

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК



СЕРИЯ "НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА"

Основана в 1959 году

РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ РАН
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

А.Л. Янин (председатель),
Э.Н. Мирзоян (зам. председателя),
В.М. Орел (зам. председателя),
З.К. Соколовская (ученый секретарь),
Е.А. Беляев, *В.П. Борисов*, *В.П. Визгин*,
В.Л. Гвоздецкий, *А.А. Гурштейн*, *С.С. Демидов*,
Г.М. Идлис, *Э.И. Колчинский*, *В.И. Кузнецов*,
Н.К. Ламан, *Б.В. Левшин*, *К.В. Манойленко*,
А.В. Постников, *В.Н. Сокольский*, *Ю.И. Соловьев*,
Ю.Я. Соловьев, *М.Г. Ярошевский*

Б. А. Розенфельд
Н. Д. Сергеева

АХМАД
ал-ФЕРГАНИ
IX век

Ответственный редактор
доктор исторических наук,
кандидат физико-математических наук
М. М. РОЖАНСКАЯ



МОСКВА
«НАУКА»
1998

УДК 51(929) Ахмад ал-Фергани
ББК 22.1
Р 64

Рецензенты:

академик АН Таджикистана Б.А. ЛИТВИНСКИЙ,
доктор физико-математических наук А.А. ГУРШТЕЙН

Розенфельд Б.А., Сергеева Н.Д.

Ахмад ал-Фергани. IX век. – М.: Наука, 1998. – 86 с., ил. –
(Научно-биографическая литература)

ISBN 5-02-002439-2

Эта книга – первая биография выдающегося математика и астронома IX в. Ахмада ал-Фергани, работавшего главным образом в Багдаде. Наряду с биографическими сведениями в книге приводятся данные о трудах ученого, подробно анализируются его достижения в математике, астрономии и смежных с ними науках. Основной труд ал-Фергани – "Элементы астрономии" – был настольной книгой у астрономов мусульманского Востока, а в латинском переводе – у ученых средневековой Европы.

Для широкого круга читателей, интересующихся историей науки.

ТП-98-II-307
ISBN 5-02-002439-2

© Б.А. Розенфельд, Н.Д. Сергеева, 1998
© Российская академия наук и издательство
"Наука", серия "Научно-биографическая
литература" (разработка, составление,
художественное оформление), 1959 (год
основания), 1998

Предисловие

Современные представления о состоянии естественных наук в ту или иную историческую эпоху сложились главным образом на основе изучения сохранившихся памятников культуры. Если историк науки нового времени располагает достаточно обширным материалом для изучения, то исследователь средневековой науки находится в гораздо более трудном положении. Многие трактаты средневековых ученых погибли, а значительная часть сохранившихся памятников до сих пор остается малодоступной для изучения.

Еще в начале XIX в. в вопросе о так называемой арабской науке царил полная неясность. Исследователи считали, что основной заслугой арабоязычных ученых было сохранение греческого и отчасти индийского научного наследия, представление же об их самостоятельном творчестве было крайне смутным. Однако последние исследования показали, что многие арабоязычные авторы не только постигли все богатство греческой и индийской математики, астрономии, механики, но и сами получили теоретические результаты, ставшие важным этапом в истории мировой науки.

Творчество ал-Фергани, уроженца Ферганы, работавшего в IX в. в Багдаде, – яркий пример деятельности такого рода. Его "Элементы астрономии" в течение долгого времени были настольной книгой ученых Востока и Запада. Его теория стереографической проекции стала основой конструирования астрономических инструментов на Востоке и Западе, в частности, всех астролябий – главного астрономического инструмента средневековья. Однако, хотя трудам ал-Фергани посвящен целый ряд исследований как в нашей стране, так и за рубежом, его научная биография до сих пор не была написана. Настоящая книга – по сути дела первое детальное исследование научного творчества ал-Фергани.

Имя ал-Фергани часто упоминали ученые и Востока, и средневековой Европы, где его называли Альфраганус. Однако еще крупнейший арабист И.Ю. Крачковский заметил, что относительно ал-Фергани "сведения крайне сбивчивы... несомненно только, что жил он в первой половине IX в."

Авторы книги стремились показать на основе имеющегося в их распоряжении материала тот выдающийся вклад, который внес ал-Фергани в развитие астрономии, географии, математики, в конструирование научных инструментов. Многогранность его творчества отражена в названиях глав книги: математика, астрономия, астрономические инструменты, хронология, география. Надеемся, что дальнейшее изучение трактатов ал-Фергани раскроет новые грани творчества этого выдающегося ученого средневекового Востока.

От Ферганы до Каира

Фергана

Фергана – родина Ахмада ибн Мухаммада ал-Фергани – одна из древнейших областей Средней Азии. Ферганская долина – обширная область вдоль реки Сырдарья. Наиболее древнее свидетельство о Фергане – рассказ китайского путешественника Чжан Цяня (II в. до н.э.), называвшего эту страну Давань. В китайских источниках V в. н.э. появляются названия Полона, Боханна и Фейхана, несомненно восходящие к слову "Фергана".

В "Географии" Клавдия Птолемея (II в. н.э.) перечисляется ряд стран Средней Азии – страна хорасмиев (Хорезм), Согдиана (древний Согд со столицей в Самарканде), Маргиана (древний Маргуш в долине реки Мургаб), страна саков (район нынешнего Ташкента). Птолемей не упоминает Ферганы, но указывает координаты Александрии Дальней, самой восточной из многочисленных Александрий, основанных Александром Македонским (ныне г. Худжанд в Таджикистане).

Тот факт, что Ферганская долина упоминалась в китайских и греческих источниках, свидетельствует о том, что этот район находился на "Великом шелковом пути", по которому проходили караваны, везшие китайский шелк в западные страны и западные товары в Китай.

Жители Ферганской долины, как и остальных районов Средней Азии, большей частью исповедовали зороастрийскую религию, бывшую государственной религией доисламского Ирана и большей части Средней Азии. В зороастрийской священной книге "Авеста", написанной в эпоху сасанидского Ирана, Фергана упоминается под названием Паркан.

На основании китайских источников, в которых Фергана называется Давань, отец Иакинф (Н.Я. Бичурин) в своей книге "Собрание сведений о народах, обитавших в Средней Азии в древние времена" пишет: "Даваньцы ведут оседлую жизнь, занимаются земледелием, сеют рис и пшеницу. Есть у них виноградное вино. Много аргамаков. Сии лошади имеют кровавый пот и происходят от породы небесных лошадей. Есть города и дома. В Давани находится до 70 больших и малых городов; народонаселение простирается до нескольких сот тысяч. Оружие состоит из луков со стрелами и копьев. Искусны в конной стрельбе... В 104 г. до н.э. китайцы предприняли двухкратный поход на Давань, который продолжался 4 года" [9].

Тесные связи Средней Азии с Индией, возникшие в эпоху государства Великих кушан, привели к тому, что в Средней Азии, наряду с зороастризмом, получил распространение возникший в Индии в

V в. до н.э. буддизм, о котором В.В. Бартольд писал: "Ни сасанидское государство, ни его государственная религия – зороастризм, никогда не включали всего иранского мира. Для позднейшей культурной жизни иранского мира буддийский Иран сыграл не меньшую роль, чем зороастрийский" [3]. Археологические раскопки выявили значительное число среднеазиатских памятников буддийской культуры.

Помимо зороастризма и буддизма в доисламской Средней Азии получило распространение и христианство. Христианские общины Средней Азии большей частью были несторианскими.

Несторианское течение в христианстве было основано константинопольским патриархом Несторием в V в. В отличие от православных христиан несториане различали человеческую и божественную природу в Христе, который, по их учению, был рожден человеком, но впоследствии получил божественные свойства. Это учение было осуждено как ересь на Эфесском соборе в том же V в., после чего многие византийские несториане переехали в Среднюю Азию и Иран, откуда их учение распространилось до Монголии и Китая. Именно среднеазиатские несториане познакомили монголов и другие народы Восточной Азии с сирийским письмом, на основе которого впоследствии были созданы монгольский и маньчжурский алфавиты.

Наиболее крупной из среднеазиатских христианских общин была община г. Мерва, где искал убежище от арабских завоевателей последний царь сасанидского Ирана Иездигерд III. Имелась христианская община и в Фергане, куда Иездигерд бежал из Мерва и где он провел несколько лет.

Первоначальное население Ферганской долины было родственным согдийцам; китайские источники отмечают, что язык жителей Ферганы в I в. н.э. отличался от языков других народов Средней Азии. По-видимому, китайские путешественники имели в виду язык саков, принадлежащий иранской семье языков, но отличающийся от языков согдийских племен. Впоследствии в Ферганской долине появляются кочевые тюркские племена; некоторые из них становятся оседлыми и смешиваются с первоначальным населением долины.

Арабское завоевание Ферганы произошло в 712–713 гг., арабскими войсками командовал Кутейба ибн Муслим ал-Бахили, ранее завоевавший Хорезм и Согд. О завоевании Кутейбой Хорезма уроженец этой страны Абу-р-Рейхан ал-Бируни писал: "И уничтожил Кутейба людей, которые хорошо знали хорезмийскую письменность, ведали их предания и [обучали] наукам, существовавшим у хорезмийцев, и подверг их всяким терзаниям, и стали [эти предания] столь сокрытыми, что нельзя уже узнать в точности, что [было с хорезмийцами даже] после возникновения ислама...

Затем, после того как Кутейба ибн Муслим ал-Бахили погубил хорезмийских писцов, убил священнослужителей и сжег их книги и свитки, хорезмийцы остались неграмотными и полагались в том, что им было нужно, на память" [7].

Народы Ферганы и других районов Средней Азии неоднократно поднимали восстания против арабских завоевателей. В начале IX в. восстание в Фергане было подавлено халифом Харуном ар-Рашидом.

В XIX в. в Ферганской долине жили узбеки, таджики и киргизы. Большая часть долины входила в Кокандское ханство, возглавляемое ханами киргизского происхождения. Кокандское ханство было завоевано русскими в 1876 г., после чего его территория стала называться Ферганской областью, главным городом ее становится основанный русскими Новый Маргелан, в 1907 г. переименованный в Скобелев по имени покорителя края; в 1925 г. этот город получил название Фергана.

В Средней Азии уже в древности существовали астрономические обсерватории и велись астрономические наблюдения. О ведении астрономических наблюдений в Средней Азии в древний период свидетельствуют результаты археологических раскопок. При раскопках Кой-Крынгал-Калы – городища древнего Хорезма, относящегося к IV в. до н.э.– первым векам н.э., были найдены части глиняных дисков и колец с пазом, в которых могли вращаться диски, – по-видимому, фрагменты элементарных плоских астролябий. Такие кольцевые инструменты, с помощью которых измерялась высота Солнца на небесном меридиане, описаны ал-Бируни в его "Каноне Мас'уда".

Мерв

Средневековый Мерв, находившийся близ современного г. Байрам-Али в Туркмении, в эпоху ал-Фергани был центром наместничества халифа в Хорасане (Северный Иран).

В древности область Мерва была центром государства Маргуш, расположенного по берегам реки Мургаб, название которой сохраняет память об этом государстве (аб – по-персидски вода, река). Народ Маргуша, как и большинство народов Средней Азии в древности, принадлежал к иранской семье народов. Государство Маргуш входило в состав ахеменидского Ирана и упоминается в древнеиранской зороастрийской священной книге "Авеста".

После завоевания Средней Азии Александром Македонским эту страну называют Маргианой, а ее столицу – Александрией Маргианской.

В средние века Маргиана входит в состав сасанидского Ирана. В это время Мерв становится столицей Хорасана – восточной части Ирана, название которой означает по-персидски "восход Солнца".

Значительная часть населения Хорасана были несторианами. Несториане имели в Мерве своих епископов. Несторианская община Мерва была наиболее крупной из всех христианских общин Средней Азии. Мы уже упоминали, что последний сасанидский царь Иездигерд III пытался найти убежище в Мерве.

В 809 г. халиф Харун ар-Рашид возглавил военный поход против восставших народов Средней Азии. Он взял с собой своего сына от персидской рабыни ал-Ма'муна, оставив вместо себя в Багдаде своего законного сына ал-Амина. По дороге в Тусе он заболел и в том же 809 г. умер. Перед смертью он назначил руководителем своего войска ал-Ма'муна, который обосновался в Мерве и оттуда руководил подавлением антихалифатских восстаний в Средней Азии.

Преемник Харуна ар-Рашида ал-Амин приказал ал-Ма'муну вернуться в Багдад, но ал-Ма'мун остался в Мерве и начал войну с ал-Амином за престол халифа. После свержения ал-Амина в 813 г. ал-Ма'мун оставался в Мерве еще шесть лет. Здесь ал-Ма'мун стал собирать астрономов, получивших название "астрономов ал-Ма'муна". Вазиром ал-Ма'муна в Мерве был известный астролог Абу-л-Аббас ал-Фадл ибн Сахл ас-Серахси (ум. 818) из хорасанского города Серахса. На службе ал-Фадла ас-Серахси находился астроном – зороастриец Бизист сын Фирузана. После смерти ас-Серахси ал-Ма'мун взял Бизиста к себе и лично обратил его в ислам, дав ему имя Яхья ибн Аби Мансур.

Багдад

После арабских завоеваний VII–VIII вв. арабский халифат становится теократическим государством, занимавшим почти весь Ближний Восток, Северную Африку, Испанию и некоторые острова Средиземного моря, Иран, Среднюю Азию и часть Индостанского полуострова. Экономическим строем этого государства был феодализм. Феодальные династии в большинстве стран, завоеванных арабами, были свергнуты, в некоторых странах местные правители приняли ислам и стали вассалами багдадского халифа.

Багдад возник как небольшое селение вблизи столицы Вавилонского царства Вавилона. Название будущего города происходит от аккадского слова "багдаду" – постройка, или ограда для скота. Селение Багдаду упоминается уже в документе времени Хаммураби – 1800 г. до н.э.

После завоевания междуречья Тигра и Евфрата иранцами название этого города осмысливается на пехлевийском (среднеперсидском) языке как "багдад" – "богом данный".

Столицей сасанидского Ирана был Тасинун (Ктесифон), расположенный вблизи развалин Вавилона. В это время Багдад был пригородом Тасинуна, здесь находилась летняя резиденция иранских царей. При арабском завоевании в 637 г. Ктесифон и все его пригороды были разрушены, и более ста лет сасанидский Багдад лежал в развалинах.

Первой столицей арабского халифата при его основателе – основоположнике религии ислама Мухаммаде и его ближайших преемниках ("праведных халифах") – была Медина. Омейядские халифы перенесли

столицу халифата в Дамаск. Багдад стал столицей новой династии халифов – Аббасидов. Второй халиф этой династии ал-Мансур во время охоты попал в развалины сасанидского Багдада. Ему очень понравилась эта местность, и он решил построить здесь новую столицу. Халиф дал новой столице название "Мадина ас-Салам" – "Город мира". Некоторое время оно было официальным названием этого города (византийцы называли Багдад Иринопполисом – греческим переводом слов "город мира"), однако более короткое пехлевийское название вскоре вытеснило более длинное арабское. Новый Багдад был основан в 762 г. Перенос столицы из Дамаска с его античными традициями в Багдад ознаменовал новую, восточную ориентацию халифата, в значительной степени объясняющуюся тем, что Аббасиды были приведены к власти в Хорасане.

Династия аббасидских халифов была основана ас-Саффахом в 749 г. После смерти ас-Саффаха в 754 г. халифом стал его брат ал-Мансур, основавший Багдад и перенесший столицу халифата в этот город. После смерти ал-Мансура в 775 г. ему наследовал его сын ал-Махди (775–785), которому наследовали его сыновья ал-Хади (785–786) и знаменитый Харун ар-Рашид (786–809). Далее халифами были сыновья Харуна ар-Рашида ал-Амин (809–813), ал-Ма'мун (813–833) и ал-Му'тасим (833–842), построивший в 836 г. новый город Сурра-мен-Раа (сурра ман ра'а – "обрадуется тот, кто увидит", этот город известен также под более коротким названием "Самарра") недалеко от Багдада и перенесший туда резиденцию халифа, сыновья ал-Му'тасима ал-Васик (843–847) и ал-Мутаваккиль (847–861).

Ал-Фергани жил в Багдаде при халифах ал-Ма'муне, ал-Му'тасиме, ал-Васике и ал-Мутаваккиле.

В аббасидском Багдаде возникает новый научный центр, в котором изучаются математика, необходимая для строительства, торговли и ирригации, а также астрономия, необходимая для определения времени и ориентации караванов в пустыне, морских кораблей в океане, а также медицина и философия.

Уже при основании Багдада геодезические измерения на территории будущего города и его планирование производились под руководством придворных астрологов халифа ал-Мансура – перса Наубахта и еврея Машаллаха; в строительстве Багдада участвовал астроном и переводчик с персидского на арабский Омар ибн ал-Фаррухан ат-Табари из Табаристана. Ко двору ал-Мансура приезжал индийский ученый, которого арабские историки называли Канака (слово "канака" на санскрите означало "астроном"). Канака преподнес халифу индийские астрономические трактаты – сиддханты, наиболее значительной из которых была "Брахма-Спхутасиддханта" Брахмагупты (VI в.).

На основе этих сиддхант работавшие в это же время в Багдаде Ибрахим ал-Фазари и Я'куб ибн Тарик составляли арабскую версию сиддхант – "Синдхинд", который был основным арабским руководством по астрономии до времен ал-Ма'муна. Я'куб ибн Тарик пишет обработку и другого астрономического труда Брахмагупты "Кхандак-

хадьяка" в виде трактата "Арканд". Ал-Фазари был также первым арабским конструктором астролябий. В это же время Али ат-Тамими переводит с пехлевийского языка "Шахский зидж", или "Зидж Шах-рирара", составленный при последнем сасанидском царе Ирана Иездигерде III (632–651) и названный по имени его отца. При ал-Мансуре появились и первые переводы с греческого на арабский, выполненные христианским епископом Абу Яхьей ал-Батриком: в основном это были переводы медицинских трудов Гиппократ и Галена, но среди них был и перевод астрологического труда Клавдия Птолемея "Четверокнижие" ("Тетрабиблос").

При халифе Харуне ар-Рашиде был организован центр переводческой и научной деятельности "Дом мудрости" ("Байт ал-хикма"), первыми руководителями которого были Абу Хассан и Салман. Важную роль в организации "Дома мудрости" сыграл вазир халифа Яхья ибн Халид ибн Барман (ок. 736–805), выходец из рода буддистских жрецов. По инициативе этого вазира был предпринят первый арабский перевод "Алмагеста" Птолемея.

По приказу Харуна ал-Рашида был сделан и первый арабский перевод "Начал" Евклида, выполненный ал-Хадждадхам ибн Юсуфом ал-Матаром, переведшим на арабский язык и "Алмагест" Птолемея. Вскоре после возвращения ал-Ма'муна в Багдад уроженец Мерва Яхья ибн Аби Мансур работает в обсерватории у ворот Шаммасия, известной под названием Каниса. Буквальное значение этого слова – церковь, или языческий храм – указывает на то, что первоначально эта обсерватория находилась при храме, скорее всего вавилонских звездопоклонников. Руководил Канисой Абу Таййиб Санад ибн Али. В это же время Халид ал-Мерверруди, уроженец Мерверруда в Хорасане, производит наблюдения на горе Касиюн близ Дамаска в христианском монастыре Дайр Мурран.

Яхья ибн Аби Мансур, в сотрудничестве с Халидом ал-Мерверруди, Санадом ибн Али и ал-Аббасом ал-Джаухари, написал "Проверенный зидж ал-Ма'муна" – одно из наиболее популярных сочинений эпохи ал-Ма'муна.

Великий среднеазиатский ученый Абу-р-Рейхан ал-Бируни, рассказывая в своей "Геодезии" об измерениях угла наклона эклиптики к небесному экватору, упоминает сделанные измерения Яхьи ибн Аби Мансуром в 828–829 гг. в Шаммасии по приказу ал-Ма'муна, причем указывает, что при этих наблюдениях присутствовал Мухаммад ибн Муса ал-Хорезми (ок. 783–850), а также измерения, выполненные ал-Мерверрудом в Дайр Муррани в 832–833 гг.

Ал-Хорезми, уроженец Хорезма, был, пожалуй, самым крупным из математиков и астрономов, собранных ал-Ма'муном. Одно из имен ал-Хорезми – ал-Маджуси указывает на то, что он происходил из семьи зороастрийских жрецов-"магов". Он посвятил ал-Ма'муну свою "Краткую книгу об исчислении алгебры и алмукабалы" [8. С. 20–83] – первое арабское сочинение по алгебре. В "Книге об индийском счете" [9. С. 5–19] ал-Хорезми познакомил арабов с индийской позиционной

десятичной системой счисления с помощью 9 "индийских цифр" и нуля, от которых произошли евро-"арабские" цифры европейцев. Латинская транскрипция имени ал-Хорезми – Algorithmis – привела к появлению слова "алгоритм" сначала для обозначения арифметики в позиционной системе десятичной системы, а затем в современном смысле этого слова.

От применявшегося ал-Хорезми термина "исчисление алгебры и алмукабалы" (хисаб ал-джабр ва-л-мукабала) произошел наш термин "алгебра". Ал-Хорезми был также автором "Зидж ал-Ма'муна", являвшегося обработкой "Синдхинда", составленного на основе индийских сиддхант, и персидского доисламского "Зиджа Шахрияра", составленного при последнем сасанидском царе Ирана Иездигерде III и названного по имени его отца. Ал-Хорезми был автором многих трактатов – об астрологии, солнечных часах и других часовых инструментах, а также трактатов об определении азимута Солнца по высоте, азимута "кыблы" – направления на Мекку, амплитуды востока (дуги горизонта между точками востока и восхода Солнца в данный день). Задачи, решаемые в последних трактатах, строятся с помощью правил, равносильных теоремам сферической тригонометрии; излагаемые ал-Хорезми правила заимствованы им из индийских сиддхант.

Ахмад Ибн Абдаллах ал-Мервези (ум. ок. 870 г.) из Мерва, известный под именем Хабаш ал-Хасиб, работавший при ал-Ма'муне и ал-Му'тасиме, был соавтором нескольких зиджей и "Книги о расстояниях и объемах небесных тел".

Упомянутый выше ал-Джаухари был уроженцем Джаухара близ Фараба (ныне холм Джаухартюбе в Южном Казахстане). По приказу ал-Ма'муна вместе с ал-Мерверруди и его учеником Али ибн Исай ал-Харрани ал-Астурлаби производил измерения градуса земного меридиана в пустыне Синдjar. Ал-Джаухари был автором первых арабских комментариев к "Началам" Евклида.

Али ал-Астурлаби, уроженец Харрана, также был выдающимся ученым. Он был автором известного трактата о действиях с астрологией. В это же время в Багдаде работал уроженец Хутталя (ныне центральной части Таджикистана) Абд ал-Хамид ибн Васи, известный также под именем Ибн Турк ("сын тюрка"), автор "Книги об алгебре и алмукабале", предложивший, наряду с ал-Хорезми, геометрический метод обоснования правил решения квадратных уравнений.

Во второй половине IX в. в области астрономии и других точных наук прославились три брата – Мухаммад (ум. 873), Ахмад и ал-Хасан, сыновья придворного ал-Ма'муна Мусы ибн Шакира (Бану Муса ибн Шакир). Ал-Ма'мун поручил образование сыновей Яхье ибн Аби Мансуру. Общим трудом братьев Бану Муса были "Книга измерения плоских и сферических фигур", в которой, помимо вычисления длины окружности и площади круга, объемов и боковых поверхностей цилиндра, конуса и усеченного конуса и объема и поверхности шара, решаются классические античные задачи нахождения двух средних пропорциональных между двумя данными величинами (частным

случаем которой является знаменитая далейская задача об удвоении куба) и трисекции угла, а также "Книга механики", в которой изложено устройство 100 механических приборов и автоматов. Братьям Бану Муса принадлежала также обработка "Конических сечений" Аполлония.

Ал-Хасан был автором "Книги об удлинённой круговой фигуре", посвящённой геометрии эллипса, где, в частности, был предложен "способ садовника" – построения эллипса с помощью нити. Ахмад занимался механикой и астрономией, он был автором трактата о том, что за неподвижными звездами нет девятой сферы, и ответов на вопросы Синда ибн Али.

Одним из современников ал-Фергани был великий философ-энциклопедист Якуб ибн Исхак ал-Кинди (ум. 874), известный как "философ арабов", автор многих трудов по философии, логике, математике, астрономии, медицине, различным естественным наукам. Им написано свыше 270 трудов. Упомянем некоторые из них в области математики: "Введение в арифметику", "Об использовании геометрических вычислений для решения алгебраических уравнений", «О задачах "Начал" Евклида» и др.

Этот краткий обзор показывает, что Багдад был крупнейшим научным центром в течение всего IX века. Мы встречаем здесь, наряду с представителями различных арабских племен, выходцев из Ирана, Хорезма, Ферганы и Хорасана, христиан, евреев, зороастрийцев и сабиев и даже посланца Индии. В этой обстановке и развернулась научная деятельность Ахмада ал-Фергани.

Каир

Каир – столица современного и средневекового Египта – расположена на обоих берегах Нила в 12 км выше его разветвления на рукава ар-Рашид ("Розетту" – по названию города, в котором был найден знаменитый "Розеттский камень" с надписью, позволившей Шампольону расшифровать древнеегипетские иероглифы) и ад-Думьят ("Дамизетту" – также по названию города). В 26 км выше Каира на левом берегу Нила расположены развалины одной из столиц древнего Египта – Мемфиса. Недалеко от Каира находятся знаменитые египетские пирамиды и Сфинкс. Египет – страна древней цивилизации, возникшей ок. 3000 г. до н.э. В 1100 г. до н.э. древний Египет был завоеван ассирийцами, в 525 г. до н.э. – персами. В 332 г. до н.э. Египет был завоеван Александром Македонским, основавшим при впадении Нила в Средиземное море самую знаменитую из многочисленных основанных им Александрий, ставшую новой столицей Египта. После смерти Александра один из его полководцев Птолемей Лаг создает в 305 г. до н.э. новую династию царей Египта, государственным языком Египта становится греческий.

В это время новая столица Александрия делается центром эллинистической науки. Здесь в Мусейоне – "Дворце муз" (от этого слова произошло слово "музей") работали Евклид, Эратосфен и другие крупные ученые; с Александрией были тесно связаны также Архимед и Аполлоний. Другим научным центром Александрии был Серапеум – храм древнеегипетского бога Сераписа. Если Мусейон был центром греческой учености, в котором находилась огромная библиотека греческих научных рукописей, то Серапеум был центром древнеегипетской учености с большой библиотекой папирусов.

В 30 г. до н.э. Египет завоевали римляне, но и в составе Римской империи Александрия сохраняет значение главного научного центра. Здесь в I в. н.э. работает крупный математик и механик Герон, во II в. н.э. – знаменитый астроном, математик, географ и физик Клавдий Птолемей, в III в. – выдающийся математик Диофант, в IV в. – известные математик Папп и астроном Теон. В 395 г. при разделении Римской империи на Западную и Восточную Египет входит в состав Восточной Римско-Византийской империи. В это время власть в Египте захватили христиане, которые активно борются с языческой религией и языческой наукой. В 415 г. разъяренной толпой христианских фанатиков была растерзана дочь Теона Гипатия, известная своими трудами по философии и математике. В это время большинство ученых-язычников покидает Египет, но в V в. Аммоний основывает в Александрии Школу философских и медицинских наук, которая, впрочем, при ученике Аммония Христианине Иоанне Филопоне преобразуется в христианский университет.

В 641 г. Египет завоевывается арабами, и в том же году арабский военачальник Амр ибн ал-Ас основывает на месте римской крепости новый город, названный ал-Фустат (от лат. "fossatum" – "военный лагерь"). Позднее город получает название ал-Кахира ("победоносная") и становится столицей мусульманского Египта (искажением слова "Кахира" является наше название "Каир"). Те египтяне, которые сохранили после арабского завоевания христианскую веру, получили название коптов (от греч. "aigyptioi" – "египтяне"). В настоящее время в Египте проживает около 1 миллиона коптов, которые пользуются оригинальным алфавитом, состоящим главным образом из греческих букв с добавлением некоторых знаков древнеегипетского демотического письма. Копты придерживаются яковитского направления христианской религии. Духовным руководителем коптов в настоящее время является папа-патриарх Александрийский.

Жизнь и труды

Биографические сведения об ал-Фергани

Полное имя ал-Фергани – Абу-л-Аббас Ахмад ибн Мухаммад ибн Касир ал-Фергани. Сведения о биографии Фергани весьма скудны. И.Ю. Крачковский писал в своей монографии "Арабская географическая литература": "Относительно самого автора сведения крайне сбивчивы: не только не установлен год его смерти, но даже неизвестно, одно лицо или два носили это имя и с которым из них связан ремонт знаменитого каирского нилометра. Несомненно, только, что он жил в первой половине IX в. и последнее упоминание о нем относится к 247/861 г." [14. С. 86].

Мнение о двух ал-Фергани основано на том, что в своем биографическом труде "Книга списка наук" [29. С. 279] Мухаммад ибн ал-Надим (ум. 993) называл ал-Фергани Мухаммадом ал-Касиром, а в "Истории мудрецов" Джамал ад-Дина Али ибн ал-Кифти (1173–1248) говорится о двух ал-Фергани: в одном случае [34. С. 78] об Ахмаде ибн Мухаммаде, во втором [34. С. 286] о Мухаммаде. Однако в обоих случаях речь идет об одном и том же сочинении Фергани – "Элементы астрономии", которое в первом случае называется "Введением в науку о форме небес и движениях звезд", причем говорится, что оно состоит из 30 глав, а во втором случае – "Книгой разделов" (несомненно, имеются в виду 30 разделов, из которых состоят "Элементы астрономии"). По-видимому, это же сочинение здесь же называется «Книгой сокращения "Алмагеста"».

Хотя издатель "Элементов астрономии" Я. Голиус, следуя за Ибн ан-Надимом, называет ал-Фергани Мухаммадом ибн Касиром, в рукописях сочинений ал-Фергани и арабских комментариях к ним приводится указанное нами имя, и нет никаких оснований относить те или иные труды ал-Фергани к его отцу Мухаммаду.

Ибн ал-Надим и Ибн ал-Кифти [34. С. 78] указывают, что ал-Фергани был "одним из астрономов ал-Ма'муна". Здесь имеются в виду те астрономы, которых собрал вокруг себя халиф ал-Ма'мун во время своего пребывания в Мерве в качестве наместника халифа и в первые годы после провозглашения его халифом. Эта группа астрономов состояла почти исключительно из уроженцев различных областей Средней Азии: кроме Хорезми, в нее входили Ахмад ибн Абдаллах ал-Мервези из Мерва, известный под именем Хабаш ал-Хасиб, Яхья ибн Абу Мансур из Мерва, Халид ал-Мерверруди из Мерверруда и ал-Аббас ал-Джаухари из Джаухара (близ Фараба).

Из того, что ал-Ма'мун появился в Мерве как наместник халифа в год смерти его отца, Харуна ал-Рашида (809 г.), а ал-Фергани был

принят в Мерве в число "астрономов ал-Ма'муна", когда ему было 20–25 лет, можно сделать вывод, что ал-Фергани родился в 784–789 гг.

Описывая в "Геодезии" измерения астрономами ал-Ма'муна длины 1° земного меридиана в степи близ Синджара (недалеко от Мосула), Беруни ссылается на Фергани [5. С. 211–214]. Возможно, что ал-Фергани сам принимал участие в этих измерениях.

При халифе ал-Мутаваккиле (847–861) ал-Фергани был строителем Джа'фарийского канала, который должен был снабжать водой построенный по приказу этого халифа город Джа'фарию (названный по основному имени халифа Джа'фара).

Что касается знаменитого каирского нилометра, т.е. прибора для измерения уровня воды в Ниле, то он находился на острове ар-Рауда (впоследствии известном тем, что там размещались казармы мамлюкской гвардии). Ал-Фергани был послан в Каир для исправления этого прибора по указанию халифа ал-Мутаваккила, нилометр был отремонтирован в последний год царствования этого халифа.

Г. Вит [40. С. 202–207], тщательно изучивший все свидетельства об исправлении этого нилометра, установил, что в том же 861 г. ал-Фергани умер в Каире, где и был похоронен на одном из кладбищ.

Многие моменты его биографии еще нуждаются в дополнительном изучении и уточнении, но во всяком случае несомненно, что ал-Фергани работал в Багдаде (куда он, видимо, попал через Мерв) при халифах ал-Ма'муне (813–833), его брате ал-Мутасиме (833–842), сыне ал-Мутасима ал-Васике (842–847) и брате ал-Васика ал-Мутаваккиле, а умер в Каире в 861 г. О том, что ал-Фергани умер в 861 г., сообщает и П.Г. Булгаков.

Сочинения ал-Фергани

Списки рукописей сочинений ал-Фергани приведены в книгах Г. Зутера [37], Ф. Сезгина [36], Г.П. Матвиевской и Б.А. Розенфельда [16]. В настоящее время известны сочинения ал-Фергани, хранящиеся в библиотеках многих городов мира.

"Книга об элементах астрономии" ("Китаб фи усул илм ан-нуджум") – главный астрономический труд ал-Фергани, сохранившийся в различных библиотеках под разными названиями (поэтому ибн ал-Кифти и приписывал это сочинение под одним названием Ахмаду ал-Фергани, а под другим – Мухаммаду): в Петербурге – как "Книга об элементах науки о звездах", что обычно переводится как "Элементы астрономии", в Москве – как "Свод науки о звездах" ("Джавами илм ан-нуджум"), в Амстердаме, Лейдене, Дублине, Оксфорде, Тунисе, Каире – как "Книга о небесных движениях и свод науки о звездах" ("Китаб фи харакат ас-самавиййа ва джавами илм ан-нуджум"), в Париже – как "Книга астрономии в тридцати разделах" ("Китаб ал-хай а ал-фусул ас-саласин"), в Стамбуле – как «Разделы введения в "Алмагест" – тридцать разделов» ("ал-Фусул мадхал фи Маджисти ва

хуаа саласуна фаслан"), в Феме – как "Наука астрономии" ("или ал-хай'а"), в Принстоне – как "Алмагест" ("ал-Маджисти").

"Элементы астрономии" ал-Фергани состоят из 30 разделов, а потому некоторые рукописи этого труда называются "Тридцать разделов". Названия ряда других его рукописей – "Введение в науку астрономии" и «Введение в "Алмагест"» – дают четкую характеристику данного сочинения: это действительно краткий экскурс в основные положения астрономии в той форме, какую она получила в трудах Птолемея, важнейший из которых "Алмагест".

1-й раздел книги Фергани посвящен хронологии. Он называется "О годах арабов и неарабов, о названиях их месяцев и дней и различиях между ними". Здесь разъясняются календари, которыми пользовались народы Ближнего и Среднего Востока, – лунный календарь арабов, в котором год содержит 12 лунных месяцев и 355 дней; солнечные греко-сирийский, коптский и персидский календари, в которых год содержит 365 1/4 дня.

2–5-й разделы книги посвящены основным принципам астрономии. 2-й раздел – "О том, как небо подобно сфере, а его вращение вместе со всем, что на нем из светил, как вращение сферы" – изложение 3-й главы I книги "Алмагеста"; 3-й раздел – "О том, что Земля со всеми ее частями – материками и морями – также подобна сфере" – изложение 4-й главы I книги "Алмагеста"; 4-й раздел – "О том, что земной шар расположен посередине небесной сферы подобно ее центру, а его величина по отношению к величине неба мала подобно величине точки в круге" – изложение 5-й и 6-й глав I книги "Алмагеста"; 5-й раздел – "О двух первых движениях неба, из которых одно движение всей Вселенной с востока на запад, а другое – движение планет с запада на восток, видимое на зодиакальном круге" – изложение 8-й главы I книги "Алмагеста".

6–9-й разделы книги Фергани посвящены географии. 6-й раздел – "О свойствах обитателей четверти Земли и обо всем, что происходит на ней от вращения небесного свода, и различие дня и ночи" – изложение 1-й и 2-й глав II книги "Алмагеста". 7-й раздел – "О свойствах частей обитаемой четверти и упоминание мест, где Солнце восходит на месяцы, не заходя, и заходит на месяцы, не восходя" – краткое изложение 3-й, 4-й и 6-й глав II книги "Алмагеста". Под "обитаемой четвертью Земли" Фергани подразумевает то, что греки называли "Ойкуменой". Здесь Фергани пишет, что "известная нам" обитаемая часть Земли занимает не более 180° по долготе. Слова "известная нам" указывает на то, что Фергани допускал возможность обитаемых мест за пределами, известными античным и средневековым ученым.

8-й раздел – "О размерах Земли и о подразделении ее на семь климатов" – является дополнением к "Алмагесту" (в 16-й главе V книги там приведены отношения размеров Солнца, Луны и Земли, но не даны абсолютные размеры земного шара, эти размеры приведены в "Географии" Птолемея [30]). Подразделение Ойкумены на 7 широтных зон

("климатов") впервые встречается в "Географии" Эратосфена, в "Алмагесте" вместо 7 климатов рассматривались 39 более узких широтных зон. На средневековом Востоке подразделение Ойкумены на 7 климатов применялось в "Книге картины Земли" Хорезми [28]. Приведенные Фергани максимальные длины дня и высоты полюса мира на рассматриваемых им параллелях взяты из 6-й главы II книги "Алмагеста".

В 9-м разделе – "О названиях стран и городов, известных на Земле, и о том, что находится в каждом климате" – приводится список стран и городов. Он намного меньше соответствующих списков в "Географии" Птолемея и "Книге картины Земли" Хорезми, но содержит наиболее важные страны и города. В отличие от Хорезми, описывавшего каждый климат с запада на восток, Фергани описывает климат с востока на запад.

10–19-й разделы посвящены различным вопросам астрономии. 10-й раздел – "О восхождениях знаков зодиака и различии между их восхождениями на прямой и наклонной сферах" – изложение материала 12-й главы I книги и 7-й главы II книги "Алмагеста" ("прямая сфера" – небесная сфера на земном экваторе, где суточные круги светил перпендикулярны горизонту); 11-й раздел – "О величине времени дня и ночи и о различии между прямыми и косыми часами" – посвящен определению двух видов часов, применявшихся на средневековом Востоке: "прямым" (равноденственным), равным 1/24 суток, и "косым" (временным), равным 1/12 светлого или темного времени суток; 12-й раздел – "О форме сфер планет, об их устройстве и о порядке их расстояний от Земли" – изложение 1-й главы IX книги "Алмагеста"; 13-й раздел – "О классификации движений Солнца, Луны и неподвижных звезд в их сферах в стороны запада и востока, называемых движениями по долготе" – изложение 3-й главы III книги, 2-й главы V книги и 2-й главы VII книги "Алмагеста"; 14-й раздел – "О классификации движений пяти планет в их сферах по долготе" – изложение материала 5-й и 6-й глав IX книги "Алмагеста"; 15-й раздел – "О том, что у пяти планет имеется попятное движение при их движении по зодиакальному кругу" – излагает материал 1-й главы XII книги "Алмагеста"; 16-й раздел – "О размерах кругов планет, называемых эпициклами, по отношению к эксцентричным кругам и о расстояниях центров эксцентричных кругов от центра Земли" – написан на основе 10-й главы XI книги "Алмагеста"; 17-й раздел – "О периодах вращения планет по их кругам и по зодиакальному кругу" – написан на основе 3-й главы IX книги "Алмагеста"; 18-й раздел – "О классификации движений неподвижных звезд в стороны севера и юга, называемых движениями по широте" – изложение 1–3-й глав XIII книги "Алмагеста"; 19-й раздел – "О числе неподвижных звезд, их классификация по величине и описание положения на небе пятнадцати самых больших из них" – написан на основе каталога неподвижных звезд, составляющего 15-ю главу VII книги и 1-ю главу VIII книги "Алмагеста" (15 "самых больших" – звезды первой величины).

20-22-й разделы не содержат изложения материалов "Алмагеста". 20-й раздел – "О свойствах звезд, называемых стоянками Луны, т.е. двадцати восьми стоянках" – излагает древнеарабское учение о 28 "стоянках" Луны – группах звезд вдоль эклиптики, в которых Луна находится в течение каждого из дней лунного месяца; аналогичные "стоянки" имелись и у народов Индии ("накшатры") и Китая ("сю").

21-й раздел – "Об измерении расстояний планет и неподвижных звезд от Земли" и 22-й раздел – "Об объемах светил и о величине объема Земли по отношению к каждому светилу" – написаны на основе сочинения Птолемея "Планетные гипотезы" [31]. Фергани считал Солнце самым большим светилом, за ним по величине следуют 15 звезд первой величины, затем Сатурн, Юпитер, остальные неподвижные звезды – Марс, Земля, Венера, Луна и Меркурий.

23-й раздел – "О том, что происходит из-за различия между светилом и его градусом зодиакального круга в середине неба и при его восхождении и заходе" – изложение и дальнейшее развитие 7-й главы II книги "Алмагеста" (под "градусом зодиакального круга" имеется в виду градус эклиптики с той же эклиптической долготой, что и светило); 24-й раздел – "О восходе и заходе светил и об исчезновении в лучах Солнца" – изложение 6-й главы VIII книги и 7-й главы XIII книги "Алмагеста" о гелиакических восходах и заходах светил; 25-й раздел – "О восходе Луны и о прибавлении и уменьшении ее света" – изложение 1–2-й глав IV книги "Алмагеста"; 26-й раздел "О восходе пяти планет в лучах Солнца" – также основан на 7-й главе XIII книги "Алмагеста"; 27-й раздел – "О том, что происходит с Луной и близкими от Земли светилами из-за различия мест их наблюдения" – изложение 11-й главы V книги "Алмагеста" о параллаксе; 28-й раздел – "О затмениях Луны" – изложение 5-й и 11-й глав VI книги "Алмагеста"; 29-й раздел – "О затмениях Солнца" – изложение 5-й и 11-й глав той же книги; 30-й раздел – "О величине промежутков времени между затмениями Луны и Солнца" – написан по 6-й главе той же книги "Алмагеста".

Мы видим, что большинство разделов "Элементов астрономии" – это изложение различных глав "Алмагеста", несколько разделов написаны по другим сочинениям Птолемея – "География" и "Планетные гипотезы", а некоторые разделы – по средневековым арабским источникам. Если материал "Элементов астрономии" был большей частью известен до Фергани, то мастерское, крайне компактное изложение его является личным достижением ученого, особенности этого изложения обеспечили его труду исключительную популярность и на Востоке и на Западе. По образцу "Элементов астрономии" были написаны астрономические руководства Ибн ал-Хайсама, ал-Хараки, ал-Чагмини, Насир ад-Дина ат-Туси, Кутб ад-Дина аш-Ширази, Кади-заде ар-Руми и Али Кушчи.

"Совершенная книга о построении северной и южной астролябии и причины этого с помощью геометрии и арифметики" ("ал-Камил

фи сан'а ал-астурлаб аш-шимали ва-л-джануби би-л-хандаса ва-л-хисаб") – рукописи этого трактата хранятся в Берлине, Каире, Кастамоне, Лондоне, Мешхеде, Париже, Тегеране. Предисловие к трактату было издано Э. Видеманом в немецком переводе [39. С. 21–26]. В настоящее время подготовлен русский перевод этого трактата, выполненный Н.Д. Сергеевой, отрывки из него изданы в 1975–1976 гг.

"Совершенная книга о построении северной и южной астролябии и причины этого с помощью геометрии и арифметики" состоит из предисловия и семи глав. В предисловии указывается, что построение астролябии основано на принципах, известных древним, "но мы не видели, чтобы кто-нибудь из них разъяснил это и описал в книге. Люди пользуются этим, подражая им... и производят вычисления без доказательства правильности и указания на ее причины". Отметив, что многие сомневаются в правильности этих принципов, Фергани пишет: "Поэтому мы сочинили эту нашу книгу, содержащую разъяснения правильности действий прежних ученых, относящихся к форме астролябий, причины этого и истинности их указаний". В 3-й главе Фергани приводит результат своего измерения угла между эклиптической и небесным экватором, равный $23^{\circ}33'$. Поскольку это значение менее точно, чем значение $23^{\circ}35'$, приведенное в "Элементах астрономии", можно сделать вывод, что данный трактат был написан до "Элементов астрономии".

Астролябия – угломерный инструмент, соединенный со счетно-решающим устройством типа современных номограмм, позволяющий определять координаты светил на небесной сфере и время наблюдения в "прямых" и "косых" часах. Высота светила определяется путем наведения на него алидады с диоптрами, а его азимут – с помощью поворота на надлежащий угол вращающего "паука" – резного диска с изображением эклиптики и наиболее ярких звезд вокруг центра, "тимпана", на котором изображены небесный экватор, тропики Рака и Козерога, горизонт и его параллели – "альмукунтараты". Круги и точки небесной сферы изображаются на "пауке" и "тимпане" в стереографической проекции из одного из полюсов небесной сферы на плоскость, касательную в другом полюсе. В случае, когда проектирование производится из южного полюса на плоскость, касательную в северном полюсе, астролябия называется "северной", в другом случае – "южной".

Стереографической проекцией пользовался Птолемей в "Планисферии", но в сохранившихся текстах этого трактата нет доказательств свойств данной проекции – того, что она переводит круги на сфере в круги или прямые на плоскости, и того, что углы между линиями изображаются в этой проекции в натуральную величину.

1-я глава трактата Фергани "О предислании геометрических предложений, из которых выводится форма астролябии" посвящена теории стереографической проекции. Это первое дошедшее до нас изложение данной теории. Во 2-й главе "О разъяснении формы астролябии" эта теория применяется к построению астролябии. Здесь доказывается,

что при проектировании небесной сферы из одного ее полюса на плоскость, касательную в другом полюсе, небесный экватор и его параллели, в том числе тропики Рака и Козерога, изображаются концентрическими кругами, меридианы – диаметрами этих кругов, горизонт и его параллели (альмукунтараты) – кругами с центрами на одном диаметре.

В 3-й главе "Об определении величин кругов, образуемых на плоскости астролэбии, и положений их центров с помощью арифметики" вычисляются радиусы и координаты центров кругов, изображающих на плоскости астролэбии небесный экватор и его параллели, горизонт и альмукунтараты, а также ортогональные им "круги азимутов" (вертикалы). Далее с помощью сферической тригонометрии находится склонение (сферическое расстояние от небесного экватора) точки небесной сферы с известными эклиптическими долготой и широтой, а также "градус прохождения" той же точки, лежащей на том же меридиане, что и данная точка, а по этим данным, равносильным экваториальным координатам точки небесной сферы, находятся полярные координаты – расстояния от центра и азимут – проекции этой точки на плоскость.

В 4-й главе "О порядке расчерчивания таблиц и помещения в них всего, что необходимо узнать" приводятся таблицы функциональных зависимостей, возникающих при построении астролэбии: зависимости радиуса круга, изображающего параллель небесного экватора, от склонения этой параллели; "восхождений в прямой сфере" (прямых восхождений) точки эклиптики от ее эклиптической долготы; эклиптических долгот и широт 25 наиболее ярких неподвижных звезд, а также их скоплений и градусов прохождения; абсцисс центров кругов, изображающих альмукунтараты, от высот этих кругов; аналогичные таблицы для кругов азимутов.

В 5-й главе "О порядке расчерчивания северной астролэбии" и в 6-й главе "О порядке расчерчивания южной астролэбии" излагаются способы построения этих двух видов астролэбий. В 7-й главе "О несостоятельности отклонений от методов древних" обосновывается невозможность построения астролэбии с помощью других проекций – из произвольной точки оси мира и параллельно этой оси. Фергани указывает, что при последней проекции круги небесной сферы изображаются эллипсами, которые он вслед за греками называет "фи-гурами печи".

"Книга о действиях с астролэбией" ("Китаб 'амал би-л-астурлаб"). Рукопись этого трактата хранится в Рампуре в библиотеке Раза.

"Построение солнечных часов" ("Амал ал-руха-мат"). Рукописи хранятся в частных библиотеках ал-Кахрабаи в Каире и Каддура в Халебе (рукописи описаны П. Сбатом в каталоге 83 частных библиотек Каира и Халеба под № 2085).

"Таблицы ал-Фергани" ("Джадвал ал-Фергани"). Рукопись хранится в Патне в Банкипурской восточной библиотеке.

"Трактат об определении времен, когда Луна находится над

Землей и под ней ("Рисала фи ма рифа ал-авкат аллати ивнун ал-камар фиха фаун ал-ард ау тактад"). Рукопись хранится в Каире в национальной библиотеке.

"Вычисление семи климатов" ("Хисаб ал-акалим ас-саб а"). Рукопись хранится в Готе (Германия, Государственная библиотека). По-видимому, из этого трактата заимствованы величины миль в долях градуса земного меридиана, приведенные в "Геодезии" Беруни со ссылкой на ал-Фергани. Беруни не указывает названия этого трактата, но приводит таблицу перехода от длин в фарсах и арабских милях к градусам земного меридиана и их долям.

"Объяснение недостатков зиджа ал-Хорезми" ("Та'ми ли зидж ал-Хваризми"). Этот трактат цитируется в "Хордах" Беруни, а также в "Книге об ошибках зиджей" ал-Хашими.

Остальные, указанные в списках рукописи, – отдельные таблицы или фрагменты "Элементов астрономии" и трактата "О построении астролябии".

Что касается приписываемой Фергани рукописи "Строение небес" ("Таркиб ал-афлан") из багдадской библиотеки Сакуфов, то, как установил Ф. Сезгин [36], это трактат работавшего в Мерве в XII в. Абд ал-Джаббара ал-Харани "Предел постижения подразделения небесных сфер" ("Мунтахи ал-идран фи такасим ал-афлак"), правда, написанный под сильным влиянием "Элементов астрономии".

Строительство Джа'фарийского канала

Историк Ибн Аби Усайби'а в своей книге [41] сообщает о том, что ал-Фергани был строителем Джа'фарийского канала. В 836 г. багдадский халиф ал-Мутасим перенес столицу халифата из Багдада в г. Сурра-Мен-Раа (Самарра). При халифе ал-Мутаваккиле вблизи новой столицы был проведен канал через новый город ал-Джа'фарию, названный в честь основного имени ал-Мутаваккиля Джа'фар, вследствие чего этот канал получил название Джа'фарийского.

Ал-Мутаваккиль поручил наблюдение за строительством этого канала двум братьям Бану Муса, Мухаммаду и Ахмаду, известным математикам, астрономам и механикам. Братья Бану Муса попросили осуществить строительство канала ал-Фергани. Однако ал-Фергани совершил ошибку, сделав начало канала глубже остальных его частей. Поэтому в канале было недостаточно воды, за исключением тех случаев, когда Тигр выходил из берегов. Когда халиф узнал об этом, он разгневался и братьев Бану Муса спасло лишь желание Санада ибн Али проверить вычисления ал-Фергани. Объяснение этой ошибки состоит в том, что, видимо, ал-Фергани будучи не практиком, а теоретиком, не смог удачно воплотить свой замысел при строительстве канала. Ал-Якуби (ум. 897) дает более основательную причину неудачи ал-Фергани: каменистая почва, выбранная им для Джа'фарийского канала, была местом, трудным для рытья.

Реставрация нилометра

Последним делом, выполненным ал-Фергани, была реставрация нилометра в Каире в последнем году его жизни – 861 г. Нилометр – прибор для измерения высоты воды в Ниле (арабы называли этот прибор просто "микьяс" – "измеритель", тем же словом, которым они называли гномон – прибор для измерения времени). Нилометр основан на свойстве сообщающихся сосудов и представляет собой градуированную вертикальную трубку, в которую снизу поступала вода из Нила и уровень воды в которой совпадал с уровнем воды в Ниле. Нилометр существует и в настоящее время, он находится на острове Рауда в Каире. Над нилометром построена башня с остроконечным куполом (рис. 1).

Нилометр был построен в конце VIII–начале IX в. по приказу правителя Сулеймана ибн Абд ал-Малика Абд-р-Раддодома Абделлахома. Его ремонтировали в 817 г. по приказу халифа ал-Ма'муна, в 861 г. по приказу халифа ал-Мутаваккиля и в 1092 г. при халифе ал-Мустаксире по приказу его вазира Бадра ал-Джамали.

О том, что реставрация нилометра в 861 г. (247 г. хиджры) была произведена под руководством ал-Фергани, имеется несколько сообщений арабских авторов, собранных Г. Витом в его статье "Реставрация нилометра на острове Рауда при Мутаваккиле (247/861)" [40]. Самый старый из них – текст Евтихия (ум. в 328/939 г.): "Мутаваккиль увидел плохое состояние нилометра, находящегося на острове вблизи Фустата, построенного по приказу Сулеймана ибн Аби ал-Малика. Мутаваккиль прислал из Ирана архитектора ("мухандис"), указанного астрономом Мухаммадом ибн Мусой".

Заметим, что в Багдаде в IX в. были два астронома по имени Мухаммад ибн Муса: ал-Хорезми, умерший около 850 г., и один из братьев Бану Муса ибн Шакир. Так как рекомендация ал-Фергани имела место около 860 г., ясно, что рекомендовал его Мухаммад ибн Муса ибн Шакир. Заметим также, что слово "мухандис" обозначает не только архитектора, умеющего читать чертежи, но и геометра (это слово происходит от слова "хандаса" – "геометрия"). Далее Вит пишет: "Вскоре после этого Ибн ад-Дая (ум. 334/945), историк Ахмада ибн Тулуна, говорит по какому-то случаю об Ахмаде ибн Касире ал-Фергани, построившем нилометр, добавляя "сочную" деталь: "Его наука была более полной, чем его удача, так как он никогда не мог довести никакого дела до хорошего конца". Ибн Аби Усейби'а (ум. 668/1270 г.) и (значительно позднее) Абу-д-Махасин (ум. 874/1669 г.) приписывают честь реставрации тому же астроному, причем последний автор называет ал-Фергани Мухаммадом ибн Касиром" [41. С. 205].

Вит отмечает также, что в каирском издании известного исторического труда арабского историка Шамс ад-Дина Ахмада ибн Халликана (1211–1282) "Книга о кончинах знаменитых людей и сведения о современниках" имеется место, отсутствующее в других распростра-

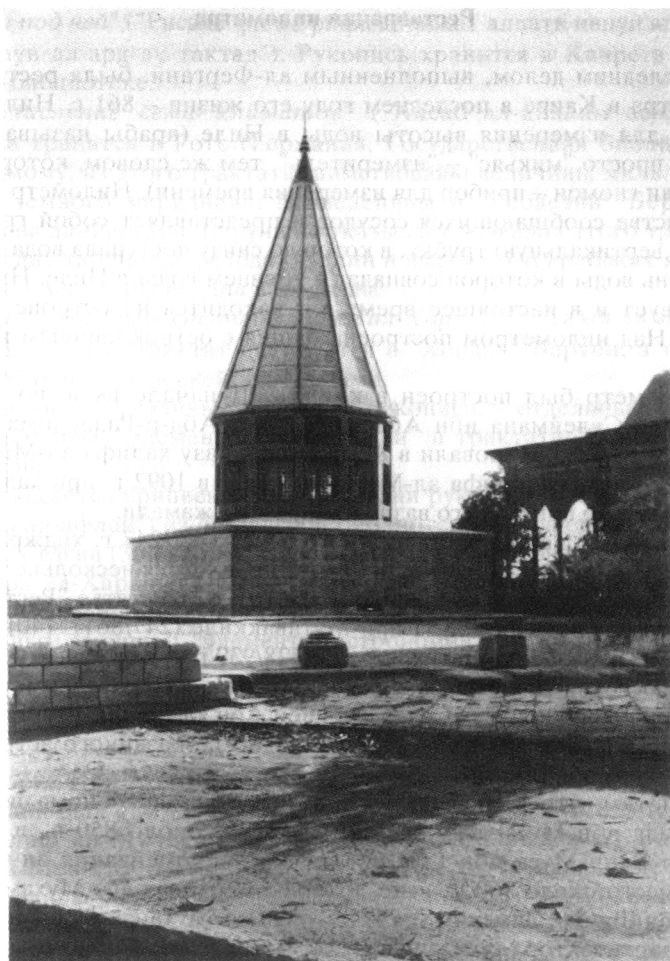


Рис. 1

ненных изданиях этого труда, опубликованных Вюстенфельдом (Геттинген, 1835–1843) и М.Г. де Сланом (Париж–Лондон, 1843–1871). В этом месте приведена биография первого конструктора нилометра – Абу-р-Радада Абдаллаха (в изданиях Вюстенфельда и де Слана приведены только начальные строки этой биографии). Далее Ибн Халликан пишет, что нилометр был отремонтирован "вычислителем ал-Карсани" и цитирует его слова: "Мы получили приказ победителя правоверных написать на помещении для нилометра стихи Корана, тексты, относящиеся к нилометру, и имя повелителя правоверных. Я нашел наиболее подходящие стихи и вырезал их на внешних стенах здания, повсюду, где это было возможно. Буквы толщиной в палец

были выполнены из ляпис-лазури, врезанной в мрамор. Надпись могла читаться издали. Текст в виде четырех стихов одной длины был вырезан на высоте 17 локтей на всех четырех сторонах памятника".

Далее Вит пишет: "Эти четыре стиха были приведены Ибн Халликаном целиком. Эти четыре текста существуют еще и сейчас в точности на указанных местах на мраморных плитах над аркадами, которыми открываются четыре стороны колодца нилометра. Эта деталь позволяет исправить дату, когда были выполнены эти надписи: они не могли быть сделаны при ремонте нилометра, производившегося при ал-Ма'муне, в 199 г. хиджры (817 г. н.э.), как обычно считали, они моложе на пять десятков лет. На высоте 18-го локтя математик (так Вит понимает слово "вычислитель" Ибн ал-Халликана) поместил полосу, образующую одну строку, идущую вокруг всего памятника: это историческая надпись, датированная 247 г. хиджры (861 г.), перед которой приведен стих Корана. В современном состоянии этих мест замечательно то, что в настоящее время существует только кораническая надпись: историческая часть заменена другой полосой с цитатой из Корана, причем буквы этой надписи вполне подобны буквам старой надписи, но, как отмечает Ван Берхем, исследовавший их, выполнены менее тщательно и выдают другую руку. Начало надписи датируется 247 годом, приняв это, я располагаю достаточным основанием для того, чтобы считать, что конец надписи был вырезан при следующем ремонте нилометра, который состоялся в 485 г. хиджры (1092 г. н.э.) по приказу Бадра Джамали, всемогущего министра (халифа) Мустансира".

Вит предпринял попытку выяснить, какое имя – ал-Фергани или ал-Карсани – имелось в рукописи самого Ибн Халликана, но автограф Ибн Халликана, хранившийся в библиотеке Британского музея (ныне Британская библиотека), совпадает с буквами текста, изданного Вюстенфельдом и де Сланом. И Вит сделал вывод, что этот текст представляет собой раннюю редакцию книги Ибн Халликана, и за 26 лет от окончания этой редакции до своей смерти Ибн Халликан написал более полную редакцию, опубликованную в каирском издании,



Рис. 2

но слова "ал-Фергани" и "ал-Карсани" отличаются только точкой над первой буквой после артикля "ал" и весьма близкими третьими буквами (рис. 2). Поэтому информацию Ибн Халликана следует также считать сообщением о реставрации нилометра ал-Фергани, причем, как мы видим, здесь приводится много подробностей о работе ал-Фергани.

Обстоятельства смерти ал-Фергани

В приведенной выше статье [40] Вит приводит следующие свидетельства об ал-Фергани: «Христианский арабский автор Абу Салих в своей "Истории церквей и монастырей Египта" писал: "В "Путеводителе по праздникам" на дату 7 кихака сказано: "Был обезглавлен Ибн Катиб ал-Фергани". Этот ал-Фергани руководил реставрацией нилометра в 247 г. Его тело находится в церкви Святого Колутуса в середине Хамры (квартал к северу от Фустата)». Вит полагает, что слово "катиб" – изменение слова "хасиб". Гораздо более правдоподобно предположить, что слова "Ибн Катиб" – искажение слов "Ибн Касир", так как последнее слово очень близко по написанию к слову "катиб". Заметим, что кихак – 4-й месяц коптского календаря (название "кихак" произошло от названия древнеегипетского месяца "хойяк"), соответствующий нашему декабрю. Вит добавляет, что он справлялся в яковитских святцах и не нашел там упоминания об ал-Фергани. Вит цитирует также книгу "Блуждающие светила" (это название можно перевести и как "Планеты") историка Ибн Зайята, написанную в 1412 г., где сообщается "об изящном мавзолее на кладбище Касафа около Каира, в котором находится могила Ахмада ибн Мухаммада, архитектора нилометра".

В конце статьи Вит замечает, что "представляется затруднительным допустить, на основании одного места у Абу Салиха, христианство этого архитектора. С другой стороны, если этот текст не испорчен, он содержит одну деталь, которую, как мы видели, не подтверждает Синаксарий. Не будет излишним добавить, что сообщение Абу Салиха неправдоподобно: представляется слишком хрупким поверить в то, что Мутаваккиль мог прибегнуть к услугам христианского архитектора, так как он свирепо преследовал христиан. Как раз в том, что касается нилометра, этот халиф сместил бы администратора-христианина и назначил бы на его место мусульманина Абу-р-Раддада. Однако имя Мухаммад ибн Ахмад с несомненностью указывает на то, что он был мусульманином. Поэтому можно предполагать, что ал-Фергани происходил из семьи христиан, которые, как мы видели, имелись ко времени арабского завоевания и в Фергане, и в Мерве, и, приехав в Каир, вступил в контакт с местными христианами-коптами. Как видно, об этом узнал яростно преследовавший христиан ал-Мутаваккиль, который и распорядился после окончания реставрации нилометра обезглавить ал-Фергани. Поэтому копты считали его мучеником за христианскую веру и похоронили в одной из своих церквей. Отсюда видно, что следует считать, что ал-Фергани был убит в декабре 861 г."

Сферическая тригонометрия

В трактате "Совершенная [книга] о построении астролэбии" при решении задач сферической астрономии ал-Фергани широко пользовался той формулой сферической тригонометрии, которую использовал еще Птолемей в "Алмагесте" – "теоремой о полном четырехстороннике", доказанной в I в.н.э. Менелаем Александрийским в его "Сферике". Плоским полным четырехсторонником называется фигура, получаемая из плоского четырехугольника при продолжении каждой пары его противоположных сторон до их пересечения (рис. 3, а). Сферическим полным четырехсторонником называется аналогичная фигура, получаемая таким же образом из сферического четырехугольника, сторонами которого являются дуги больших кругов сферы (рис. 3, б).

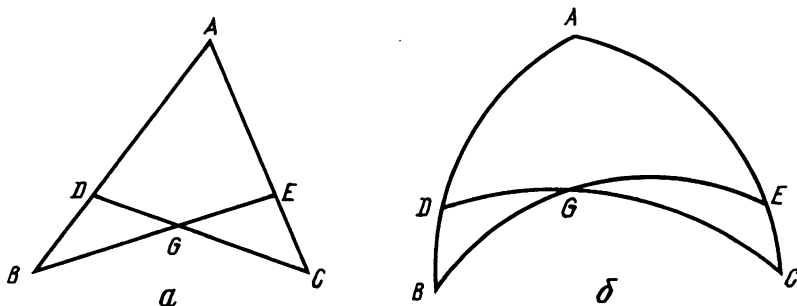


Рис. 3

Плоская теорема о полном четырехстороннике в настоящее время записывается в виде одной из форм:

$$\frac{AE}{CA} \cdot \frac{CD}{DG} \cdot \frac{GB}{BE} = 1 \text{ и } \frac{AE}{CE} \cdot \frac{CG}{DG} \cdot \frac{DB}{BA} = 1,$$

а в средние века формулировалась для четырехсторонника, изображенного на рис. 3, а следующим образом: "отношение CA и AE составлено из отношения CG к DG и отношения DB к BA". Сферическая теорема о полном четырехстороннике в настоящее время записывается в виде одной из форм:

$$\frac{\sin AE}{\sin CA} \cdot \frac{\sin CD}{\sin DG} \cdot \frac{\sin GB}{\sin BE} = 1 \text{ и } \frac{\sin AE}{\sin CE} \cdot \frac{\sin CG}{\sin DG} \cdot \frac{\sin DB}{\sin BA} = 1.$$

В средние века эту теорему для четырехсторонника, изображенного на

рис. 3, б, формулировали следующим образом: "отношение синуса дуги CA к синусу дуги AE составлено из отношения синуса дуги CD к синусу дуги DG и отношения синуса дуги GB к синусу дуги BE " и "отношение синуса дуги CE к синусу дуги AE составлено из отношения синуса дуги CG к синусу дуги DG и отношения синуса дуги DB к синусу дуги BA ". Здесь под словами "синус дуги" имеется в виду "линия синуса дуги". В древности в этих формулировках вместо слов "синус дуги" говорили "хорда удвоенной дуги", так как линия синуса дуги α равна половине хорды, стягивающей дугу 2α .

Под отношением, составленным из двух отношений, в древности и в средние века понимали то, что в настоящее время называют произведением отношений (древние избегали применения арифметических терминов к геометрическим величинам, не выражающимся целыми числами).

Птолемей применял сферическую теорему о полном четырехстороннике в указанном виде в I книге "Алмагеста" для случаев, когда некоторые дуги рассматриваемого им полного четырехсторонника равны 90° или некоторые пары дуг этой фигуры дополняют друг друга до 90° , при этом теорема превращается в то, что в настоящее время называется теоремой синусов или теоремой тангенсов для прямоугольного сферического треугольника.

Чтобы показать, как применял эти теоремы ал-Фергани, приведем основные термины сферической астрономии. Этими терминами являются прежде всего названия кругов: небесной сферы – небесного экватора большого круга, переходящего в себя при видимом суточном вращении небосвода; эклиптики – большого круга небесной сферы, по которому происходит видимое годичное движение Солнца, и горизонта – большого круга небесной сферы, высекаемого из нее диаметральной плоскостью, параллельной плоскости, касательной к земному шару в месте нахождения наблюдателя. Полюсами небесного экватора являются северный и южный полюсы мира – точки N и S пересечения небесной сферы с "осью мира"; полюсами эклиптики являются точки P и P' пересечения небесной сферы с осью эклиптики; полюсами горизонта являются зенит Z и надир Z' . Большой круг, проходящий через точки P , P' , Z и Z' , называется небесным меридианом.

Угол между эклиптикой и небесным экватором, называемый наибольшим склонением, во времена ал-Фергани был равен $23^\circ 33'$, угол между небесным экватором и горизонтом зависит от широты φ места, где находится наблюдатель, и равен дополнению широты φ до 90° .

В сферической астрономии рассматриваются три системы сферических координат на небесной сфере: горизонтальная, экваториальная и эклиптическая.

В горизонтальной системе координат (рис. 4, а) положение точки M на небесной сфере определяется высотой h , т.е. сферическим расстоянием этой точки от круга горизонта $EFGH$, и азимутом точки A –

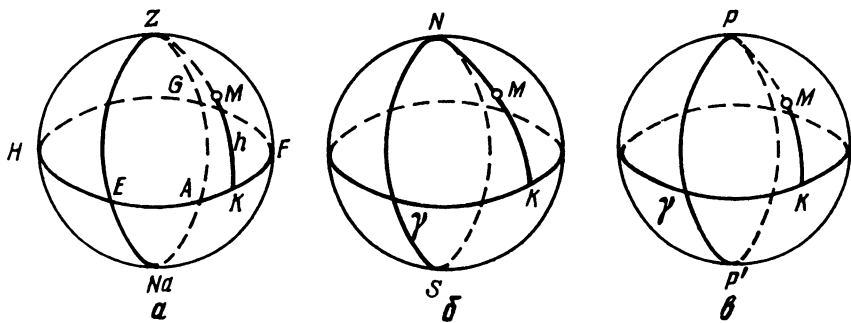


Рис. 4

дугой EK горизонта, считаемой от точки юга E до точки K . Полюсами круга горизонта являются точки Z зенита и Na надира.

В экваториальной системе координат (рис. 4, б) положение точки M на небесной сфере определяется склонением δ , т.е. сферическим расстоянием MK точки M от небесного экватора, и прямым восхождением α , т.е. дугой γK небесного экватора от точки γ пересечения небесного экватора с эклипстикой. Полюсами небесного экватора являются северный и южный полюсы мира N и S .

В эклиптической системе координат (рис. 4, в) положение точки на небесной сфере определяется широтой β этой точки, т.е. ее сферическим расстоянием от эклиптики, долготой λ , т.е. дугой γK эклиптики. Полюсами эклиптики являются точки P и P' .

В III главе "Совершенной [книги] о построении астролэбии" ал-Фергани решает ряд задач сферической астрономии, необходимых ему для построения изображений кругов небесной сферы на плоскости астролэбии. Для определения склонения δ звезды с известными эклиптическими координатами β и λ ал-Фергани рассматривает (рис. 5) сферический полный четырехсторонник $XZBGHM$, вершина M которого – положение звезды на небесной сфере; большой круг XZB – небесный экватор; G – полюс мира, поэтому дуги GX и GB равны 90° ; H – полюс эклиптики, поэтому дуга GH равна углу $\epsilon = 23^\circ 33'$ между небесным экватором и эклипстикой; дуга MX – склонение δ звезды. Он пишет: "Отношение синуса дуги HB к синусу дуги GB составлено из двух отношений – из отношения синуса дуги HZ к синусу дуги ZM и из отношения синуса дуги MX к синусу дуги GX " [1. Л. 19 об.], т.е. в современных обозначениях:

$$\frac{\sin HB}{\sin GB} = \frac{\sin HZ}{\sin ZM} \cdot \frac{\sin MX}{\sin GX}.$$

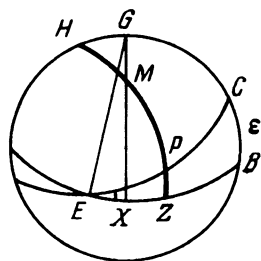


Рис. 5

Здесь дуга $HB = 90^\circ + \epsilon$, дуга $GB = 90^\circ$, если мы обозначим дугу PZ через ρ , то дуга $HZ = 90^\circ + \rho$, дуга $ZM = \beta + \rho$, дуга $MX = \delta$, дуга $GX = 90^\circ$, т.е. это составное отношение можно записать в виде:

$$\cos \epsilon = \frac{\cos \rho \cdot \sin \delta}{\sin(\beta + \rho)},$$

откуда можно найти

$$\sin \delta = \frac{\sin(\beta + \rho) \cdot \cos \epsilon}{\cos \rho}.$$

Для определения дуги $\rho = PZ$ следует снова применить теорему Менелая к полному четырехстороннику $HCBZEP$:

$$\frac{\sin CB}{\sin HC} = \frac{\sin PZ}{\sin PH} \cdot \frac{\sin EZ}{\sin EB}.$$

Здесь дуга $CB = \epsilon$, дуга $HC = 90^\circ$, дуга $PH = 90^\circ$, дуга $EZ = \alpha$, дуга $EB = 90^\circ$, т.е. составное отношение можно записать в виде:

$$\sin \epsilon = \sin \rho \cdot \sin \alpha,$$

откуда

$$\sin \rho = \frac{\sin \epsilon}{\sin \alpha}.$$

Ал-Фергани называет величины $\cos \epsilon = \sin(90^\circ + \epsilon)$, $\sin(\beta + \rho)$ и $\cos \rho = \sin(90^\circ + \rho)$ соответственно 1-м, 2-м и 3-м синусами и формулирует правило определения склонения δ следующим образом: "Умножим первый синус на второй синус, разделим произведение на третий синус и найдем дугу частного. Полученная дуга – расстояние звезды от небесного экватора" [1. Л. 90 об.].

В формулировке правила для определения склонения ал-Фергани употребляет термины "умножим" и "разделим" по отношению к линиям синуса, являющимся геометрическими величинами. Эти термины, впоследствии широко применявшиеся Сабитом ибн Коррой [21], встречаются у ал-Фергани, по-видимому, впервые. Заметим, что античные авторы применяли арифметические термины только к натуральным числам и изредка – к рациональным дробям; для геометрических величин они применяли терминологию геометрической алгебры, т.е. называли произведение двух линий прямоугольником, построенным на этих линиях. Терминология ал-Фергани и Сабита ибн Корры стала применяться только в странах средневекового Ближнего и Среднего Востока и привела к расширению понятия числа до того, что мы называем положительным действительным числом.

Стереографическая проекция

Стереографической проекцией называется проекция сферы одной из ее точек S на плоскость, касающуюся сферы в диаметрально противоположной точке S' (рис. 6), или на любую плоскость, парал-

тельную ей и проходящую через центр проекции (часто за эту плоскость принимают диаметрально плоскость сферы). Стереографическая проекция обладает следующими основными свойствами [19. С. 486–487]:

а) окружности на сфере проектируются на плоскости в виде окружностей или, если окружности на сфере проходят через центр проекции, в виде прямых;

б) при стереографической проекции углы между кривыми на сфере изображаются на плоскости равными им углами между кривыми на плоскости;

в) при повороте сферы вокруг диаметра, проходящего через центр проекции, на плоскости происходит поворот вокруг точки ее пересечения с этим диаметром на тот же угол.

Первым сохранившимся до настоящего времени источником, в котором упоминается стереографическая проекция, является "Планисферий" известного александрийского ученого Клавдия Птолемея (II в. н.э.). "Планисферий" был посвящен описанию инструмента для определения координат звезд на небесной сфере, в настоящее время называемого астролябией, о которой мы будем говорить подробнее. В том тексте "Планисферия", который сохранился до нашего времени [33], используются свойства а), б) и в) стереографической проекции, но не приводятся их доказательств.

"Совершенная [книга] о построении астролябии" ал-Фергани содержит первое дошедшее до нас изложение теории стереографической проекции с полным доказательством свойства а). В предисловии к трактату ал-Фергани указывает, что построение астролябии основано на принципах, известных древним, "но мы не видели, чтобы кто-нибудь из них разъяснил это и описал в книге. Люди пользуются этим, подражая им... и производят вычисления без доказательства правильности и указаний на ее причины". Упомянув о том, что многие ученые его времени на этом основании сомневаются в правильности принципов, он пишет: "Поэтому мы сочинили эту нашу книгу, содержащую разъяснения правильности действий прежних ученых в форме астролябии, причины этого и истинности их указаний, определение величин всех кругов небесной сферы, которые изображаются на астролябии, и порядок их проведения на ней для всех краев Земли, и обоснование несостоятельности того, что отклоняется по форме от способов, которыми действовали в этом древние". [1. Л. 3]. Книга ал-Фергани и посвящена доказательству правильности действий древних.

I глава книги посвящена теории стереографической проекции, на которой основано построение астролябии. Она называется "О предпослании геометрических предложений, из которых выводится форма астролябий" и состоит из трех предложений.

1-е предложение представляет собой геометрическую лемму: "Начнем с предпослания большого предложения, полезного в искусстве геометрии".

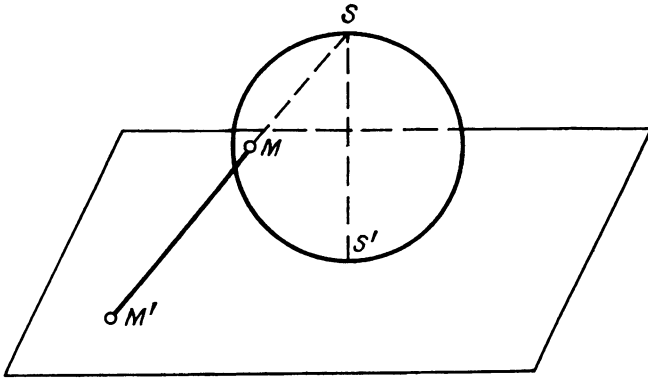


Рис. 6

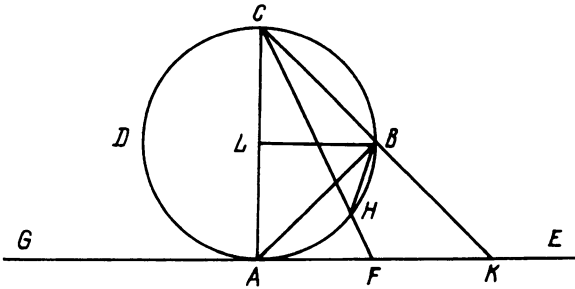


Рис. 7

Начертим круг $ABCD$ и проведем его диаметр AC (рис. 7). Проведем через точку A линию EG , касательную к кругу. Проведем в круге произвольную хорду BH , проведем линии CB и HC и продолжим их в направлении до линии GE . Они пересекут ее в точках K и F . Тогда я утверждаю, что треугольник CKF подобен треугольнику CHB и угол FKC равен углу CHB , угол KFC равен углу HBC .

Доказательство этого. Опустим из точки B перпендикуляр на диаметр AC , это – BL , проведем линию AB . Угол ABC – прямой, так как он в полукруге. Но на диаметр AC был опущен перпендикуляр BL , поэтому треугольники ABL и LBC подобны и подобны треугольнику ABC . Поэтому угол ABC равен углу BLC . Но угол LBC равен углу AKC , так как линии AK и LB параллельны. Поэтому угол AKC равен углу BAL и равен углу BHC , так как они имеют одно основание. Поэтому угол AKC равен углу BHC . Но угол BCH общий, поэтому оставшийся угол HBC равен углу KFC . Это и есть то, что мы хотели [доказать]". [1. Л. 4].

Далее во 2-м предложении доказывается основная теорема о сте-

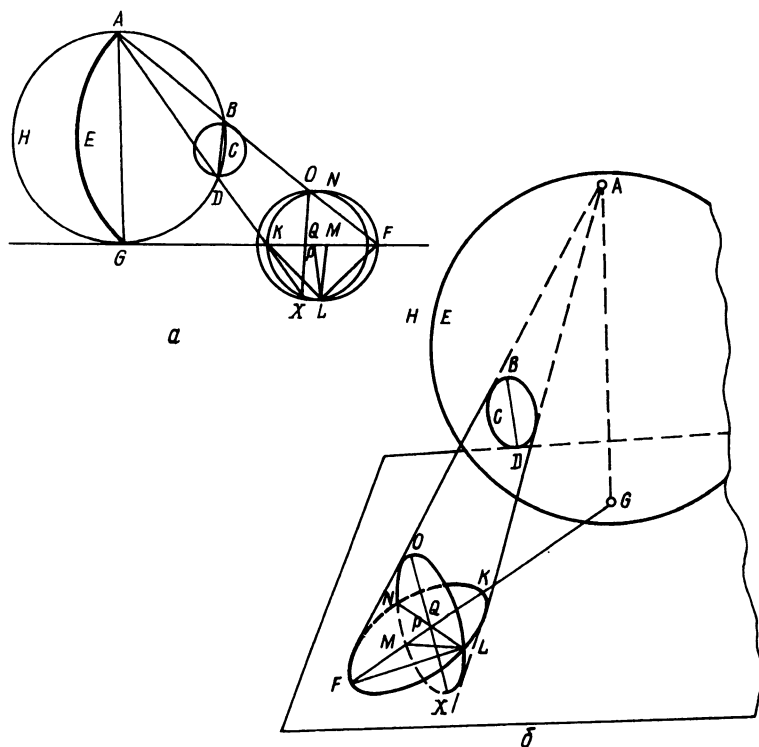


Рис. 8

реографической проекции: "Поскольку мы предположили это предложение, то докажем, что каждый конус, основание которого – круг и около которого описана сфера, если провести диаметр сферы из точки вершины конуса, а затем восстановить в точке конца диаметра, диаметрально противоположной точке вершины конуса, плоскость, касательную к сфере, и продолжить поверхность конуса прямолинейно [до пересечения с касательной плоскостью к сфере], то пересечение является кругом.

Пример этого (рис. 8): конус – $ABCD$, его основание – круг BCD , его диаметр – BD , вершина конуса – точка A , около него описана сфера $ABGHE$.

Мы провели из точки вершины конуса диаметр сферы AG и восстановили в точке G плоскость FQK из прямых линий, касающуюся сферы в ней. Продолжим поверхность первоначального конуса, начинающуюся в точке A и кончающуюся в его основании BCD , прямолинейно до плоскости FQK . Тогда их пересечение – $KLFN$. Тогда я утверждаю, что линия $KLFN$ – окружность круга.

Доказательство этого. Плоскость круга $ABGH$ делит и сферу, и

конус пополам. Продолжим ее прямолинейно до плоскости FQK . Тогда круг $ABGH$ – пересечение сферы и плоскости, которая пересекает ее, а его диаметр и диаметр сферы – линия AG , треугольник ABD – пересечение конуса и пересекающей его плоскости, а линия FK – пересечение плоскости $KLFN$ и пересекающей плоскости. Но ясно, что линия AB – самая короткая из линий, проведенных из точки A к основанию BCD , а линия AD – самая длинная из них. В этом примере мы пересекаем весь конус, вписанный в сферу, таким образом, что в плоскости, пересекающей конус, получаются две линии из конуса. Разделим линию FK пополам в точке M , проведем из M линию к какому-нибудь месту на линии $KLNF$ и докажем, что она равна линии KM . Проведем линию ML к линии KL и LF и продолжим прямолинейно поверхность конуса и плоскость, пересекающую все поверхности. Вообразим, что плоскость XLO пересекает плоскость $KLFN$ и конус в точке L и параллельна кругу BCD . Ясно, что плоская фигура XLO – круг в силу того, что доказал Мухаммад ибн Муса в его книге о сфере, линия XO – пересечение круга XLO и плоскости AGF , пересекающей все фигуры. Она пересекает линию FK в точке P . Тогда плоскость AGF пересекает плоские фигуры кругов BCD и XLO , которые параллельны и вписаны в один конус. Линии XO и DB – их пересечения, а линия DB – диаметр круга BCD ; поэтому линия XO – диаметр круга XLO .

Плоские фигуры $KLFN$ и XLO проходят через точку L и они обе перпендикулярны к плоскости $A[G]F$, которая пересекает их под прямым углом по линиям XO и FK . Поэтому их пересечение есть перпендикуляр к плоскости AGF в силу того, что доказал Евклид. Это линия LP . Угол AGF – прямой в силу того, что линия AG – перпендикуляр к касательной плоскости FQK , и угол, ограничиваемый ею с каждой линией, проведенной из точки в плоскости FQK , – прямой угол.

Раньше было доказано, что угол GFA равен углу ADB . Угол ADB равен углу AXO , поэтому угол AXO равен углу GFA . Угол KPX равен углу FPO , поэтому оставшийся угол FOP равен углу XKP . Поэтому два треугольника $XPК$ и PFO подобны. Поэтому произведение KP на PF равно произведению XP на PO , произведение XP на PO равно произведению LP на равное ей, так как линия LP – перпендикуляр к линии XO , а XO – диаметр круга XLO . Поэтому произведение KP на PF равно произведению LP на равное ей. Тем самым доказано, что угол KLF – прямой. Но диаметр FK был разделен пополам в точке M , а из точки M была проведена линия ML , поэтому линия ML равна каждой из линий KM и MF . Это рассуждение доказывает, что каждая из линий, восходящих из точки M к точкам линии $KLFN$, равна каждой из линий KM и MF . Поэтому линия $KLFN$ – окружность круга, диаметр которого – FK , а центр – точка M . Это есть то, что мы хотели [доказать]" [1. Л. 4 об. – 5 об.].

Доказательство свойства (а) ал-Фергани близко к доказательству

5-го предложения I книги знаменитого трактата александрийского ученого III в. до н.э. Аполлония "Конические сечения", в котором находится второе семейство круговых сечений наклонного кругового конуса. Поэтому весьма возможно, что свойство (*a*) стереографической проекции было известно еще Аполлонию. Заметим, что в трактате "О плоских геометрических местах" Аполлоний указывает аналогичное свойству *a*) свойство инверсии. Плоскими геометрическими местами древние греки называли линии, которые можно начертить линейкой и циркулем, т.е. прямые и окружности. В трактате "О плоских геометрических местах" Аполлоний говорит, что если "две прямые" (т.е. прямолинейные отрезки) проведены из одной точки по одной прямой и "содержат данный прямоугольник" и "если конец одной из этих прямых описывает плоское геометрическое место, то конец другой прямой также описывает плоское геометрическое место того же или другого рода".

Аполлоний говорит также, что тот же факт имеет место, если прямые проведены из разных точек параллельно друг другу или под некоторым углом, т.е. в случае, когда одно "плоское геометрическое место" получается из другого произведением инверсии на движение (здесь же Аполлоний рассматривает и гомотегию и ее произведение на движение) [21]. Указанное предложение "Конических сечений" Аполлония давало грекам полную возможность строго доказать свойство *a*) стереографической проекции, что, по-видимому, и было сделано, если не во времена Аполлония, то, во всяком случае, за 4 столетия между Аполлоном и Птолемеем.

В 3-м предложении ал-Фергани доказывает, что при стереографической проекции центр окружности не проектируется в центр окружности, причем лучи, соединяющие центр проекции с центрами обоих кругов, образуют равные углы с различными лучами, проектирующими концы диаметров кругов, лежащих в плоскости симметрии. Линия, выходящая из точки вершины конуса и проходящая через центр его основания на сфере, не проходит через центр круга, являющегося пересечением [с конусом] в касательной плоскости к сфере в точке *G* (рис. 9).

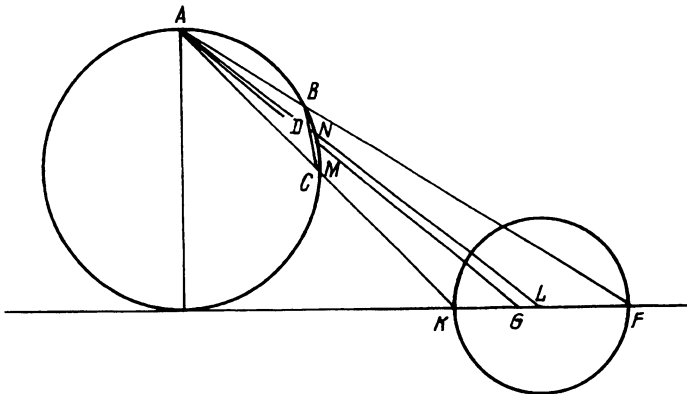


Рис. 9

"Вернемся к чертежу конуса и разделим диаметр основания конуса, вписанного в сферу, пополам в точке D . Проведем из точки A линию AD и продолжим ее вовне [сферы] до линии FK , так чтобы она пересекала ее в точке G . Отметим [точку] там, где пересечение линии AG с кругом – это точка N . Линия CB делится пополам в точке D . Из точки A была проведена линия AD , оканчивающаяся на этой линии и не проходящая через центр круга. Поэтому угол CAM меньше угла MAB . Отсечем от угла MAB при линии AB угол BAL , равный углу CAD . Тогда я утверждаю, что точка L на линии FK – центр круга KHF .

Доказательство этого. Угол FAL равен углу CAD . Остается угол CDA , равный углу ALF , и треугольники ALF и ABC подобны. Поэтому CA относится к AF как CB к FL . Но раньше мы доказали, что CA относится к AF как BC к FK и как CB к FL . Поэтому переставляя, получим, что BCD относится к CB как LF к FK . Но CD делит пополам линию BC , а FL делит пополам линию FK , причем FK – диаметр круга FHK . Поэтому линия AB , выходящая из точки вершины конуса и [проходящая через] центр основания [конуса, вписанного в] сферу, пересекает диаметр FK в точке E , не являющейся [центром] круга. Это и есть то, что мы хотели [доказать]" [1. Л. 6 об.].

Изложенная здесь теория стереографической проекции ал-Фергани, как видно из предисловия к трактату, является реконструкцией теории греков.

Принадлежность этой теории ал-Фергани видна из свидетельства багдадского ученого X в. Ибрахима ибн Синана, который писал в "Трактате об астролябии" ("Рисала ал-астурлаб"): "Что же касается книги Птолемея, то в ней имеется неясность, для объяснения которой его книга комментировалась. Сочинения позднейших ученых, по моему мнению, охватывают все необходимое для этого. Среди них – книга Ахмада ал-Фергани о построении астролябии и книга Ибн ас-Саббаха" [23. С. 6].

Заметим, что Мухаммад ибн ас-Саббах – ученый IX в., написавший не дошедшую до нас "Книгу доказательств изготовления астролябии" ("Макала ал-барахин ал-а мал ал-астурлаб"), дополненную его братом Ибрахимом. Отметим также, что Ибн Синан, говоря о теории астролябии, уже ссылается на Аполлония и говорит, что «касательная плоскость к сфере пересекает этот конус по кругу... как доказано в первой книге сочинения Аполлония "Конические сечения"».

Астрономия

Картина мира

Картина мира согласно геоцентрической системе Птолемея изложена во 2–5-й главах "Элементов астрономии" ал-Фергани, 2-я глава этой книги является изложением III главы I книги "Алмагеста" Птолемея "О том, что небо имеет сферическое движение" [32. С. 6–10]. Здесь ал-Фергани говорит о том, что небо имеет сферическую форму: "Доказательством этого является то, что [светила] в одном и том же порядке в своем движении, и величины их тел и расстояния друг от друга – одни и те же; и так они поднимаются до тех пор, пока не достигнут середины неба, а затем закатываются и исчезают на западе в том же расположении и порядке. Движение светил происходит по параллельным кругам и не отличается ни ускорением, ни замедлением, как будто бы они прочно прикреплены к поверхности сферы, которая поворачивает их одним вращением" [38. С. 8]. Кроме того, ал-Фергани указывает, что точка, вокруг которой происходит вращение, должна являться одним из полюсов этой сферы.

Далее ал-Фергани говорит, что если бы небо было плоским, то: "Солнце, Луна и другие светила были бы видны при их восходе на востоке маленькими и незаметными, вследствие их удаления от наших глаз, а затем они постепенно увеличивались бы по мере своего приближения к середине неба, так как они приближались бы к нашим глазам, а затем таким же образом уменьшались бы при их закате по направлению к западу... Однако мы видим их размеры и при их восходе, и в середине неба, и при их закате одними и теми же. Более того, мы видим их размеры на востоке и западе большими, чем в середине неба" [38. С. 10]. Далее ал-Фергани объясняет увеличение размеров светил при восходе и закате преломлением света в воздухе, насыщенном водяными парами: "То испарение, которое постоянно поднимается от Земли, оказывается между нашими глазами и горизонтом, поэтому мы видим их такими большими, особенно когда в воздухе много влажных испарений" [38. С. 10].

В 3-й главе "Элементов астрономии" излагается IV глава I книги "Алмагеста" "О том, что Земля в целом имеет вид сферы" [32. С. 10–12]. Здесь ал-Фергани указывает, что доказательством сферической формы Земли служит то, что восход и заход Солнца, Луны и всех светил в восточных местах Земли раньше их восхода и захода в западных местах. Далее ал-Фергани говорит, что если двигаться по Земле с южного края к северу, то можно увидеть, что с северной стороны некоторые светила, которые раньше заходили, станут постоянно видимыми, соответственно с южной стороны некоторые светила, которые раньше восходили, станут постоянно скрытыми.

В 4-й главе излагаются V и VI главы I книги "Алмагеста" [32. С. 12–16] "О том, что Земля находится в середине неба" и "О том, что по сравнению с небесной сферой Земля является точкой". Здесь ал-Фергани указывает, что "если Земля находится в середине неба, то плоскость, делящая небо пополам, проходит через центр Земли, являющийся центром неба, и поэтому для всех, кто находится на поверхности Земли, видна половина неба" [38. С. 14]. Далее ал-Фергани рассуждает о том, что (по меньшей мере) половина неподвижных звезд больше Земли, "а скорее всего тело Земли еще меньше, чем самая маленькая звезда". Это рассуждение отсутствует в "Алмагесте", но имеется в "Планетных гипотезах" Птолемея. Оно показывает, что еще в недрах геоцентрической системы Птолемея создавались предпосылки для учения о множественности миров.

В первой части 5-й главы излагается VIII глава I книги "Алмагеста" "О том, что на небе существуют два различных вида первых движений" [32. С. 20–24]. Здесь ал-Фергани указывает, что "движений, видимых на небе, – два. Первое из них – которое приводит в движение Вселенную и благодаря которому имеются день и ночь, так как оно вращает Солнце, Луну и все светила с востока на запад, так что они совершают один оборот за каждые сутки в одном положении, с периодами, равными по скорости, вокруг двух закрепленных полюсов, называемых полюсами первого движения. Один из них – тот, который находится на севере, уже упоминался нами раньше, другой, противоположный ему, – на юге. Светила под действием этого движения необходимо движутся по параллельным кругам. Наибольший из них называется кругом небесного экватора, это пояс первого движения, так как он делит небесную сферу пополам и его расстояние от обоих полюсов имеет одну и ту же величину.

Второе же движение Солнца и планет с запада на восток отличается от первого движения направлением и происходит вокруг двух других полюсов, не совпадающих с полюсами первого движения. Большой круг, расстояние которого от этих других полюсов имеет одну и ту же величину, являющийся поясом второго движения, называется средним кругом пояса эклиптики. Это тот круг, который описывает Солнце в своем движении с запада на восток" [38. С. 15–16].

Сферическая астрономия

Вопросы сферической астрономии излагаются в 5, 6 и 10-й главах "Элементов астрономии" ал-Фергани. В 5-й главе "Элементов астрономии" ал-Фергани определяет небесный экватор: "Круг небесного экватора называется так потому, что Солнце, когда проходит через него, делает равными ночь и день на всей Земле" [38. С. 16]. Далее ал-Фергани определяет эклиптику как "круг, который описывает Солнце в своем движении с запада на восток" [38. С. 16]. На эклиптике распо-

ложены 12 зодиакальных созвездий, ал-Фергани приводит их арабские названия.

| Арабские названия | Переводы арабских названий | Современные названия |
|-------------------|----------------------------|----------------------|
| Ал-хамал | Баран | Овен |
| Ас-саур | Бык | Телец |
| Ал-джауза | Пара | Близнецы |
| Ас-саратан | Рак | Рак |
| Ал-асад | Лев | Лев |
| Ас-сунбула | Колос | Дева |
| Ал-мизан | Весы | Весы |
| Ал-акраб | Скорпион | Скорпион |
| Ал-кауc | Лук | Стрелец |
| Ал-джади | Козленок | Козерог |
| Ад-далв | Ведро | Водолей |
| Ал-хут | Большая рыба | Рыбы |

Заметим, что название ал-джауза ("двойной") в современном арабском языке означает "черно-белый теленок", ас-сунбула – "колос" – то же, что латинское Spica – название звезды α -Девы.

В 6-й главе ал-Фергани определяет горизонт (даира ал-уфк), отделяющий видимую часть неба, находящуюся над Землей, от той его части, которая скрыта под Землей; его полюс – в зените: "Горизонт – один из больших кругов, делящих небо пополам, так как земной шар по сравнению с небесной сферой является неощутимо малой величиной".

Здесь ал-Фергани отличает видимый горизонт – линию пересечения небесной сферы с касательной плоскостью к земному шару в точке наблюдения и истинный горизонт – линию пересечения небесной сферы с диаметральной плоскостью, параллельной указанной плоскости, и замечает, что видимый горизонт можно отождествить с истинным в силу того, что "земной шар по сравнению с небесной сферой является неощутимо малой величиной".

Далее ал-Фергани определяет меридиан (даира нисф ан-нахар – буквально "полуденный круг"; наше слово "меридиан" происходит от латинского meridianus – полуденный). "Что касается меридиана, то он проходит через полюсы небесного экватора и через точку зенита данной местности. Его полюс – на горизонте в месте равенства ночи и дня. Он делит все части кругов, параллельных небесному экватору, находящиеся над землей и под ней, пополам" [38. С. 21].

Наше слово "зенит" – искажение слова "самт", которое в средневековой Европе транскрибировали zenrth, и, вследствие ошибки переписчика, превратили в zenit. Полюсы меридиана – точки пересечения горизонта и небесного экватора. Ал-Фергани называет эти точки "точками равенства ночи и дня", так как Солнце бывает на небесном экваторе только в дни весеннего и осеннего равноденствий.

Далее ал-Фергани рассматривает особенности небесной сферы в

местностях, расположенных на земном экваторе. "Начнем с круга земного экватора, являющегося границей обитаемой части Земли по широте с юга. И мы утверждаем, что небесный экватор для всех, кто обитает на этом круге, будет необходимо находиться в зените; а оба полюса небесного экватора там постоянно находятся на круге горизонта. Поэтому вращение неба там поднимается над горизонтом прямо, без наклона к нему, а отклонение Солнца от зенита в стороны севера и юга происходит на одну и ту же величину. Лето и зима здесь имеют одинаковый характер. Круг горизонта делит все круги, параллельные небесному экватору, пополам, так как горизонт проходит через оба полюса небесного экватора, а время от восхода Солнца и других светил до их захода равно времени от их захода до восхода во все дни года, и день и ночь в этих местах всегда равны" [38. С. 21–22]. Небесную сферу на земном экваторе, отличающуюся тем, что все суточные круги перпендикулярны горизонту, часто называют прямой сферой (фалак ал-мустахим, в Западной Европе – *sphaera recta*).

Далее ал-Фергани рассматривает особенности небесной сферы в местностях, расположенных на различных широтах. "Что же касается мест, расположенных к северу от земного экватора, то небесный экватор в каждом из этих мест отклоняется от зенита к югу, а северный полюс [мира] поднимается над горизонтом на эту же величину. В этом случае круг, параллельный экватору дня, расстояние которого от северного полюса равно высоте полюса над горизонтом, всегда видим над Землей со всем, что в нем из светил, и точно также соответствующий ему круг со стороны южного полюса мира со всем, что в нем из светил, постоянно скрыт. Круг горизонта делится пополам только небесным экватором. Что же касается кругов, параллельных небесному экватору, то горизонт делит каждый из них на две различные части" [38. С. 22].

В случае небесной сферы в местностях, не находящихся на земном экваторе, суточные круги наклонены к горизонту, видимая часть небесной сферы в этих случаях называется наклонной сферой (фалак ал-маил, в Западной Европе – *sphaera obliqua*). Далее ал-Фергани указывает, что когда Солнце находится в точках равноденствий – день равен ночи, если Солнце находится в начале Рака – самый длинный день, если же Солнце в начале Козерога – самый короткий день [38. С. 23–24].

7-я глава – краткое изложение III, IV и VI глав II книги "Алмагеста": "О том, как при тех же предположениях определяется высота полюса и обратно", "О том, как вычисляется, где, когда и сколько раз Солнце бывает прямо над головой" и "Перечень характеристических особенностей отдельных параллелей" [32. С. 62–66, 69–80]. Здесь ал-Фергани описывает "свойства обитаемых мест, находящихся между кругом земного экватора и краем обитаемой четверти Земли". Ал-Фергани рассматривает местности, находящиеся на высоте северного полярного круга, обладающие тем свойством, что в течение некоторого времени суточные круги всегда находятся над горизонтом

("северный полярный день", если Солнце находится в начале Рака и "северная полярная ночь", если Солнце – в начале Козерога).

Далее рассматриваются местности, у которых "высота полюса над горизонтом больше, чем расстояние круга Рака от полюса. Поэтому там части [эклиптики] по обе стороны от начала Рака, склонения которых от небесного экватора к северу больше отклонения полюса от зенита, постоянно видны над Землей, и точно так же противоположные части, примыкающие к Козерогу, постоянно скрыты. Поэтому все летние дни здесь составляют только один длинный день, т.е. время, когда Солнце в своем пути по зодиакальному кругу проходит те его части, которые видны над Землей, а все зимние ночи в тех же местах составляют одну длинную ночь" [38. С. 26–27]. Далее рассматриваются местности, высота полюса которых 69° $\frac{3}{4}$, 73° $\frac{1}{2}$, 78° $\frac{1}{2}$, 84°, 90°, и указывается, какие знаки зодиака постоянно видны в этих местностях, а какие – постоянно скрыты, а также указывается продолжительность дня и ночи [38. С. 27–29].

В 10-й главе ал-Фергани говорит о восхождении знаков зодиака в прямой и наклонной сферах. Здесь он кратко излагает содержание XII главы I книги и VII главы II книги "Алмагеста" "О восхождениях на прямой сфере" и "Об одновременных восхождениях на наклонной сфере градусов эклиптики и небесного экватора" [32. С. 53–57, 80–93].

Ал-Фергани определяет прямую и наклонную сферы следующим образом: "Прямая сфера – это круги, проходящие через полюсы небесного экватора, являющиеся горизонтами, что имеет место для всех мест, расположенных на земном экваторе, во всех же климатах они же являются меридианами, а наклонная сфера – это круги горизонта в различных климатах, когда ни один из них не проходит через полюсы небесного экватора" [38. С. 39–40].

Далее ал-Фергани дает определение времени восхождения знаков зодиака: "Эклиптика вращается с востока на запад вокруг полюсов небесного экватора таким образом, что его равные части пересекают круги прямой и наклонной сфер за неравные времена. Равные времена имеют место только на небесном экваторе, вокруг полюсов которого происходит движение Вселенной. Эти времена на небесном экваторе, являющиеся временами прохождения знаков зодиака кругов этих сфер, называются временами восхождений знаков Зодиака, так как это величина, с которой эклиптика восходит в этих сферах" [38. С. 40].

Далее ал-Фергани описывает, как происходит восхождение знаков зодиака в прямой сфере: "Что касается прямой сферы, то четверти эклиптики, в которых их восхождение происходит вместе с небесным экватором, это четверти, на которые он разделяется четырьмя точками – началом Овна, началом Рака, началом Весов, началом Козерога, части же четвертей при восхождениях различны. Поэтому каждая пара равных дуг эклиптики находится по обе стороны от этих четырех точек, а склонение их от небесного экватора – на одну и ту же величину и точно так же восхождения их на прямой сфере равны" [38. С. 40].

Движение Солнца, Луны и планет

Качественно движение Солнца, Луны и планет описывается ал-Фергани в 12–17-й главах "Элементов астрономии". 12-я глава является кратким изложением I главы IX книги "Алмагеста" "О последовательном расположении сфер Солнца, Луны и пяти планет" [32. С. 92–94].

Здесь ал-Фергани описывает форму и устройство небесных сфер: "Мы говорим, что число сфер, определяющих все движения светил, – восемь. Из них семь для семи светил, а восьмая, самая высшая из них, – для всех неподвижных звезд, это сфера зодиака. Форма этих сфер подобна форме шара, причем одни из этих сфер находятся внутри других. Самая маленькая из них – это та, которая расположена ближе всего от Земли, это сфера Луны. Вторая сфера – Меркурия, третья – Венеры, четвертая – Солнца, пятая – Марса, шестая – Юпитера, седьмая – Сатурна и восьмая – неподвижных звезд. Что касается сферы неподвижных звезд, т.е. сферы зодиака, то ее центр – центр Земли, центры же семи сфер светил отклоняются от центра Земли в разные стороны.

Каждая из этих восьми сфер обладает кругом, делящим ее пополам с востока на запад. Круг, делящий сферу неподвижных звезд, – круг эклиптики, о котором мы упоминали раньше, на нем измеряется различное истинное видимое движение светил с запада на восток. Что же касается кругов эксцентричных сфер, то каждый из них называется кругом эксцентричной сферы, по нему совершается среднее движение светил с запада на восток" [38. С. 45–46].

Названия движущихся светил у ал-Фергани: Солнце – аш-шамс, Луна – ал-камар, Меркурий – утарид, Венера – аз-зухра, Марс – ал-маррих, Юпитер – ал-муштари, Сатурн-зухал. "Истинным движением" ("ал-масир ал-мукаввам") ал-Фергани называл среднюю скорость видимого движения светила на дуге орбиты и мгновенную скорость этого движения в точке. Средним движением (ал-масир ал-васат) Фергани называет среднюю скорость видимого движения светила по всей орбите. Эксцентричные сферы (ал-укар ал-харадж ал-маракиз – дословно сферы с внешними центрами) были введены Птолемеем для объяснения неравномерного движения Солнца, Луны и планет на основе античной догмы о том, что движение небесных тел может быть только равномерным и совершается только по кругам; для объяснения неравномерности движения Солнца Птолемей предложил две эквивалентные гипотезы: геоцентрическую, согласно которой Солнце движется по кругу в плоскости эклиптики, эксцентричному по отношению к кругу эклиптики, и эпициклическую, согласно которой Солнце движется по небольшому кругу – эпициклу, центр которого вращается по большому кругу – деференту, концентричному с эклиптикой. Если центр эпицикла равен расстоянию между центром E эклиптики и центром O эксцентричного круга, то движение Солнца при обеих гипотезах – одно и то же (рис. 10).

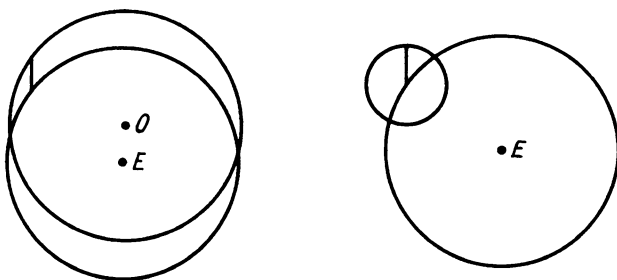


Рис. 10

Ал-Фергани излагает геоцентрическую гипотезу Птолемея. "Что касается Солнца, то его тело расположено на эксцентрической орбите и движется по ней равномерно, а плоскость ее эксцентрической орбиты находится в плоскости эклиптики без отклонения от нее" [38. С. 47].

Наряду с движением Солнца по эклиптике, ал-Фергани рассматривает движение Солнца вместе со всеми неподвижными звездами вследствие прецессии. "Что касается Солнца, то оно участвует в двух движениях. Одно из них – с запада на восток, свойственное только ему, по его эксцентричному кругу – это движение приблизительно 59 минут в сутки. Другое движение – медленное и происходящее вокруг полюсов эклиптики, равное движению сферы неподвижных звезд, – за каждые 100 лет один градус. Благодаря этим двум движениям получается видимое движение Солнца по эклиптике с запада на восток, которым эклиптика разделяется на 365 дней с четвертью без чего-то, что не следует считать величиной для нее" [38. С. 50]. Приведенное здесь ал-Фергани значение 59 минут – частное от деления 360° на число дней в году.

В 16-й главе ал-Фергани указывает, что расстояние центра эксцентричного круга Солнца от центра Земли равно "двум с половиной частям в величинах, в которых радиус эксцентричного круга, являющийся средним расстоянием Солнца от Земли, – 60 частей" [38. С. 64].

Качественное движение Луны описывается в 13 и 25-й главах "Элементов астрономии" ал-Фергани. В 12-й главе, объяснив движение Солнца, ал-Фергани пишет: "Что же касается шести остальных планет, то их тела находятся не на их эксцентричных кругах, а на малых сферах, называемых эпициклами, причем центры этих малых кругов расположены на эксцентричных сферах, а плоскости кругов, т.е. эксцентричных кругов эпициклов, отклоняются от плоскости эклиптики" [38. С. 47]. Эпицикл ал-Фергани называет "ал-фалак ат-тадвир" – буквально "круг приведения во вращение". Эпициклическая гипотеза, как мы видели, предлагалась в "Алмагесте" для объяснения неравномерности движения Солнца наряду с геоцентрической. Для Луны и остальных пяти планет, движение которых более сложно, обе гипотезы объединяли и считали, что Луна и планеты движутся по эпициклу, центр которого движется по кругу, эксцентричному по отношению к эклиптике.

Движение Луны ал-Фергани описывает следующим образом: "Что касается Луны, то центр ее эпицикла расположен на эксцентричном круге, упоминавшемся нами, но вращение центра ее эпицикла равномерно и совершается только вокруг центра эклиптики. Плоскость ее эпицикла совпадает с плоскостью ее эксцентричного круга. Она обладает только одним отклонением по широте – тем, которое отклоняет ее деферент от эклиптики" [38. С. 47–48].

Деферент ал-Фергани называет ал-фалак ал-хамил – дословно "несущая орбита" (лат. *deferens* – перевод слова "хамил" – "несущий").

"Что касается Луны, – продолжает ал-Фергани, – то она участвует в пяти вращательных движениях: тело Луны движется по эпициклу, причем это вращение в верхней части эпицикла происходит с востока на запад, а когда в нижней части – с запада на восток; центр эпицикла вращается по эксцентричному кругу с запада на восток; центр эксцентричного круга вращается по малому кругу, центр которого совпадает с центром эклиптики с востока на запад, в сторону противоположную движению центра эпицикла; у Луны есть еще одна орбита, центр которой также совпадает с центром эклиптики, находящаяся в плоскости эклиптики. Наклонная орбита пересекает ее пополам в двух противоположных точках, являющихся головой и хвостом Дракона, причем наклонная орбита отклоняется от эклиптики в сторону севера и юга; орбита, центр которой – центр эклиптики, в ее плоскости вращается, а наклонная орбита вращается вместе с ней вокруг полюсов эклиптики на запад, причем точки пересечения обеих орбит, называемые головой и хвостом Дракона, движутся в сторону, противоположную последовательности знаков зодиака; сфера Луны, участвующая в этих движениях, участвует и в медленном движении в сторону востока, равном движению неподвижных звезд" [38. С. 50–51].

Головой и хвостом дракона (*ра'с ва'занаб ат-тинни*) ал-Фергани называет точки пересечения эклиптики с орбитой Луны; эти традиционные названия связаны с тем, что в этих точках происходят солнечные затмения, когда, по представлениям древних, Солнце пожирает дракона.

Далее ал-Фергани пишет: "Тем самым объяснено движение Луны, видимое на эклиптике с запада на восток, складывающееся из пяти вращательных движений: движения тела Луны по эпициклу; движения центра эпицикла по эксцентричному кругу; движения эксцентричного круга по малому кругу, центр которого – центр эклиптики; движения наклонной орбиты и орбиты, плоскость которой – плоскость эклиптики вокруг полюсов эклиптики, перемещающее точки головы и хвоста в сторону, противоположную последовательности знаков зодиака; и общего движения, равного движению неподвижных звезд" [38. С. 54].

В 15-й главе ал-Фергани указывает, что Луна попятного движения не имеет, так как "движение Луны по эпициклу с любой его стороны составляет малую величину по сравнению с движением центра эпицикла Луны по эклиптике, поэтому при движении Луны по эпициклу

происходит только ускорение или замедление: ускорение происходит в перигее, а замедление – в апогее" [38. С. 63].

25-я глава "Элементов астрономии" "О восходах и заходах Луны и увеличении и уменьшении ее света" – изложение I и II глав IV книги "Алмагеста" [32. С. 191–203].

В 27-й главе "Элементов астрономии" ал-Фергани определяет параллакс светила: «Если мы вообразим прямую линию, выходящую из центра Земли, являющегося центром эклиптики, к центру тела Луны или других планет и продолжим ее до эклиптики, то эта линия кончится до точки эклиптики, обладающей истинной долготой и широтой светила. Если светило находится в зените, то эта линия и линия, выходящая из места нашего наблюдения к центру светила, – одна и та же линия, и мы видим светило в ее истинном месте эклиптики. Если же светило не находится в зените, то две линии, пересекающиеся в центре тела светила, различны, и линия, выходящая к нему из места наблюдения, не совпадает с линией, выходящей к нему из центра Земли, и мы видим светило не в его истинном положении на эклиптике. Различие между этими двумя местами называется параллаксом.

Это отклонение является дугой большого круга, проходящего через зенит и светило, т.е. вертикального круга, и если светило находится на расстоянии от зенита, оно видно на расстоянии, большем истинного на величину этой дуги. Из того, что мы сказали о параллаксе, ясно, что он начинается от зенита и является самым большим, когда светило находится у горизонта, так как здесь угол отклонения больше, чем в других местах неба.

Что касается верхних планет, находящихся над Солнцем, то для них это отклонение совершенно не ощущается. Что же касается Солнца, то его отклонение также не поддается измерению, но ранее при вычислении его расстояния от Земли было найдено, что самое большое прибавление к нему у горизонта – три минуты. В случае же Венеры, Меркурия и Луны отклонения значительны, особенно у Луны. У нее из-за отклонения у горизонта прибавляется в перигее ее орбиты $1^{\circ}44'$, а в апогее ее орбиты – $54'$, а во время затмений самое большое прибавление к ней из-за отклонения – $1^{\circ}4'$ » [38. С. 99–101]. Далее ал-Фергани описывает долготный и широтный параллаксы [38. С. 101–102].

В 28-й главе "Элементов астрономии" ал-Фергани говорит о затмениях Луны: "Ранее мы разъяснили, что Луна заимствует свой свет от Солнца. Поэтому освещается половина ее тела, находящаяся против Солнца, причем если Луна находится вместе с Солнцем, вся половина тела, находящаяся против нас, темная, а если Луна находится против Солнца, то половина ее тела, лежащая против нас, освещена. Мы говорим здесь также, что Солнце освещает половину земного шара и свет на поверхности Земли вращается вместе с вращением Солнца с востока на запад, и таким же образом вращается по ней темнота. Так как Солнце больше Земли, то в воздухе необходимо, чтобы тень Земли была коническая и ее круговое сечение уменьшается до тех пор, пока не исчезнет, а линия, являющаяся высотой конуса тени, находится в

плоскости эклиптики постоянно и противоположно градусу Солнца" [38. С. 102–103].

Ал-Фергани указывает, что "если Луна будет во время противостояния в истинных точках головы и хвоста Дракона, то она совершенно не имеет широты. И ее центр находится в центре кругового сечения тени. Тогда затмения Луны самые большие и самые длительные по продолжительности. Если же у Луны во время противостояния имеется широта, то ее затмение не является самым большим" [38. С. 104].

В 29-й главе "Элементов астрономии" ал-Фергани описывает затмения Солнца: "Что касается затмения Солнца, то оно происходит, когда Луна соединяется с Солнцем в то время, когда оно также находится вблизи головы и хвоста Дракона. В это время у Луны нет широты удаления от пути Солнца, она будет проходить между нашими глазами и Солнцем и закрывает его от нас, поэтому мы видим его затмившимся" [38. С. 105]. Далее ал-Фергани говорит о различиях при солнечных затмениях из-за параллакса: "Если соединение Солнца и Луны происходит точно в месте головы и хвоста [Дракона] и в зените и оба их центра находятся на линии, выходящей из места наблюдения к ним обоим, так как у Луны здесь нет параллакса, то при подобном положении Луна необходимо всегда затмевает все тело Солнца. Если же соединение происходит точно в лунных узлах, в голове или хвосте [Дракона], но не в зените, то затмение не будет подобным тому, которое мы описали, вследствие того, что происходит из-за параллакса" [38. С. 105]. Далее ал-Фергани рассматривает различные виды затмений в зависимости от различных видов параллакса.

Ал-Фергани описывает также частичные солнечные затмения: "Если видимая широта Луны меньше суммы радиуса Солнца и радиуса Луны, то Луна закроет часть Солнца, и затмившаяся часть Солнца по величине равна разности между суммой обоих радиусов и видимой широты Луны, причем затмение на теле Солнца происходит со стороны видимой широты Луны. Если широта равна сумме обоих радиусов, то Луна проходит, касаясь Солнца, и не затмевает ничего.

У Солнца, когда оно затмится полностью, нет продолжительности, как это бывает у Луны, так как величина тела Луны близка по видимости к величине тела Солнца. Из того, что мы описали, ясно, что когда затмевается Луна, то величина ее затмения и его продолжительность для всех, кто видит ее в разных краях Земли, одинаковы, и что затмение Солнца отличается от этого из-за параллакса в различных местах в климатах, где производятся наблюдения" [38. С. 107].

В 30-й главе "Элементов астрономии" ал-Фергани указывает промежутки времени между солнечными и лунными затмениями: "Самое маленькое время между солнечными или между лунными затмениями – шесть лунных месяцев.

Возможно, что между двумя солнечными или лунными затмениями [проходит] пять месяцев, если это самые большие месяцы, т.е. Солнце

в эти месяцы находится по обе стороны перигея своей орбиты при самом быстром своем движении и при самом медленном движении Луны, будь это когда оба затмения – затмения Луны, в какой бы из двух сторон ни была широта от эклиптики, или когда оба затмения – затмения Солнца, и если широта Луны при обоих затмениях северная, то в этой стороне при соединении этих причин возможно, чтобы между обоими затмениями было пять лунных месяцев.

Между двумя затмениями [может проходить] семь месяцев, если это самые маленькие месяцы, т.е. Солнце в эти месяцы находится по обе стороны апогея своей орбиты при самом медленном своем движении и при самом быстром движении Луны. Это невозможно при двух лунных затмениях, но может произойти при двух солнечных затмениях в четвертом климате и дальше к северу, если широта Луны при обоих затмениях – северная от эклиптики. Мы говорим также, что никогда невозможно, чтобы Солнце затмевалось в одном месяце два раза в одном месте и в двух различных местах в северных климатах. Это возможно в двух различных местах, по разные стороны от земного экватора, одно – в северных климатах, а другое – в южной стороне" [38. С. 108–109].

Ал-Фергани в "Элементах астрономии" излагает движение планет согласно геоцентрической системе Птолемея, по которой планеты движутся по эпициклам, центры которых движутся вокруг Земли по деференту. Следует подчеркнуть отмеченную О. Нейгебауэром [17. С. 128] важную особенность системы Птолемея, указывающую на то, что она является модификацией гелиоцентрической системы одного из его предшественников (вероятнее всего, Аристарха Самосского), состоящей в том, что отрезок, соединяющий центр эпицикла с планетой, должен быть равен и параллелен отрезку, соединяющему Землю и среднее Солнце. Нейгебауэр объяснил эти особенности следующим правилом: если планета P ближе к Солнцу S , чем Земля E , то ее движение, согласно гелиоцентрической системе, отобразится рисунком рис. 11, *а*. В геоцентрической системе движение планеты P по отношению к Земле состоит в том, что Солнце движется вокруг Земли по кругу радиуса SE , а планеты – вокруг Солнца по кругу радиуса SP , последний круг и является в этом случае эпициклом (рис. 11, *б*). Если планета P дальше от Солнца S , чем Земля E , то ее движение, согласно гелиоцентрической системе, отобразится рисунком 12, *а*. В геоцентрической системе движение планеты P по отношению к Земле E состоит в том, что Солнце также движется вокруг Земли по кругу радиуса SE , а планета вокруг Солнца – по кругу радиуса SP (рис. 12, *б*). То же движение мы получим, если дополним фигуру SPE до параллелограмма с четвертой вершиной C . Точка C описывает вокруг Земли круг радиуса $EC = SP$, а планета движется вокруг точки C по кругу радиуса $CP = ES$, последний круг и является в этом случае эпициклом. Качественно движение планет описано в 12–17-й главах "Элементов астрономии" ал-Фергани.

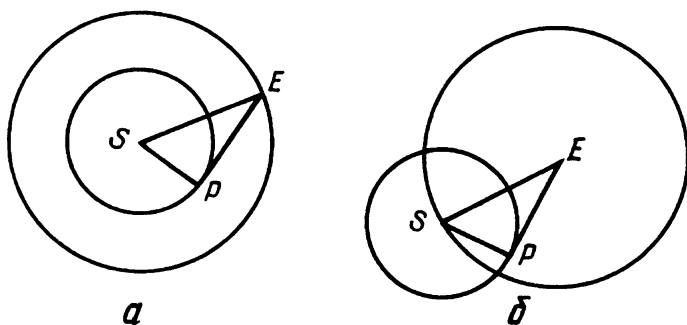


Рис. 11

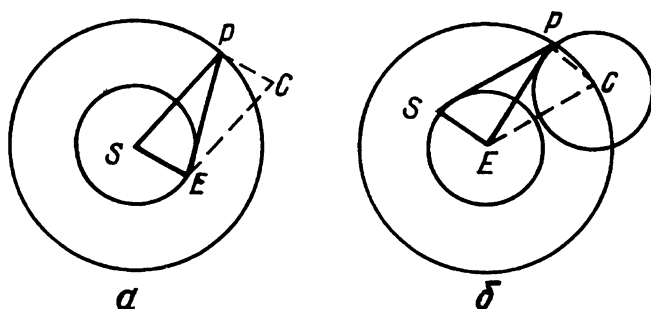


Рис. 12

В 12-й главе ал-Фергани пишет: "Что касается пяти остальных планет, то центры их эпициклов расположены на других эксцентричных кругах, подобных первым эксцентричным кругам, о которых мы говорили раньше. Они равны им по величине, их плоскости находятся в своих плоскостях, центры эпициклов, расположенные на этих эксцентричных кругах, движутся равными движениями за равные времена вокруг центров первых эксцентричных кругов. Круг, на котором находится центр эпицикла, называется эксцентричным деферентом центра эпицикла. Что же касается первого круга, вокруг центра которого совершается равномерное движение центра эпицикла, то он называется эксцентричным эквантом. Плоскости каждого из этих эксцентричных кругов этих шести планет делят пополам плоскость эклиптики в двух диаметрально противоположных местах и отклоняются от нее в сторону севера и юга. Точка, от которой орбита планеты идет в северную сторону от эклиптики, называется головой Дракона, т.е. узлом, а противоположная ей точка называется хвостом [Дракона], т.е. вторым узлом... Их эпициклы отклоняются от их эксцентричных кругов двояко, у каждой из этих планет имеются два различия по широте от эклиптики: одно из них – отклонение эксцент-

ричного круга от эклиптики, другое – отклонение эпицикла от эксцентричного круга. Это и есть то, в чем согласны ученые по поводу формы и устройства сфер планет" [38. С. 47–49].

Понятие экванта было введено для объяснения неравномерности движения центра эпицикла по деференту: это движение представляется равномерным, если смотреть на него из центра экванта. Ал-Фергани называет круг экванта "орбитой, уравнивающей движение" ("ал-фалак ал-му аддил ли-л-масир"), европейские астрономы называли центр экванта "уравнивающей точкой" ("punctum aeqans"), откуда и происходит термин "эквант".

В 14-й главе ал-Фергани изучает движение планет по долготе. Он указывает, что в случае Сатурна, Юпитера, Марса и Венеры центр деферента неподвижен, а в случае Меркурия "не неподвижен, а вращается по малому кругу, как у Луны, причем центр этого малого круга неподвижен и находится на линии, соединяющей оба центра, т.е. центр мира и центр экванта" [38. С. 56].

В соответствии с указанной выше особенностью системы Птолемея, "движение центров эпициклов Меркурия и Венеры совпадают со средним движением Солнца" [38. С. 56]. А о трех верхних планетах ал-Фергани, в соответствии с той же особенностью системы Птолемея, пишет, что "каждая из этих планет вращается по эпициклу за время, равное времени от соединения Солнца с нею до возвращения ее к Солнцу" [38. С. 57]. Далее он указывает, что "Венера продвигается за один день по эпициклу на 37', а движение центра эпицикла по эксцентричному экванту равно движению Солнца и Меркурия, т.е. – 59'. Что же касается Сатурна, Юпитера и Марса, то они движутся следующим образом: Сатурн за один день продвигается по эпициклу на 57', а центр эпицикла по эксцентричному экванту – приблизительно на 2'; Юпитер по эпициклу – на 54', а центр эпицикла по эксцентричному кругу – приблизительно на 5'. Марс по эпициклу – на 28', а центр эпицикла по эксцентричному кругу – приблизительно на 31'. Кроме того, сферы этих всех планет движутся за каждые 100 лет на 1° движением, равным движению неподвижных звезд" [38. С. 59–60].

В 15-й главе ал-Фергани рассматривает попятное движение планет и указывает места эпицикла, в которых происходят прямое и попятное движения: для Сатурна – 66°, Юпитера – 55°, Марса – 17°, Венеры – 13°, для Меркурия – 34°. Ал-Фергани указывает также максимальное расстояние Венеры и Меркурия от Солнца на восток и на запад (элонгации), когда они находятся на касательных линиях к эпициклу: для Венеры – 48°, для Меркурия – 28°.

В 16-й главе ал-Фергани указывает расстояния центров эксцентричных кругов до центра Земли в той мере, в которой радиус эксцентричного круга, т.е. среднее расстояние планеты от Земли, равен 60 частям. Для Сатурна это 3 части с $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{6}$, т.е. $3^p25'$; для Юпитера – 2 части с $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{4}$, т.е. $2^p45'$; для Марса – 6^p ; для Венеры – $1^p15'$; для

Меркурия – 3^p ; для Луны – $12^p30'$. Далее приводятся радиусы эпициклов в той же мере: для Сатурна – $6^p30'$, для Юпитера – $11^p30'$, для Марса – $39^p30'$, для Венеры – $43^p10'$, для Меркурия – $22^p30'$, для Луны – $6^p20'$ [38. С. 65].

В 17-й главе ал-Фергани приводит приблизительные периоды обращения планет. "Луна обращается по эпициклу за 27 дней $13 \frac{1}{3}$ часов, Меркурий – за 3 месяца 26 дней, Венера – за солнечный год, 7 месяцев и 9 дней, Марс – за 2 года 1 месяц и 20 дней, Юпитер – за 1 год 1 месяц и 4 дня, Сатурн – за 1 год 13 дней" [38. С. 66]. Период вращения по эксцентричному кругу ал-Фергани считает приблизительно равным периоду вращения по эклиптике, "так как оно несколько перегоняет движение планеты за время обращения эксцентричного круга из-за медленного движения, равного движению неподвижных звезд, только в случае Сатурна и Юпитера" [38. С. 66]. Период обращения Луны – 27 дней $9 \frac{3}{4}$ часа, а Венеры, Меркурия и Солнца – приблизительно $365 \frac{1}{4}$ дней, Марса – 1 год 10 месяцев 22 дня, Юпитера по эксцентричному кругу – приблизительно 11 лет 10 месяцев 16 дней, а по эклиптике меньше этого приблизительно на $1 \frac{1}{2}$ дня, период обращения Сатурна по эксцентричному кругу – 29 лет 5 месяцев 15 дней, а по эклиптике меньше этого на 7 дней.

В 18-й главе кратко излагаются I–III главы XIII книги "Алмагеста" "О гипотезах относительно движений пяти планет по широте", "О характере изменений углов наклонов согласно этим гипотезам" и "О величине наклона для каждой планеты". Здесь ал-Фергани описывает движение планет по широте.

По ал-Фергани, отклонение планет от эклиптики по широте происходит по двум причинам: из-за отклонения их эксцентричных кругов от плоскости эклиптики и отклонения эпициклов от плоскостей эксцентричных кругов. Ал-Фергани считает, что эксцентричные круги пересекают эклиптику по диаметру, у Сатурна "посередине между средним расстоянием и апогеем и перигеем эксцентричного круга, а у остальных четырех планет – приблизительно в двух средних расстояниях". Это отклонение у Сатурна, Юпитера и Марса, так же как у Луны, постоянно, а у Меркурия и Венеры отклонение эксцентричных кругов не постоянно, а сдвигается по диаметру эклиптики, проходящему через их узлы. Период изменения этого отклонения равен одному году, так что плоскость эксцентричного круга совпадает с плоскостью эклиптики два раза в году при прохождении центра эпицикла через узлы. У Венеры, "когда центр ее эпицикла находится в каждом из узлов, начинается отклонение следующей за этим узлом половины эксцентричного круга в северную сторону, а другой половины – в южную сторону, у Меркурия, напротив, когда центр его эпицикла находится в каждом из узлов, начинается отклонение половины, следующей за этим узлом, в южную сторону, а другой половины – в северную сторону.

Отклонение эпициклов пяти планет также переменное и возвращается к исходному положению раз в год. В случае Сатурна, Юпитера и Марса "диаметр эпицикла, проходящий через два средних расстояния, при своем движении всегда параллелен плоскости эклиптики сферы, а плоскость эпицикла всегда пересекает плоскость эксцентричного круга и совпадает с плоскостью эклиптики только два раза в году при прохождении центра эпицикла через места двух узлов". В случае Венеры и Меркурия "для каждого из них имеется два движения отклонений их эпициклов. Одно из них подобно движению трех других планет по причине отклонения апогея и перигея эпициклов от эксцентричных кругов. Другое – по причине отклонения средних расстояний эпициклов, это отклонение называется наклонным отклонением" [38. С. 71–72]. Первое из этих отклонений заканчивается в обоих узлах, когда плоскость эксцентричного круга совпадает с плоскостью эпицикла", второе отклонение "начинается в узлах и заканчивается в апогее и перигее эксцентричного круга, когда заканчивается отклонение эксцентричного круга от эклиптики".

О величинах отклонений Луны и планет по широте ал-Фергани указывает: "Для Сатурна на север и на юг – 3°; для Юпитера – 2°; для Марса на север – 4 $\frac{1}{3}$ °, на юг – 7°; для Венеры – по наблюдению Птолемея в "Алмагесте" – 6 $\frac{1}{3}$ °, по другим наблюдениям – 9°; для Меркурия – на север и на юг 4 $\frac{1}{3}$ °" [38. С. 73–74].

Звездная астрономия

В 18–24-й главах "Элементов астрономии" ал-Фергани говорит о неподвижных звездах. В 18-й главе рассматривается изменение долготы неподвижных звезд в результате прецессии: "Что касается неподвижных звезд, то движение всех их на восток происходит вокруг обоих полюсов эклиптики, поэтому те звезды, которые находятся в плоскости пояса эклиптики, необходимо не отклоняются от нее при своем движении, а те звезды, которые находятся вне плоскости эклиптики к северу или югу, при своем движении необходимо находятся на некотором постоянном расстоянии от эклиптики. Тем самым доказано, что каждая из этих неподвижных звезд или не имеет широты по отношению к эклиптике, или имеет широту, величина которой всегда постоянна" [38. С. 67–68].

В 19-й главе указываются число неподвижных звезд, их классификация по "величинам" (т.е. по яркости) и положения на небесной сфере пятнадцати звезд первой величины. Ал-Фергани пишет: "Ученые разделили размеры звезд по величине на шесть разрядов. Самые большие и яркие – подобны двум Сириусам. Падающий Орел и Сердце Льва – первой величины, немного меньше их – подобны Двум Телятам и самой яркой из Дочерей Погребальных Носилок – второй величины. Далее

величины звезд подразделяются таким же образом до самой меньшей из звезд, измеряемой шестой величиной.

Мы находим, что звезд первой величины – 15, второй – 45, третьей – 208, четвертой – 474, пятой – 217 и звезд шестой величины – 63. Среди них 9 – темных и 5 – туманных кратных. Всех звезд, которые можно измерить, – 1022. Из них в северной области от эклиптики – 360, в границах пояса эклиптики – 346 и в южной области от эклиптики – 316 звезд" [38. С. 74].

В 20-й главе "Элементов астрономии" рассматриваются "стоянки Луны", т.е. группы звезд вдоль видимого пути Луны на небесной сфере, соответствующие каждому дню лунного месяца.

В 21-й главе он приводит радиусы планетных сфер. Сравним (см. таблицу) максимальные радиусы планетных сфер по ал-Фергани и максимальные расстояния Луны и Солнца от Земли и планет от Солнца (большие полуоси орбит Луны, Земли и пяти планет).

| Название светила | По ал-Фергани | | По современным данным, км |
|------------------|---------------|-------------|---------------------------|
| | мили | км | |
| Луна | 208 542 | 417 084 | 384 400 |
| Меркурий | 542 750 | 1 085 500 | 57 500 000 |
| Венера | 36 400 000 | 7 280 000 | 108 100 000 |
| Солнце | 39 650 000 | 7 930 000 | 149 500 000 |
| Марс | 28 847 000 | 57 694 000 | 227 700 000 |
| Юпитер | 46 516 250 | 93 632 500 | 777 600 000 |
| Сатурн | 65 357 5000 | 130 715 000 | 1 426 100 000 |

Как мы видим, у ал-Фергани расстояние Луны от Земли немного больше истинного, расстояние Солнца от Земли меньше истинного в 19 раз и значительно уменьшены расстояния до пяти планет. Далее приводится расстояние от Земли до сферы неподвижных звезд, т.е. величина радиуса эклиптики – 65 357 500 миль. Это расстояние также во много раз уменьшено: расстояния до ближайших звезд Центавра и Сириуса приблизительно равны $4 \cdot 10^{13}$ и $8 \cdot 10^{13}$.

При определении радиусов планетных сфер ал-Фергани считает, что небесные сферы являются вложенными друг в друга сферическими кольцами, причем внутренний радиус каждого кольца равен внешнему радиусу следующего. Эти представления, по-видимому, заимствованы

ал-Фергани из сочинения Прокла Диадоха "Изображение", известного в странах ислама под названием "Книга призм" ("Китаб ал-маншурат") и приписываемого Птолемею [26].

В 22-й главе ал-Фергани определяет объемы планет. Подсчеты ал-Фергани объемов планет и звезд основаны на его представлении об их расстояниях от Земли, в частности на том, что все неподвижные звезды находятся на одном и том же расстоянии от Земли.

Сравним диаметры Луны, Солнца и пяти планет в масштабе, равном диаметру Земли, по ал-Фергани и по современным данным.

| Название светила | По ал-Фергани | По современным данным |
|------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Луна | $5/17 = 0,0294$ | 0,272 |
| Меркурий | $1/18 = 0,0555$ | 0,37 |
| Венера | $3/10 = 0,3000$ | 0,97 |
| Солнце | $5 \frac{1}{2} = 5,5000$ | 109,0 |
| Марс | $1 \frac{1}{6} = 1,6167$ | 0,54 |
| Юпитер | $4 \frac{1}{2} + 1/16 = 4,5625$ | 11,14 |
| Сатурн | $4 \frac{1}{2} = 4,5000$ | 9,4 |

Мы видим, что диаметры Луны и Меркурия у ал-Фергани уменьшены в несколько раз, диаметр Солнца уменьшен почти в 20 раз, диаметр Марса преувеличен более чем в 2 раза, диаметры Юпитера и Сатурна уменьшены более чем в 2 раза, Ал-Фергани, вслед за Птолемеем, понимает величину звезд, являющуюся мерой их яркости, в буквальном смысле, что является следствием их представления о том, что все эти звезды равноудалены от Земли. На самом деле многие звезды во много раз больше Солнца; в частности, диаметр Бетельгейзе – более 500 млн км, т.е. более чем в 40 тыс. раз больше диаметра Земли.

Астрономические инструменты

Устройство астролябии

Астролябия – астурлаб – инструмент для измерения координат светил (от греч. *ἄστρολάβος*). Этим словом в "Алмагесте" Птолемея называется армиллярная сфера, однако инструменту, совпадающему со средневековой астролябией, посвящен упоминавшийся нами трактат Птолемея "Планисферий". Возможно, что с этим инструментом совпадает "арахис" ("паук"), изобретенный Евдоксом или Аполлонием, о котором рассказывает Витрувий [2. С. 329, 335].

Одна из основных частей средневековой астролябии носит название "паук". Мы уже упоминали, что во времена ал-Фергани античные доказательства принципов астролябии не сохранились, что и явилось причиной появления трактата ал-Фергани. Чаще всего встречается плоская астролябия – диск с лицевой и обратной сторонами. На обратной стороне астролябии вокруг центра диска вращается алидада (ал-идада) – линейка с диоптрами, на ободе диска нанесены градусные деления. Подвешивая астролябию на шнурке и наводя алидаду на светило (Солнце или звезду), измеряют его высоту. На лицевой стороне астролябии закрепляется тонкая пластинка – тимпан (сафиха), на которой выгравированы изображения неподвижных кругов и точек небесной сферы – горизонта, зенита, альмукантаратов, вертикалов и кругов, переходящих в себя при ее суточном вращении, – небесного экватора, тропиков Рака и Козерога (рис. 13). В центре тимпана вращается диск с прорезями – паук (анкабут), на котором изображены эклиптика в виде круга и наиболее яркие звезды в виде концов острий, отходящих от круга эклиптики (рис. 14). Изображения кругов и точек небесной сферы на тимпане и пауке производятся большей частью с помощью стереографической проекции из южного полюса небесной сферы (северная астролябия), иногда – из северного полюса (южная астролябия).

Тимпан изготовлялся для определения широты местности, и к астролябии прилагался набор тимпанов для нескольких широт. Определив высоту Солнца или звезды, находили на пауке изображение Солнца (точки эклиптики, в которой Солнце находится в данный день) или звезды и поворачивали паук так, чтобы это изображение попало на изображение альмукантарата, соответствующего найденной высоте. Вертикал, на который попадает это изображение, определяет азимут светила, угол поворота паука определяет время в астрономических часах. В арабских странах и на Среднем Востоке все события религиозной и светской жизни производились не по астрономическим (прямым, или равноденственным) часам, равным $1/24$ суток, а по косым, или временным, часам, равным $1/12$ светлого или темного

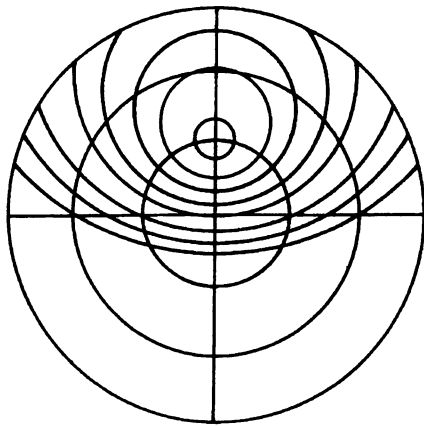


Рис. 13

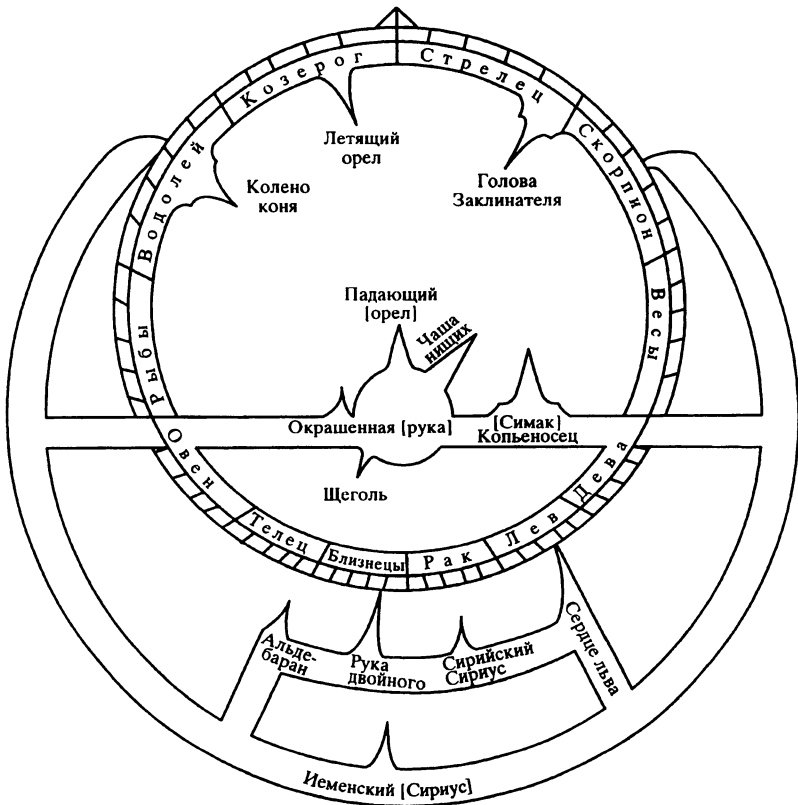


Рис. 14

времени суток (оба вида часов совпадают только в дни равноденствий), с помощью же астролябии время определялось и в косых часах.

Для этого на тимпане ниже изображения горизонта, там, где нет изображений альмукантаратов и вертикалов, проводятся часовые линии, делящие эту часть тимпана на 12 криволинейных четырехугольников, нумеруемых от 1 до 12. При измерении ночью косо́й час определяется тем, в какой из этих четырехугольников попадает изображение Солнца, при измерении днем – тем, в какой из них попадает изображение точки эклиптики, диаметрально противоположной точке, в которой находится Солнце. Точка пересечения изображения эклиптики на пауке и изображения горизонта на тимпане определяет гороскоп, с помощью которого производится "эквализация домов" ("таевийа албуйут") – основная операция для составления гороскопа.

Для эквализации домов находили точку гороскопа и три другие кардинальные точки: "колышки" – восточную и западную, точки пересечения эклиптики с горизонтом (точки восхода и захода) и верхнюю и нижнюю точки пересечения эклиптики с небесным меридианом (точки "середины неба" и "Земли"). Колышки делят эклиптику на 4 дуги, каждая из которых делится на 3 части, называемые "домами"; подразделение эклиптики на дома и называется эквализацией домов. Имеется несколько способов этого подразделения. Дома на эклипике от точки гороскопа к точке Земли называются, соответственно, домами жизни, богатства, братьев, родителей, детей, здоровья, браков, смерти, странствований, почестей, друзей и врагов. Астрологические предсказания основывались на том, с какими знаками зодиака пересекаются различные дома и в каких домах в момент вычисления гороскопа находятся различные планеты.

Обратная сторона астролябии делится на четыре квадранта (рис. 15). Левый верхний квадрант обычно расчерчивается на клетки линиями, параллельными радиусам, ограничивающим квадрант. Этот квадрант, называемый синус-квадрантом (руб ал-муджаййаб) астролябии,

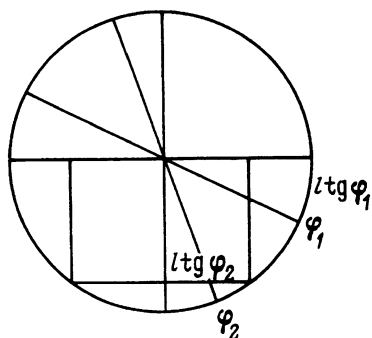


Рис. 15

служит для определения синусов и косинусов дуг: для этого следует повернуть алидаду так, чтобы она отсекала на лимбе данную дугу: проекции конца этой дуги на радиусы, ограничивающие квадрант, и являются линиями синуса и косинуса этой дуги. В правом верхнем квадранте изображены четверти семи параллелей, соответствующих 12 знакам зодиака, и на каждой из них указана высота Солнца в меридиане для различных широт и высота Солнца в момент пересечения им

азимута Мекки для различных местностей, что необходимо для определения направления на Мекку в этих местностях. Высоты Солнца изображаются точками на четвертях окружностей, соединяющимися плавными кривыми. Два нижних квадранта служат для определения тангенсов и котангенсов дуг: в них вписаны квадраты, причем стороны одного квадрата разделены на 12 "пальцев", а другого – на 7 "шагов", в которых измерялись тангенсы и котангенсы. Для определения тангенсов и котангенсов в пальцах или шагах следует повернуть алидаду так, чтобы она отсекала на лимбе данную дугу: от одного из концов дуги соответственного квадранта она отсечет на соответственной стороне соответственного квадрата линию тангенса или котангенса этой дуги.

Построение тимпана астрольбии

В IV главе "Совершенной [книги] о построении астрольбии" ал-Фергани приводит таблицы радиусов параллелей, указывающие зависимость радиусов r кругов, изображающих на плоскости астрольбии параллели небесного экватора, от склонения. Если склонение параллели равно δ , то зависимость r от δ может быть выражена функцией

$$r = d \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \delta}{2}$$

для северных параллелей и

$$r = d \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \delta}{2}$$

для южных параллелей, где d – диаметр изображения небесного экватора в том масштабе, при котором радиус изображения тропика Козерога $R = d \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \epsilon}{2}$, равен 30^p , т.е. $R = 19^p 39'$.

Далее ал-Фергани описывает, как определить радиусы кругов, изображающих на плоскости астрольбии альмукантараты, а также расстояния их центров от центра тимпана. Сначала он определяет радиус ρ круга, изображающего на тимпане горизонт, и расстояние γ его центра от центра тимпана. "Предположим, что дуга CB – широта климата, равная тридцати градусам, линия BD – диаметр горизонта в сфере, а линия GL – диаметр горизонта на тимпане (рис. 16). Но линия AG – полудиаметр малого круга точки B по примеру того, что мы разъяснили о малых кругах, а линия AL – полудиаметр малого круга точки D . Дуга AD – тридцать градусов, а дуга AB – сто пятьдесят градусов. Возьмем величины линий AL и AG из таблицы полудиаметров малых кругов. Тогда проведенная нами линия AG – 73 части 20 минут, $AL = 5^p 16'$. Поэтому вся линия GL – 78 частей 36 минут. Линия KL – полудиаметр круга горизонта – 39 частей 18 минут. Вычтем линию AL

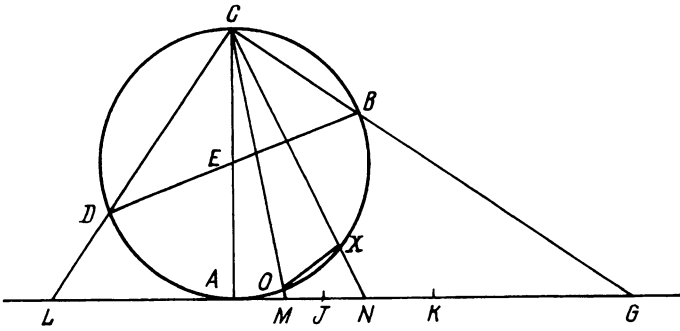


Рис. 16

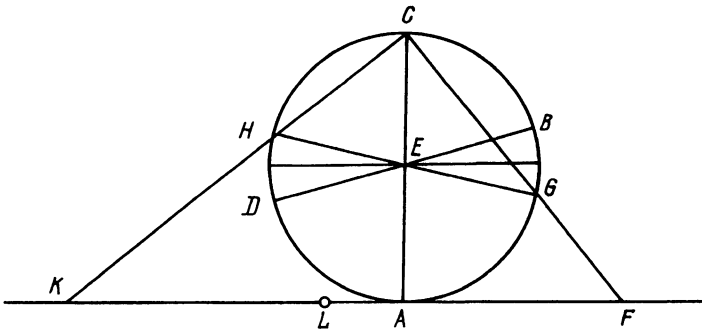


Рис. 17

из линии KL , тогда оставшаяся линия AK – 34 части 2 минуты. Это расстояние центра круга горизонта от центра тимпана" [1. Л. 22 об. – 23].

Далее при помощи аналогичных рассуждений определяются радиусы ρ кругов, изображающих альмукантараты, и их расстояния γ от центра тимпана. Приведенные ал-Фергани рассуждения могут быть выражены формулами:

$$\gamma = \frac{d}{2} \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi - h}{2} - \operatorname{ctg} \frac{\varphi + h}{2} \right), \quad (1)$$

$$\rho = \frac{d}{2} \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi - h}{2} + \operatorname{ctg} \frac{\varphi + h}{2} \right), \quad (2)$$

где φ и h – соответственно широта местности и высота альмукантарата.

В IV главе ал-Фергани приводит таблицу альмукантаратов, выражающую функцию $\gamma = \gamma(\varphi, h)$, $\rho = \rho(\varphi, h)$ формулами (1) и (2). Таблица вычислена для $\varphi = 15^\circ, 16^\circ \dots 50^\circ$ и для высот, изменяющихся через 1° .

Наряду с широтой φ в таблице указана также максимальная продолжительность дня в часах и минутах. Эта зависимость в часах может быть выражена формулой

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

Приведем начала таблиц альмукантаратов для $\varphi = 0^\circ (T = 12^h)$ и $\varphi = 15^\circ (T = 12^h 14')$.

Далее ал-Фергани разъясняет, как найти радиусы кругов, изображающих на плоскости астролябии вертикалы, т.е. круги азимутов. "Проведем небесный меридиан на ней – $ABCD$ (рис. 17). Примем точку A – за северный полюс, а точку C – за южный полюс. Отложим дугу CB по величине широты климата и проведем к ней диаметр восточного полукруга горизонта этого климата BED , а также полукруга горизонта в прямой сфере CEA . Проведем сначала из кругов азимутов полукруг, пересекающий небесный меридиан под прямым углом, т.е. пересекающий дугу горизонта при восхождении Овна и Весов, GEN . Тогда ясно, что точка E – общая для всех кругов и каждая из дуг BE и CH – четверть круга. Проведем через точку A небесный меридиан на тимпане FK . Проведем линии CH , CG и продолжим их до линии FK . Они пересекут ее в точках F и K . Разделим FK пополам в точке L . Тогда точка L – зенит на тимпане, а FK – диаметр этого круга. Из того, что мы предпослали, ясно, что линия AK полудиаметр малого круга точки H , а линия AF – полудиаметр малого круга точки G . Возьмем для каждой из точек H и G полудиаметр малого круга на тимпане по примеру того, что мы разъяснили. У нас получится, что линия FK , диаметр круга, изображающего на плоскости астролябии вертикал, – 45 частей 22 минуты, а линия LF , полудиаметр – 22 части 41 минута" [1. Л. 23 об. – 24].

Эти рассуждения ал-Фергани можно представить следующим образом. На чертеже ал-Фергани BD – диаметр горизонта, H и G – зенит и надир, A и C – полюсы мира. Стереографические проекции точек G и H – точки F и K на плоскости астролябии. Так как дуга AG равна $90^\circ - \varphi$, вписанный угол ACF , опирающийся на эту дугу, равен $\frac{90^\circ - \varphi}{2}$.

Поэтому

$$AF = AC \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi}{2} = d \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi}{2},$$

так как угол ACK – дополнение угла ACF до 90° , т.е. $90^\circ - \frac{90^\circ - \varphi}{2} = \frac{90^\circ + \varphi}{2}$, мы находим, что

$$AK = AC \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \varphi}{2} = d \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \varphi}{2}.$$

Таблица альмукантагов

| Числа | Расстояния центров | Радиусы | Числа | Расстояния центров | Радиусы | Числа | Расстояния центров | Радиусы |
|-----------|---|---------|-------|--------------------|---------|-------|--------------------|---------|
| | Для $\varphi = 0$ ($T = 12^h$) | | | | | | | |
| 1 | 1122,31 | 1122,21 | 6 | 118,2 | 187,0 | 11 | 133,0 | 101,5 |
| 2 | 355,31 | 354,11 | 7 | 161,20 | 160,8 | 12 | 94,31 | 92,27 |
| 3 | 354,31 | 375,0 | 8 | 191,12 | 129,50 | 13 | 87,21 | 85,50 |
| 4 | 281,46 | 289,5 | 9 | 125,38 | 124,5 | 14 | 81,43 | 78,48 |
| 5 | 225,26 | 284,35 | 10 | 103,11 | 111,28 | 15 | 75,15 | 73,20 |
| | Для $\varphi = 15^\circ$ ($T = 12^h 14'$) | | | | | | | |
| Гори-зонт | 73,20 | 75,15 | 6 | 52,14 | 53,47 | 11 | 42,13 | 42,54 |
| 1 | 68,42 | 71,71 | 7 | 49,12 | 51,14 | 12 | 40,40 | 41,51 |
| 2 | 62,37 | 66,51 | 8 | 47,41 | 48,53 | 13 | 39,14 | 39,35 |
| 3 | 61,0 | 63,91 | 9 | 45,42 | 46,45 | 14 | 37,54 | 38,4 |
| 4 | 57,46 | 59,40 | 10 | 43,53 | 44,44 | 15 | 36,40 | 36,40 |
| 5 | 54,52 | 56,35 | | | | | | |

Диаметр круга, изображающего вертикал на плоскости астролэбии, равен

$$KF = AF + AK$$

или

$$KF = \alpha \cdot \left(\operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi}{2} + \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) = \frac{2d}{\cos \varphi},$$

а радиус этого круга равен

$$\frac{KF}{2} = \frac{d}{\cos \varphi},$$

где d – диаметр круга, изображающего небесный экватор, а φ – широта местности.

Ал-Фергани не описывает, как найти положение центров кругов, изображающих вертикалы на плоскости астролэбии, вместо этого он указывает, как определить абсциссы точек пересечения этих кругов с линией их центров. Они определяются следующим образом. Обозначим центр круга, изображающего на плоскости астролэбии вертикал, через A , а его пересечение с линией центров вертикалов, находящейся на равных расстояниях от точек Z и Z' , изображающих зенит и надир, через B и C (рис. 18). Угол A между линией центров и прямой AZ равен углу между вертикальными диаметрами астролэбии и касательной к кругу, изображающему вертикал. В силу конформности стереографической проекции этот угол равен азимуту данного вертикала. Обозначим отрезок ZZ' через $2L$, а точку пересечения линии центров с вертикальным диаметром тимпана через D . Тогда

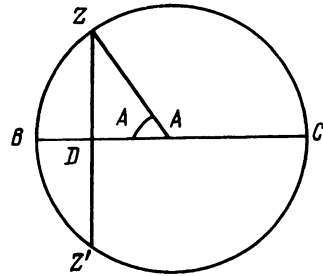


Рис. 18

$$AB = DL \operatorname{csc} A = L \operatorname{csc} A,$$

$$AD = DL \operatorname{ctg} A = L \operatorname{ctg} A.$$

Искомая величина $X = BD$ равна:

$$X = BD = AB - AD = L(\operatorname{csc} A - \operatorname{ctg} A) = L \frac{1 - \cos A}{\sin A}$$

так как $L = \frac{d}{\cos \varphi}$, то

$$X = \frac{d}{\cos \varphi} \cdot \frac{1 - \cos A}{\sin A}. \quad (3)$$

В IV главе ал-Фергани приводит "таблицу азимутов", выражающую функцию $X = X(\varphi, A)$, представляемую формулой (3). Таблица вычислена для широты местности $\varphi = 15^\circ, 16^\circ \dots 50^\circ$ и азимута A , изменяющегося через 5° . Здесь также приведена таблица "День Козерога", указывающая половину дуги для зимнего столнцестояния в зависимости от широты местности. Эта зависимость может быть выражена формулой

$$S = 90^\circ + \frac{1}{2} \arccos \left(\frac{2 \cos^2 \varphi - \sin^2 \varepsilon}{\cos^2 \varphi \cdot \cos^2 \varepsilon} - 1 \right).$$

Приведем часть таблиц азимутов, вычисленных для широты местности $\varphi = 31^\circ - 35^\circ$, и часть таблиц "День Козерога"

| Числа | 31° | 32° | 33° | 34° | 35° | Ши- рота | Поло- вина дуги Дня Козе- рога | Ши- рота | Поло- вина дуги Дня Козе- рога |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|---|-------------|---|
| Овен | 22°55' | 23°10' | 23°26' | 23°12' | 24°0' | 1° | 89°37' | 6° | 87°22' |
| 5 | 20°18' | 21°12' | 21°16' | 21°41' | 21°18' | 2° | 89°7' | 7° | 87°0' |
| 10 | 19°13' | 19°26' | 19°40' | 19°15' | 20°10' | 3° | 88°55' | 8° | 86°30' |
| 15 | 17°35' | 17°47' | 18°0' | 18°14' | 18°28' | 4° | 88°25' | 9° | 86°0' |
| 20 | 16°3' | 16°14' | 16°26' | 16°38' | 16°51' | 5° | 87°52' | 10° | 85°37' |
| 25 | 14°35' | 14°46' | 14°57' | 15°8' | 15°19' | | | | |

В V главе ал-Фергани описывает, как практически построить на тимпане круги, изображающие параллели, альмукантараты и вертикалы небесной сферы. Для того, чтобы построить на тимпане экватор небесной сферы, ал-Фергани находит его радиус $R = \frac{r}{2 - \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \varepsilon}{2}}$, где

r – радиус круга, изображающего тропик Козерога на тимпане, и этим радиусом проводит круг на тимпане. Далее радиусом $r = \frac{d \cdot \cos \varepsilon}{1 + \sin \varepsilon}$ проводит круг, изображающий на тимпане тропик Рака.

Построение на тимпане альмукантаратов ал-Фергани начинает с проведения дуги горизонта данной широты. Для этого он находит на тимпане расстояние γ зенита от центра тимпана и радиус ρ круга, изображающего горизонт на плоскости астробии, и найденным по формуле (2) радиусом $\rho = \rho(\varphi, h)$ проводит дугу горизонта данной широты. При этом ал-Фергани предлагает проверить правильность действий: "Для того, чтобы проверить правильность действия, необходимо, чтобы дуга горизонта пересекала бы линию горизонта прямой сферы и

круга Овна и Весов в двух точках в сторонах востока и запада, общих для всех них, и чтобы альмукантарат, высота которого [находится] по величине широты местности, касался бы линии горизонта прямой сферы в центре тимпана" [1. Л. 59 об.]. Далее ал-Фергани строит на тимпане изображение вертикалов. Для построения вертикала с заданным азимутом ал-Фергани находит абсциссу X точки пересечения данного вертикала с линией центров, являющуюся функцией широты местности φ и азимута A , т.е. функцией $X = X(\varphi, A)$, определяемой по формуле (3), затем через полученную точку и точку, изображающую зенит на тимпане, проводит дугу данного вертикала с центром на линии центров.

Построение "паука"

В V главе излагается построение "паука" астролябии, на котором строятся стереографические проекции эклиптики и наиболее ярких неподвижных звезд. Построение паука ал-Фергани начинает с проведения круга, изображающего эклиптику на плоскости астролябии, подразделения ее на 12 знаков Зодиака и подразделения знаков зодиака на градусы на примере шестеричной астролябии.

Ранее ал-Фергани нашел диаметр изображения эклиптики на плоскости астролябии в масштабе, в котором диаметр изображения тропика Козерога равен 60:

$$\rho = \frac{2d}{\cos \varepsilon} = \frac{2 \cdot 19^{\circ}39'}{0,917} = 42^{\circ}52'.$$

Ал-Фергани находит, что расстояние центра изображения эклиптики от центра диска паука в том же масштабе равно $8^{\circ}34'$. Эта величина равна полуразности радиусов кругов, изображающих соответственно тропики Козерога и Рака на плоскости астролябии, т.е.

$$\delta = \frac{R_1 - R_2}{2} = \frac{30^{\circ} - 12^{\circ}52'}{2} = 8^{\circ}34'.$$

Далее ал-Фергани описывает из полученной точки круг радиусом δ . "Предположим, – пишет ал-Фергани, – что диск паука – $ABCD$, а его центр – точка E (рис. 19), проведем два его диаметра AC и BD , пересекающиеся под прямым углом. Будем считать линию AC линией небесного меридиана, а линию BD – линией горизонта прямой сферы. Далее на круг, изображающий эклиптику, ал-Фергани наносит шкалу эклиптических долгот. Для построения изображения градуса эклиптики с эклиптической долготой λ находится восхождение этого градуса, определяемое по формуле $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \lambda \cdot \cos \varepsilon$, и точка на круге, изображающем небесный экватор, с восхождением α соединяется с центром паука. Точка пересечения радиуса паука с кругом изображения эклиптики является изображением градуса с эклиптической

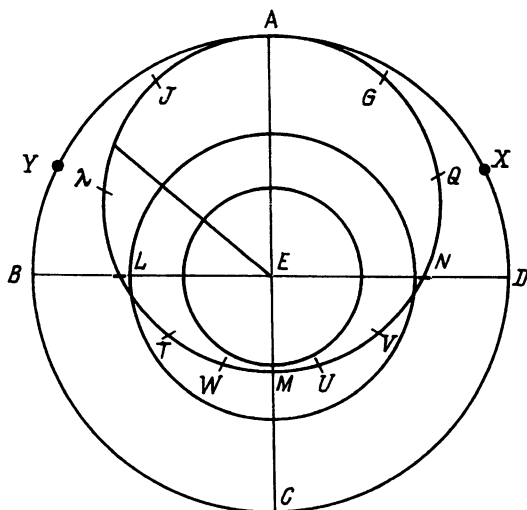


Рис. 19

долготой λ . Точки пересечения, соответствующие $\lambda = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ \dots$ являются соответственно изображениями начал Тельца, Близнецов, Рака, Льва и т.д.

Далее описывается изображение неподвижных звезд на пауке. Для изображения звезды на пауке необходимо знать расстояние этого изображения от центра паука и направление радиус-вектора этого изображения. Расстояние изображения звезды от центра паука определяется склонением δ звезды, т.е. сферическим расстоянием от небесного экватора. Направление радиус-вектора изображения звезды может быть определено "градусом прохождения μ звезды через середину неба", т.е. долготой точки эклиптики, проходящей через небесный меридиан вместе с данной звездой, т.е. точки пересечения эклиптики с большим кругом, проходящим через полюсы мира и звезду. Ал-Фергани определяет склонение δ и долготу градуса прохождения μ по эклиптическим координатам λ и β звезды.

Затем ал-Фергани рассматривает несколько частных случаев. Сначала он рассматривает случай, когда звезда находится на эклиптике и склонение градуса звезды совпадает со склонением самой звезды. Далее рассматривается случай, когда звезда находится на небесном меридиане, являющемся общим сферическим перпендикуляром эклиптики и небесного экватора. В этом случае склонение звезды δ равно сумме или разности ее эклиптической широты β и склонения ее градуса, равного максимальному склонению ϵ : $\delta = \beta + \epsilon$, если β и ϵ – по одну сторону от небесного экватора, и $\delta = \beta - \epsilon$, если β и ϵ – по разные стороны от небесного экватора. Приведем доказательство ал-Фергани. "Проведем круг небесного меридиана, проходящий через полюсы двух

кругов, это – $ABCD$ (рис. 20). Проведем половину небесного экватора – DEB , его северный полюс – точка G , и половину эклиптики AEC , ее полюс – точка H . Тогда точка A эклиптики – место начала Козерога, точка C – начало Рака. Отметим звезду на полюсе эклиптики в точке F и проведем через точки G и F дугу большого круга GKF . Тогда дуга FK – склонение градуса звезды, т.е. ее расстояние от небесного экватора, она достигает середины неба одновременно с точкой F . Далее предположим звезду в точке L небесного меридиана. Тогда дуга AL – широта этой звезды к северу от круга середины зодиака, а дуга AD – склонение Козерога. Тогда если мы отнимем ее от дуги AZ , останется дуга LD – расстояние звезды от небесного экватора. Если же широта звезды – к югу, то прибавим ее градусы склонения к широте звезды, получится ее расстояние от небесного экватора; эта звезда необходимо находится на круге $ABCD$ и достигает середины неба одновременно с ее градусом” [38. Л. 19].

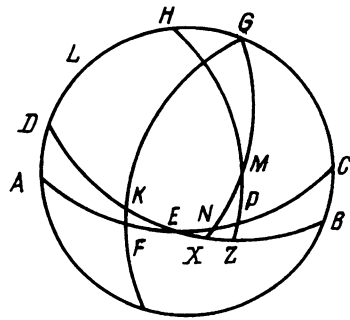


Рис. 20

Найдя значение μ , ал-Фергани находит положение градуса прохождения данной звезды на эклиптике: соединяя эту точку эклиптики с центром паука, он находит радиус-вектор изображения звезды. Далее найденным им радиусом r он проводит изображение параллели звезды. Точка пересечения этой параллели и линии, соединяющей градус прохождения звезды с центром паука, является изображением данной звезды на пауке.

Ал-Фергани делает это на примере двух звезд. "Возьмем в таблице градус, который проходит середину неба вместе с Летящим орлом (см. рис. 20). Найдем, что это – $11^{\circ}40'$ Козерога и таким образом узнаем положение точки H на эклиптике паука. Проведем линию на тимпане, не сильно нажимая, а затем возьмем циркулем на линейке величину полудиаметра малого круга Летящего орла по таблице – это $17^{\circ}36'$. Поместим одну ножку циркуля в [точку] E и найдем, где другая достигнет линии EH . Это точка F . Тогда точка F – положение Летящего орла на пауке. Затем возьмем также в таблице градус прохождения Руки двойного. Найдем, что это 14° Близнецов. Таким образом узнаем положение на эклиптике на пауке точки K . Проведем линию EK и продолжим ее до края тимпана, возьмем циркулем на линейке величину полудиаметра малого круга Руки двойного в таблице, это – $17^{\circ}47'$. Поместим одну ножку циркуля в точку E и найдем, где другая ножка достигает линии EK , это – точка L . Таким образом, точка L – положение Руки двойного на пауке. Таким же образом определим положение осталь-

ных звезд по образцу, описанному нами в нашем примере" [38. Л. 56 об.].

В IV главе ал-Фергани приводит для 25 звезд, которые изображаются на пауке, значения их эклиптических долгот λ , эклиптических широт β , знаки сторон широт β , их склонения δ , знаки сторон склонений δ , градусы прохождения μ и радиусы r кругов, изображающих на плоскости астролэбии параллели этих звезд. Приведем таблицу ал-Фергани.

Таблица неподвижных звезд и того, что необходимо для их построения на астролэбии, т.е. таблицы градуса прохождения и полудиаметров

| Название звезды | Долгота | Широта | Расстояние от экватора | Градусы прохождения | Полудиаметры |
|---------------------|-----------|--------|------------------------|---------------------|--------------|
| Окрашенная рука | 0°18'39" | 51°45' | 13°2' | 11°16'13" | 6°34' |
| Голова Горгоны | 1°9'31" | 24°44' | 36°6' | 1°0'36' | 10°0' |
| Поджатая рука | 1°15'30" | 30°8' | 44°19' | 1°3'26" | 8°8' |
| Альдебаран | 1°13'10" | 5°15' | 13°35' | 1°24'30" | 5°28' |
| Нога двойного | 1°29'45' | 31°4' | 10°13' | 2°6'0" | 23°30' |
| Пуп двойного | 2°6'39" | 24°25' | 50°34' | 2°10'30" | 20°32' |
| Рука двойного | 2°11'51" | 16°45' | 5°42' | 2°14'0" | 17°47' |
| Щеголь | 2°5'20" | 22°50' | 43°40' | 2°0'12" | 8°24' |
| Йеменский Сириус | 2°28'5" | 39°20' | 15°48' | 2°28'37" | 26°0' |
| Сирийский Сириус | 3°9'15" | 16°0' | 7°16' | 3°13'20" | 14°29' |
| Сердце льва | 4°13'15" | 0°15' | 17°10' | 4°13'20" | 14°29' |
| Симак безоружный | 6°7'4" | 2°6' | 5°44' | 6°6'20" | 21°20' |
| Симак копыеносец | 6°0'25" | 31°12' | 25°31' | 6°21'40" | 12°23' |
| Чаши нищих | 6°25'21" | 44°6' | 31°0' | 7°13'23" | 11°17' |
| Сердце скорпиона | 7°23'10" | 4°25' | 23°14' | 7°22'15" | 29°38' |
| Голова закллинателя | 8°5'33" | 36°0' | 14°8' | 8°11'26" | 15°19' |
| Падающий орел | 8°29'55" | 61°45' | 38°12' | 8°29'35" | 9°32' |
| Летящий орел | 9°14'33" | 29°12' | 6°57' | 9°11'40" | 17°36' |
| Гузно | 10°18'39" | 59°36' | 41°6' | 9°28'2" | 8°56' |
| Колено коня | 11°12'35" | 31°10' | 21°41' | 10°29'23" | 13°18' |
| Рот рыбы | 10°18'12" | 23°0' | 37°7' | 10°27'0" | 39°31' |
| Копыто стрельца | 7°28'52" | 23°0' | 46°38' | 8°28'35" | 49°19' |
| Нога кентавра | 6°19'32" | 41°10' | 44°43' | 5°27'15" | 47°7' |
| Сухейль | 2°29'55" | 75°0' | 41° | 2°29'43" | 59°11' |
| Конец реки | 0°11'22" | 13°30' | 0°38' | 1°8'48" | 45°55' |

Приведем современное название звезд, рассматриваемых ал-Фергани.

| | | |
|---------------------|---------------|-----------------------------|
| Окрашенная рука | (Каф) | – β -Кассиопеи |
| Голова Горгоны | (Алголь) | – β -Персея |
| Поджатая рука | | – α -Кита |
| Альдебаран | (Альдебаран) | – α -Тельца |
| Нога двойного | (Ригель) | – β -Ориона |
| Пуп двойного | (Мантака) | – δ -Ориона |
| Рука двойного | (Бетельгейзе) | – α -Ориона |
| Щеголь | (Капелла) | – α -Возничего |
| Йеменский Сириус | (Сириус) | – α -Большого пса |
| Сирийский Сириус | (Процион) | – α -Малого пса |
| Сердце льва | (Регул) | – α -Льва |
| Симак безоружный | (Спика) | – β -Девы |
| Симак копьеносец | (Арктур) | – α -Волопаса |
| Яркая из чаши нищих | (Альфакка) | – α -Северной короны |
| Сердце скорпиона | (Антарес) | – α -Скорпиона |
| Голова заклинателя | (Рас Альх ге) | – α -Змееносца |
| Падающий орел | (Вега) | – α -Лиры |
| Летящий орел | (Альтаир) | – α -Орла |
| Гузно | (Денеб) | – α -Лебеда |
| Колено коня | (Шеат) | – β -Пегаса |
| Рот рыбы | (Фомальгаут) | – α -Южной рыбы |
| Копыто стрельца | | – β -Стрельца |
| Нога кентавра | | – α -Центавра |
| Сухейль | (Канопус) | – α -Киля |
| Конец реки | (Ахернар) | – α -Эридана |

Другие виды астролябий

В VI главе ал-Фергани излагает построение южной астролябии, т.е. проектирование производится из северного полюса на плоскость, касательную к сфере в точке южного полюса. Здесь ал-Фергани упоминает на сходство и различие южной и северной астролябий: "...эклиптика на южной астролябии имеет такую же форму, как на северной астролябии, т.е. расстояние центра, величина диаметра, градусы деления и положение каждого знака зодиака на южной астролябии совпадают с соответствующими им на северной [астролябии]. Поэтому северная половина [одной астролябии] совпадает с южной [половиной] другой, а южная – с северной, так как склонение каждого из градусов эклиптики северной астролябии относится к его расстоянию от северного полюса как склонение соответствующего градуса эклиптики южной астролябии к его расстоянию от южного полюса.

Что же касается неподвижных звезд, то градусы, которые проходят вместе с ними линию середины неба, одни и те же в обе стороны, а построения половин их малых кругов отличаются тем, что на южной астролябии применяются расстояния от южного полюса.

Что касается того, какие звезды попадают на южную астролябию, то те, малые круги которых между южным полюсом и малым кругом начала Рака, попадают на северную астролябию, а те, которые между северным полюсом и малым кругом начала Козерога, не выходят за пределы размера тимпана этой астролябии, поскольку предпочитается размер малого круга начала Козерога на северной астролябии и размер малого круга начала Рака на южной. Что касается кругов альмукантаратов высоты, то их центры попадают на линию меридиана с обеих сторон, т.е. с северной и с южной.

Что же касается кругов горизонта в северных климатах, то поскольку они – большие круги небесной сферы, величины их полу диаметров на южной [астролябии] равны величинам [их полу диаметров] на северной, причем центры кругов горизонта на южной астролябии попадают на линию меридиана, но примыкают к северу. Что касается других альмукантаратов, то их величины отличаются от [их величин] на северной астролябии, причем у тех [альмукантаратов], которые между кругом горизонта и альмукантаратом, высота которого по величине широты климата, центры попадают на линию меридиана и примыкают к северу; один альмукантарат, высота которого равна широте климата, попадает на прямую линию, а у остальных альмукантаратов до высоты в 90 градусов центры попадают на линию меридиана и примыкают к югу.

Что касается кругов азимутов, то все они – большие круги и их размеры на северной и южной астролябиях одни и те же, а линия, на которую попадают их центры на южной астролябии, пересекает линию меридиана и [находится] со [стороны], примыкающей к югу, а ее расстояние от точки зенита на южной такое же, как расстояние на северной астролябии" [38. Л. 67–67об.]. Далее дается подробное описание построения альмукантаратов, высота которых от ϵ до 90° , а также приводится пример построения дуг азимутов и указывается, что построение остальных линий на южной астролябии подобно тому, как на северной.

В VII главе ал-Фергани говорит о невозможности других способов построения астролябии: "Невозможно начертить астролябию ни в одном из полюсов небесного экватора, т.е. невозможно перенести то, что на небесной сфере, в то, что находится на плоскости астролябии, не касающейся сферы ни в одной из точек полюсов, в силу того, что движение сферы Вселенной с востока на запад совершается как раз вокруг полюсов небесного экватора и все градусы эклиптики и неподвижных звезд на сфере движутся по параллельным кругам" [38. Л. 73].

Смысл возражения ал-Фергани против проектирования небесной сферы из полюса эклиптики состоит в том, что вращение небесной

сферы происходит вокруг оси мира, соединяющей полюсы небесного экватора. Впоследствии аз-Зеркали (ок. 1030 – ок. 1090) в Испании и Гемма Фризиус (1508–1554) в Нидерландах предложили универсальную астролябию (у Геммы Фризиуса – *Astrolabium Catholicum*), основанную на проектировании в одной из точек равноденствий на плоскость, касающуюся небесной сферы в другой из этих двух точек, так что эклиптика и небесный экватор изображаются прямыми. Тимпан такой астролябии пригоден для всех широт, чем и объясняется ее название. Вращение небесной сферы изображается на этой астролябии движением некоторого шарнирного механизма.

Далее ал-Фергани рассматривает случай, когда центр проекции располагается вне оси мира. В этом случае проекция полюса небесного экватора, в котором плоскость касается небесной сферы, совпадает с этой точкой, а проекция другого полюса при вращении сферы опишет круг. Ал-Фергани говорит о невозможности построения астролябии и в том случае, когда центр проекции и точка касания плоскости и небесной сферы расположены вне оси мира: «...если оба полюса зависят от времени при каждом положении горизонта прямой сферы, то как возможно, чтобы был необходимым полюс, являющийся движущимся кругом при горизонте прямой сферы... Если же мы вообразим, что все, что находится на небесной сфере, можно начертить на плоскости астролябии, касательной к сфере, то сфера изображается на плоскости, касательной к ней в одном из двух полюсов, причем другой полюс попадает на полюс, в котором происходит касание, а каждый из градусов сферы попадает на перпендикуляр, опущенный из его места на сфере на основание перпендикуляра на плоскости, тогда построение этим способом немыслимо точно так же в силу того, что эклиптика на этом чертеже изображается на астролябии двумя сечениями, приблизительно похожими на сечение "фигуры печи"» [38. Л. 76].

"Фигура печи" – эллипс, перевод греческого термина "κλιβανοειδης" (от κλιβανος – печь, ειδης – вид), применявшегося, например, Антемием Тралльским (VI в. н.э.) в его трактате о зажигательных зеркалах [27].

Здесь ал-Фергани рассматривает проектирование небесной сферы на плоскость, касательную в одном из полюсов мира, параллельно оси мира. Этот способ проектирования небесной сферы на плоскость, применявшийся в "Алмагесте" Птолемеем, ал-Фергани считает неприменимым для астролябии в силу неоднозначности этой проекции, в которой оба тропика изображаются одним и тем же кругом. Впоследствии эта проекция применялась ал-Бируни, пришедшим к ней от метода Абу Хамида ас-Сагани (X в.), проектировавшего небесную сферу на плоскость, касательную в одном из полюсов мира из точки оси мира, лежащей внутри или вне сферы. Ал-Бируни описывает оба эти метода в "Памятниках минувших поколений" [7].

Хронология

Хронология в "Элементах астрономии"

В 1-й главе "Элементов астрономии" ал-Фергани излагает принципы лунного арабского календаря и солнечных греко-сирийского и персидского календарей, применяющихся в странах Ближнего и Среднего Востока как в средние века, так и в наше время.

В мусульманском календаре год состоит из 12 лунных месяцев по 29–30 дней, длина этого года равна 354–355 дням. В древности арабы пользовались лунно-солнечным календарем, в котором обычный год состоял из 355 дней, а раз в четыре года вставлялся тринадцатый месяц, чтобы в среднем год совпадал с солнечным, однако основатель религии ислама Мухаммад запретил вставлять тринадцатый месяц.

Ал-Фергани приводит названия арабских месяцев: "Что касается арабских месяцев, то они таковы: ал-мухаррам, сафар, раби первый, раби второй, джумада первая, джумада вторая, раджаб, ша бан, рамадан, шаввал, зу-л-ка да, зу-л-хиджжа. Имеются месяцы по тридцать дней и по двадцать девять дней, шесть месяцев в году полные и шесть недостаточные" [38. С. 1]. Названия раби – "весна" и рамадан – "знойный" указывают на то, что первоначально эти месяцы были связаны с определенными временами года, названия ал-мухаррам – "запрещенный", зу-л-ка да "[месяц] сидения" и зу-л-хиджжа – "[месяц] паломничества" связаны с религиозными обрядами древних арабов.

Далее ал-Фергани указывает: "В году триста пятьдесят четыре дня по абсолютному, т.е. по крупному счету. Что же касается уточнения, то [к числу этих дней арабского года каждые тридцать лет прибавлялось одиннадцать дней, так что на один год приходится одна пятая и одна шестая дня. Поэтому] в действительности дней года триста пятьдесят четыре, одна пятая и одна шестая" [38. С. 2]. Здесь ал-Фергани выражает дробь $11/30$ в виде $1/5 + 1/6$. Такой способ представления дробей в виде аликвотных дробей, т.е. дробей вида $1/n$, применялся древними египтянами, выражавшими дроби только таким образом. Выражение "по абсолютному, т.е. крупному счету" ("би-л-хисаб ал-мутлак ва-хува ал-джалил") означает – в целых числах. Целые числа математики стран ислама называли абсолютными (мутлак), так как, в отличие от античных математиков, они распространяли название числа и на дробные числа.

Далее ал-Фергани приводит названия сирийских месяцев и указывает, сколько дней содержится в каждом месяце. "Что касается месяцев сирийцев, то они: тишрин первый – тридцать один день, тишрин второй – тридцать дней, канун первый – тридцать один день, канун второй – тридцать один день, шубат – три года по двадцать восемь дней,

а четвертый год – двадцать девять дней, такой год по причине прибавления этого дня называется високосным; азар – тридцать один день, нисан – тридцать дней, айар – тридцать один день, хазиран – тридцать дней, таммуз – тридцать один день, аб – тридцать один день, айлун – тридцать дней. В году [сирийцев] триста шестьдесят пять дней с четвертью, каждые четыре года прибавляется один день и год фактически содержит триста шестьдесят шесть дней" [38. С. 3]

Приведенные названия применяются в арабских странах для обозначения месяцев христианского календаря и в настоящее время. Названия сирийских месяцев, как и названия еврейских месяцев, происходят от вавилонских названий месяцев: тишриту, арахсамна, кисливу, турбиту, шебату, адару, нисанну, айру, сиванну, духу, абу, улулу.

Названия наших месяцев у ал-Фергани: йанвариус, фабруариус, мартиус, абрилис, майус, йуниус, йулиус, агустус, сабтанбар, уктубар, нуванбар, даканбар. Эти названия представляют собой искажения общепринятых у нас римских названий месяцев *Januarius, Februarius, Martius, Aprilis, Majus, Junius, Julius, Augustus, September, October, November, Dezember*, однако не в латинской, а в греческой форме, что видно из названия декабря.

Далее ал-Фергани приводит названия персидских месяцев: фарвардин-мах, урдбихшт-мах, хурдаз-мах, тир-мах, мурдад-мах, шахривар-мах, михр-мах, абан-мах, азар-мах, дай-мах, бахман-мах, исфандармуз-мах. Эти названия месяцев применялись в Иране и в XX в. Далее ал-Фергани приводит персидские названия дней каждого месяца: "хурмуз, бахман, урдбихшит, шахривар, исфандармуз, хурдад, мурдад, дай-ба-азар, азар, абан, хур, мах, тир, чуш, дай-ба-михр, михр, сируш, раш, фарвардин, бахрам, рам, бад, дай-ба-дин, дин, ард, аштаз, асман, замбад, михрасфанд, аниран" [38. С. 4].

Далее ал-Фергани приводит названия египетских месяцев: тот, фе-офи, атир, койах, тиби, мехир, фаменот, фармути, пахон, пайни, эпифи, месори. В каждом месяце – тридцать дней, а в году – триста шестьдесят пять дней, как у персов. В конце года добавляется пять добавочных дней, называемых эпоменами.

Затем ал-Фергани рассматривает эры: 1) эру арабов, 2) эру персов, 3) эру румов и сирийцев, 4) эру египтян. Ал-Фергани указывает дни начал этих эр: "эра арабов – с начала года, в котором состоялась хиджра пророка... из Мекки в Медину. Эра персов – с начала года, когда стал царем Иездигерд, сын Шахрияра сына Хосрова. Эра румов и сирийцев была с начала года, когда царем стал Александр. Эра египтян в книге "Алмагест" – с начала года, когда царем стал Набонassar. Что же касается эры египтян в зидже Птолемея, то она – с начала годов Филиппа" [38. С. 6]. Приведем даты начал эр: 1) начало мусульманской эры – эры арабов – 16 июля 622 г. н.э.; 2) начало эры Иездигерда – эры персов – 16 июня 632 г. н.э.; 3) начало эры Александра, называемой на Востоке селевкидской эрой – 1 октября 312 г. до н.э.; 4) начало эры Набонассара – 26 февраля 747 г. до н.э.; 5) начало эры Филиппа – 12 ноября 324 г. до н.э.

Далее ал-Фергани приводит промежутки времени между эрами: "между эрой Набонассара и эрой Иездигерда 1379 лет персов и 3 месяца, между эрой Филиппа и эрой Иездигерда – 955 лет 3 месяца, между эрой Александра и эрой Иездигерда – 942 года румов, между эрой хиджры и эрой Иездигерда – 3624 дня" [38. С. 7].

Определение времени

На средневековом Ближнем и Среднем Востоке различались два вида часов – прямые и косые, описываемые в 11-й главе "Книги об элементах астрономии" ал-Фергани. Прямые часы (ас-са ат ал-му та-дила, буквально – уравнильные часы) – $1/24$ часть суток. Косые часы (ас-са ат аз-заманиййа, буквально – временные часы) – $1/12$ часть светлого или темного времени суток. Прямые часы называют также равноденственными (ал-и тидамиййа), так как они совпадают с косыми часами в дни равноденствия, и экваториальными (ал-истиваниййа), так как они совпадают с косыми часами на земном экваторе. В течение прямого часа небесная сфера поворачивается на $360/24 = 15^\circ$. Прямые часы измерялись углом поворота паука астролябии. Почти во всех вопросах как религиозной, так и гражданской жизни средневекового Востока время, в частности время молитв, измерялось в косых часах, длина которых изменяется в течение года. Косые часы измерялись с помощью солнечных часов, а также при помощи часовых линий на тимпанах астролябий.

В V главе "Книги о построении астролябии" ал-Фергани излагает общепринятый на средневековом Востоке способ приближенного построения часовых линий на тимпане астролябии, состоящий в том, что на 12 равных частей делятся только дуги кругов, изображающих небесный экватор и тропики Рака и Козерога, находящиеся ниже круга, изображающего горизонт, и соответственно равные деления соединяются дугами кругов. Ал-Фергани описывает это построение следующим образом: "Если мы хотим провести линии косых часов, то разделим дугу LCN (рис. 21) круга Козерога и две соответствующие дуги кругов Овна и Рака, находящиеся под Землей, каждую на двенадцать равных делений. Затем потребуем такое положение, что если вставить в него ножку циркуля, то нужно раскрыть его так, что его другая ножка

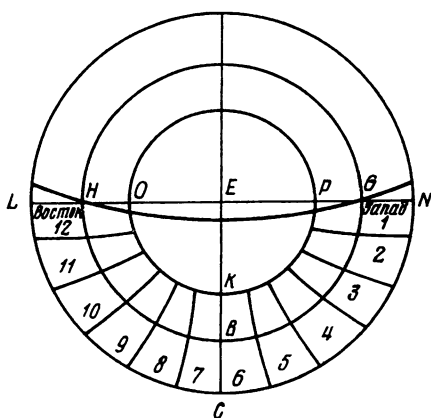


Рис. 21

пройдет через первые три деления кругов к Западу. Если мы нашли это положение, то опишем из него дугу, проходящую через три точки малыми кругами Козерога и Рака. Далее точно так же поступим с остальными делениями до тех пор, пока мы не соединим каждую из точек деления Козерога с соответствующей ей точкой дуг Овна и Рака. Когда мы окончим это, напишем на первой дуге с запада – "час", а следующей за ней – "два часа" и точно так же будем писать последовательно, пока не дойдем до двенадцати часов на дуге горизонта на востоке" [1. Л. 61–61 об.]. Предлагаемый ал-Фергани способ проведения часовых линий на тимпане астролябии, с помощью которых определяются косые часы, – приближенный, на самом деле эти линии – не окружности, однако отклонение часовых линий от окружности столь невелико, что не сказывается на практике пользования этими линиями для определения времени.

В 2-й главе "Элементов астрономии" ал-Фергани определяет также длину суток: "Мы говорим, что эта длина определяется вращением неба от восхода Солнца в этот день до его восхода на следующий день. Так как Солнце движется по эклиптике в восточном направлении, противоположном направлению вращения, то его движение каждые сутки отличается приблизительно на градус. Так как восхождения этого градуса различны в различных горизонтах, время от восхода Солнца каждый день до его восхода на следующий день больше оборота неба на эту величину. Тем самым разъяснено, что продолжительность каждых суток – оборот трехсот шестидесяти без градуса, т.е. движение Солнца за сутки" [38. С. 43].

Далее ал-Фергани указывает: "Что касается наклонной сферы, т.е. горизонтов различных климатов, то для восходов, наряду с различием в зависимости от частей эклиптики, имеется второе различие по причине различия горизонтов климатов. Что же касается прямой сферы, здесь имеется единственное различие восходов меридианов во всех климатах. Поэтому астрономы считают каждые сутки от времени полудня до полудня следующего дня" [38. С. 43].

Затем ал-Фергани дает определение дуги дня, т.е. светлого времени суток, и дуги ночи – темного времени суток: "Величина, на которую поворачивается небо от восхода Солнца до его захода, называется дугой дня; это дуга, которую описывает Солнце при своем движении от восхода до захода, она приблизительно параллельна небесному экватору. Точно так же дуга, описываемая при движении Солнца от захода до восхода, называется дугой ночи" [38. С. 43].

География

География в "Элементах астрономии"

В 6-й главе "Элементов астрономии" ал-Фергани, являющейся изложением I и II глав II книги "Алмагеста" "О положении обитаемой нами Земли вообще" и "О том, как по заданной величине самого длинного дня определяются дуги горизонта, отсекаемые небесным экватором и эклиптикой" [38. С. 58–62], описывается обитаемая часть Земли. В соответствии с античной традицией, ал-Фергани считает, что обитаемая часть Земли – одна из ее четвертей в северном полушарии. Ал-Фергани делит всю обитаемую четверть Земли на семь климатов. Термин "климат" ("иклим") происходит от греческого слова "klima" – "наклонение", применявшегося к зонам поверхности земного шара между параллелями.

В 6-й главе II книги "Алмагеста" даются характеристики 39 таких зон от экватора до полюса. Разделение обитаемой части Земли на семь климатов появилось в странах ислама под влиянием применявшегося персидскими учеными деления ее на семь кишваров [5. С. 154–155]. В этой же главе ал-Фергани приводит максимальные длины дня и высоты полюса мира на рассматриваемых им параллелях [38. С. 23–24], заимствованные им из 6-й главы II книги "Алмагеста" [32. Т. 1. С. 69–80].

Первый климат

В 9-й главе "Элементов астрономии" приводятся названия стран и городов в каждом климате. Согласно ал-Фергани, "первый климат начинается с востока от края страны Китая (ас-Син), проходит по южным частям страны Китая. Здесь города Китайского царства и Ашфитра, т.е. порт Китая. Далее он проходит по берегам моря к югу страны Индии (ал-Хинд), а затем – страны Синд. Далее он проходит по морю к острову Каралу, пересекает море по направлению к Острову арабов и земле Йемен. В ней из известных городов – города Зафар, Оман (Умин), Хадрамаут, Аден (Адан), Сан'а, Кин, Мара, Табала, Джураш, Махр, Саба. Далее климат пересекает море Кулзума и проходит по стране Эфиопии (ал-Хабаш) и пересекает Нил Египта (Нил ал-Миср). Там столица государства эфиопов, называемая Джарши, и Дункула – город нубийцев. Далее климат проходит по западной земле к югу страны берберов и оканчивается на Западном море" [38. С. 35–36].

Арабское название Китая ас-Син происходит от персидского названия этой страны Чин, или Чинистан. Ашфитра – птолемеевская, Asphithra, один из портов Южного Китая, или Индокитая. Тот факт, что

окончание названия Asphithra, как и многих других птолемеевских названий приморских городов Восточной Азии, имеет вид thra, совпадающий с окончанием слова shathra – "город" на пехлевийском (среднеперсидском) языке, делает весьма вероятным предположение о том, что птолемеевское название этого города и других приморских городов является искажением пехлевийских названий. Как известно, сасанидский Иран был могущественной морской державой, но морское могущество Ирана было уничтожено при арабском завоевании этой страны.

Арабское название Индии ал-Хинд происходит от персидского названия Хинд реки Инд, которую индийцы называют Синд. Название Остров арабов объясняется тем, что слово "джазира" – "остров" часто применяли и к полуостровам. Море Кулзум – Красное море, Кулзум – ныне развалины около Суэца, в древности город Клисма на берегу Красного моря. Страна берберов – нынешний Магриб (Тунис, Алжир и Марокко), берберы – народ, населявший эти страны до арабского завоевания.

Ал-Фергани указывает следующие города и области южной Аравии: Зафар – древнюю столицу Йемена, Оман – ныне часть Йемена, Аден – нынешнюю экономическую столицу Йемена, Сан'а – нынешнюю политическую столицу Йемена, Кин, Мара, Табала, Джураш, Махр. Саба – древнее Сабейское царство, где, согласно Библии, царствовала царица Савская. От названия Эфиопии (ал-Хабаш) происходит другое название этой страны – Абиссиния. Арабское название Египта – Миср происходит от библейского названия этой страны Мицраим. Джарми – средневековая столица Эфиопии. Дункула – город нубийцев (Мадина ан-Нуба) – в средние века столица Нубийского христианского царства на берегах Нила, ныне Донгола в Судане. Западное море – Атлантический океан.

Второй климат

"Второй климат начинается с востока, проходит по стране Китая, затем по стране Синд, в которой города Мансура, Найрун и Дайбул. Далее он проходит соединение Зеленого и Басрийского морей и пересекает Остров арабов на земле Неджда и земле Техамы, в которых города Йемама, Бахрейн, Хаджар, город Ясриб, Хиджаз, Мекка, Таиф и Джидда. Далее он пересекает море Кулзума, проходит через Саид Египта и пересекает Нил. Здесь в нем города: Кус, Ахмим, Асма, Ансина и Асуан. Далее он проходит по западной земле – посередине страны Африки (Ифрикийя), а затем по стране берберов и оканчивается на Западном море" [38. С. 36]. Ал-Фергани указывает здесь города: Мансура (мадина ал-мансура – победоносный город); Брахманабад – столица Синда, развалины которого находятся вблизи нынешнего Хайдарабала в нижнем течении Инда; Найрун – у ал-Фергани – ал-Бируни Дайбул – находился в устье Инда вблизи нынешнего Карачи;

Нежд и Техама – ныне центральные части Саудовской Аравии; Йемама Бахрейн (ал-бахрайн – два моря) – остров в Персидском заливе; Хаджар, город Ясриб (мадина Йасриб) – ныне Медина, сокращенно выражение "мадина ан-наби" – город пророка, родина пророка Мухаммада; Хиджаз – область Саудовской Аравии, примыкающая к Красному морю; Мекка – город, в котором находится главная святыня мусульман Ка'ба, где сохраняется могила Мухаммада; Таиф – ныне город в Саудовской Аравии; Джидда – порт Саудовской Аравии на Красном море. Далее ал-Фергани указывает города Египта: Са'ид – древние Фивы, Кус, Ахмим, Асна, Анеина, Асуан – древняя Сиена, где ныне находится высотная плотина на Ниле.

Африка – Тунис, бывшая римская провинция Africa на месте разрушенного Карфагена, впоследствии давшая название всему континенту. Зеленое море – Аравийское море. Басрийское море – Персидский залив.

Третий климат

"Третий климат начинается с востока, проходит по северу страны Китая, а затем по стране Индии, в которой город Кандагар, затем – по северу страны Синд, затем по областям Кабула, Кермана, Александрии (ал-Искандариййа) и Сиджистана, Мухаммадии, Джирuftа и Шарджана, далее климат проходит по берегам Басрийского моря. Здесь города: Истахр, Джаур, Фаса, Шапур (Сабу), Шираз, Сираф, Синаз, Джаннаба и Махрубан. Далее он проходит через Ахваз и Ирак, в котором Басра, Васит, Багдад, Куфа, Анбар и Хит. Далее он проходит через страну Сирию, в которой города: Хияр, Саламия, Хумс, Дамаск (Димашк), Сур, Акка, Тиверия (Тибариййа), Кесария (Кайсариййа), Урсуф, Иерусалим (Байт ал-Макдис), Рамла, Аскалон, Газа, Мидиан, Кулзум. Далее он пересекает нижнюю часть земли Египта, в которой Фарма, Тин (Тинис), Дамията (Дамйат), Фустат – столица Египта, Файюм (ал-Файйум) и Александрия (ал-Искандариййа). Далее он проходит по стране Барка, в затем по стране Африка, в которой город Кайруан, и оканчивается на Западном море" [38. С. 36–37].

Здесь ал-Фергани указывает города и области: Кандагар (ал-Кандахар) – ныне город в Афганистане, Кабул; Керман – область в Иране; Александрия – один из городов, основанных Александром Македонским; Сиджистан – область в Восточном Иране; Мухаммадия – мусульманское название одного из городов Ирана. Джирuft и аш-Ширджан – города Кермана, Ширджан в средние века был столицей этой области. Далее ал-Фергани перечисляет следующие города иранской провинции Фарс (древней Персиды): Истахр, вблизи которого находятся развалины столицы древнего Ирана Переспалиса, Джаур, Фаса, Шапур или Гундишапур – главный научный центр сасанидского Ирана, Шираз, Сираф, Синиз, Джаннаба и Махрубан. Ахваз – юго-

западная часть Ирана, примыкающая к Ирану и Персидскому заливу, ныне центр нефтедобывающей промышленности.

Ирак – во времена ал-Фергани область, значительно меньшая нынешнего Ирака. Ал-Фергани указывает следующие города Ирака: Басру, Васит, Багдад, Куфу, ал-Анбар, Хит.

Далее ал-Фергани указывает города Сирии: ал-Хийар, Сальмию, Хумс, Дамаск, Сур – древний Тир, Кесарию – древняя Цезаря, Урсуф; города Палестины: Акку, Тиверию, Иерусалим (арабское название этого города "Байт ал-макдис" означает "дом святости"), Рамлу, Аскалон, Газу, Мидиан и Кулзум, а также города Египта: Фарму, Тин, Дамьетту, Фустат – старый Каир, Файюм и Александрию. Барка – в настоящее время город в Киренаике (Ливия), Кайруан – ныне город в Тунисе.

Четвертый климат

"Четвертый климат начинается с востока и проходит по стране Тибет, затем по Хорасану, в котором города: Ходжент, Усрушана, Фергана, Самарканд, Балх, Бухара, Герат (Хира), Амуй (Амуя), Мерверруд, Мерв (Марв), Серахс, Тус, Нишапур (Найсабур). [Далее он проходит через] Горган (Джурджан), Кумис, Табаристан, Динавенд, Казвин, Дейлем, Рей, Исфахан, Кум, Хамадан, Нехавенд, Динур, Хулван, Шахризур, Самарру, Мосул, Балад, Нисибин, Амад, Рас ал-Айн, Каликалу, Шимшат, Харран, Ракку, Карсикию. Далее он проходит по северу Сирии, в которой города: Балис, Маябидж, Сумисат, Малатия, Зантара (Алеппо, Халев), Кеннешр, Антиохия (Антакийя), Триполи (Тароблус), Масиса, Сайда, Черная Каниса, Азана, Тарсус, Амурия и Лазикия. Далее он проходит через Сирийское море к острову Кипр и Родосу, затем проходит по стране Танджа в Западной земле и оканчивается на Западном море" [38. С. 37–38].

Тибет – у ал-Фергани Туббат. Хорасан – у ал-Фергани почти вся Средняя Азия и примыкающие к ней районы Ирана и Афганистана, ныне это название носит провинция Ирана. Здесь ал-Фергани указывает города Средней Азии: Ходжент – ныне Худжанд в Таджикистане; Усрушану и входящие в состав Узбекистана Фергану, Самарканд и Бухару; Амуй или Амуль – нынешний Чарджоу на Амударье в Туркменистане; Мерв – древняя Александрия Маргиана, ныне развалины вблизи города Байрам-Али в Туркмении на реке Мургаб, то же название впоследствии носил нынешний город Мары Туркмении; Мерверруд – город на месте нынешнего селения Маручан в Туркмении; Серахс – город на границе Туркмении и Ирана; также входящие в состав Афганистана Балх и Герат, и Тус, развалины которого находятся вблизи нынешнего Мешхеда, а также Нишапур в Иранском Хорасане.

Далее ал-Фергани указывает следующие области и города нынешнего Ирана: Горган – древняя Гирпания, примыкающая к юго-

восточному углу Каспийского моря; Кумис – область в северном Иране; Табаристан – нынешний Мазандаран – горная область на южном берегу Каспийского моря, Динавенд – гора в Северном Иране, ныне Демавенд; Казвин – город в Гиляне (Северный Иран); Дейлем – горная область в Гиляне; Рей – город в Центральном Иране (территория г. Рей входит в состав нынешнего Тегерана); Хамадан, Нехавенд и Динавар – города в Западном Ираке.

Кроме того ал-Фергани перечисляет города Ирака: Хулван, Шах-ризу, Самарру, Мосул, Балад, Амид; города Сирии: Ра'с, ал-Айн, Каликалу, Ракку, Киркисию; города современной Турции: Харран, Нисибин и Шимшат. Далее указывает города Сирии: Балис, Манбидж, Сумисат, Зантару, Алеппо, Кеннешр, Азану, Тарсус, Амуриго и Лазикию (древняя Лаодикая), Черную Канису (ал-Каниса ас-сауда – черный храм); города Мелатию и Антиохию – ныне Малатья и Антакья в Турции; города Ливана: Триполи и Масису, Сайду (древний Сидон). Кипр и Родос – острова в Средиземном море. Танджа – нынешний Танжер в Марокко.

Пятый климат

"Пятый климат начинается с востока в стране Йаджудж, затем проходит по северу Хорасана, в котором города: Тараз – город купцов, Мувакис, Хорезм (Хуваризм), Исфиджаб, Шаш, Тираниренд, Берду, Нашви, Шишган, Кару и Великий Рим. Затем он проходит по северным берегам Сирийского моря и по стране Андалусии до тех пор, пока не оканчивается на Западном море" [38. С. 38].

Йа'джудж и Ма'джудж – библейские Гог и Магог – легендарные племена, обитавшие на северо-востоке Ойкумены – обитаемой части Земли, согласно арабским географическим сочинениям. Ал-Фергани указывает следующие города Средней Азии: Тараз, или Талас, – ныне город Джамбул в Казахстане; Нувакис, Хорезм (Хуваризм) – ныне Хорезмская область Узбекистана, Каракалпакия и северная часть Туркмении, Исфиджаб, Шаш – ныне Ташкент и его окрестности. Далее ал-Фергани указывает города Закавказья: Тиранаренд – возможно, Тигранакерт – древняя столица Армении, Нашви, Шишган, Арзан, Хилат (ныне г. Ахлат в Турции). Страна румов – здесь не только Византия, но и Западная Европа. Андалусия – мусульманская Испания (ныне название области Испании, примыкающей к Средиземному морю).

Шестой климат

"Шестой климат начинается с востока и проходит по стране Йаджудж, затем проходит по стране хазар, пересекает середину Горганского моря до страны румов, проходит через Хурзан, Амасию, Гераклею (Хиракл), Халкедон (Халказум), Константинополь (ал-

Кустантинийа), страну бурджан и оканчивается на Западном море" [38. С. 38].

Страна хазар находилась на северо-восточном и северном берегах Каспийского моря. Горганское море – Каспийское море. Здесь ал-Фергани указывает города Византийской империи, ныне входящие в состав Турции: Хурзан, Амасию – ныне Амасья, Гераклею – ныне Эрегли, Халкедон – ныне Ускудар, Константинополь – ныне Стамбул. Бурджаны – по-видимому, волжские булгары, часть из которых впоследствии переселилась на Кавказ и на Балканский полуостров; на Кавказе в результате ассимиляции алан и булгар образовались балкарский и карагаевский народы, на Балканах в результате ассимиляции булгар и местных славян образовался народ Болгарии.

Седьмой климат

"Седьмой климат начинается с востока на север страны Йаджудж, затем проходит по стране тюрков, затем по северному берегу Горганского моря, затем пересекает Море румов и проходит по стране бурджан и славян и оканчивается на Западном море" [38. С. 39].

Страна тюрков – северная часть Средней Азии, нынешний Казахстан и Северный Кавказ. Море румов – Черное море. Страна славян – Киевская Русь и территории других славянских племен.

Далее ал-Фергани пишет: "Что же касается того, что находится за этими климатами [севернее седьмого климата] до конца известных нам обитаемых мест, то это начинается с востока со страны Йаджудж, затем проходит по стране Токузгузов и земле тюрков, затем по стране алан, затем по [земле] татар, по [землям] бурджан и славян и оканчивается на Западном море" [38. С. 39]. Токузгузы – союз девяти огузских племен (токуз – девять), относящихся к тюркским племенам. Аланы – потомки скифов, предки нынешних осетин.

Географический раздел книги ал-Фергани написан под влиянием "Географии" Птолемея, но содержит много сведений, полученных ал-Фергани от позднейших путешественников.

Влияние "Элементов астрономии" ал-Фергани на дальнейшее развитие науки

Исследование творчества ал-Фергани показывает, что этот ученый внес важный вклад в развитие математики, астрономии и географии в странах Ближнего и Среднего Востока. Его сочинение "Элементы астрономии" пользовалось исключительной популярностью на Востоке и на Западе. По образцу "Элементов астрономии" были написаны астрономические руководства: "Книга о форме мира" Ибн ал-Хайсама (965 – ок. 1040), "Высшее в постижении подразделения небесных сфер" ал-Хараки (XII в.), "Избранное по астрономии" ал-Чагмини (ум. 1220), "Памятка по астрономии" Насир ад-Дина ат-Туси (1201–1274), "Предел постижения в познании небесных сфер" Кутб ад-Дина аш-Ширази (1236–1311), "Комментарии к ал-Чагмини" Кази-заде ар-Руми (1360–1437), "Трактат о науке астрономии" Али ал-Кушчи (ум. 1474) и многие другие.

Ал-Бируни в VI, VII и IX книгах "Канона Мас'уда" описывает движение Солнца, Луны и планет по "Элементам астрономии" ал-Фергани, а его "Книга исчерпания возможных способов построения астролябии" опирается на трактат ал-Фергани об астролябии. В трактате "Об определении хорд в круге" для определения уравнения светил ал-Бируни использует методы, предложенные ал-Фергани в "Элементах астрономии". В этом же трактате ал-Бируни цитирует трактат ал-Фергани «О недостатках "Зиджа" ал-Хорезми» [6]. Этот же трактат цитируется и в "Книге об ошибках зиджей" ал-Хашими. Возможно, что критика "Зиджа" ал-Хорезми со стороны ал-Фергани отражает споры, которые велись между этими учеными. Недошедший до нас трактат ал-Бируни «Поправки к "Элементам" ал-Фергани» насчитывает, по словам ал-Бируни, 200 листов. В книге "Определение границ мест для уточнения расстояния между населенными пунктами" ал-Бируни цитирует трактат ал-Фергани, в котором говорится об измерении астрономами ал-Ма'муна длины 1° земного меридиана. Ал-Бируни не указывает названия этого трактата, но приводит таблицу перехода от длин в фарсах и арабских милях к градусам земного меридиана и их долям.

"Элементы астрономии" ал-Фергани уже в XII в. дважды были переведены на латинский язык и хорошо известны в Западной Европе. Латинский перевод, напечатанный в Ферраре в 1493 г., является одной из ранних инкунабул [38. С. 86]. В своем "Пире" Данте Алигьери (1265–1321) прямо ссылается на ал-Фергани. Говоря о размерах планеты Меркурий, он пишет, что по вычислениям Альфрагано, диаметр этой планеты составляет $\frac{1}{28}$ диаметра Земли [11. С. 156]. Имя Альфрагано, которым Данте называет ал-Фергани, итальянский вариант его

средневекового латинского имени Альфраганус. Данте, очевидно, имел в своем распоряжении перевод Герарда Кремонского "Leber de aggregatione scientie stellarum et de principis coelestium motuum" (как видим, Данте опустил в названии слово "scientia" – "науки").

В "Новой жизни" и "Пире" Данте имеется много мест, несомненно, заимствованных из "Элементов астрономии", о том, что Тишрин первый (у Данте Тизирин первый) – девятый месяц сирийского календаря [11. С. 40], о небесных сферах [11. С. 129], о трех небесных движениях – двух первых движениях и движениях прецессии [11. С. 144], о движении Венеры [11. С. 146], о прямых и косых часах [11. С. 176]. Мы уже упоминали также, что подготовкой "Элементов астрономии" к печати занимался Региомонтан.

Основные даты жизни и деятельности ал-Фергани

- Около 790 г.** – родился в Фергане.
- Около 810–819 гг.** – работал в Мерве при дворе ал-Ма'муна.
- 819–833 гг.** – работал в Багдаде при дворе ал-Ма'муна.
- Около 830 г.** – участвовал в измерении градуса меридиана в Синд-жарской пустыне.
- Около 833–861 гг.** – работал в Багдаде и Самарре при дворе халифов ал-Му'тасима, ал-Васика и ал-Мутаваккиля.
- Около 847–861 гг.** – строил Джа'фарийский канал.
- 861 г.** – ремонтировал нилометр в Каире.
- 861 г.** – погиб в Каире.

Литература

1. *Ахмад ибн Мухаммад ибн Касир ал-Фергани*. Книга фи сан а ал-астурлаб. Рукопись б. Прусская библиотека, № 5790.
2. *Барбаро Д.* Комментарий к десяти книгам Витрувия. М., 1938.
3. *Бартольд В.В.* История культурной жизни Туркестана. М., 1963. Т. 2, ч. 1. С. 222–223.
4. *Башмакова И.Г., Белый Ю.А., Демидов С.С., Розенфельд Б.А., Юшкевич А.П.* Хрестоматия по истории математики: Арифметика, алгебра, история чисел, геометрия / Под ред. А.П. Юшкевича. М., 1975. С. 221–225.
5. *Беруни Абу Рейхан*. Геодезия – избранные произведения. Т. 3 / Пер. ст. и коммент. П.Г. Булгакова. Ташкент, 1966.
6. *Ал-Беруни Абу-р-Рейхан*. Расаил. Ч. 1. Хайдарабад, 1948.
7. *Бируни Абу Рейхан*. Памятники минувших поколений: Избр. произведения. Т. 1 / Пер. М.А. Салье. Ташкент, 1957.
8. *Ал-Беруни Абу-р-Рейхан*. Канон Мас'уда / Пер. П.Г. Булгакова, Б.А. Розенфельда при участии М.М. Рожанской // Избр. произведения. Ташкент: Фан, 1973. Т. 5, ч. 1.
9. *Бичуриин Н.Я.* Собрание сведений о народах, обитавших в Средней Азии в древние времена. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950.
10. *Воробьева М.Г., Рожанская М.М.* О некоторых астрономических функциях Койк-рынган-Калы // Хорезм, археологические этнографические экспедиции. М., 1966. Т. 5.
11. *Данте Алигьери*. Малые произведения. М., 1968.
12. *Ибн Синан*. Рисала фи-л-астурлаб // Ибн Синан. Расаил. Хайдарабад, 1948.
13. История Узбекистана в источниках. Ташкент, 1984.
14. *Кракковский И.Ю.* Арабская географическая литература // Избр. соч. М.; Л., 1957. Т. 4.
15. *Лившиц В.В.* Согдейские письма с горы Муг. М., 1980.
16. *Матвиевская Г.П., Розенфельд Б.А.* Математики и астрономы мусульманского средневековья и их труды (VIII–XVII вв.): В 3 т. М., 1983. Т. 2. С. 55–58.
17. *Нейгебауэр О.* Точные науки в древности / Пер. Е.В. Гохман; Под ред. А.П. Юшкевича. М., 1968.
18. *Патканов К.* Армянская география VII в. СПб., 1877.
19. *Розенфельд Б.А.* Многомерные пространства. М., 1966.
20. *Розенфельд Б.А.* Геометрические преобразования у Л. Эйлера // Ист.-мат. исслед. 1957. Вып. 10. С. 271–422.
- 21–22. *Сабит ибн Корра*. Книга о составных отношениях // Пер. Б.А. Розенфельда и Л.М. Карповой // Физ.-мат. науки в странах Востока. 1966. Вып. I (IV). С. 9–39.
23. *Юшкевич А.* История математики в средние века. М., 1961.
24. *Alfragano [al-Fergani]*. Il libro aggregazione delle stelle (Dante convivio 2 vi – 134) secondo ell codice Medicto Zaurenziano pl 29 cod 9 contemporaneo a Dante / Publ. cons introduzione e note de R. Campani collezione di opuscoli Danteschi inediti e rari. Firenze, 1910. Vol. 87–90.
25. *Al Hashini Ali ibn Sulayman*. The book of the reasons behinds of the astronomical tables Kitab fi ilal al-Zijat / Transl. E.S. Kennedy; Comm. E.S. Kennedy, D. Pingree. N.Y.: Delmar, 1981. P. 104–107, 110.
26. *Hartner W.* Oriens, Occidents. Haldesheim, 1968.
27. *Heath T.L.* The fragment of anthemius on burning mirrors and the "Fragmentum mathematicum Bobience" // Bibliotheca mathematica. F. 3. 1906. Bd. 7, N 3. С. 225–233.
28. *Al-Huvarisni Muhammad ibn Musa*. Kitab al-surat al-ard / Hragsg. H. Mzik. Leipzig, 1926.
29. *Kitab al Fahrlist von Abi. 1 Farag Muh. B Ishag*, bekannt unter dem namen Ibn Abi Ia gub el Nadim: Bd. 1–2 / Hragsg. von G. Flugel et al. Leipzig, 1871–1872. Bd. 1. S. 279.
30. *Ptolemaei C.L.* De Geographia Libri octo. Amstelodami, 1613.

31. *Ptolemaeus K.L.* Hypothesun ton planomenon / Hragsg. I.L. Heiberd; Ubers. L. Nix // Opera Omnia. Leipzig: Teubner, 1907. Bd. 2. S. 69–145.
32. *Ptolemaeus.* Haundbush der Astronomie: Bd. 1–2 / Ubers. K. Manitius; Vorwort und Berichtigungen von D. Neugebauer. Leipzig, 1963.
33. Das Planispherium des Claudius Ptolemaus / Ubers. J. Drecker // Isis. 1927. Bd. 9, N 30. C. 255–278.
34. *Ibn al-Oifti,* s, *Tarih al-hukama* / Hragsg. I. Lippert. Leipzig, 1903. S. 78, 296.
35. *Ibn Rosteh Abu Ali Ahmad ibn Omar,* Kitab al-alak anhafisa // Bibliotheca geographicum. Lugduni Batavorum, 1892. Vol. 7 / Ed. M.I. De Goeje.
36. *Sezgin F.* Geschichte des arabischen Schrifttunis. Bd. 6. S. 149–151. Leyden, 1980.
37. *Suter H.* Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre werke. Leipzig, 1900.
38. *Muhammedis fil ketiri Ferganensis,* qui vulgo Alfraganus dicitur, Elementa Astronomica Arabica of Latine // Opera Jacodi Gooli. Amstelodami, 1669.
39. *Wiedmann E.* Einleitungen zu arabischen astronomischen Werke // Das Weltall. 1919. Bd. 20. N 3/4. S. 21–26.
40. *Wiet G.* Um restauration du nilometre de I, ile Rauda Sons Mutawakkil (247/861) // C.r. Acad. Du inscriptions et belleslettres. 1924. N 2. P. 202–207.
41. *Ibn Abi Usaiba,* Abdallatiphi Bagdadensis vita / Ed. and transl. John Mousley. Oxford, 1808.
42. *Розенфельд Б.А., Добровольский И.Г., Сергеева Н.Д.* Об астрономических трактатах ал-Фергани // Ист.-астрон. исслед. М., 1972. Вып. 11. С. 191–210.
43. Материалы по истории прогрессивной общественно-философской мысли в Узбекистане / Под ред. И.М. Муминова и М.М. Хайруллаева. Ташкент, 1976. С. 67–72.

Оглавление

| | |
|--|----|
| Предисловие | 5 |
| Глава 1 | |
| От Ферганы до Каира | 6 |
| Фергана | 6 |
| Мерв..... | 8 |
| Багдад..... | 9 |
| Каир..... | 13 |
| Глава 2 | |
| Жизнь и труды | 15 |
| Биографические сведения об ал-Фергани..... | 15 |
| Сочинения ал-Фергани..... | 16 |
| Строительство Джа'фарийского канала..... | 22 |
| Реставрация нилометра..... | 23 |
| Обстоятельства смерти ал-Фергани..... | 26 |
| Глава 3 | |
| Математика | 27 |
| Сферическая тригонометрия..... | 27 |
| Стереографическая проекция..... | 30 |
| Глава 4 | |
| Астрономия | 37 |
| Картина мира..... | 37 |
| Сферическая астрономия..... | 38 |
| Движение Солнца, Луны и планет..... | 42 |
| Звездная астрономия..... | 51 |
| Глава 5 | |
| Астрономические инструменты | 54 |
| Устройство астролябии..... | 54 |
| Построение тимпана астролябии..... | 57 |
| Построение "паука"..... | 63 |
| Другие виды астролябий..... | 67 |
| Глава 6 | |
| Хронология | 70 |
| Хронология в "Элементах астрономии"..... | 70 |
| Определение времени..... | 72 |
| Глава 7 | |
| География | 74 |
| География в "Элементах астрономии"..... | 74 |
| Первый климат..... | 74 |
| Второй климат..... | 75 |
| Третий климат..... | 76 |
| | 85 |

| | |
|--|-----------|
| Четвертый климат | 77 |
| Пятый климат | 78 |
| Шестой климат..... | 78 |
| Седьмой климат..... | 79 |
| Г л а в а 8 | |
| Влияние "Элементов астрономии" ал-Фергани на дальнейшее развитие науки..... | 80 |
| Основные даты жизни и деятельности ал-Фергани | 82 |
| Литература..... | 83 |

Научно-биографическое издание

Розенфельд Борис Абрамович
Сергеева Надежда Дмитриевна

Ахмад ал-Фергани
IX век

Утверждено к печати
Редколлекцией серии
"Научно-биографическая литература"
Российской академии наук

Заведующая редакцией
"Наука – биосфера, экология, геология"
А.А. Фролова

Редактор *Н.Б. Прокофьева*
Художественный редактор *Г.М. Коровина*
Технический редактор *Т.А. Резникова*
Корректор *Р.В. Молоканова*

Набор и верстка выполнены в издательстве
на компьютерной технике

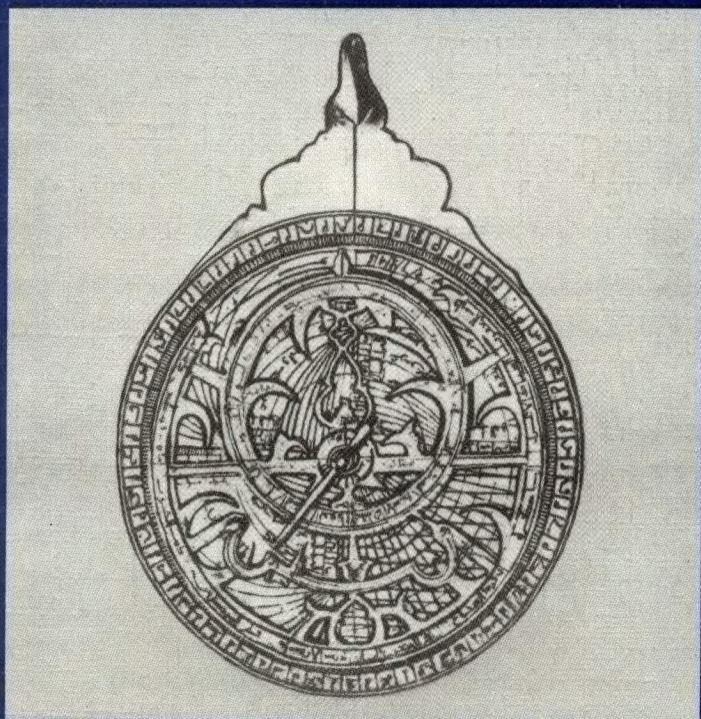
ЛР № 020297 от 23.06.1997

Подписано к печати 05.05.98. Формат 60 × 90 ¹/₁₆
Гарнитура Таймс. Печать офсетная
Усл. печ. л. 5,5. Усл. кр.-отт. 5,9. Уч.-изд. л. 5,6
Тип. зак. 741

Издательство "Наука"
117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., 90

Санкт-Петербургская типография "Наука"
199034, Санкт-Петербург В-34, 9-я линия, 12

НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ
ЛИТЕРАТУРА



Б. А. Розенфельд
Н. Д. Сергеева

АХМАД
ал-ФЕРГАНИ
IX век

НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ
ЛИТЕРАТУРА

В издательстве "Наука"
вышла в свет книга:

Г. П. Матвиевская
З. К. Соколовская

УЛУГБЕК

1394 - 1449

