периодической прибавляется амплитуда b (или максимальное значение) периодической части. Вместо действительного периодического неравенства вводится условное. Для иллюстрации приводится даваемое таблицами Улугбека значение уравнения центра для $0°6'$, которое в таблице указано: $1°55'41''28'''$, в то время как вычисленное, согласно геометрическому его определению, оно равно $-11''44'''$. Максимальное значение уравнения принято Улугбеком: $1°55'53''12'''$. По нашему обозначению:

$$b = 1°55'53''12''', \quad b \sin M = -11''44''',$$

поэтому

$$b + b \sin M = 1°55'53''12''' - 11''44''' = 1°55'41''28'''$$

для средней аномалии $0°6'$. Таким образом, вычитаемая поправка $-11''44'''$ превращена в слагаемую $1°55'41''28'''$, причем для компенсации из долготы апогея вычтено $1°55'53''12'''$.

Далее Улугбек излагает способ вычисления самого уравнения центра по данной средней аномалии. Пусть O — центр мира, A — апогей, C — центр эпицикла, S — Солнце, $CS = \varepsilon$ — радиус эпицикла, $OC = R$—радиус деферента, $AOS = \varphi$ — уравнение центра (рис. 69). Опустив перпендикуляр (SB) из точки S на прямую AO, получим:

$$\sin\varphi = \frac{SB}{OS} = \frac{SC \sin M}{\sqrt{BS^2 + (OC + BC)^2}} =$$

$$= \frac{\frac{\varepsilon}{R} \sin M}{\sqrt{\left(\frac{\varepsilon}{R} \sin M\right)^2 + \left(1 + \frac{\varepsilon}{R} \cos M\right)^2}}.$$

Эта формула для $\sin\varphi$ дает значение φ без дополнительной постоянной прибавки, равной max уравнения центра. В этом смысле в отличие от условного значения уравнения центра, указанного в таблицах, Улугбек называет его «реальным» или «безусловным». Правила, приводимые Улугбеком для вычисления уравнения для значений средней аномалии $M = 90°$ и $90° < M < 180°$ и остальных случаев, очевидно, вытекают из рассмотрения указанной выше формулы для $\sin\varphi$.

6. Из других вопросов, рассмотренных Улугбеком в этом разделе, остановимся на вопросе *о затмениях Луны и Солнца*, которому посвящены IX и X главы рассматриваемого раздела.

Приступая к изложению теории *лунного затмения*, Улугбек пишет: «Если истинное противостояние имеет место во время ночи или около одного из двух концов дня, а именно: до 2 ч. 4 мин., считая или с начала дня или до его конца, а также если

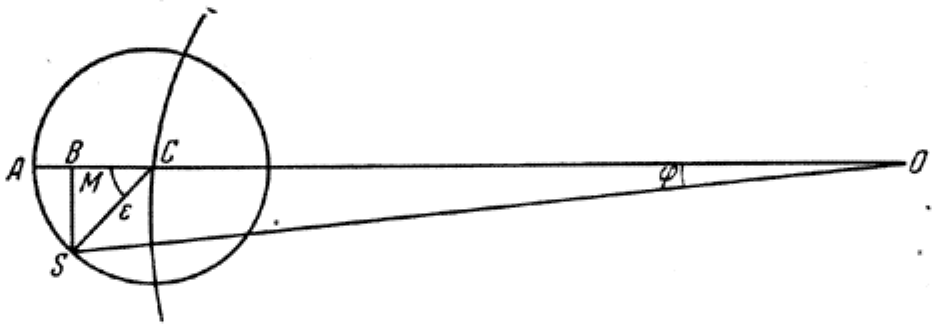


Рис. 69.

градус противостояния не менее, чем в 12°28′ от узла, то затмение может иметь место».

Далее, Улугбек говорит, что затмения определяются двумя способами: 1) пользуясь его таблицами и 2) непосредственным вычислением. Из этих двух способов, рассмотренных Улугбеком, как наиболее представляющий интерес, рассмотрим метод непосредственного вычисления.

«Чтобы действовать по этому способу,— говорит Улугбек,— мы прибавляем «средний джавзахр» [156] к надиру истинной долготы Солнца и сумму принимаем за аргумент широты; по этой «хиссе» мы определяем третье уравнение Луны, делим удвоенную величину этого уравнения на относительную часовую скорость этой планеты в наклонной плоскости (орбите) и прибавляем полученное от деления частное к часам противостояния,[157] если Луна находится впереди ближайшего узла;

[156] Среднее движение узла.

[157] По определению, данному Бирджанди (л. 180б): «Время противостояния: это то время, когда надир долготы Солнца и долгота Луны находятся в одном круге широт и в это время нет середины затмения».

в противном случае, вычитаем его, чтобы получить момент середины затмения».[158]

«Затем вычисляем для этого момента времени (середины затмения) надир истинного положения Солнца и «среднего джавзахр»а (среднего движения узла). Принимая их сумму за аргумент широты, мы определяем соответствующую широту Луны в таблице широт: то, что мы находим (там), и есть расстояние от центра тени до наклонной плоскости».

«Далее, определяем расстояние до центра мира каждого из двух светил — Солнца и Луны — в частях, единицей коих является полудиаметр Земли, и делим полудиаметр Луны,[159] который равен $0^p\ 17'\ 18''\ 34'''$, на расстояние от Луны до центра мира; по частному от этого деления, которое представляет собою синус, находим дугу в таблице синусов; эта дуга называется «дуговым полудиаметром Луны» (угловой радиус Луны).[160]

«Далее умножаем это же самое расстояние Луны до центра мира на разность [161] между полудиаметром Солнца, равным $6^p\ 54'\ 59''$, и полудиаметром Земли, принятым за 1^p; полученное произведение делим на расстояние до Солнца; получив частное, определяем его дополнение до единицы; делим это дополнение на расстояние Луны до центра мира: частное, полученное от этого второго деления, представляет собою синус, дуга которого определяется по таблице синусов; эта дуга называется «дуговым полудиаметром тени» (угловой радиус круга тени — *Т. К.*). Мы вычислили таблицу, в которой можно найти против уравненного собственного движения «дуговой радиус тени» и «дуговой радиус Луны» (угловой радиус Луны); обе эти дуги определяются по таблице,

---

[158] В рукописи (л. 114а) сказано: ساعات وسط خسوف, дословно «часы середины затмения».

[159] Полудиаметр Луны во всех рукописях Улугбека, которыми мы располагаем (№ 2214, 2118 и др.), значится $0^p\ 17'\ 18''\ 34'''$, а у Sédillot (стр. 173): $0^p\ 17'\ 18''\ 32'''$, что, повидимому, ошибочно.

[160] В рукописи сказано: مقوس , т. е. «мукаввас» — дуговой.

[161] Т. е. на $5^p\ 54'\ 59''$.

и, если расстояние от центра тени до плоскости наклонной орбиты меньше, чем сумма этих двух дуг, то затмение будет иметь место; в противном случае затмения не будет».[162]

«Если затмение состоится, то мы вычитаем из суммы (упомянутых) двух дуг расстояние от центра тени до плоскости наклонной орбиты: остаток будет выражать собою фазу затмения,[163] если этот остаток меньше «дугового диаметра Луны», то затмение будет частным; если он равен ей, затмение будет полным, но без пребывания в темноте; если же остаток больше упомянутой дуги, то затмение будет полным, с пребыванием в темноте».

«Далее мы вычитаем квадрат расстояния центра тени от центра Луны из квадрата суммы указанных двух дуг и делим корень остатка на относительную часовую скорость Луны в наклонной плоскости (орбите); частное от деления выражает собою время падения; вычитая его из момента середины затмения, мы получаем момент начала частного затмения, а, прибавив его,— мы получаем момент конца затмения; если затмение имеет пребывание в темноте, то мы, вместо суммы двух дуг, берем превышение дуги (углового радиуса) тени над дугой (угловым радиусом) Луны; действуя тем же самым образом, мы получаем моменты начала и конца полного затмения».

«Для того, чтобы проверить правильность вычисления всех четырех моментов затмения, мы определяем истинную долготу Луны в гомоцентрике, надир истинного положения Солнца и широту Луны, тогда корень суммы квадрата широты Луны и квадрата расстояния между этими двумя точками должен быть равен сумме дуговых (угловых) радиусов Луны и тени [164] в начале и конце частного затмения или равен их разности в начале и конце полного затмения. Если мы умножим минуты

---

[162] Улугбек, упом. рукопись, л. 114б.

[163] В рукописи (л. 114б) сказано: دقايق خسوف («минуты затмения»).

[164] Т. е. угловых радиусов Луны и круга тени.

затмения на шесть и делим произведение на дуговой (угловой) радиус Луны, то получаем в результате «пальцы» диаметра[165] (величину фазы затмения)».

«Чтобы определить уравненные «пальцы», мы возводим в квадрат каждый из этих двух дуговых (угловых) радиусов в отдельности и разность этих двух квадратов делим на расстояние до центра тени; частное от деления мы называем «первым махфузом» (т. е. первым запоминаемым, первым резервом — *Т. К.*). Вычитаем квадрат половины разности между этим числом и расстоянием до центра тени из квадрата дугового (углового) радиуса Луны и корень разности этих двух квадратов называем «вторым махфузом».

«Далее мы делим «второй махфуз» на дуговой радиус Луны; полученное частное будет синусом, дуга коего находится в таблице синусов (угловых радиусов); умножаем эту дугу на того же делителя, чтобы получить сектор Луны, если расстояние до центра тени не меньше «первого махфуза», в противном случае вместо дуги частного пользуемся ее дополнением до полуокружности и снова делим тот же «второй махфуз» на дуговой радиус тени; в частном мы получаем синус, дуга которого находится в таблице синусов; умножаем эту дугу на того же делителя, чтобы получить сектор тени. Наконец, вновь умножаем «второй махфуз» на расстояние до центра тени, и произведение вычитаем из суммы двух секторов; остаток есть величина площади затмения (в квадратных градусах). Иначе: удвоив величину каждой из этих двух дуг (угловых радиусов Луны и тени), умножаем квадрат каждого из них на одиннадцать; затем делим произведение на четырнадцать, чтобы получить площадь круга каждой из них; далее, мы определяем превышение каждой из этих удвоенных дуг над фазами затмения; умножаем величину фазы затмения на превышение удвоенного дугового радиуса тени над ними (фазами затмения) и делим

---

[165] Здесь в упом. рукописи АН УзССР № 2214 имеется пропуск (см. л. 114б); это место исправлено по другой рукописи АН УзССР за № 2118, л. 120а.

произведение на сумму двух превышений, чтобы получить синус-верзус дуги Луны».[166]

«Затем мы умножаем этот синус-верзус на превышение удвоенного дугового (углового) радиуса Луны; извлекаем корень из произведения, делим его на каждый из них — дуговых (угловых) радиусов Луны и тени; получается два частных, дуги которых отыскиваются в таблице синусов; затем мы соответственно умножаем треть этих дуг на площадь их круга для того, чтобы получить сектор каждой из них. Мы складываем оба эти сектора, если синус-верзус Луны меньше дугового (углового) радиуса Луны; в противном случае, мы вычитаем сектор Луны из площади ее диска, и остаток прибавляем к сектору тени; эту сумму мы называем «махфузом».

«Затем мы умножаем вышеуказанный корень на расстояние от центра тени до центра Луны; полученное произведение вычитаем из «махфуза»; остаток представляет собою площадь затемненной части во время затмения; умножаем ее на 12, делим произведение на площадь круга Луны и в частном получаем уравненные пальцы».

Переходя к вопросу вычисления солнечного затмения, Улугбек продолжает: «Так как во время затмений (Солнца) Луна не имеет широты, вернее, имеет, но очень незначительную, то древние авторы, чтобы облегчить вычисление, допустили, что Луна вообще не имеет широты, и на этом предположении построили вычисление высоты параллакса долготы и широты; однако современные авторы, стремясь придать своим определениям (вычислениям) большую точность, принимают во внимание и широту Луны. Мы же приводим оба эти способа, чтобы те, которые хотят производить свои вычисления более легким путем, могли бы следовать способу древних авторов; те же, которые стремятся к большей точности (в своих вычислениях), могли бы придерживаться способа современных авторов».[167]

---

[166] Улугбек, упом. рукопись, л. 114 б.

[167] Там же.

«Для определения параллакса Луны и зенитного расстояния ее видимого положения берется расстояние от Солнца и Луны до центра мира (Земли), в частях, единицей которых является полудиаметр Земли; затем, понизив синус истинной высоты,[168] мы вычитаем его из расстояния до Луны; остаток возводим в квадрат, понижаем косинус истинной высоты и возводим также в квадрат; затем складываем оба квадрата, извлекаем корень квадратный из суммы и на этот корень, равный расстоянию от Луны до места наблюдения, делим косинус истинной высоты; в частном получается синус, дуга которого отыскивается в таблице, эта дуга и есть полный параллакс Луны».

«Далее прибавляем его к дополнению истинной высоты; получаем дополнение видимой высоты[169] — зенитное расстояние. Находим его синус, который делим на расстояние от Солнца до центра Земли; в частном получается синус, дугу которого определяем по таблицам; эта дуга есть параллакс Солнца. Далее, вычитая эту дугу из параллакса Луны, мы получаем уравненный параллакс Луны. Прибавляем его к дополнению истинной высоты, в сумме получаем дугу, которую называем расстоянием от видимого места Луны до зенита».

«Мы вычислили уравненный параллакс Луны в предположении, что Луна находится в апогее расстояния, и даем его в таблице против каждого градуса дополнения истинной высоты; мы прибавили к нему соответствующую поправку и против каждых пяти градусов уравненного собственного движения даем пропорциональные части, которые умножаются на поправку; затем произведение прибавляется к параллаксу Луны, чтобы получить уравненный параллакс Луны для уравненного собственного движения».[170]

Далее, переходя к определению параллаксов Луны по долготе и широте, Улугбек сначала излагает метод более древних авторов, в частности метод Птолемея. «Птолемей, чтобы

---

[168] Геоцентрическая — по современной терминологии.

[169] Топоцентрическая — по современной терминологии.

[170] Улугбек, упом. рукопись, там же.

облегчить вычисление,—говорит Улугбек,—решил действовать нижеследующим образом. Разделите синус широты климата появления (видимости) на пониженный косинус истинной высоты Солнца и умножьте уравненный параллакс Луны первый раз на пониженное частное от этого деления, чтобы получить параллакс широты, и второй раз — на косинус дуги частного от деления, чтобы получить параллакс долготы; знак параллакса широты противоположен знаку широты климата появления (видимости). Если планета не имеет истинной широты, то параллакс широты равен кажущейся широте, находится в той же области, что и параллакс широты, и сумма их дает кажущуюся широту; если она находится в другой области, то кажущаяся широта равна их разности и находится на одной стороне с этой разностью».[171]

Сделав замечания общего характера, Улугбек переходит к рассмотрению метода современных ему авторов.

«Если Луна не имеет широты,— говорит Улугбек,— то действия производятся так, как было сказано; если же она имеет широту, и если ее местонахождение находится в квадратуре «толи» (восходящего), то уравненный параллакс Луны тот же самый, что и параллакс широты, и параллакс по долготе совершенно отсутствует».

«Если истинная широта со стороны широты климата появления (видимости) меньше, чем широта этого климата, то видимая широта равна разности между истинной широтой и параллаксом широты и находится на той же стороне, что и истинная широта, если превышение на стороне истинной широты, и на противоположной стороне, если превышение на стороне параллакса».

«Если же истинная широта больше, чем широта климата появления (видимости) или же находится на противоположной этой широте климата появления (видимости) стороне, или же если этот климат не имеет широты, то видимая широта равна тогда сумме истинной широты и параллакса широты и находится на стороне истинной широты».[172]

---

[171] Улугбек, упом. рукопись, л. 115б.
[172] Там же.

«Если местонахождение Луны не находится в квадратуре «толи», то мы смотрим, имеет ли климат появления (видимости) какую-нибудь широту или не имеет ее. Если он не имеет ее (широты), то мы умножаем синус истинной широты на синус видимого зенитного расстояния и полученное произведение делим на косинус истинной высоты; в частном мы получаем синус видимой широты на стороне истинной широты».

«Далее, мы делим косинус видимого зенитного расстояния на косинус видимой широты; в частном получается синус расстояния от видимого градуса до «толи», если истинное положение Луны ближе к «толи», чем к VII (дому); в противном случае это будет расстояние от видимого градуса до VII (дома); разность между этим расстоянием и расстоянием истинного градуса до «толи» или до VII (дома) есть параллакс долготы; точно так же разность между видимой широтой и истинной широтой есть параллакс широты».[173]

«Если климат появления (видимости) имеет широту, мы вновь берем первичную дугу и дугу вторичную, получившиеся в результате вычисления высоты; затем умножаем косинус первичной дуги на синус зенитного расстояния видимого места и полученное произведение делим на косинус истинной высоты; в частном получается синус, дуга которого определяется по таблицам; эта дуга называется «первым махфузом» (первым запоминаемым, резервом).

«Далее, мы делим косинус зенитного расстояния видимого места на косинус «первого махфуза»; в частном получается синус, дуга которого определяется по таблицам; эта дуга называется «вторым махфузом», если только широта планеты не совпадает стороной с широтой климата появления (видимости) и вторичная дуга ниже широты климата появления, ибо в этом случае «вторым махфузом» будет дополнение до полуокружности».

«Далее, мы берем разность между «вторым махфузом» и дополнением широты климата появления (видимости) и умножаем

---

[173] Улугбек, упом. рукопись, л. 115б.

его синус на косинус «первого махфуза»; полученное произведение является синусом видимой широты, и ее сторона та же самая, что и сторона истинной широты, за исключением того случая, когда истинная широта и широта климата появления (видимости) находятся на одной стороне или имеют одно и то же наименование, и когда вторичная дуга меньше, чем широта климата появления (видимости), а «второй махфуз» в то же время меньше, чем дополнение широты климата появления, ибо в этом случае сторона видимой широты отлична от стороны истинной широты».

«Далее, мы делим синус «первого махфуза» на косинус видимой широты; полученное частное является синусом, дуга которого определяется по таблицам; эта дуга есть расстояние видимого градуса от квадратуры «толи»; разность между этим расстоянием и расстоянием от истинного градуса до квадратуры «толи» есть параллакс долготы; если видимая долгота находится на той же стороне, что и истинная широта, то параллакс широты равен их разности; в противном случае он равен их сумме».[174]

«Во всех случаях, когда истинное положение Луны ближе к «толи», чем к VII (дому), параллакс долготы следует прибавлять к положению Луны; в противном случае его следует вычитать, чтобы определить видимое место Луны по долготе; затем мы делим параллакс долготы Луны на относительную часовую скорость этой планеты и вычитаем частное, представляющее собою промежуток времени из момента соединения, считая таковой от начала дня, если точка соединения ближе к «толи», чем к VII (дому); в противном случае мы прибавляем его, чтобы получить момент видимого соединения».

«Если же мы хотим, чтобы наши вычисления были более точными, то мы вновь вычисляем для этих моментов истинное положение Солнца и видимое место Луны так, как это было показано выше; затем мы берем разность между градусом Луны и истинным местом Солнца для этого времени и делим ее на

[174] Улугбек, упом. рукопись, л. 115б.

относительную часовую скорость Луны; полученное частное мы прибавляем к моментам соединения, если видимое место Луны предшествует месту Солнца, или вычитаем его, если оно следует за ним; далее с этими моментами мы вновь с самого начала повторяем все описанные действия, потом еще один раз и т. д., словом, до тех пор, когда видимый градус Луны будет тем же самым, что и место Солнца; этот момент и есть момент видимого соединения, по которому мы и устанавливаем момент середины затмения».

«Когда момент видимого соединения определен, мы устанавливаем для этого момента расстояние от Солнца и от Луны до центра мира в частях, единицей которых является полудиаметр Земли; по этому расстоянию мы определяем затем расстояние одного и другого светила от места наблюдения».

«Способ определения расстояния от Луны до места наблюдения был изложен нами выше; таким же образом мы определяем и расстояние от Солнца до места наблюдения. Затем делим на соответствующее пониженное расстояние каждого из двух светил их полудиаметры, величина которых была дана в главе о затмении Луны; в частном получается синус, дуга которого находится в таблицах; эта дуга есть дуговой полудиаметр (угловой радиус) светила, и если угодно, его можно найти в таблице, которую мы составили на этот предмет».[175]

«Если видимая широта Луны во время видимого соединения меньше суммы этих двух дуг, затмение Солнца будет иметь место, в противном случае оно не состоится; если же она меньше, то мы берем превышение суммы двух дуг над широтой, чтобы получить фазу затмения. Эту фазу мы умножаем на 60, затем полученное произведение делим на дугу полудиаметра Солнца и в частном получаются «пальцы» диаметра».

«По той же фазе затмения мы определяем величину площади затмения так же, как было сказано при вычислении затмения Луны, с тем различием, что вместо расстояния от центра тени,

[175] Там же.

мы берем видимую широту Луны и вместо Луны берем то из двух светил, дуга (угловой радиус) которого меньше, а другое светило — берем вместо места тени. Далее, умножаем площади затемненной части на 12, и произведение делим на площадь круга Солнца, чтобы получить уравненные пальцы».

«Если обе дуги (угловые радиусы) равны, вычисление легче и способ его состоит в следующем:

Вычитая четверть квадрата видимой широты из квадрата одной из этих двух дуг (угловых радиусов), делим корень квадратный остатка на пониженную дугу; в частном получается синус, дуга которого находится в таблицах; затем, умножив эту дугу на того же делителя, запоминаем это произведение. Умножая дугу (угловой радиус) на половину видимой широты, вычитаем полученное произведение из того произведения, которое мы только что запомнили; умножив разность на 24, делим ее на площадь круга одного из двух светил и в частном получаем уравненные пальцы».[176]

«Вычитаем квадрат широты Луны из квадрата суммы двух дуг (угловых радиусов); делим корень квадратный остатка на относительную часовую скорость Луны; частное дает нам неуравненные часы падения (т. е. вступления в тень). Сначала мы вычитаем их из момента середины затмения, чтобы получить неуравненное время начала затмения; затем мы прибавляем их и получаем неуравненное время окончания затмения. Для обоих этих моментов мы берем видимую широту и обе эти дуги (угловые радиусы)».

«И для каждого из двух моментов мы вычитаем соответствующий квадрат видимой широты из квадрата суммы двух дуг; делим корень квадратный остатка на относительную часовую скорость Луны в гомоцентрической орбите, чтобы получить каждый из уравненных промежутков времени, заключенных между началом затмения и его серединой, а также между серединой и концом затмения; этим и определяются уравненные моменты начала и конца затмения».

---

[176] Улугбек, упом. рукопись, л. 115б.

«Если обе дуги (угловые радиусы) равны, и если Луна не имеет видимой широты, то затмение будет полным, но без темноты; если же Луна имеет видимую широту, то затмение будет только частным. Если угловой радиус Луны больше углового радиуса Солнца, и если видимая широта равна разности, затмение все еще будет полным, но без темноты; если же эта широта меньше, то затмение будет полным с темнотой, но если она больше разности, затмение будет только частным».

«И, наконец, если угловой радиус Солнца больше углового радиуса Луны и если видимая широта Луны равна разности, то видимая часть Солнца будет иметь форму дополнения до круга; если же видимая широта будет меньше, она (видимая часть Солнца) останется в виде светящегося кольца. Во всех остальных случаях затмение будет частным».[177]

Приступая к анализу изложенного при помощи современного математического языка, заметим, что, прибавляя к истинной долготе Солнца 180°, получим долготу центра тени Земли. Момент, для которого вычисляется истинная долгота тени и Луны, берется из специальной, составленной Улугбеком таблицы средних противостояний Луны и Солнца, имеющих место вблизи узлов лунной орбиты. Имея истинные долготы Луны и тени и их часовые изменения, можем исправить момент противостояния, разделив разность истинных долгот на разность часовых изменений. Если долгота Луны была в орбите, то ее надо исправить согласно 3-му неравенству (приведение на орбиту), разделив это неравенство тоже на разность часовых движений. Таким образом получается истинный момент средины затмения.

Далее для истинного момента средины затмения определяем аргумент широты (вычитая из общей долготы Луны и тени долготу узла) и по этому аргументу в специальной таблице находим широту Луны. Эта широта, очевидно, и будет равна угловому расстоянию центра тени от центра Луны. Для вычисления видимых радиусов Луны и тени Земли определяем (выше-

[177] Улугбек, упом. рукопись, лл. 115а, 116б.

описанным способом) расстояние от центра Земли до центра Луны и до центра Солнца: ρ_l и ρ_s. На рис. 70: O_1, O_2, O_3 — соответственно центры Солнца, Земли и Луны. $O_1A = R_s$ — радиус Солнца, $O_2B = R_t$ — радиус Земли, $O_3F = R_l$ — радиус Луны, $O_3E = R_u$ радиус тени (на расстоянии Луны). $O_1O_2 = \rho_s$ — расстояние до Солнца, $O_2O_3 = \rho_l$ — расстояние до

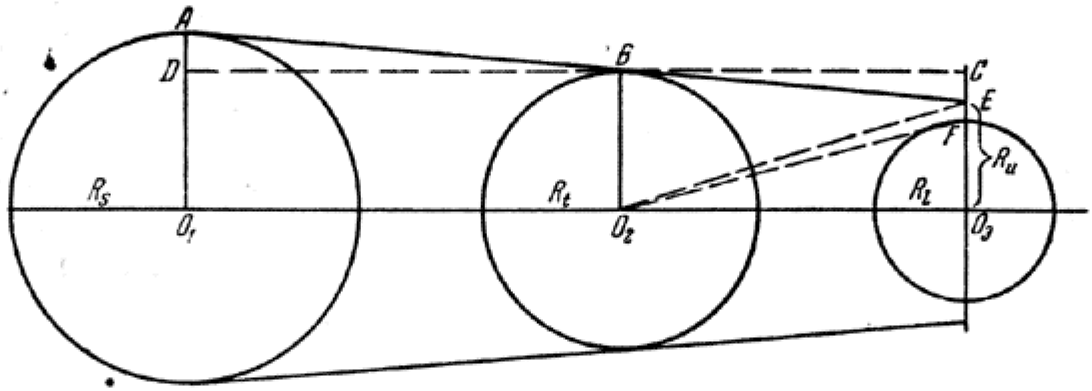


Рис. 70.

Луны. Видимый радиус Луны L равен углу FO_2O_3, видимый радиус тени U = углу EO_2O_3.

Очевидно

$$\sin L = \frac{R_l}{\rho_l}, \quad \sin U = \frac{EO_3}{\rho_l} = \frac{R_u}{\rho_l}.$$

Величина $EO_3 = R_u$ получается следующим образом. Из подобных треугольников ADB и BCE (здесь DC параллелен O_1O_3) имеем:

$$\frac{DA}{CE} = \frac{DB}{BC} \text{ или } \frac{R_s - R_t}{R_t - R_u} = \frac{\rho_s}{\rho_l},$$

откуда

$$R_u = R_t - \frac{\rho_l (R_s - R_t)}{\rho_s},$$

где

$$R_s = 6^p\,54'\,59'', \; R_t = 1^p, \; R_s - R_t = 5^p\,54'\,59''.$$

Улугбек составил таблицу, в которой даются угловые радиусы Луны и круга тени по «уравненному собственному движению», т. е. по аргументу d (см. главу о движении Луны) исправленному согласно первому неравенству. Имея величины L_1, U и широту β Луны в момент затмения (которая равна видимому расстоянию центра Луны от центра тени), можем определить характер затмения. В самом деле, пусть $OA = U$, $O'A = L$, $OO' = \beta$, тогда $U + L - \beta = DB$ и при $U + L \leqslant \beta$ затмение

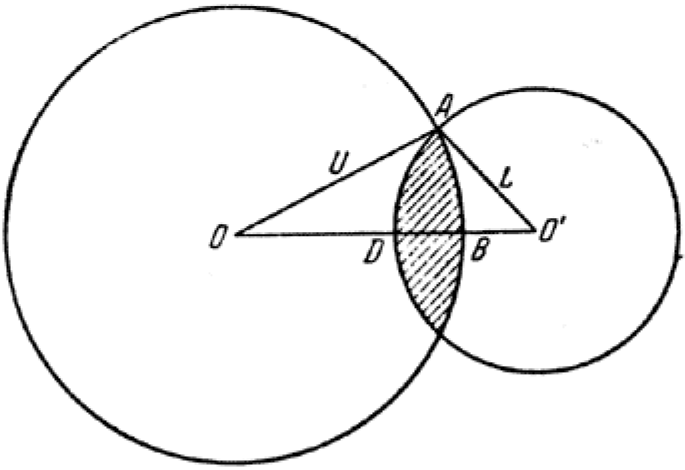


Рис. 71.

не имеет места, а при $U + L > \beta$ могут быть три случая (рис. 71) в зависимости от величины отрезка DB:

1) $U + L - \beta = DB < 2L$ — частное затмение,
2) $DB = 2L$ — полное мгновенное,
3) $DB > 2L$ — полное длительное.

Для вычисления моментов начала и конца частного затмения, а также моментов начала и конца полного, если таковое имеет место, Улугбек поступает следующим образом. Он находит промежуток

$$\tau = \frac{\sqrt{(U + L)^2 - \beta^2}}{v},$$

где v — относительная часовая скорость Луны, т. е. разность часовых изменений долгот Солнца и Луны; вычитая и прибавляя этот промежуток к моменту средины затмения, получаем моменты начала и конца частного затмения или первый и последний контакт. Для начала и конца полной фазы Улугбек находит соответственно

$$\tau' = \frac{\sqrt{(U-L)^2-\beta^2}}{v}.$$

Геометрическое значение радикалов: $\sqrt{(U+L)^2-\beta^2}$ и $\sqrt{(U-L)^2-\beta^2}$ ясно из рис. 72. Пусть O — центр тени, O' —

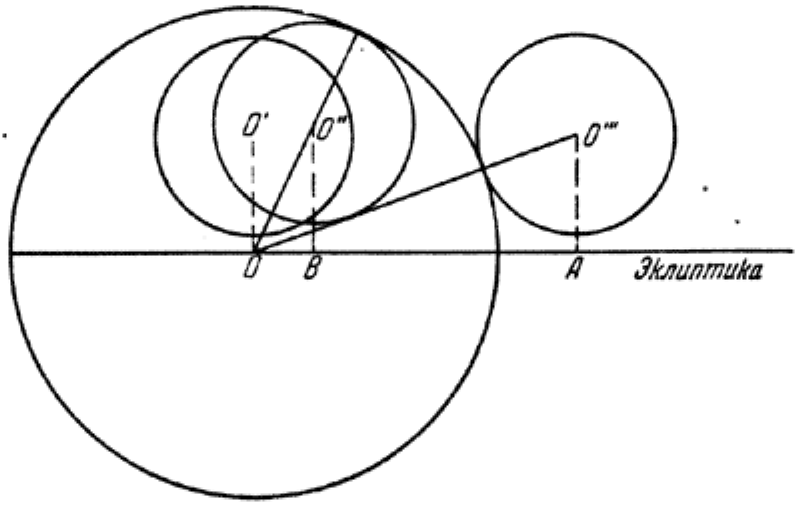


Рис. 72.

центр Луны в средине затмения, O'' — центр Луны при начале полной фазы и O''' — центр Луны при начале частной фазы. Очевидно, в момент 1-го контакта расстояние центра Луны от центра тени будет $OO''' = U + L$. В момент начала полной фазы расстояние центра Луны от центра тени будет $OO'' = U - L$. Расстояние по широте будем считать в момент средины затмения и в моменты начала частной и полной фаз одинаковым, т. е. $OO' = BO'' = AO''' = \beta$. Из треугольников $OO'''A$ и $OO''B$ имеем:

$$OA^2 = O'''O^2 - O'''A^2, \quad OB^2 = O''O^2 - O''B^2,$$

или

$$OA = \sqrt{(U+L)^2-\beta^2}, \quad OB = \sqrt{(U-L)^2-\beta^2}.$$

Зная часовое изменение v расстояния по долготе между центрами, получаем, очевидно, τ и τ', как частное от деления OA и OB на v.

Величину или «пальцы» затмения Улугбек определяет по 12-бальной шкале, причем дает два определения таковой: 1) обычная или линейная величина затмения выражается отношением «минут затмения» (рис. 73, отрезок $DB = U + L - \beta$)

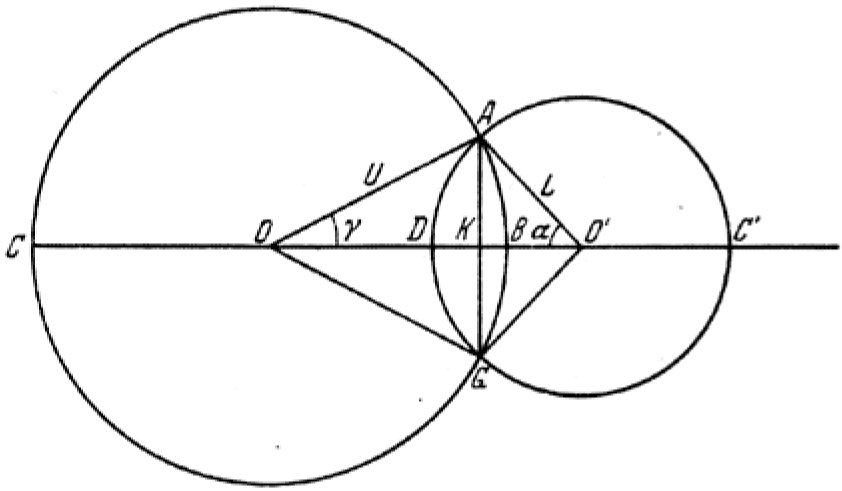


Рис. 73.

в момент наибольшей фазы к диаметру Луны $2L$. В пальцах это выразится так:

$$(DB : 2L) \cdot 12 \text{ или } \frac{6DB}{L}.$$

«Уравненными пальцами» Улугбек называет отношение площади темной части диска Луны ко всему диску и тоже выражает в 12-балльной шкале, так что 12 баллов или «пальцев» будут соответствовать полному затмению.

Для определения площади диска Луны Улугбек прежде всего ищет величины дуг ADG и ABG, между которыми заключена темная часть диска. Отрезок AK будет синусом половины искомых дуг в той и другой окружности (рис. 73):

$$AK = U \sin \gamma = L \sin \alpha,$$

где

$$\gamma = AOK, \quad \alpha = AO'K.$$

Этот отрезок паходится следующим образом: из прямоугольных треугольников: OAK и $O'AK$ имеем:

$$OK^2 = AO^2 - AK^2; \; O'K^2 = AO'^2 - AK^2,$$

отсюда

$$OK^2 - O'K^2 = OA^2 - O'A^2 = U^2 - L^2,$$

или

$$(OK + O'K)(OK - O'K) = U^2 - L^2$$

или

$$OO'(OK - O'K) = U^2 - L^2,$$

откуда

$$OK - O'K = \frac{U^2 - L^2}{OO'},$$

а это и есть «первый махфуз» Улугбека, который обозначим через P:

$$OK - O'K = \frac{U^2 - L^2}{OO'} = P; \tag{1}$$

зная сумму и разность отрезков OK и $O'K$, получаем для самих отрезков такие выражения:

$$OK = \frac{1}{2}(OO' + P), \quad O'K = \frac{1}{2}(OO' - P),$$

где OO' есть ближайшее расстояние центров тени и Луны или широта β Луны. Отсюда отрезок $AK = \sqrt{L^2 - O'K^2}$, а это есть «второй махфуз» Улугбека, который обозначим через Q, так что:

$$\sqrt{L^2 - O'K^2} = Q \tag{2}$$

и

$$\sin AB = \sin\gamma = \frac{Q}{U}, \quad \sin AD = \sin\alpha = \frac{Q}{L}. \tag{3}$$

Площадь $ABGD =$ сект. $OAG +$ сект. $O'AG -$ пл. $OAO'G$. Но

$$\text{сект. } OAG = \frac{1}{2} U \cdot \smile ABG = U \cdot \gamma,$$

$$\text{сект. } O'AG = L \cdot \alpha.$$

Площадь четырехугольника $OAO'G = AK \cdot OO' = Q \cdot \beta$ и искомая площадь

$$ABGD = U\gamma + L\alpha - Q\beta. \tag{4}$$

Но площадь $ABGD$ можно определить еще следующим образом: находим сначала площади полных дисков тени и Луны. Площади кругов Улугбек вычисляет по формуле $S = \pi R^2$, принимая для π значение $\frac{22}{7}$, тогда площадь тени

$$\pi U^2 = \frac{22\,(2U)^2}{4 \cdot 7} = \frac{11 \cdot (2U)^2}{14},$$

$$\text{пл. Луны } \frac{11\,(2L)^2}{14}.$$

Далее из тождества

$$\sin^2\gamma = (1 + \cos\gamma)(1 - \cos\gamma)$$

следует, что

$$AK^2 = CK \cdot KB$$

и так же:

$$AK^2 = C'K \cdot KD,$$

откуда

$$CK \cdot KB = C'K \cdot KD,$$

или

$$\frac{CK}{DK} = \frac{C'K}{BK},$$

вычитая из обеих частей единицу и переставляя средние члены, получаем:

$$\frac{CD}{C'B} = \frac{DK}{BK},$$

прибавляя к обеим частям этой пропорции по единице, получим:

$$\frac{CD}{CD+C'B}=\frac{DK}{DB},$$

откуда

$$DK=\frac{DB\cdot CD}{CD+C'D}.$$

В правой части этого выражения все величины нам известны, а именно:

$$DB=U+L-\beta,$$
$$CD=2U-DB,$$
$$C'B=2L-DB.$$

Имея DK, получим $AK=\sqrt{C'K\cdot KD}$, а по $AK=U\sin\gamma=$ $=L\sin\alpha$, как и раньше самые углы γ и α, а сектора тени и Луны из пропорций

$$\text{сект. } AO'G\text{: пл. Луны} = 2\alpha:360^\circ=\alpha:180^\circ,$$

$$\text{сект. } AOG\text{: пл. тени} = 2\gamma:360^\circ=\gamma:180^\circ.$$

Если выражать эти сектора в минутах, как это принято у Улугбека, то, умножив оба выражения на 60, окончательно получим:

$$\text{сект. Луны} = \frac{\alpha\cdot\text{диск Луны}}{3},$$

$$\text{сект. тени} = \frac{\gamma\cdot\text{диск тени}}{3}.$$

Далее, как и раньше, автор находит сумму секторов (называя ее «махфузом»), вычитает из нее площадь четырехугольника $OAO'G$, умножает полученную величину площади $ABCD$ на 12 и делит на площадь диска Луны. В результате получает «уравненные пальцы» затмения в 12-бальной шкале.

Переходя затем к затмениям Солнца, Улугбек прежде всего указывает способ вычисления параллаксов Луны и Солнца, которыми, как известно, при вычислении солнечных затмений пренебрегать нельзя (средний горизонтальный параллакс Луны равен по Брауну 57′3″, а Солнца по Ньюкомбу 8″,8, но во времена Улугбека параллакс Солнца принимался порядка 2′—3′). Сначала дается наставление *для* определения «полного параллакса», т. е. параллакса в высоте.

Допустим, что на рис. 74 круг представляет собою земной шар в сечении по вертикальной плоскости, проходящий через места наблюдения} M и центр Луны L; радиус $OH \perp OM$ парал-

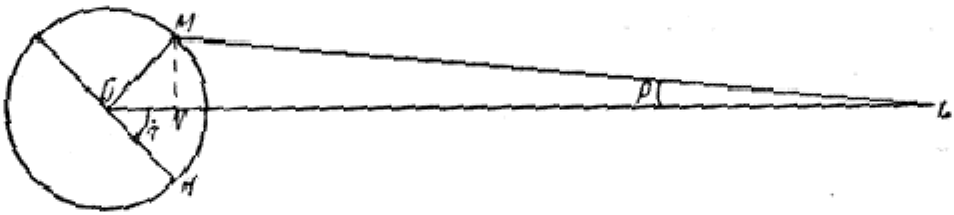


Рис. 74.

лелен горизонту места, MN перпендикуляр из точки M на OL. Угол LOH будет равен истинной высоте h центра Луны, а параллакс Луны P изобразится углом MLO. Из рис. 74 получим:

$$MN = OM \cos h, \qquad ON = OM \sin h;$$

обозначим параллакс через P, а расстояние от центра Земли до центра Луны через ρ_1, т. е. $OL = \rho_1$. Согласно чертежу:

$$\sin P = MN : ML = MN : \sqrt{(OL - ON)^2 + MN^2},$$

или

$$\sin P = OM \cos h : \sqrt{(\rho_1 - OM \sin h)^2 + (OM \cos h)^2},$$

или, считая радиус Земли за единицу, будем иметь

$$\sin P = \cos h : \sqrt{(\rho_1 - \sin h)^2 + \cos^2 h}. \tag{5}$$

Для параллакса Солнца P' получим подобное же выражение с той разницей, что вместо $\rho_1 = OL$ придется взять расстояние до Солнца $\rho_s = OS$ (S — не указано на чертеже):

$$\sin P' = \cos h : \sqrt{(\rho_s - \sin h)^2 + \cos^2 h}. \tag{6}$$

Так как при затмении на видимое расстояние между центрами дисков Солнца и Луны влияет не параллакс Луны, а разность $P_l - P_s = P_0$, то Улугбек эту разность, или относительный параллакс, называет «уравненным параллаксом Луны». Истинное зенитное расстояние Луны будет $90° - h$, а видимое зенитное расстояние: $90° - h + P_0$.

Согласно теории движения Луны Улугбека (рис. 66) затмение Солнца может быть лишь при положении центра эпицикла в точке A (апогей), т. е. при $d = 0$; отдельные затмения будут отличаться различным положением Луны в эпицикле (т. е. разным значением аномалии G). Улугбеком составлена таблица, дающая (для апогея) значение уравненного параллакса Луны P_0 через каждый градус истинного зенитного расстояния при разных значениях аномалии G через каждые 5 градусов.

Для определения параллаксов по долготе и широте (P_λ и P_β) сначала Улугбек дает упрощенный способ вычисления, применявшийся еще Птолемеем, который считал возможным при затмениях пренебрегать широтою Луны.

Пусть на рис. 75: NOS — горизонт, $B'OB$ — эклиптика, Z — зенит, P_0 — полюс эклиптики, $\varphi_0 = BZ = P_0N$ — высота полюса эклиптики, или по Улугбеку «широта климата»; $P_0 = LM$ — параллакс по высоте или «уравненный» параллакс; L — истинное место Луны, M — видимое место Солнца (небесная сфера спроектирована на плоскость горизонта).

Из сферического треугольника MBZ находим угол $\alpha = ZMB$ между эклиптикой и вертикалом

$$\sin\alpha = \frac{\sin BZ}{\sin MZ} = \frac{\sin\varphi_0}{\cos AM} = \frac{\sin\varphi_0}{\cos h},$$

где h — высота Солнца. Ввиду малости сторон сферического треугольника DLM можно его принять за прямолинейный и написать:

$$P_\lambda = DM = ML\cos ZMB = P_0\cos\alpha,$$

$$P_\beta = LD = ML\sin ZMB = P_0\sin\alpha.$$

Переходя затем к более точным методам, Улугбек рассматривает отдельно разные возможные случаи, в зависимости от положения места наблюдений на земном шаре и Луны на небесной сфере:

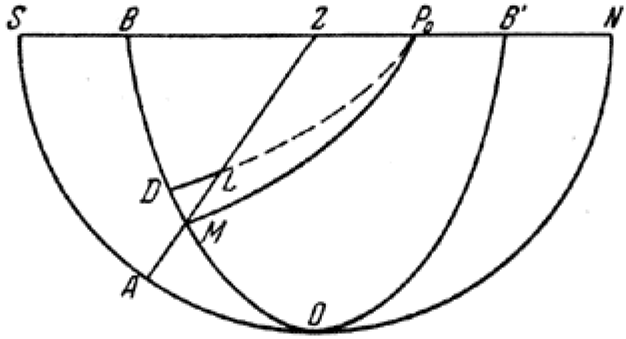


Рис. 75.

1) Широта Луны $\beta = 0$. В этом случае способ определения параллаксов P_λ и P_β будет совпадать с только что рассмотренным способом Птолемея.

2) Луна находится в квадратуре с точкою «восходящего» («толи») (т. е. точкою O пересечения эклиптики с горизонтом в восточной части его). Если Луна в точке B, то угол α (в способе Птолемея) равен 90°, откуда по вышеприведенным формулам: $P_\lambda = 0$, $P_\beta = P_0$ («параллакс Луны тот же, что и параллакс широты»).

3) «Широта климата» $\varphi_0 = 0$, «климат появления (видимости)» не имеет широты по выражению Улугбека, т. е. полюс эклиптики лежит на горизонте (что бывает в местах, расположенных между тропиками).

Пусть на рис. 76: SOP_0 — горизонт, OZ — эклиптика, P_0 — полюс эклиптики, L — истинное место Луны, L' — видимое место Луны, $LL' = P_h$ — параллакс по высоте («уравненный»); $lL = \beta$ — истинная широта, $l'L' = \beta'$ — видимая широта Луны, $ll' = P_\lambda$ — параллакс по долготе, $l'L' - lL = P_\beta$ — параллакс по широте.

Из треугольников ZLl и $Zl'L'$ имеем:

$$\sin lL = \sin ZL \sin LZl = \sin ZL \sin \gamma,$$

$$\sin l'L' = \sin ZL' \sin LZl = \sin ZL' \sin \gamma,$$

откуда

$$\sin l'L' = \sin \beta' = \frac{\sin \beta \cdot \sin ZL'}{\sin ZL} = \frac{\sin \beta \cdot \sin ZL'}{\sin AL},$$

т. е. синус видимой широты равен синусу истинной широты на синус видимого зенитного расстояния, деленного на косинус

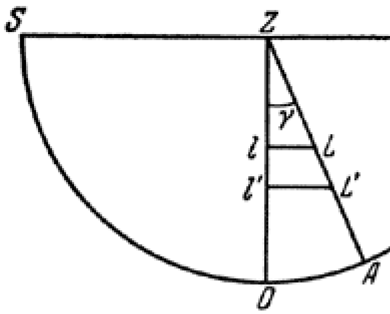


Рис. 76.

истинной высоты, как говорит Улугбек. Зная β и β', получаем $P_\beta = \beta' - \beta$. Далее из треугольника $ZL'l'$:

$$\cos ZL' = \cos Zl' \cos l'L',$$

или

$$\cos Zl' = \frac{\cos ZL'}{\cos \beta'}.$$

Зная долготу точки O и истинную долготу Луны, получим ZL, а разность $Zl' - Zl$ дает нам параллакс P_λ.

4) Общий случай. Луна расположена как угодно относительно эклиптики и «широта климата» не равна нулю.

Пусть на рис. 77: SON — горизонт, FOF' — эклиптика, Z — зенит, P_0 — полюс эклиптики, L, L' — истинное и видимое место Луны. O — точка восходящего («толи»); $FZ = P_0N = \varphi_0$ — высота полюса эклиптики или «широта климата», $lL = \beta$ и $l'L' = \beta'$ — истинная и видимая широты, $ll' = P_\lambda$, $lL - l'L' = P_\beta$ — параллаксы по долготе и по широте,

$LO = M$ — «первичная дуга», $B'L' = \mu$ — вспомогательный угол или «первый махфуз», $SB' = \nu$ — вспомогательный угол — «второй махфуз», AL— высота Луны.

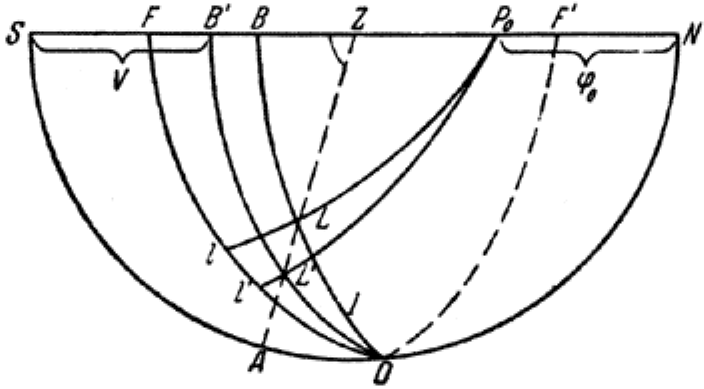


Рис. 77.

Для сферических прямоугольных треугольников ZLB и $ZL'B'$ можно написать такие равенства:

$$\sin BL = \sin ZL \cdot \sin Z$$

и

$$\sin B'L' = \sin ZL' \sin Z,$$

откуда

$$\sin BL : \sin ZL = \sin B'L' : \sin ZL',$$

или

$$\sin (90° - M) : \sin ZL = \sin \mu : \sin ZL',$$

или

$$\sin \mu = \frac{\cos M \sin ZL'}{\cos AL},$$

где первичная дуга $M = OL$ вычисляется, как было объяснено в главе о нахождении высот, по формуле:

$$\cos M = \cos LO = \cos \text{☾} l \cdot \cos \beta.$$

Для сферического треугольника $ZL'B'$

$$\cos ZL' = \cos B'Z \cdot \cos B'L' = \sin \nu \cdot \cos \mu,$$

откуда

$$\sin \nu = \frac{\cos ZL'}{\cos \mu}.$$

Из этих формул мы может найти углы μ и ν. Далее из треугольника $P_0B'L'$ имеем:

$$\cos P_0L' = \sin\beta' = \cos P_0B' \cos B'L' = \sin FB' \cos\mu,$$

но

$$FB' = SB' - SF = \nu - (90^\circ - \varphi_0),$$

поэтому

$$\sin\beta' = \sin[\nu - (90^\circ - \varphi_0)] \cos\mu,$$

откуда находим β и $P_\beta = \beta = \beta'$

Из треугольника $Ol'L'$ имеем:

$$\cos OL' = \cos Ol' \cos lL'$$

или

$$\sin Fl' = \frac{\sin\mu}{\cos\beta'},$$

откуда находим Fl'. Дуга Fl берется из специальной таблицы по аргументу φ_0. Зная дуги Fl и Fl', получаем

$$P_\lambda = Fl' - Fl.$$

Далее идет пояснение, с каким знаком следует брать P_λ, когда дуга Ol более 90°, 180° и 270°. Затем Улугбек указывает, как исправить, приняв во внимание параллакс моментов начала и конца затмения, как с новыми моментами, вычислив новые координаты Луны и Солнца, получить второе приближение для начала и конца затмения и последовательными приближениями подойти к окончательному результату.

Вычисление наибольшей фазы солнечного затмения производится способом, аналогичным тому, который был указан для лунных затмений. Роль диска тени будет играть при этом тот из двух дисков, который в данном затмении имеет больший радиус, а роль Луны — меньший диск. Для случая равных дисков Солнца и Луны получается при вычислении величины затмения или «уравненных пальцев» некоторое упрощение. Для вывода последних рассмотрим следующий рис. 78, где

$OA = O'A = L$ — радиус видимого диска Солнца и Луны и $\angle AOK = \mu$ — вспомогательный угол.

$$AK^2 = OA^2 - OK^2 = L^2 - \left(\frac{\beta'}{2}\right)^2; \quad \sin\mu = AK : OA,$$

$$\sin\mu = \sqrt{L^2 - \frac{\beta'^2}{4}} : L.$$

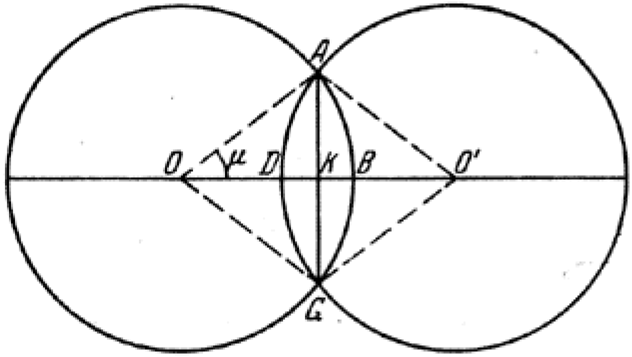


Рис. 78.

Сектор $AOGB = \smile AD \cdot OA = \mu L$. Площадь четырехугольника $OAO'G = AK \cdot OO' = AK \cdot \beta'$, а площадь затемненной части Солнца $ABGD = 2$ сектор $AOGB - OAO'G = 2\ \mu L - AK \cdot \beta'$

$$\text{и «уравненные пальцы} = 12\,\frac{\text{пл. } ABLD}{\text{пл. диска}} =$$

$$= 24\left(\mu L - \frac{AK \cdot \beta'}{2}\right) : \pi L^2.$$

Теория затмений, изложенная Улугбеком, по сравнению с теорией более древних астрономов, в частности Птолемея, несомненно, является передовой теорией своего времени.

6. *Общие замечания об астрономических таблицах Улугбека*

Выше было сказано о назначении основного инструмента обсерватории Улугбека, а именно о том, что он предназначался, главным образом, для определения основных постоянных астрономии: наклонения эклиптики, точки весеннего равноденствия, длины звездного года и других величин, выводимых из наблюдений Солнца, а также для наблюдений планет и Луны. Повидимому, в этом и заключалась главная задача всей обсерватории в целом. Несомненно этим объясняется сооружение такого специального инструмента, как секстант.

Огромные размеры, удачная конструкция и высокое мастерство самаркандских астрономов обеспечили высокую точность наблюдений.

О степени точности некоторых астрономических величин, определенных Улугбеком, было сказано выше. Рассмотрим здесь некоторые другие величины, определенные Улугбеком, а именно:

Продолжительность звездного года Улугбеком определена в

365 дн. 6 ч. 10 м. 8 сек.,

а действительная величина рассматриваемого года по Ньюкомбу (1900):

365 дн. 6 ч. 9 м. 6 сек.

Та же величина различными астрономами была определена с различной степенью точности, а именно:[178]

Индийцами	в 365 дн. 6 ч. 12 м. 30 сек.
Халдейцами	в 365 дн. 6 ч. 11 м. 00 сек.
Аристархом	в 365 дн. 6 ч. 10 м. 49 сек.
	в 365 дн. 6 ч. 10 м. 13 сек.
Табит ибн-Корра . .	в 365 дн. 6 ч. 9 м. 12 сек.

Таким образом, и здесь Улугбек достиг высокой степени точности.

Не менее замечательны результаты, полученные Улугбеком в области изучения движения планет.

---

[178] M. Bailli. Traité de l'Astronomie indienne orientale, Paris, 1787, стр. 155.

Годовое движение планет:

	по Улугбеку	по современным данным: [179]	
Сатурн	12° 13′ 39″	12° 13′ 36″	(Даламбер)
Юпитер . . .	30° 20′ 34″	30° 20′ 31″	»
Марс	191° 17′ 15″	191° 17′ 10″	(Лаланд)
Венера . . .	224° 17′ 32″	224° 17′ 30″	»
Меркурий . .	53° 43′ 13″	53° 43′ 3″	»

Сопоставление этих двух таблиц говорит о том, что *результаты, полученные Улугбеком, весьма близки к современным.*

Несколько иначе обстоит дело у Улугбека с величинами, определяющими положения звезд, что будет видно из дальнейшего изложения.

Первый по времени каталог звезд был составлен Гиппархом; он содержит положение 1022 звезд и помещен в Птолемеевом Альмагесте. Составление звездных каталогов требует огромного кропотливого труда. *Эти каталоги имеют громадную научную ценность*, ибо они не только дают представление о распределении светил на небосводе в различные эпохи, но, самое главное,— *являются прекрасным материалом для изучения движения небесных тел.* Например, хотя в настоящее время есть основания предполагать, что явление прецессии было открыто еще вавилонскими астрономами, однако оно впервые было обстоятельно подтверждено благодаря именно каталогу Гиппарха. Составляя свой каталог, он сравнивал свои наблюдения с результатами, полученными Аристиллом и Тимохарисом за 150 лет до него. Оказалось, что все долготы звезд увеличились, широты же остались неизменными; им было установлено, что в течение года точка весеннего равноденствия на 36″ перемещается по эклиптике к западу.

По существу, после Гиппарха, *вторым астрономом, составившим фундаментальный каталог звезд, был Улугбек.* Его каталог «имеет гораздо бóльшую ценность, ибо он основан на положениях звезд, действительно определенных в Самаркандской обсерватории. *Он представляет по существу второй серьез-*

[179] M. Dalambre. «Histoire de l'Astronomie du moyen âge», Paris, 1819, стр. 210.

ный каталог за 16 столетий. Только два астронома поняли до XV века важность звездных каталогов—Гиппарх и Улугбек».[180]

Каталог звезд Улугбека ценен тем, что он составлен в результате непосредственных наблюдений. «Эта работа была действительно *оригинальной*, между тем, все те, которые мы встречали до сих пор, были извлечены из Птолемея, по крайней мере в отношении координат».[181]

Примерно в этом смысле высказывается и Лаплас, который называет Улугбека *«величайшим наблюдателем»*. «Он составил сам в Самарканде,— говорит Лаплас,— столице своих владений, новый каталог звезд и астрономические таблицы, *лучшие из тех, которые существовали до Тихо Браге»*.[182]

«Абдурахман[183] Суфи составил Трактат о звездах,— говорит Улугбек,— который был встречен с радостью всеми учеными. Прежде чем определить места звезд по нашим собственным наблюдениям, мы расположили их, согласно этому Трактату, по сфере, и мы нашли, что большинство из них расположено не так, как это следует при обозрении неба. Это заставило нас самих заняться их наблюдениями».[184]

«Мы вновь произвели наблюдения над уже определенными звездами,— говорит Улугбек,— за исключением двадцати семи из них, которые невидимы на широте Самарканда, а именно: семь звезд из Алтаря, восемь из Корабля — от тридцать шестой до сорок первой и от сорок четвертой до сорок пятой; одиннадцать — в Центавре, от двадцать седьмой до последней, и одной, десятой — в созвездии Волка. Эти двадцать семь звезд мы взяли из книги Абдурахмана Суфи с учетом разницы в эпохах. Кроме того, Абдурахман Суфи упоминает еще о восьми звездах, места которых были указаны еще Птолемеем, но которые он

---

180 F. Boquet. Histoire de l'Astronomie, Paris, 1925, стр. 230.

181 G. Bigourdan. L'Astronomie, Paris, 1911, стр. 313.

182 M. De Laplace. Précis de l'Histoire de l'Astronomie. Paris, 1865, стр. 69.

183 Придерживаюсь давно установившейся узбекской транскрипции (вопреки существующей у востоковедов: Абд-ар-Рахман).

184 Улугбек, упом. рукопись, л. 117б.

сам, Абдурахман, не наблюдал. Эти звезды, несмотря на все наши тщательные поиски, нами не были обнаружены; поэтому мы и не указываем эти звезды в нашем Каталоге. Однако этими звездами Птолемея являются четырнадцать звезд Возницы, одиннадцатая — Волка и шесть экстернов южной Рыбы».

«Мы относим места звезд, помещенных в нашем каталоге, к началу 841 г.[185] хиджры, но можно когда угодно найти место каждой из них, считая, что они передвигаются вперед на один градус в 70 солнечных лет».[186] Из этого же положения исходил, в частности, вышеупомянутый Ибн-Юнс. Из последнего предположения Улугбека видно, что годовая прецессия им определена равной

$$60' : 70 = 51''.4$$

Эту важнейшую величину различные астрономы определяли с различной степенью точности, в частности, годовую прецессию считали равной:

Птолемей . . . . . . 36″.0,
Ал-Баттани . . . . . 54″.5,
Ал-Суфи . . . . . . 55″.0,

а действительная величина 50″.2. Таким образом, *в этом важнейшем вопросе Улугбек стоял на передовых позициях науки тогдашнего времени.*

Звездный каталог Улугбека состоит всего из 1018 звезд. E. B. Knobel, изучавший каталог звезд Улугбека, пришел к выводу о том, что из этого числа «фактически были произведены наблюдения над долготами около 900 звезд, и над широтами 878 звезд»,[187] а положения остальных были определены приведением к эпохе, т. е. путем прибавления (или вычитания) определенной константы к координатам соответствующих звезд, указанных в каталоге звезд упомянутого Абдурахмана Суфи, иначе говоря — Птолемея, так как они оказались заимствованными им, т. е. Абдурахманом Суфи, у Птолемея.

---

[185] Т. е. 1437 г. н. э.

[186] Улугбек, упом. рукопись, лл. 117б, 118а.

[187] E. B. Knobel. Ulughbeg's Catalogue of Stars, Washington, 1917.

Продолжая дальнейшее изучение каталога звезд Улугбека, Knobel пишет: «Таким образом, вероятно, во всем каталоге только у 700 звезд *оба элемента определены на основании действительных* (*собственных*) *наблюдений*». Однако даже в этом случае, обсерваторией Улугбека *проделана огромная работа*. Вот почему «Каталог звезд Улугбека,— пишет Knobel,— который, будучи выполнен главным образом на основании собственных наблюдений, представляет *исключительный интерес*».[188] Для наглядной характеристики каталога звезд Улугбека ниже приводим три таблицы, заимствованные нами из упомянутой работы.

В каталоге Улугбека звезды расположены по созвездиям. Для каждой звезды созвездия дается кроме номера краткое описание ее положения в созвездии, ее координаты: долгота и широта, отнесенные к точке равноденствия 1437 года и ее величина.[189]

В табл. 20 приводится в виде образчика созвездие Большой Медведицы. Указатель S в долготе обозначает число знаков зодиака (по 30° в каждом).

В табл. 21 помещены положения тех же звезд по современным данным, переведенные на середину 1437 года, и указаны соответствующие разности с положениями Улугбека.

В табл. 22 приводятся вычисленные средние отклонения Улугбековских координат от координат, принятых в современных каталогах. Knobel дает 3 таблицы, отдельно для северных, зодиакальных и для южных звезд. В каждой разбивает звезды каталога на 18 групп по 20° долготы в группе и дает среднее уклонение по долготе Δl и по широте Δb в минутах дуги.

Совершенно справедливо объясняет Knobel тот факт, что в основном отдельные погрешности рассматриваемого каталога звезд Улугбека являются ошибками переписчиков (рукописей), допущенных ими в результате всевозможных *разночтений* чисел текста, изображенных при помощи особого рода соче-

[188] E. B. Knobel. Ulugbeg's Catalogue of Stars, Washington, 1917, стр. 10.

[189] Величины звезд Улугбеком заимствованы из каталога ал-Суфи.

Таблица 20. Каталог звезд Улугбека (образчик)
Большая Медведица

№	Описание	Соврем. название	Долгота			Широта		Величина
			s	°	′	°	′	
1	звезда на оконечности морды	1 o	3	14	55	+40	15	4
2	предшествующая из 2-х звезд на глазах	2 A	3	15	43	43	48	5
3	следующая из них . . .	$4\ \pi^2$	3	16	34	43	45	5
4	предшествующая из пары звезд на лбу	8ρ	3	16	25	47	54	5
5	следующая из этой пары	$13\ \sigma^2$	3	17	43	47	51	5
6	звезда на оконечности заднего уха	24 d	3	18	25	51	18	5
7	предшествующая из пары звезд на шее	$14\ \tau$	3	19	43	44	42	4—5
8	следующая из этой же пары	23 h	3	22	49	44	54	4
9	более северная из пары звезд на груди	29 v	3	28	31	42	39	4
10	более южная из той же пары	$30\ \varphi$	4	1	19	38	0	4—5
11	звезда на левом колене .	$25\ \theta$	3	29	22	34	45	3
12	более северная из пары на левой ноге	9 l	3	24	55	29	21	3—4
13	более южная из той же пары	12 k	3	25	43	29	0	3—4
14	звезда над правым коленом	18 e	3	25	16	36	0	5—4
15	звезда над правым коленом	15 f	3	25	25	33	21	5—4
16	звезда из четырехугольника, лежащая на спине	$50\ \alpha$	4	7	25	49	24	2

Продолжение табл. 20

№	Описание	Соврем. название	Долгота			Широта		Величина
			з	°	′	°	′	
17	из того же четырехугольника, лежащая на боку	48 β	4	11	37	45	9	3—2
18	из того же четырехугольника, на основании хвоста	69 δ	4	23	25	51	30	3—4
19	из того же четырехугольника, на левом заднем бедре	64 γ	4	22	31	47	15	3—2
20	предшествующая из пары на левой задней ноге .	33 λ	4	11	40	+29	45	3—4
21	звезда, следующая за нею	34 μ	4	13	7	+28	42	3—4
22	звезда на левом изгибе ноги	52 ψ	4	20	46	35	15	3—4
23	более северная из пары на правой задней ноге	54 ν	5	0	7	26	0	3—4
24	более южная из этой пары	53 ξ	5	0	25	24	45	3—4
25	первая из 3-х на хвосте за его основанием . . .	77 ε	5	0	31	54	9	2
26	средняя из этих 3-х звезд	79 ζ	5	8	4	56	12	2
27	третья из этих 3-х, на оконечности хвоста . .	85 η	5	19	10	+54	9	2

таний букв арабского алфавита по способу «абджад», при котором, например, малейшее утолщение частей некоторых букв или не у места поставленная точка совершенно искажает значение числа.

Все наблюдения Улугбека были произведены в Самарканде, где широта обсерватории, как указано выше, определена им в

$$39^\circ\ 37'\ 28''.$$

Таблица 21. Положение тех же звезд по современным данным

№	Долгота		Широта		Соврем. — Улугб.	
	°	′	°	′	Δl	Δb
					′	′
1	105	8	+40	12	+ 13	— 3
2	103	45	44	32	—118*	+44
3	104	56	43	58	— 98	+13
4	106	5	47	53	— 20	— 1
5	107	25	47	47	— 18	— 4
6	108	36	51	11	+ 11	— 7
7	109	41	44	31	— 2	—11
8	112	56	45	6	+ 7	—12
9	118	25	42	38	— 6	— 1
10	121	28	38	12	+ 9	+12
11	119	31	34	57	+ 9	+12
12	114	59	29	34	+ 4	+13
13	116	4	28	56	+ 21	— 4
14	115	25	36	3	+ 9	+ 3
15	115	16	33	24	— 9	+ 3
16	127	18	49	39	— 7	+15
17	131	31	45	5	— 6	— 4
18	143	7	51	37	— 18	+ 7
19	142	33	47	6	+ 2	— 9
20	131	40	29	52	0	+ 7
21	133	22	28	57	+ 15	+15
22	140	56	35	31	+ 10	+16
23	148	46	26	8	— 81	+ 8
24	149	29	24	49	— 56	+ 4
25	150	57	54	17	+ 26	+ 8
26	157	43	56	22	— 21	+10
27	169	1	54	24	— 9	+15

* *Примечание.* Knobel объясняет большую разность в долготе у звезды № 2 тем, что эта звезда, повидимому, самим Улугбеком не наблюдалась, а была заимствована им из каталога Птолемея, а также тем, что число 43′ в долготе (см. табл. 20) может быть ошибочно (43 вместо 13), каковая ошибка в десятках довольно обычна при переписке арабских чисел.

Таблица 22. Средние отклонения звезд каталога Улугбека от точных положений

Долгота	Северные звезды		Зодиакальные звезды		Южные звезды	
	Δl	Δb	Δl	Δb	Δl	Δb
	′	′	′	′	′	′
0°—20°	−22.1	+22.9	−39.8	+16.4	−37.8	+22.4
20—40	−24.7	+15.4	−34.6	+10.5	−30.3	+ 8.0
40—60	−28.0	+24.5	−31.5	+26.4	−11.6	+ 2.8
60—80	−33.9	+ 3.5	−13.3	+ 8.3	− 6.4	+ 8.3
80—100	+ 8.1	+18.0	+ 0.3	+20.0	− 8.1	+ 0.4
100—120	−13.4	+ 1.7	+ 1.3	+11.8	+12.3	+ 5.3
120—140	− 5.3	+ 5.5	0	+11.0	+13.5	+ 8.2
140—160	−30.1	+ 4.8	− 9.0	+ 9.5	+24.0	− 1.3
160—180	−19.3	−10.6	−12.1	+ 7.8	+ 5.9	+ 6.1
180—200	− 5.1	− 0.6	− 3.0	+ 7.6	+10.1	+ 0.7
200—220	+ 2.3	+ 1.5	−14.5	− 3.9	+ 9.6	+ 2.5
220—240	−12.4	+ 3.5	+ 0.7	+ 6.6	+ 4.0	+11.5
240—260	− 8.2	− 3.5	+ 1.8	− 2.8	—	—
260—280	−23.3	+14.3	− 1.5	+ 3.7	− 1.7	+15.8
280—300	−42.3	+ 0.4	−13.0	− 6.3	—	—
300—320	−21.8	+ 1.8	− 5.7	−11.5	−46.0	+20.0
320—340	−14.0	+10.3	−27.8	+ 7.4	−45.3	+39.0
340—360	−18.8	+18.5	−20.0	+ 7.3	−44.8	+30.4

Глава четвертая

КОНЕЦ ЖИЗНИ УЛУГБЕКА

1. Смерть Шахруха и политическая ситуация

В 1446 г. сын Байсункара, Султан Мухаммед, поднял восстание против своего деда Шахруха в западной Персии. Для усмирения восстания Шахрух в том же году предпринял поход. Сын Улугбека, Абд-ал-Лятиф, и жена Шахруха, Гаухар-Шад, вместе с Шахрухом находились при войске, а другой сын Байсункара, Ала-ад-дауля, был в Герате. Шахруху без особого труда удалось ликвидировать восстание. Вскоре, 12 марта 1447 г., престарелый Шахрух, заболев во время пребывания в своей зимней ставке, умер. Вопрос о престолонаследии при нем еще не был решен.

Гаухар-Шад имела большое влияние на политические дела своего мужа, так что при Шахрухе действительная власть находилась в ее руках. Поэтому после смерти Шахруха она немедленно приступила к осуществлению ранее задуманного ею плана. Дело в том, что сын Байсункара, Ала-ад-дауля, считался любимцем царицы Гаухар-Шад. Она тайно ориентировалась на него как на престолонаследника еще при жизни Шахруха, а последний в свою очередь, также тайно, намеревался передать престол своему сыну Мухаммеду Джуки, правившему Балхом. Гаухар-Шад, скрывавшая свое отрицательное отношение к Улугбеку, предложила его сыну Абд-ал-Лятифу принять начальство над войсками Шахруха, но в то же время тайно отправила гонца в Герат к Ала-ад-дауля. Абд-ал-Лятиф, приняв начальство над войсками, также со своей стороны посылает гонца к Улугбеку. В это время через Аму-Дарью переправился сын Мухаммеда Джуки, Мирза Абу-Бекр, который после смерти отца сделался правителем части Балхской области. Тогда Улугбек, единственный оставшийся в живых сын Шахруха, занял Балх.

В то же время среди войск Абд-ал-Лятифа произошло смятение: Абул-Касим Бабур, сын Байсункара, и Халиль-Султан, сын Мухаммеда Джахангира, бежали в Хорасан, причем Абул-Касим Бабур занял Мазандеран; Ала-ад-дауля занял Мешхед. Абд-ал-Лятиф, восстановив порядок в остальной части войск и взяв царицу Гаухар-Шад под стражу, направился с войском на восток и дошел до Нишапура, где в апреле того же года войска Ала-ад-дауля внезапно напали на Абд-ал-Лятифа. Абд-ал-Лятиф был взят в плен, а царица Гаухар-Шад освобождена из-под стражи. Абд-ал-Лятиф подвергся заключению в крепости Ихтияр-ад-дин в Герате. Наконец, был заключен мирный договор, в силу которого пограничной местностью сделался бассейн Мургаба, а Абд-ал-Лятиф был отпущен к отцу и назначен правителем Балха.

Весной 1448 г. произошло большое сражение в Тарнабе между Ала-ад-дауля и Улугбеком, в котором на стороне Улугбека принимал активное участие Абд-ал-Лятиф и которое кончилось полной победой Улугбека над Ала-ад-дауля. Через некоторое время Улугбек, оставив в Герате Абд-ал-Лятифа, покинул Герат.

2. *Предательское убийство Улугбека*

В сражении при Тарнабе левым крылом войск командовал Абд-ал-Лятиф, а правым — другой, младший сын Улугбека Абд-ал-Азиз, но грамота о победе была обнародована от имени одного Абд-ал-Азиза (Абд-ар-Раззак). Это обстоятельство сильно затронуло самолюбие Абд-ал-Лятифа, что и было использовано врагами Улугбека, в особенности ненавидевшим его реакционным духовенством, принимавшим все меры для обострения отношений между Абд-ал-Лятифом и Улугбеком. Когда же ценное имущество Абд-ал-Лятифа, хранившееся в Герате в крепости Ихтияр-ад-дин, Улугбек объявил собственностью государства, это еще больше усилило вражду между сыном и отцом.

Абд-ал-Лятиф, окруженный заядлыми врагами Улугбека — реакционным духовенством, готовился к решительным действиям. Осенью 1449 г. в окрестности Самарканда войска Абд-ал-Лятифа напали на Улугбека. Войска Улугбека были разбиты. Начальник Самарканда, настроенный против Улугбека, не замедлил воспользоваться случаем: он не пустил Улугбека с Абд-ал-Азизом в Самаркандскую цитадель, заперев перед ними ворота. Улугбек и Абд-ал-Азиз направились на север, к крепости Шахрухии, но начальник крепости, осведомленный о поражении Улугбека вместо того, чтобы дать им убежище, сделал попытку захватить их и выдать Абд-ал-Лятифу. Тогда Улугбек, повидимому, с целью лично убедить сына в его заблуждении, возвратился в Самарканд для переговоров с Абд-ал-Лятифом. Но переговоры оказались безуспешными. Наоборот, Абд-ал-Лятиф, окруженный врагами Улугбека, становится на гнуснейший путь — раз и навсегда убрать его со своего пути. Разрабатывается предательский план убийства Улугбека. По совету духовенства, Улугбеку было предложено отправиться в Мекку, чтобы «замаливать свои грехи». Неизвестно каковы были истинные намерения и планы Улугбека, но он принял это предложение. Тем временем тайно от Улугбека над ним был инсценирован суд. Была составлена фетва, т. е. обоснование убийства по шариату, к которой приложили свои печати все представители духовенства, за исключением одного казия Шемс-ад-дин Мухаммед Мискина, отказавшегося скрепить явно незаконный приговор. Все это с внешней стороны делалось без ведома Абд-ал-Лятифа.

Наконец, вечером с небольшим караваном Улугбек отправился «в Мекку». Но вскоре он был остановлен специально посланным вдогонку джигитом, предложившим Улугбеку сделать остановку якобы для пополнения снаряжения каравана и создания более достойной для бывшего правителя обстановки путешествия. Улугбек сделал привал в одном из домов ближайшего населенного пункта, оказавшемся ловушкой для него. Через некоторое время там появился некий Аббас, отец которого якобы в свое время был убит по приказанию Улугбека. Увидя Аббаса, Улугбек сразу догадался о предательстве, но уже было поздно. Аббасу и его спутникам удалось связать застигнутого врасплох Улугбека. После этого, вытащив Улугбека во двор и усадив его на берегу речки около горевшего фонаря, Аббас одним ударом меча отсек ему голову. Так на 56-м году жизни 27 октября 1449 г. предательски был убит ученый с мировым именем, знаменитый астроном и математик, основатель валичайшей в те времена обсерватории и астрономической школы.

Нет сомнения в том, что в убийстве Улугбека ведущая роль принадлежала Ходжа Ахрару. В самом деле, как известно, последний был крупнейшим феодалом и самым влиятельным ишаном — главой среднеазиатского суфизма, ордена накшабандиев. Этот мракобес, окруженный самым реакционным духовенством, как сказано выше, возглавлял борьбу против Улугбека. Невежественный, но влиятельный политик, он в течение сорока лет через подставных лиц фактически управлял страной.

Спрашивается, мог ли занимать нейтральную позицию в вопросе об убийстве Улугбека такой человек, как Ходжа Ахрар, глава самого реакционного духовенства, подготовившего фетву, т. е. религиозное обоснование убийства Улугбека. Конечно, нет. Больше того, хотя нет прямых фактов, но неумолимая логика вещей говорит о том, что именно он, Ходжа Ахрар, был главным идеологом убийства Улугбека и сын последнего Абд-ал-Лятиф, был не чем иным, как слепым орудием в руках Ходжа Ахрара.

3. Вскрытие погребения Улугбека

В связи с изучением эпохи великого узбекского поэта и мыслителя Алишера Навои в июне 1941 г. под руководством автора была организована экспедиция для изучения погребений Тимуридов в мавзолее Гур-и Мир в Самарканде. Пользуясь случаем, считаем необходимым изложить здесь результаты вскрытия погребения Улугбека, которое было произведено 18 июня 1941 г.

Могила Улугбека находится в южной нише склепа мавзолея Гур-и Мир. Надгробие представляет собой плиту, из серого мрамора длиной 228 см, шириной 88.6 см в северном конце и 83 см в южном и толщиной 26 см со скошенными верхними ребрами. Нижняя поверхность выдолблена на глубину 4.2 см, причем оставлены бортики шириной 14 см от края со скосом ребра около 45°, свод плоский.

На надгробной плите имеется следующая надпись на таджикском языке: «Эта светоносная могила, это славное место мученичества, этот благоухающий сад, эта недосягаемая гробница есть место (последнего) успокоения государя, нисхождением которого услаждены сады рая, осчастливлен цветник райских обителей,— он же — прощенный султан, образованный халиф, помогающий миру и вере, Улугбек — султан,— да озарит Аллах его могилу! — счатливое рождение которого совершилось в месяцы 796 года в Султанийе; в месяц же зу-л-хидже 810 года в «городе Безопасности», в Самарканде, он стал полновластным в наместническом достоинстве; подчиняясь же приказанию Аллаха,—«каждый плывет до назначенного ему срока», когда время его жизни достигло до положенного предела, а предназначенный ему судьбою срок дошел до грани, указанной неумолимым роком,— его сын совершил в отношении его беззаконие и поразил отца острием меча (буквально — кинжала), вследствие чего тот принял мученическую смерть, направившись к дому милосердия своего всепрощающего господа, 10 числа месяца рамазана 853 г. пророческой хиджры».[1]

[1] Надпись дешифрована проф. А. А. Семеновым.

Под плитой обнаружен каменный саркофаг, стенки которого монолитны, дно сложено из четырех плотно пригнанных одна к другой мраморных плит, которые оказались несколько осевшими. Между стенками и дном саркофага внутри: длина 210 см, ширина в северном конце 61, а в южном — 58, глубина — 61 см. Толщина стены саркофага неравномерна: на южной и северной сторонах — 14 см, боковые стенки — 13 и 13.5 см. Стенки несколько неточной геометрической формы.

Обнаруженные останки Улугбека находились в следующем положении. Голова была смещена к западной стороне и повернута основанием вверх, причем в естественной связи с черепом оказались три шейных позвонка. Последний из них носил ясный след среза острым рубящим орудием. Нижняя челюсть находилась перед лицом, обращенная ветвями вверх. Фаланги пальцев рук и частью запястья смещены и перепутаны. Точно так же перепутаны все кости ступней. Остальные кости сохранили естественное взаимное расположение. Большая часть костей оказалась перекрытой в несколько рядов остатками ткани. Часть ткани находилась на полу саркофага, у изголовья, по правую сторону торса, ног и ступней. Верхний ряд ткани темного цвета (черно-синего) сохранился маленькими участками; наибольшие фрагменты ее были найдены у изголовья, у правого бедра и у стоп. Мелкими же фрагментами была усыпана вся поверхность скелета. Создалось впечатление, что эта ткань является остатком покрывала.

Второй слой ткани золотисто-коричневого цвета покрывал торс и ноги до середины бедер. Сзади эта ткань собралась в складки над подвздошными костями, спереди спускалась широким углом. Вся ткань посеклась по волокнам. Нижний край одежды сохранил подрубку. Ткань удалось снять, свернув рулоном; только отдельные участки ее, покрывающие нижние части рук, были изъяты фрагментарно. Под этой тканью были обнаружены шаровары из очень тонкой ткани грязносинего цвета, сильно посекшиеся. Шаровары имеют широкую вздержку и схвачены в талии поясом в виде ленты, завязанной бантом спереди.

Рис. 82. Склеп мавзолея Гур-и Мира, где похоронен Улугбек.

Внизу шаровары доходили до щиколоток и имели отчетливо сохранившийся край. Шаровары сохранились только в передней своей части; под спиной, крестцом и верхними частями бедер ткань не сохранилась, очевидно, вследствие довольно продолжительного воздействия воды. Дело в том, что путем опроса старожилов и присутствовавших при вскрытии известных мастеров было установлено следующее: лет 60 назад из арыка, проходившего около мавзолея, прорвалась вода, и весь склеп был затоплен. Вода в склепе стояла довольно долго, пока не просочилась вниз. Вот почему дно саркофага, ткани и костяк Улугбека, носившие следы воздействия воды, оказались покрытыми слоем глинисто-лессовых отложений серого цвета.

Кости сохранились хорошо за исключением локтевой и лучевой костей правой руки, разрушенных каким-то солями. Такому же разрушению подверглась нижняя челюсть, в результате чего она распалась на два основных фрагмента. Лобные бугры черепа под влиянием этих же солей разбухли, деформировались и растрескались. На правой ветви нижней челюсти, по внешнему ее углу, имеется срез до 2 см длины, произведенный острым орудием.

Под грудной клеткой, сохраняющей в общем правильное взаимное расположение частей, под левой ее стороной обнаружена земляная подкладка, вследствие чего при горизонтальном положении таза левое плечо было приподнято более чем на 15 см над уровнем пола: Состав этой подсыпки — лёсовидная земля с включением кусочков обожженного кирпича и неполивной керамики. В ней же был найден резец челюсти человека средних лет (30—35), вследствие чего он не мог относиться к скелету в саркофаге. Непосредственно близ четвертого шейного позвонка был найден срубленный фрагмент третьего позвонка.

В головах была специальная подушка в виде усеченной пирамиды высотой 12 см из такой же лёссовидной земли, как и подсыпка у торса. Следов тканей, кроме фрагментов описанного выше покрывала, обнаружено не было. Следов вдавленности от головы также не оказалось.

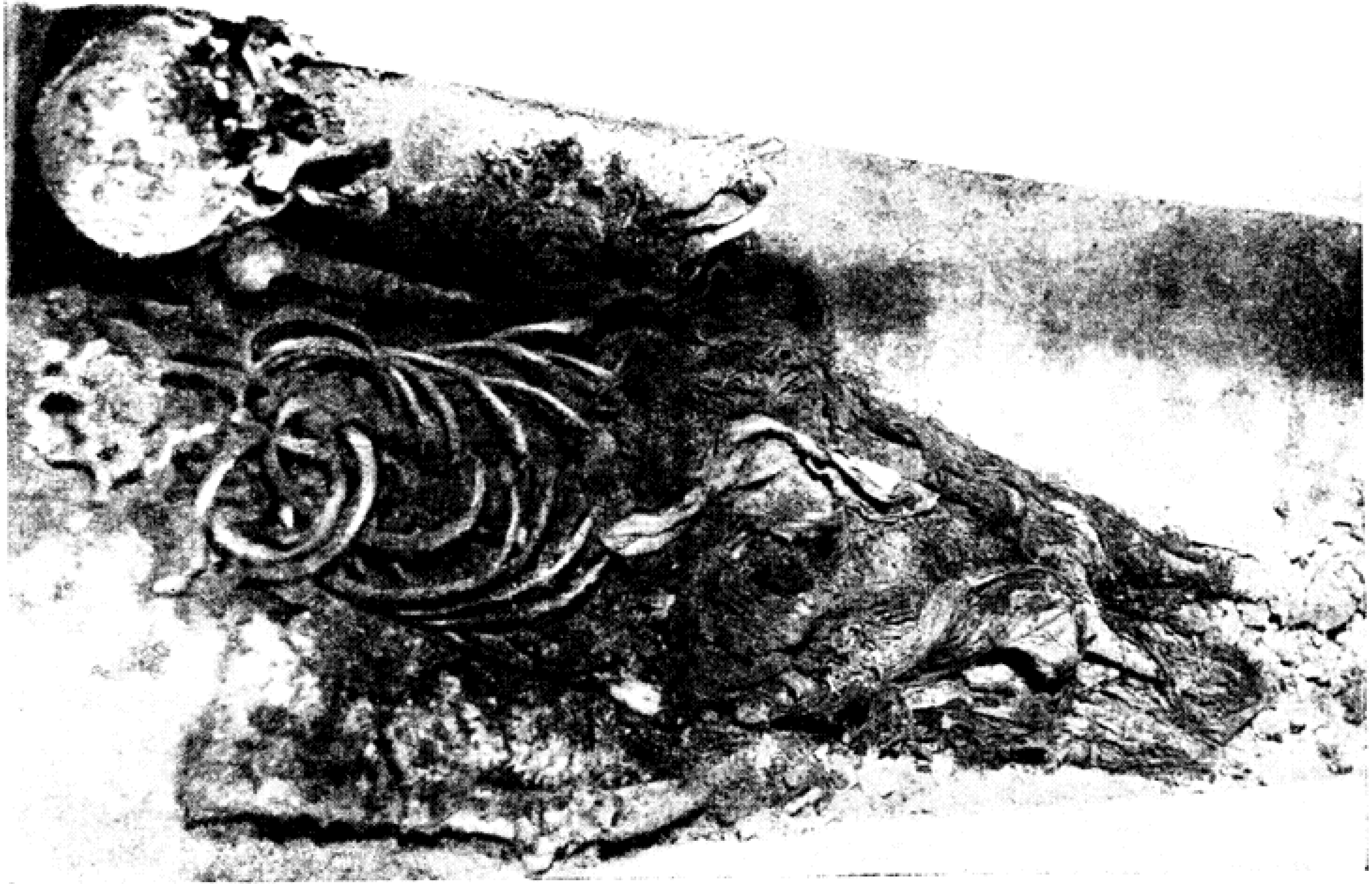


Рис. 84. Останки Улугбека в саркофаге. Голова отделена от туловища.

В отличие от всех других погребений, Улугбек лежал в саркофаге совершенно одетым, что полностью соответствует предписаниям шариата: насильственно убитый, как «шахид» (мученик), должен был быть похоронен обязательно в своих одеждах.[2]

Все обнаруженные ткани были исследованы химиком-реставратором В. Н. Кононовым. От ткани рубашки и шаровар

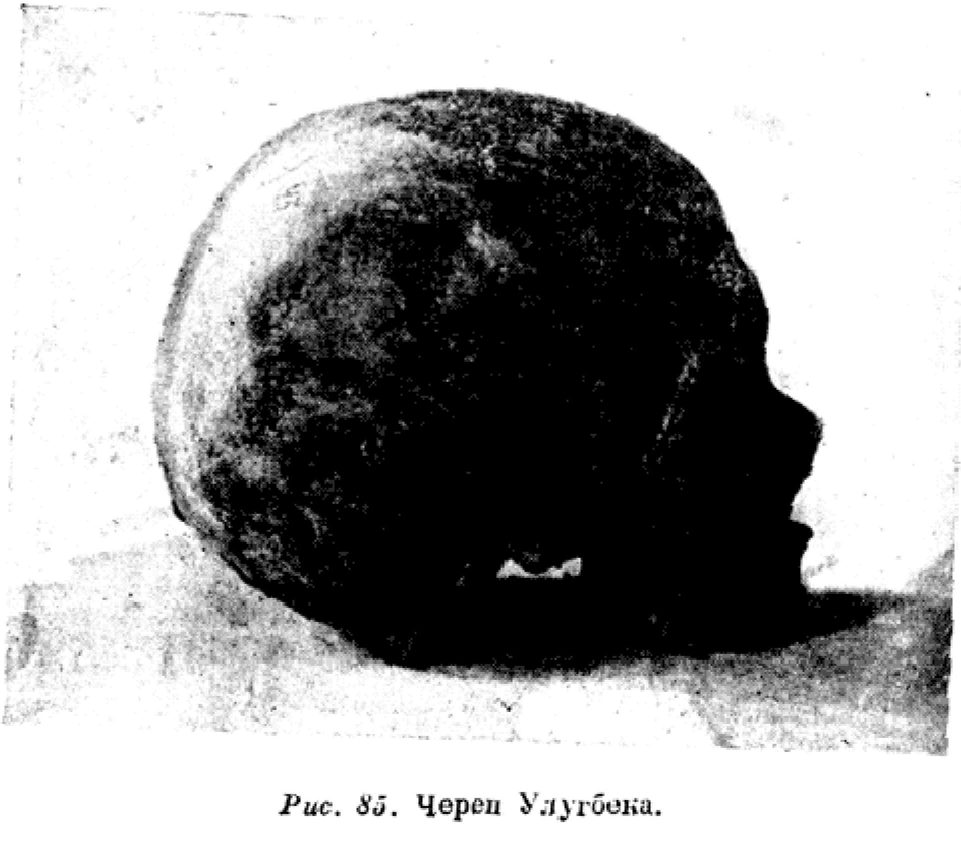


Рис. 85. Череп Улугбека.

сохранились лишь нити основы. Из погребения извлечено много мелких фрагментов синей и коричневой тканей. Материал шаровар — некрученый шелк; первоначальный цвет ткани — зеленый. Выявлены красители нитей ткани: индиго и желтый (природа которого не установлена).

[2] Согласно мусульманскому обычаю, вообще, покойника принято хоронить только в одном саване.

Рубашка — из некрученых шелковых нитей; первоначальный цвет ткани рубашки — желтый. Из погребения извлечены фрагменты, по всей вероятности, покрывала, которое оказалось тонкой шерстяной тканью синего цвета.

По заключению проф. Л. В. Ошанина, производившего антропологическое исследование костного материала, у Улугбека монголоидный тип значительно ослаблен по сравнению с ярко выраженным монголоидным типом его деда — Тимура, что объясняется европеидным типом отца Улугбека — Шахруха. По росту (165.8 см), по емкости черепа (1517 куб. см),

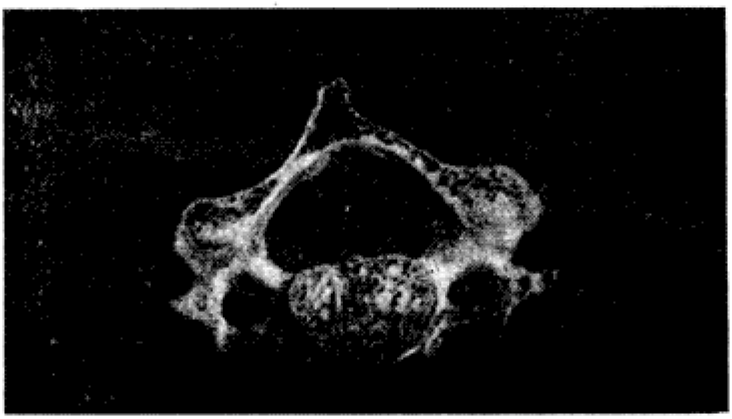


Рис. 86. Отрубленный позвонок Улугбека.

по всем размерам костей туловища и конечностей Улугбек стоит гораздо ближе к своему деду Тимуру, чем к своему отцу Шахруху.

На скелете отчетливо сохранились следы насильственной смерти Улугбека. Третий шейный позвонок рассечен острым оружием в поперечной плоскости так, что нижняя часть тела и дуга этого позвонка срезаны, как бритвой. Удар пришелся также по правому углу нижней челюсти и по нижнему ее краю с левой стороны, которые также срезаны.

Глава пятая

ПОЛОЖЕНИЕ ПОСЛЕ УБИЙСТВА УЛУГБЕКА

1. Политическая ситуация после убийства Улугбека. Роль культурного центра переходит в Герат

После убийства Улугбека феодальные смуты, междоусобные войны достигли наивысшей точки. В лице Абд-ал-Лятифа духовенство и феодальная аристократия нашли своего покровителя. Для народа наступили еще более тяжелые дни, ибо Абд-ал-Лятиф установил в стране деспотический режим, огнем и мечом подавляя своих противников. Между отдельными сословиями усилились противоречия. Обострилась классовая борьба. 8 мая 1450 г. в результате военного заговора Абд-ал-Лятиф также был убит. Отрубленная голова его была выставлена на входной арке медресе Улугбека, на площади Регистана.

Царевич Мирза Абдулла, еще недавно арестованный Абд-ал-Лятифом, был освобожден из-под стражи и возведен на престол. Вскоре Тимурид Абу-Саид, находившийся в Бухаре в заключении и освобожденный духовенством после смерти Абд-ал-Лятифа, в блоке с ханом Абулхайром восстал против Абдуллы. В 1451 г. в битве на Булунгуре войска Абдуллы были разгромлены, а сам Абдулла убит. Победители вступили в Самарканд, Абу-Саид занял престол. Абулхайр удалился в свои степи, оставив Самарканд Абу-Саиду.

Абу-Саид собрал вокруг себя самые реакционные элементы духовенства. Прежде всего им был вызван из Ташкента в

Самарканд Ходжа Ахрар, который стал идеологом и фактическим руководителем проводимой Абу-Саидом политики. Происходит резкий поворот в сторону реакции. Эта линия проводится последовательно и со всей решительностью. Так, например, по предложению Абу-Саида в 1455 г. из Герата был возвращен в Самарканд шейх-ал-ислам Бурхан-ад-дин, который в свое время, получив извещение о смерти Абдуллы, покинул Самарканд.

В Хоросане вскоре после убийства Абд-ал-Лятифа власть была захвачена (1452) племянником Улугбека Абул-Касым Бабуром. После смерти последнего (1457) Абу-Саид сделался правителем всего Тимуридского государства.

В 1461 г. правитель Шахрухии Мухаммед Джуки поднял восстание против Абу-Саида, но после долгой осады города осенью 1463 г. был вынужден сдаться. Посаженный в тюрьму цитадели Ихтияр-ад-дин в Герате, он в том же году умер.

В конце февраля 1468 г. Абу-Саид предпринял поход для завоевания западного Ирана и в 1469 г. погиб в битве с туркменской династией Ак-Куюнлу. В результате престол в Герате перешел к Султан-Хусейну, а в Самарканде — к сыну Абу-Саида Султан-Ахмеду, который играл роль номинального правителя (1469—1494), ибо фактическая власть оставалась в руках шейха Ходжа Ахрара.

Вскоре шейх-ал-ислам Бурхан-ад-дин покинул Самарканд и предался уединенной жизни в одном из медресе Герата, а Ходжа Ахрар, почитаемый преемником Абу-Саида — его сыном мирзой Султан-Ахмедом, остался в Самарканде. Султан-Ахмед был весьма недалеким простаком и пьяницей, так что фактическим правителем в Самарканде попрежнему был Ходжа Ахрар. В результате, культурная жизнь в Самарканде, бывшая при Улугбеке, постепенно сменяется мракобесием исламской богословской мысли. «Перечисляя выдающихся людей царствования своего дяди Султан-Ахмеда, Бабур не называет ни ученых, ни поэтов; очевидно, их в Самарканде в то время не было. Представители побежденной «деревенским шейхом» городской культуры удалились в Герат, к блестящему двору Султан-Хусейна (правнука Омар-шейха, сына Тимура), к которому после Абу-Саида перешла власть в Хоросане».[1]

Постепенно роль культурного центра переходит в Герат, где получают широкое для того времени развитие литература и искусство (архитектура, музыка, каллиграфия, миниатюра). Жизнь и творческая деятельность таких знаменитых поэтов, как Джами, Хатефи, Хеляли, Бинаи, знаменитого художника Бехзада, получившего прозвище «Рафаэль Востока», протекала в рассматриваемую гератскую эпоху.

Среди поэтов и мыслителей этой эпохи своей гигантской фигурой выделяется великий Алишер Навои (1441—1501), который большую часть своей жизни провел в Герате, где он и родился.

Богатейшее литературное наследие великого поэта отражает широту его творческих интересов, исключительное дарование и трудолюбие. «Никто так много и хорошо не писал, как он»,— говорит современник Навои, знаменитый поэт Бабур.

Произведения Навои, замечательные по своей художественной силе, отличаются глубокой народностью и выражают передовые идеи человечества. Великий поэт воспевает лучшие мысли, чувства, чаяния своего народа:

> Средь народа самым лучшим будет тот,
> Кто народу больше пользы принесет.

Произведения поэта пронизаны величайшим гуманизмом. Навои в человеческом обществе выше всего ставит дружбу. Так, в своем бессмертном произведении «Александрова стена» он говорит: «Несомненно, два дружащих между собой нищих гораздо лучше, чем два враждующих между собой царя».

Навои осуждает войны, покорение чужих земель. Ведя решительную борьбу против иноземцев, он воспевает патриотизм своей родины:

> Очевидно, пока у человека есть жизнь,
> Он должен сражаться за родину до последних сил.

---

[1] В. В. Бартольд. Улугбек и его время, Л. 1918, стр. 146.

Навои учил людей правдивости и сам до конца жизни служил правде. В этом отношении широко популярен следующий его афоризм: «Когда язык твой может сказать правду, не пачкай его грязью обмана». Навои беспощадно бичевал несправедливость, жестокость царей. Еще в 1476 г. в стихотворении «Дар разуму» он писал:

Пламя рубина, что в царской короне пылает,
Этот огонь лишь незрелую мысль зажигает.
Царь, что своей рукой потрясает державу,
Царь неразумный, он только страну разрушает.

Замечательна лирика Навои. Чтобы иметь представление о художественной ценности, глубине мысли, а порою изумительной игре слов, необходимо читать эти произведения в подлиннике. Чтение их доставляет величайшее наслаждение. В лирических стихах поэта, как и в других его произведениях, мы находим мотивы любви к человеку и уважения к его достоинству; поэт восторгается мужеством и доблестью; он призывает мужественно переносить все горести и печали:

Если ты хочешь свиданья, то попробуй гореть
в огне разлуки.
О душа, будь стойкой, как гора, по которой
прошел паводок печали.

В основе творчества Навои лежат глубокие и смелые мысли. В эпоху, когда господствовали религиозные мракобесы, Навои утверждал принципы человеческого разума. Устами своего героя Фархада он говорит: «Все, чего достиг человек,— он достиг усилием мысли. Когда работает человеческая мысль, нет непреодолимых препятствий».

Знаменито следующее изречение Навои: «Ученым станет лишь тот, кто расспрашивает о вещах ему неведомых; а тот, кто стыдится расспрашивать, тот себе же враг».

Навои саркастически высмеивает божественные учреждения: рай и ад. Так, например, в одном из своих стихотворений поэт обращается к богу со следующими словами:

Я столько совершал грехов, что если войду в ад,
То ад переполнится моими бесчисленными грехами.
О, боже, тебе гораздо легче было бы простить меня,
Иначе, если ты будешь гневаться, то придется
Для меня устроить особый ад, особый огонь,
И особые мученья.

Навои был не только поэтом и мыслителем, но и государственным деятелем: он занимал ответственный пост при дворе Султан-Хусейна в Герате. Чуткое отношение Навои к запросам народа высоко поднимало его авторитет в глазах народа, что вызвало недовольство тогдашних правителей. Поэта преследуют, за ним устанавливают слежку с тем, чтобы найти повод для изгнания.

В 1499 г., за два года до смерти, Навои собирался покинуть пределы своей родины. В том же году по распоряжению Султан-Хусейна был казнен двоюродный брат поэта — Хайдар. Навои обращается к султану с грозным письмом в следующих стихах:

О ты, чьей рукою держава сильна,
Путь твой к насилью направлен всегда,
Терпит насилье народ от тебя,
Но делаешь это ты сам для себя.
Оставь же насилие и будь справедлив,
О часе задумайся смертном, покуда ты жив.

С другой стороны, наряду с успехами в области литературы и искусства, в рассматриваемую гератскую эпоху угнетение народных масс достигает апогея. Борьба за престол, непрерывные междоусобные войны, опустошавшие целые города, приводили к разорению и обнищанию трудящихся масс. Народные массы восстают против своих угнетателей. В частности, в 1441—1442 гг. в Хузистане имело место восстание Муша'ши, которое охватило широкие массы трудящихся. Это восстание против феодальной власти и ислама проходило под знаком крайнего шиитства, но в конечном итоге было жестоко подавлено.

«В дальнейшем мы видим развернутую картину феодального распада, когда крупные феодалы из дома Тимура вели одну междоусобицу за другой. Борьба эта была столь гибельной для производительных сил, что еще недавно богатая страна стала быстро беднеть. Первые признаки упадка ремесленной промышленности и торговли падают на средину XV века».[2]

В начале XVI в. после захвата власти Шейбани-ханом политическая ситуация резко изменяется. Почти непрерывные войны между претендентами на престол разрушающе действуют на благосостояние страны и парализуют ее культурную жизнь. В результате видные представители науки и культуры постепенно покидают страну, в частности Самарканд. Лишь отдельные ученые, поэты и народные мастера, «последние из могикан», в невероятно тяжелых условиях продолжают свою творческую деятельность. Обсерватория Улугбека не находит никакой поддержки, наоборот, реакционное духовенство принимает все меры к ее разрушению. В результате она прекращает свою деятельность. Распадается астрономическая школа Улугбека. Реакционное духовенство дает разрешение использовать кирпичи, облицовку, мрамор и другой строительный материал обсерватории на различные утилитарные цели, и она уже в начале XVI в. превращается в груду развалин. В результате междоусобиц, перехода власти из одних рук в другие в первой половине XVIII в. «бывшая столица Тимура совершенно опустела; в 1740 г., во время похода Надир-шаха, в Самарканде совершенно не было жителей, кроме цитадели, где поселилось около 1000 семейств. В 1752 г., когда аталык (в 1756 г. принявший ханский титул) Мухаммед-Рахим принял меры для восстановления города, присланные мешки с провиантом были сложены в медресе, где тогда совершенно не было студентов».[3]

Дальнейшие феодальные смуты и происходившие дробления привели к тому, что из огромного феодального государства

---

[2] «Материалы по истории Узбекской республики, Таджикской и Туркменской ССР», ч. I, вып. III, стр. 59. См. ст. проф. А. Якубовского «Феодальное общество Средней Азии и его торговля с Восточной Европой в X—XV вв.».

[3] В. В. Бартольд. История культурной жизни Туркестана, Л., 1927, стр. 99.

Тимура, до присоединения Средней Азии к России, сохранились лишь обломки в виде трех феодальных ханств: Бухарского, Хивинского и Кокандского.

Эти ханства, представляющие собой своеобразные теократии, были разбиты на так называемые бекства, которые являлись почти самостоятельными административными единицами. Земля и вода попрежнему находились в руках ханов, беков, феодалов, духовенства и баев, которые беспощадно эксплоатировали массы дехкан; сохранялась барщина; с трудящихся взимались многочисленные налоги. Суд и конфессиональные школы (мектебы и медресе) находились в руках духовенства. Ханы, подобно своим предшественникам, вели между собой почти непрерывные войны. Между бекствами и между крупными феодалами, претендентами на ханский престол, также происходила борьба. Все это в итоге привело страну к экономической разрухе, обнищанию народных масс и резкому падению культуры, науки и искусства.

2. Влияние астрономической школы Улугбека

Великим трудом Улугбека заканчивается период так называемой мусульманской астрономии на Востоке. Как сказано выше, уже в начале XVI в. обсерватория Улугбека была превращена в груду развалин. Наряду с этим в Европе наблюдается другое явление: развитие промышленности приводит к тому, что у буржуазии повышается стремление к науке, ибо «буржуазии для развития ее промышленности нужна была наука, которая исследовала бы свойства физических тел и формы проявления сил природы».[4]

Такие крупнейшие события, как изобретение книгопечатания на пороге XV в. и великие географические открытия, сделанные в результате развития торговых сношений (открытие Америки, от-

---

[4] К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. XVI, ч. II, стр. 296.

крытие морского пути в Индию, первое кругосветное путешествие и т. д.), оказали огромное влияние на развитие науки, расширив узкий кругозор средневековья. В частности, развивавшееся в грандиозных масштабах мореплавание, а следовательно, потребность в точных наблюдениях над небесными светилами явилась одним из тех главных и решающих стимулов, который послужил развитию астрономической науки в Европе.

Даже церковь, которая была ярым противником астрономической науки, теперь сама была вынуждена, приспосабливаясь к ней, прибегнуть к ее услугам, ибо необходимо было внести ясность в запутавшееся церковное летосчисление. Дело в том, что весеннее и осеннее равноденствие наступало на десять дней раньше, чем должно было бытьв действительности (11 марта вместо 21 марта). Далее, между полнолунием по церковному календарю и его действительным наступлением проходило четыре дня. Это обстоятельство также вносило путаницу, так как большие церковные праздники (пасха и троица) были установлены в зависимости от Луны.[5]

Таким образом, с одной стороны, в силу причин, изложенных в, предыдущем параграфе, наступает застой науки на Востоке и с другой, наступает эпоха возрождения наук на Западе.

Но и на Востоке, после длительного застоя науки, имеют место отдельные моменты ее подъема. Два манускрипта — индийские рукописи XVII и XVIII вв.— подтверждают это положение для рассматриваемой нами области — астрономии, а именно: 1) так называемые «Шах-Джаханские астрономические таблицы»,[6] составленные придворным астрономом индийского шаха Шахабуддина Шах-Джахана (1628—1659), Абу-Мулла-Фаридом Дехлеви и 2) «Мухаммед-Шахские астро-

---

[5] Путаница была устранена в 1582 г. введением григорианского календаря.

[6] Рукопись на персидском языке (زيج شاه جهانی), хранящаяся в Ин-те по изучению вост. рукоп. АН. УзССР, № 4225.

номические таблицы»,[7] составленные вышеупомянутым раджой Савой-Джай-Сингом и посвященные султану Мухаммед-Шаху (1719—1748).

В предисловии к последнему труду Савой-Джай-Синг, касаясь истории сооружения обсерватории в Шах-Джахан-Абаде (Дэли), повествует: «Для этой цели по приказанию Мухаммед-Шаха туда была собрана группа талантливых ученых — геометров (инженеров) и астрономов мусульманского мира, браминов и ученых Европы». «И хотя это дело было огромной важности и прошло много времени, пока кто-либо из могущественных раджей не сделался достойным его окружения, в мире ислама со времени покойного султана-мученика, Мирзы Улугбека, до настоящего времени на протяжении более чем трехсот лет никто из высокославных султанов и именитых и высокостепенных людей на такое дело не обращал должного внимания».[8]

Изучая и сопоставляя содержание вышеупомянутых таблиц с трудом Улугбека, легко показать, что они целиком и полностью базируются на школе Улугбека. Так, «Шах-Джаханские таблицы», подобно работе Улугбека, состоят из обширной теоретической части — введения — и собственно таблиц. Материал текста расположен по Улугбеку и включает четыре раздела. Первый раздел посвящен летосчислению; во втором разделе рассматриваются вопросы практической астрономии; третий раздел посвящен вопросам теории планет; четвертый дает понятие об астрологии.

В предисловии к своему труду Абу-Мулла-Фарид Дехлеви, перечисляя все предшествовавшие астрономические таблицы, в заключение останавливается на таблицах Улугбека. К сожалению, та часть листа рукописи, где об этом идет речь, оказалась настолько поврежденной, что совершенно исключена всякая возможность ее восстановления (по имеющемуся в нашем распоряжении единственному экземпляру этой руко-

---

[7] Рукопись на персидском языке (زیج محمد شاهی), хранящаяся в Ин-те по изучению вост. рукоп. АН УзССР, № 441.

[8] Упом. рукопись, № 441, л. 1а.

Рис 88. Страница из рукописи «Зидж шах-Джахани».

писи). Однако оказалась в хорошей сохранности заключительная часть обзора, где дана общая оценка таблиц Улугбека, а именно: «Из всех астрономических таблиц в настоящее время наиболее почитаемыми и точными являются самаркандские астрономические таблицы»,[9] т. е. таблицы Улугбека.[10]

Перелистывая «Шах-Джаханские таблицы», легко убедиться, как велико влияние Улугбека на эти таблицы. Так, например, содержание вступительной части соответствует содержанию первой главы Улугбека по тому же вопросу; таблицы, помещенные у Абу-Мулла-Фарида на листах 6а, 7а, 7б, являются не чем иным, как таблицами Улугбека, помещенными у последнего соответственно на листах 2б, 3а, 3б; содержание III главы первого раздела Абу-Мулла-Фарида соответствует содержанию II главы первого раздела Улугбека; IV глава первого раздела Абу-Мулла-Фарида соответствует III главе того же раздела Улугбека и т. д.

Перейдем к рассмотрению «Мухаммед-Шахских астрономических таблиц» Савой-Джай-Синга. В начале XVIII столетия, кроме обсерватории в Дэли, им были сооружены еще четыре обсерватории, а именно: в Бенаресе, Муттре, Джайпуре и Уджаине, где также производились наблюдения. Больше того, Савой-Джай-Синг, не ограничиваясь этими наблюдениями, посылал наблюдателей и в другие страны (например, на отдаленные острова, в частности расположенные на южной широте 4°12′ и т. д.). После семилетней работы Савой-Джай-Синг завершил свой труд и в 1728 г. обнародовал свои таблицы «Зидж Мухаммед Шахи». «Когда прошло после (завершения) этого дела семь лет, разнесся слух, что близко к этому времени в Европе тоже устроили астрономические инструменты, и тамошние великие люди и их ученые проявляют к этому удивительному делу живейший интерес, (что) астрономическая обсерватория продолжает функционировать и (что европейские

---

[9] Упом. рукопись, № 4225, л. 3б.

[10] Между прочим, примерно то же самое утверждает вышеупомянутый Бирджанди (см. л. 2а).

ученые) пребывают в постоянном исследовании (всех) тонкостей (астрономической) науки. На этом основании отсюда послали в ту страну достойных доверия ученых специалистов в этой науке в сопровождении Манучехра Эмиля падре (по каталогу Британского музея д-ра Rieu, т. II, стр. 461 — падре Маноэль). Когда (последний со своими спутниками) попросил вместе с прежними астрономическими таблицами той страны тамошние новые астрономические таблицы, называвшиеся (по-латыни Liber — книга) и за прошедшие тридцать лет расположенные по новому порядку, и подверг их рассмотрению, то когда были произведены по ним астрономические наблюдения, в таблицах лунных фаз оказалась разница на полградуса, хотя в таблицах других светил такой разницы не было».[11] Таким образом, в начале XVIII в. под руководством Савой-Джай-Синга индусская астрономия вновь оживилась.

Спрашивается, каково было влияние Улугбека в этом случае? Сопоставляя работу Савой-Джай-Синга с работой Улугбека, легко убедиться, что она также целиком основывается на школе Улугбека.

Рассматриваемая работа, подобно работе Улугбека, состоит из обширного введения (теории) и собственно таблиц. Материал текста расположен по Улугбеку и состоит из трех разделов. Первый раздел посвящен вопросам летосчисления; второй — вопросам практической астрономии; третий — вопросам теории планет.

Сопоставляя содержание этих глав с содержанием соответствующих глав Улугбека, в частности: I, II, III, IV, V, VI, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX главы второго раздела Савой-Джай-Синга соответственно со II, III, IV, V, VI, VII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XX, XXI главами второго раздела Улугбека — легко обнаружить огромное влияние астрономической школы Улугбека.

---

[11] Упом. рукопись, л. 2б.

На известной стадии развития астрономической науки у китайцев школа Улугбека имела влияние и на них. Это положение становится в известной мере вероятным, если принять во внимание постоянные сношения китайцев с Самаркандом и авторитет астрономической школы Улугбека тех времен. Вот почему: «... отец Гобиль заявляет, что *ламы и тибетские жрецы имеют древние книги по астрономии. Все, чему китайцы научились в области этой науки, пришло к ним с Запада, из окрестностей Самарканда*».[12] Ученый иезуит миссионер Антуан Гобиль (1689—1759), весьма осведомленный в китайской науке, автор в свое время очень ценного исследования в области китайской астрономии, принимавший активное участие в устройстве обсерватории в Пекине, высказал подобное суждение, весьма вероятно, опираясь на фактические данные. Удивительного в этом ничего нет, потому что мы располагаем свидетельствами о том, что в мусульманскую эпоху Средняя Азия и Китай были в тесных сношениях между собой и дед Улугбека, эмир Тимур, и его отец Шахрух неоднократно обменивались посольствами с Китаем. Что касается караванной торговли империи Тимура и тимуридов с Китаем, то она, как известно, была весьма оживленной. Естественно, что китайцы могли позаимствовать многое из научных достижений эпохи Шахруха — Улугбека, как в свою очередь могли воспринять кое-что от китайцев среднеазиатские ученые и ремесленники.

3. Убийство Улугбека — не случайное явление

На протяжении всей истории человечества шла борьба «между старым и новым, между отмирающим и нарождающимся, между отживающим и развивающимся».[13]

Вся история человечества вообще и Средних веков в частности

[12] M. B a i l l i. Traité de l'Astronomie indienne et orientale, Paris, 1787, стр. 179.

[13] «История ВКП(б). Краткий курс», 1946, стр. 104.

насыщена изумительными фактами, подтверждающими сказанное. Так, например, упомянутого нами знаменитого ученого хорезмийца ал-Бируни преследовали почти на протяжении всей его творческой деятельности. «Я был вынужден,—говорит ал-Бируни,—укрываться, искать убежища». Очевидно, его мытарства достигли своего апогея, так как он пишет, что «подвергался таким испытаниям, каким не подвергался ни Ной, ни Лот».

Не избежал преследований и величайший ум средневекового Востока Абу-Али-ибн-Сина (Авиценна), несмотря на свое высокое положение первого министра при бундских князьях. Сам он не раз подвергался заключению в тюрьму и изгнанию, а некоторые его труды были сожжены как еретические.

Крупный таджикский поэт, путешественник и пропагандист — философ XI в. Насыр-и-Хосров, уроженец Кобадиана, неустанно преследовался «правоверными» мусульманскими теологами и властями. Уходя все дальше и дальше на Восток от своих гонителей, он нашел последнее пристанище в неприступных горных трущобах р. Кокча (левый приток Пянджа), в Юмгане, где и окончил свою долгую скитальческую жизнь. Один из его почитателей только за то, что в Нишапуре на диспуте процитировал его стих, был растерзан на куски мракобесами ислама.

Знаменитый английский ученый Р. Бэкон был обвинен в том, что он продал дьяволу душу и сделался магом. «Вы называете,— писал он,— делом дьявола мои произведения потому только, что они недоступны вашему уму. Только по этой причине невежественные теологи и духовные ученые гнушаются ими, как порождениями магии, не достойными христианина». Но все усилия Р. Бэкона остались бесплодными. Его работы как содержащие «опасные и подозрительные учения» были признаны вредными и изъяты, а сам Бэкон был посажен в тюрьму, где провел более 15 лет.

Великий астроном Джордано Бруно за его смелые астрономические высказывания был заключен в тюрьму, а когда и этого оказалось недостаточно для того, чтобы заставить его отказаться от своего учения, его живым сожгли на костре

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1

Узбекский народ имеет за собой богатую самобытную культуру, корни которой уходят в глубь веков. *Проходя через сложные формы общественного развития, узбекский народ участвовал в создании мировой культуры.*

Астрономическая школа Улугбека была подготовлена его предшественниками, главным образом соотечественниками — ал-Фергани, ал-Хорезми, ал-Бируни, ал-Ходженди и др. Ею проделана огромная работа.

По своим грандиозным масштабам, по оригинальности конструкции, а также по результатам наблюдений обсерватория Улугбека явилась последним словом астрономической науки всего мусульманского Востока того времени.

Выше было сказано, что взгляд на гелиоцентрическую систему мира не был чужд школе Улугбека. Конечно, передовая для своего времени астрономическая школа Улугбека была знакома со взглядом своего предшественника, ал-Бируни, о равноправии геоцентрической и гелиоцентрической систем мира.

Однако школа Улугбека была лишена возможности открыто высказать, тем более в той или иной законченной форме изложить это учение, ибо оно шло вразрез с учением ислама. Господствовавшее теологическое мировоззрение и крайне низкий уровень культуры широких масс были серьезными препятствиями на этом пути.

Деятельность астрономической школы Улугбека, передовой школы своего времени, протекала в обстановке борьбы между прогрессивными силами и реакционным духовенством. Предательское убийство Улугбека является не чем иным, как отражением резкого обострения этой борьбы, моментом ее кульминации.

Нет ничего удивительного в том, что астрономическая школа Улугбека после смерти ее основателя, на фоне все обострявшихся социальных столкновений эпохи феодализма, распалась. Наступает закат астрономической мысли на Востоке. Лишь спустя почти три века после Улугбека делается попытка возрождения его традиции в Индии, но это оказалось также *кратковременной вспышкой*.

2

Великая Октябрьская социалистическая революция освободила узбекский народ, как и другие народы Советского Союза, от национального гнета и открыла широкий путь к светлой, культурной жизни. Были созданы все условия для культурного и экономического подъема ранее угнетенных народностей. Бурный рост экономики Узбекистана создал благоприятную почву для развития культуры узбекского народа, национальной по форме, социалистической по содержанию. Социалистическая культура узбекского народа, как и других народов СССР, впитывает в себя самое лучшее наследие человечества всех эпох и времен.

Одной из основных черт этой новой культуры является ее подлинно народный характер. Осуществление ленинско-сталинской национальной политики партии, братская помощь великого русского народа обеспечили приобщение народных масс окраин к высшей пролетарской духовной и материальной культуре в формах, соответствующих быту и национальному облику этих масс.

Проблема создания культуры, национальной по форме и социалистической по содержанию, во весь рост поставила вопрос о создании широкой сети школ на родном языке, необходимость чего не раз подчеркивали Ленин и Сталин. Реализация этого положения неуклонно проводилась в жизнь с первых дней Октябрьской революции. Осуществляется всеобщее начальное образование. Так, например, если в 1914 г. в Узбекистане было всего 150 школ, то в настоящее время число их увеличилось в 28 раз, а число учащихся в них увеличилось в 57 раз и составляет свыше одного миллиона.

В среднем на тысячу человек населения по Узбекистану насчитывается 165 учащихся в начальных, неполных средних и средних школах, в то время как в таких капиталистических странах Европы, как Франция и Великобритания, на то же число населения учащихся соответственно всего 135 и 145. Из сопоставления этих цифр явствует, что бывшая отсталая колония царизма, нынешний социалистический Узбекистан, по степени охвата обучением в школах уже перегнал эти страны Европы.

Благодаря бурному развитию экономической и культурной жизни на социалистической основе развивался и сформировался узбекский литературный язык. Он сделался государственным языком. Узбекский язык изучается на всех ступенях народного образования. Ведется большая научно-исследовательская работа в этой области; создана новая наука об узбекском языке, которая развивается на марксистско-ленинской основе. Разрешен ряд важнейших вопросов узбекского литературного языка. Узбекский язык в своей основе освободился от арабизма и фарсизма и сделался вполне доступным для широчайших масс узбекского народа.

Одним из замечательных орудий нашей социалистической культуры является язык великого русского народа, язык великих вождей пролетариата — Ленина и Сталина, язык великих художников слова и мыслителей — Пушкина, Горького, Чернышевского, Герцена, Толстого.

Язык «рождается и развивается с рождением и развитием общества».[1] Узбекский язык, как и языки других народов Совет-

[1] И. В. Сталин. Относительно марксизма в языкознании. «Культура и жизнь», 1950, № 17.

ского Союза, обогатился на основе развития социалистических производственных отношений, на основе неуклонно растущей культурной близости узбекского народа с русским народом, на основе благотворного влияния русской культуры. Узбекский язык впитал в себя много терминов, получивших интернациональное значение (колхоз, совхоз, совет, революция и т. д.), стал богаче не только в лексическом, но и в фонетическом отношении.

Обогащая и развивая свой литературный язык, узбекский народ одновременно изучает язык великого русского народа, что является одним из прекрасных средств тесного культурного общения со всеми народами СССР.

Письмо — одно из величайших человеческих открытий. Оно — могучее средство, при помощи которого человек, выражая свою мысль, имеет возможность сохранить ее для потомства; оно дает возможность человечеству веками накоплять знания.

Переход к новому узбекскому алфавиту на основе русской графики был весьма важным этапом в развитии узбекской письменности. Этим революционным шагом узбекский народ разрушил до основания гнилые традиции в области языкового строительства. Новый узбекский алфавит вполне оправдал себя и сделался достоянием широчайших масс.

Узбекская советская литература бурно развивалась и развивается на основе материального и культурного подъема узбекского народа. Как и вся советская литература, она играет огромную роль в борьбе узбекского народа за дело партии Ленина — Сталина.

Узбекская советская литература неразрывно связана с прогрессивными и демократическими элементами дореволюционной узбекской литературы. Она широко использует эти элементы, ибо, согласно ленинскому положению, «мы *из каждой* национальной культуры берем *только* ее демократические и ее социалистические элементы».[2]

Русская художественная литература стала для узбекского

[2] В. И. Ленин. Соч., т. XVII, стр. 137.

народа родной. Творчество русских писателей — Пушкина, Лермонтова, Толстого, Тургенева, Чехова, Крылова, Горького, Маяковского и др.— оказало огромное благотворное влияние на развитие узбекской советской литературы. На узбекский язык переведен ряд произведений русских советских писателей, а также русских классиков.

Бурно и на новой основе развивается искусство возрожденного узбекского народа. До Октябрьской революции в Узбекистане не было ни одного узбекского театра в современном смысле слова. В настоящее время на территории Узбекской ССР насчитывается свыше 45 театров, что является ярким показателем бурного роста театрального искусства в Узбекистане и вместе с тем показателем возросшей культурной потребности трудящихся масс узбекского народа. Создан узбекский театр оперы и балета. Но опера и балет — вершина театрального искусства, следовательно, сам по себе факт существования этого театрального жанра убедительно свидетельствует о пышном расцвете узбекского искусства.

Произведения русской классической и современной музыки — Глинки, Римского-Корсакова, Чайковского, Рахманинова, Прокофьева, Мясковского и др., являясь прекрасной школой для узбекских композиторов, благотворно влияли на развитие узбекской музыки, подняв ее на более высокую ступень.

Обогащая свою культуру, узбекский народ создает большие культурные ценности, представляющие собой достояние всех советских народов и крупный вклад в сокровищницу мировой культуры.

Таким образом, «...освобожденные неевропейские народы, втянутые в русло советского развития,— как говорил товарищ Сталин,— способны двинуть вперед **действительно** передовую культуру и **действительно** передовую цивилизацию ничуть не меньше, чем народы европейские».[3]

Хотя мысль о необходимости создания высшей школы в Туркестане появилась задолго до Октябрьской революции,

[3] И. В. Сталин. Вопросы ленинизма, изд. 11-е, стр. 178.

но, как следовало ожидать, ей не было суждено осуществиться.

Победа Октябрьской революции подготовила прекрасную почву не только для успешного разрешения поставленной задачи об открытии высшей школы, но и для создания и бурного развития целой системы высшего образования: университетского, технического, сельскохозяйственного, медицинского, педагогического и музыкального.

В настоящее время в Узбекистане насчитывается 36 высших учебных заведений, в которых учится 38 тысяч человек, или одно высшее учебное заведение на 175 тысяч человек населения. Характерно, что в Иране всего лишь 5 высших учебных заведений, где учится около 4500 человек, или одно высшее учебное заведение на 3400 тысяч населения, а в Турции—10 высших учебных заведений с количеством учащихся около 11 тысяч человек, или одно высшее учебное заведение на 1950 тысяч населения.

По мере качественного и количественного роста высших учебных заведений и выпускаемых ими кадров научных работников организуется ряд специальных научно-исследовательских учреждений, закономерное развитие которых приводит к созданию Академии наук Узбекистана. Существование Академии на территории бывшей царской колонии, где была почти сплошная неграмотность, является подлинным триумфом ленинско-сталинской национальной политики нашей партии и результатом братской помощи великого русского народа в области социалистической культуры узбекского народа.

Советская наука— это наука существенно особого строя и характера: она поставлена на службу трудящимся; она стала неотъемлемой частью революционной борьбы за построение социализма.

Действительно, наука у нас пустила глубокие корни во всей стране, она органическим и самым теснейшим образом связана с социалистическим строительством на всех его участках.

В знойных песках Каракумов, в пустынях Бедбакдала, на вершинах Памира, в его суровых ледниках, в недрах земли — везде наши ученые ведут изыскания, изучают богатства нашей страны, выявляют ее потенциальные возможности, чтобы поставить их на службу человеку.

Наши историки и археологи разработали историю узбекского народа, показав ему пройденный им сложный жизненный путь. Наши энергетики заставили водную энергию служить трудящимся, построив целую сеть мощных гидроэлектростанций. Наши ирригаторы создали ирригационные системы, являющиеся одним из прекрасных памятников Сталинской эпохи. Наши геологи, неустанно изучающие недра республики, обогатили народное хозяйство ценными ископаемыми. Наши ботаники и почвоведы помогли узбекскому народу рационально и эффективно использовать новые огромные массивы земель. Наши селекционеры оказали большую услугу хлопкоробам, создав новые, высокоурожайные, вилтоустойчивые сорта хлопчатника, этой ведущей культуры республики. Наши химики, изучающие местные стройматериалы, оказали огромную услугу узбекскому народу в деле эффективного использования местных ресурсов в строительстве. Наши математики, физики, геофизики и астрономы, обогащая эти отрасли науки новыми достижениями, изучают законы, управляющие важнейшими явлениями природы, что имеет громадное значение в развитии передовой культуры, науки, техники и народного хозяйства.

Это именно та наука, которая, как говорил товарищ Сталин, «не отгораживается от народа, не держит себя вдали от народа, а готова служить народу».

Одним из величайших завоеваний Октябрьской революции в области социалистической культуры является формирование мировоззрения советских людей. «Октябрьская революция,— говорит товарищ Сталин,— не есть только революция в области экономических и общественно-политических отношений. Она есть вместе с тем революция в умах, революция в идеологии рабочего класса».[4]

Мировоззрение советских людей базируется на передовом мировоззрении большевистской партии, на учении Маркса —

[4] И. В. Сталин. Вопросы ленинизма, изд. 10-е, стр. 208

Энгельса — Ленина — Сталина, которое опирается на научные основы.

Под руководством партии Ленина — Сталина *проделана огромная работа в области формирования коммунистического мировоззрения советских людей*. Так, например, на протяжении тысячелетий для подавляющего большинства людей труд был тягостным бременем. Таким он является и сейчас в капиталистических странах, где существует эксплоатация человека человеком. Сама природа социалистического строя создала все условия для проявления сознательной инициатива и творчества широких масс, она коренным образом изменила отношение людей к труду. Величайшим проявлением вдохновенного творческого труда явилось социалистическое соревнование. Труд у нас превратился в дело чести, славы, доблести и геройства.

Идеология дружбы народов Советского Союза, идеология коллективизма, беззаветная преданность партии Ленина — Сталина, новое отношение к социалистической собственности, советский патриотизм и т. п. благородные качества советских людей свидетельствуют о торжестве коммунистического мировоззрения.

Бессмертные идеи ленинизма, представляющего собой вершину русской и мировой культуры, овладели умами широчайших масс трудящихся. В этом — одно из величайших завоеваний Октябрьской революции. Узбекский народ вырос и политически и духовно. Он совершенно не тот, которым был до Октябрьской революции.

Узбекский народ, как и другие народы Советского Союза, с чувством своего достоинства, гордый сознанием великого дела, овладев новой, высшей культурой, уверенно и неуклонно идет вперед — к коммунизму.

Этим он обязан ленинско-сталинской национальной политике коммунистической партии большевиков, выполняющей свою великую историческую миссию, братской помощи великого русского народа, гениальному руководству и повседневной заботе корифея науки — великого Сталина.

ЛИТЕРАТУРА

КЛАССИКИ МАРКСИЗМА-ЛЕНИНИЗМА

К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. VIII.
— Соч., т. XIII, ч. 2.
— Соч., т. XIV.
— Соч., т. XVI, ч. 2.
— «Архив Маркса — Энгельса», т. VI.
В. И. Ленин. Философские тетради. 1936.
— Соч., т. III.
— Соч., т. XVII.
И. В. Сталин. Марксизм и национально-колониальный вопрос, 1937.
— Вопросы ленинизма, изд. 10-е.
История Всесоюзной коммунистической партии (большевиков). Краткий курс, 1946.

ПЕРВОИСТОЧНИКИ, ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОДСОБНАЯ ЛИТЕРАТУРА [1]

XV век

Рюи Гонзалес-де Клавихо. Дневник путешествия ко двору Тимура в Самарканд в 1403—1406 гг., изд. и перев. И. И. Срезневского, СПб., 1881.
Мухаммед-Мирза Улугбек. Зидж-и джедид-и Гурагони (Новые Гурагонские астрономические таблицы). Рукопись ИВР АН УзССР № 2214.

[1] Приведена только основная литература.

Гияс-ад-дин-Джемшид. Рисоля дар шархи олоти расад (Трактат об астрономическом инструменте).

Абд-ар-Раззак-и Самарканди. Матла-ас-Са'дейн (Восход двух счастливых созвездий). Трактат по истории.

Абдурахман Джами. Нефехат-ал-онс (Дыхание тесной дружбы), 883 (1478/79).

Мирхонд. Раузат-ас-Сафа (Сад чистоты), т. VI.

XVI век

Абд-ал-Али Бирджанди. М'арифат-и а'моли астарлаб (О применении астролябии). Рукопись ИВР АН УзССР № 1854.

— Шарх-и Зидж-и Гурагони (комментарии к Гурагонским астрономическим таблицам). Рукопись ИВР АН УзССР № 704.

Захир-ад-дин-Бабур. Бабур-намэ, изд. Н. И. Ильминского. Казань, 1857.

Хондемир. Хабиб-эс-сиер (Друг жизнеописаний), Тегеран, 1854/1271, литография.

XVII век

Абу-Мулла-Фарид Дехлеви. Зидж-и Шах-Джахани (Шахджаханские астрономические таблицы). Индия. Рукопись ИВР АН УзССР № 4225.

J. Greaves. Binae Tabulae geographicae, una Nassir-Eddini Persae, altera Ulug-Beigi Tartari, London, 1652.

T. Hayde. Tabulae longitudinis et latitudinis stellarum fixarum ex observatione Ulug-beighi, Oxford, 1665.

XVIII век

Савой-Джай-Синг. Зидж-и Мухаммед-шахи (Муххамед-Шахские астрономические таблицы), Индия. Рукопись ИВР АН УзССР № 441.

Саид Раким. Тарих-и Ракими (История Ракима). Рукопись ИВР АН УзССР № 21.

G. Sharpe. Tabulae longitudinis et latitudinis stellarum fixarum ex observatione Ulug beighi, Oxford, 1767.

M. Bailly. Traité de l'Astronomie indienne et orientale, Paris, 1787.

M. Delambre. Histoire de l'Astronomie du moyen âge, Paris, 1819.

F. Baily. The Catalogues of Ptolomey, Ulug-Beigh, Tyche Brahe, Halley and Hevelius, deduced from the best Authorities, with various notes and corrections, «Memoirs of the Astronomical Society», London, 1843, XIII.

XIX век

Абу-Тахир Ходжа. Самария. Перевод В. Л. Вяткина (справ. книжка Самарк. обл. на 1898 г.), Самарканд, 1899.

F. Rosen. The algebra of Mehammed ben Musa, London, 1831.

L. Sédillot. Prolégomènes des Tables astronomiques d'Ouloug-Beg, Paris, 1853.

M. de Laplace. Précis de l'Histoire de l'Astronomie, Paris, 1865.

E. B. Knobel. Notes on a Persian MS of Ulugh Beigh's Catalogue of Stars, belonging to the Royal Astronomical Society, «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society», XXXIX, London, 1879.

C. A. Nallino. Al-Huwarizmi e il suo Rifacimento della geografia di Tolomeo (Surat al-ard.), Roma, 1895.

C. Brockelmann. Geschichte der Arabischen Literatur, Weimar, 1898.

XX век

В. В. Бобынин. Улугбек (Мохаммед ибн-Шахрух). Истор.-биогр. справка, Энц. слов. Брокгауза и Ефрона, кн. 68, стр. 696—697, СПб., 1902.

А. Берри. Краткая история астрономии, М., 1904.

В. В. Бартольд. Народное движение в Самарканде в 1365 г., Зап. Вост. отдела, т. XVII, СПб., 1906.

М. П. Осипов. Письмо о раскопках обсерватории Улугбека, «Изв. Русск. астроном. об-ва», 1909, № 1, вып. XV.

Салих Заки. Асар-и Бакия (Вечный памятник), Константинополь (Стамбул), 1911/1329.

В. Л. Вяткин. Отчет о раскопках обсерватории Мирза Улугбека в 1908 и 1909 годах, «Изв. Русск. комитета для изуч. Средн. и Вост. Азии», 1912, № 11, сер. II.

В. Милованов. Астрономические познания самаркандских астрономов. «Протоколы Турк. кружка любит. археологии», т. XVIII, Ташкент, 1913.

И. И. Сикора. О памятнике Улугбеку, «Изв. Турк. отдела русск. географ. об-ва», т. IX, 1913.

Д. Зимин. Подробности смерти Тимура, «Протоколы Турк. кружка любит. археологии», Ташкент, 1914.

В. В. Бартольд. Улугбек и Ходжа Ахрар (доклад, читанный на заседании Русск. археол. об-ва, Вост. отд., 12/III 1915 г.). См. ЗВОИРАО, т. XXIII, стр. VII—IX, СПб., 1916.

В. В. Бартольд. Улугбек и его время, Л., 1918.

В. В. Бартольд. История культурной жизни Туркестана, Л., 1927.

«Материалы по истории Узбекской республики, Таджикской и Туркменской ССР», ч. I, вып. III, Л., 1932.

В. А. Шишкин. Медресе Улугбека в Гиждуване, «Материалы Уз. комстариса», вып. 2—3, Ташкент, 1933.

А. Ю. Якубовский. Самарканд при Тимуре и Тимуридах, Л., 1933.

А. Г. Гржимайло. К истории введения культуры винограда в Китае, «Архив истории и техники», т. V, М.—Л., 1935.

Г. В. Григорьев. Тали-Барзу, «Соц. наука и техника», № 2 и 3, Ташкент, 1938.

А. А. Семенов. Ал-Бируни, «Литература и искусство Средней Азии», 1938, № 1.

В. А. Шишкин. Новые данные по искусству Согдианы, «Искусство», 1938, № 5.

В. П. Щеглов. Астроном Улугбек, «Правда Востока», № 278, Ташкент, 1940.

С. П. Толстов. Древности Верхнего Хорезма, ВДИ, 1941, № 1.

П. М. Факторович. Великий бухарский ученый Ибн-Сина (Авиценна), «Тр. УзГУ», нов. сер., № 30, Самарканд, 1941.

Э. Кольман. Великие достижения среднеазиатской культуры и как фашизм тужится их себе присвоить, Алма-Ата, 1942.

Т. Н. Райнов. Великие ученые Узбекистана, Ташкент, 1943.

Т. Н. Кары-Ниязов. Обсерватория Улугбека в свете новых данных (доклад на июньской сессии АН УзССР), Научная сессия АН УзССР, Ташкент, 1947.

Г. Ж. Джалялов. Секстант как главный инструмент обсерватории Улугбека, «Астроном. журнал», 1947, т. XXIV, вып. IV.

И. Ю. Крачковский. Математическая география у арабов, Сб. «Научное наследие», М.—Л., 1948.

В. А. Шишкин. Раскопки обсерватории Улугбека, «Правда Востока» от 14/IX 1948 г.

H. Suter. Die Mathematiker und Astronomen der Araben und ihre Werke, «Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaft», H. X, 1900 und XIV, 1902.

C. A. Nallino. Al-Battani Opus Astronomicum. Publicazione del Reale Osservatorio di Brera in Milano, v. XL, Milano, 1903.

P. Ducret. Les anciennes observatoires astronomiques de l'Inde, «L'Astronomie», «Bulletin de la Société astronomique de France», Mai, 1911.

G. Bigourdan. L'Astronomie, Paris, 1911.

C. Peter and E. Knobel. Ulugbegh's Catalogue of Stars, Washington, 1917.

Carra de Vaux. Les penseurs de l'Islam, v. II, Paris, 1921.

F. Boquet. Histoire de l'Astronomie, Paris, 1925.

P. Schwarz. Al-khalidat, «Enz. des Islams», v. II, p. 880—881, Leyden—Leipzig, 1927.

C. Schoy. Kibla, «Enz. des Islams», v. II, p. 985—989, Leyden — Leipzig, 1927.

E. Wiedemann. Al-Khudjandi, «Enz. des Islams», v. II, p. 1043, Leyden — Leipzig, 1927.

G. Sarton. Introduction to the history of science, 2 v., Baltimore, 1927—1931.

P. Luckey. Die Auszichung der n-ten Wurzel und der binomishe Lehrsatz in der islamischen Mathematik. Mathematishe Annalen, m. 120, 1948.

УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН

А

Аббас (двоюродный брат Мухаммеда) — 22
Аббас (убийца Улугбека) — 288
Абд-ал-Азиз (младший сын Улугбека) — 23, 286, 287
Абд-ал-Али бин-Мухамед бин-Хусейн Бирджанди —57, 78, 80, 96, 102, 103, 106, 107, 112, 121, 129, 134, 143, 188, 190
Абд-ал-Лятиф (сын Улугбека) — 285, 286, 287, 288, 296, 297
Абд-ар-Раззак-и Самарканди — 32
Абдулкарим — 52
Абдурахим — 52
Абдурахман Суфи — 278, 279
Абдурахман Хорезми — 52
Абу-Али-ибн-Сина (Авиценна) — 18, 19, 50, 309
Абу-Бекр Келави — 21
Абул-Касим Бабур — 286, 297
Абулхайр — 296
Абу-ль-Вафа — 45, 158, 195
Абу-Махмуд-хан-ал-Ходженди — 16, 48, 75, 82
Абу-Мулла-Фарид Дехлеви — 303, 304, 306
Абу-Райхон-ал-Бируни — 17, 18, 46, 47, 50, 56, 57, 187, 309
Абу-Саид — 23, 296, 297, 298
Авиценна (Абу-Али-ибн-Сина) — 18, 19, 50, 309
Аз-Зухри — 16
Ала-ад-Дауля (второй сын Байсункара) — 285, 286
Ала-ад-дин Али-ибн-Мухаммед Кушчи — 54, 95, 96
Ал-Бакри — 187
Ал-Баттани — 44, 158, 279
Ал-Бируни — 17, 18, 46, 47, 50, 56, 57, 187, 309, 311
Ал-Джаухари — 16, 42
Александр Македонский — 9, 106
Али-бин-Иса — 44
Али-бин-Мухаммед Джурджани — 52
Али-ибн-ал-Аббас — 18
Ал-Идриси — 187
Али-Кушчи — 54, 95, 96
Алишер Навои — 289, 298, 299, 300
Ал-Кумари — 16
Ал-Кухи — 158
Ал-Макари — 187
Ал-Мамун — 16, 42, 45
Ал-Мервази — 16
Алп-Арслан Сельджукид — 117
Ал-Суфи — 158, 279
Ал-Фараби — 16, 50
Ал-Фергани — 12, 42, 44, 50, 311

Ал-Хайтам — 195
Ал-Ходженди — 16, 48, 75, 82, 311
Ал-Хорезми — 13, 42, 43, 44, 50, 311
Ал-Чагмини — 94
Альфраганус — 12
Аполлоний — 40
Аргун-шах — 30
Аристарх — 38
Аристиль — 277
Аристотель — 16, 18, 37, 38, 40, 50
Архимед — 43
Ат-Тафтазани — 94
Ахмед (сын Омар-Шейха) — 29
Ахмед-бин-Мухаммед ал-Фергани— 12, 42, 44, 50, 311
Ахмед-бин-Абдулла ал-Мервази — 16, 42
Ахмед-лур — 58

Б

Бабур (Захируддин Мухаммед) — 298
Бадахши — 52
Байсункар — 285, 286
Бартольд В. В.— 76
Баязид II (султан) — 96
Baily — 97
Бессель — 157
Бехзад — 298
Биби-ханым (жена Тимура) — 22
Бинаи — 298
Бирджанди — 78, 80, 96, 102, 103, 106, 107, 112, 121, 129, 134, 143, 188, 190
Браун — 269
Бруно Джордано — 309, 310
Бурхан-ад-дин — 297
Бэкон Р.— 309

В

Ву-ди — 10
Вяткин В. Л.— 60, 62, 65, 66, 68, 69, 71, 78, 85

Г

Галилей — 39
Гаухар-Шад-Ага (мать Улугбека)— 27, 285, 286
Герон — 43
Герцен — 313
Гиппарх — 39, 40, 45, 50, 75, 158, 277, 278
Гияс-ад-дин Джемшид ибн-Мас'уд —54, 60, 76, 78, 80, 81, 82, 93, 94, 95, 147, 150, 152, 153, 154, 218
Гияс-ад-дин тархан — 27
Глинка 315
Гобиль — 308
Горький — 313, 314
Greaves — 98
Hyde — 97
Гуйе де — 187
Гулямов Я. Г.— 8

Д

Даламбер — 277
Джалалов Г.— 78
Джами — 58, 298
Джелаледдин Мелик-шах — 100, 117, 118
Джордано Бруно — 309, 310
Джуки (сын Шахруха) — 32
Диофант — 43, 45
Дози — 187
Дурбек — 52

Е

Ездигерд — 99, 107, 112, 113, 121, 122, 134, 137, 143

З

Залесский П. К.— 69
Засыпкин Б. Н.— 66, 85
Захируддин-Мухаммед-Бабур — 298

И

Июн-Юнус — 16, 45, 46, 57, 158, 195, 279
Ибрагим-Султан (сын Шахруха) — 28, 30

К

Казы-Задэ-Руми — 54, 60, 94, 96, 97, 152, 154
Калипп — 37
Касим-и Анвар — 57, 58
Кастальский — 69
Кеплер — 39
Клавихо — 27
Knobel — 279, 280, 283
Кононов В. Н.— 294
Крылов — 314
Кусам-ибн-Аббас — 22

Л

Лаланд — 277
Лаплас — 157, 278
Ленин В. И. — 312, 313, 314, 317, 318
Леньель — Лавастин — 18
Лермонтов — 314
Лот — 309
Лутфилла Хафизи Абру — 52

М

Маноэль (падре) — 307
Мансур-Каши — 54, 96
Маркс — 20, 56, 317
Массон М. Е.— 9, 71, 85
Мас'уди — 16
Мауляна-Зада Самарканди — 21
Мауляна Муин-ад-дин Каши — 54, 60
Мауляна Мухаммед-Хавафи —54
Мауляна Нафис — 52
Мауляна Фазл-Аллах Табризи — 28
Махмуд-ибн-Мухаммед ал-Чагмини — 94, 97
Мелик-шах (сельджукидский султан) — 48, 100, 117, 119, 121, 122, 137
Менелай — 40, 49
Менучехр Эмиль (падре) — 307
Мерием Челеби — 54, 56, 96, 113, 147, 160, 161, 162, 233, 238, 248
Метон — 101
Милованов В.— 66, 69
Мираншах — 29
Мирза Абдулла (царевич) — 296, 297
Мирза Абу-Бекр — 286
Мирза Султан-Ахмед — 297
Муин-ад-дин — 54, 96
Муканна — 12
Мухаммед (пророк) — 22, 59, 99, 100, 193
Мухаммед ал-Фараби — 16, 50
Мухаммед II (султан) — 95
Мухаммед-Джахангир — 30, 31
Мухаммед Джуки — 286, 297
Мухаммед Земан ибн-Ходжа Шарафуддин Хасан — 74
Мухаммед-Султан (внук и наследник Тимура) — 24, 28, 30
Мухаммед-Тарагай (Улугбек) — 27
Мухаммед-Хавафи — 54
Мухаммед-Хусейн-и Тебризи — 76
Мухаммед-шах (султан) — 75, 304, 306
Маяковский — 315

Н

Навои Алишер — 34, 71
Надир-Шах — 24, 301
Наллино — 16
Насир-ад-дин Туси — 49, 60, 93, 97, 158

Нильсен В. А.— 85
Ной — 309
Носир-и-Хосров — 16, 309
Ньюкомб — 269
Ньютон — 244

О

Ога-бегум (жена Улугбека) — 28
Омар-Хайям — 48, 118, 297
Омар-Шейх — 29
Осипов М. П.— 68
Ошанин Л. В.— 295

П

Пачиоли — 13
Пирмухаммед Джехангир — 29, 30
Платон — 37, 50
Пославский И. И.— 74
Прокофьев — 315
Птолемей — 13, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 50, 75, 158, 187, 190, 255, 277, 278, 279
Пушкин — 313, 314

Р

Разес — 18
Рахманинов — 315
Региомонтанус — 13
Римский-Корсаков — 315
Рустам — 30

С

Савой-Джай-Синг — 75, 78, 304, 306, 307
Салах-ад-дин Муса бин-Мухаммед Казы-Задэ — 54, 94
Сарай-мульк-ханым (старшая жена Тимура) — 27, 28, 50
Sédillot — 97, 161, 216
Сейид-Ашик — 59
Секкаки — 52
Сираджуддини Бисати-ий Самарканди — 52
Смыкалов Г. Т.— 123
Сталин И. В.— 312, 313, 314, 317, 318
Струве — 84
Султан-Ахмед — 297
Султан-Хусейн — 29, 297, 300
Сухарев — 71, 85

Т

Тарагай — 19
Тарталья — 13
Тимохарис — 277
Тимур — 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 58, 59, 295, 297, 300, 302, 308
Тихо Браге — 75, 278
Толстов С. П.— 8, 9
Толстой Л. Н.— 313, 314
Тургенев — 314

Ф

Фалес — 36
Фархад — 299
Фахри-ад-Дауля — 75
Феррари — 13
Фибоначчи — 13
Филолай — 36

Х

Хайдар (двоюродный брат Навои)— 300
Халид-бин-Абдул-мелик — 44
Халиль-султан (сын Мираншаха)— 29, 30
Халиль-Султан (сын Мухаммеда Джахангира) — 286
Хамза — 30
Хафиз-и Абру — 52
Хатефи — 298
Ходжа Ахрар (ишан) — 59, 288, 297
Ходжа-Юсуф (эмир) — 30
Хулагу-хан (внук Чингиз-хана) — 49

Хусейн — 20
Хэяли-йи Бухари — 52

Ч

Чагмини — 94, 97
Чайковский — 315
Чжан-Цзян — 10
Чернышевский — 313
Чехов — 314
Чингиз-хан — 49

Ш

Шамсуддин-и Самарканди — 94
Шараф-ад-дин Езди — 28
Sharpe — 97
Шахабуддин Шах-Джахан — 303, 306
Шах-Мелик (эмир) — 30, 31, 50
Шахрияр — 107
Шахрух (сын Тимура, отец Улугбека) — 27, 30, 31, 34, 50, 58, 285, 295, 308
Шейбани-хан — 301
Шейх-Нур-ад-дин (эмир) — 30, 31
Шемс-ад-дин Мухаммед Мискин — 287
Шишкин В. А.— 8, 9, 71, 85

Щ

Щеглов В. П.— 69, 84

Э

Эвдокс — 36, 37
Эвклид — 43, 45, 149
Эмир Тарагай — 19
Энгельс — 56, 317
Эратосфен — 38, 44, 75, 158

Ю

Юз-Чжи — 10