

ISSN 0202-151X

ЎЗБЕКИСТОНДА
ИЖТИМОЙ
ФАНЛАР



ОБЩЕСТВЕННЫЕ
НАУКИ
В УЗБЕКИСТАНЕ

1983

7

ЎЗБЕКИСТОН ССР ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
АКАДЕМИЯ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР

ЎЗБЕКИСТОНДА
ИЖТИМОЙ
ФАНЛАР

Журнал 1957 йилдан чиқа бошлаган

7

1983

ОБЩЕСТВЕННЫЕ
НАУКИ
В УЗБЕКИСТАНЕ

Журнал издается с 1957 года



Редакционная коллегия

акад. АН УзССР Э. Ю. ЮСУПОВ (*главный редактор*), акад. АН УзССР С. К. ЗИЯДУЛЛАЕВ, акад. АН УзССР И. И. ИСКАНДЕРОВ, акад. АН УзССР С. К. КАМАЛОВ, акад. АН УзССР К. И. ЛАПКИЦ, акад. АН УзССР М. К. НУРМУХАМЕДОВ (*зам. главного редактора*), акад. АН УзССР М. Ю. ЮЛДАШЕВ, член-корр. АН УзССР Г. А. АБДУРАХМАНОВ, член-корр. АН УзССР Р. Х. АМИНОВА, член-корр. АН УзССР М. А. АХУНОВА, член-корр. АН УзССР М. Б. БАРАТОВ, член-корр. АН УзССР П. Г. БУЛГАКОВ, член-корр. АН УзССР В. В. КИМ, член-корр. АН УзССР М. К. КОШЧАНОВ, член-корр. АН УзССР Г. А. ПУГАЧЕНКОВА, член-корр. АН УзССР С. П. ТУРСУНМУХАМЕДОВ, член-корр. АН УзССР Х. Т. ТУРСУНОВ, член-корр. АН УзССР Ш. З. УРАЗАЕВ, член-корр. АН УзССР М. М. ХАЙРУЛЛАЕВ, доктор ист. наук А. А. АСКАРОВ, доктор филол. наук А. П. КАЮМОВ, доктор ист. наук Б. В. ЛУНИН (*зам. главного редактора*), доктор ист. наук А. Р. МУХАМЕДЖАНОВ, доктор филос. наук Ж. Т. ТУЛЕНОВ (*зам. главного редактора*), доктор филос. наук К. Х. ХАНАЗАРОВ, доктор экон. наук А. Х. ХИКМАТОВ, Б. И. КНОПОВ (*отв. секретарь*).

*Адрес редакции: г. Ташкент, ул. Гоголя, 70.
Телефоны: 33-47-12, 39-04-83.*

*Редактор И. А. Маркман
Технический редактор Г. Ю. Чурина*

Сдано в набор 27.07.83. Подписано к печати 18.08.83. Р05686. Формат 70×108¹/₁₆. Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 8,40. Уч.-изд. л. 7,0. Тираж 1325. Заказ 168. Цена 65 к.

Издательство «Фан» УзССР, Ташкент, 700047, ул. Гоголя, 70.
Типография Издательства «Фан» УзССР, Ташкент, проспект М. Горького, 79.

©Издательство «Фан» УзССР, 1983 г.



К 1200-летию ал-Хорезми

М. М. ХАЙРУЛЛАЕВ

ВЫДАЮЩИЙСЯ НАУЧНЫЙ ПОДВИГ

В этом году исполняется 1200 лет со дня рождения великого ученого средневекового Востока Мухаммада ибн Муса ал-Хорезми, юбилей которого широко отмечается не только в нашей стране, но и за рубежом.

Труды ал-Хорезми оказали огромное влияние на последующее развитие точных и естественных наук на Востоке и в Европе. Без них трудно представить себе возможность появления в дальнейшем таких умов, как Беруни, Ибн Сина, Омар Хайям, Улугбек и многие другие.

Как ученый-энциклопедист ал-Хорезми появился на мощной волне интенсивного культурного движения, возникшего на раннесредневековом арабо-мусульманском Востоке на основе новых для того времени социально-экономических отношений и базировавшегося на синтезе древних культур многих народов Востока и Европы. Ал-Хорезми выразил в своем творчестве лучшие черты, идеи и стремления этого движения.

Влияние богатейшего наследия ал-Хорезми на развитие научной мысли оказалось настолько сильным и продолжительным, что уже более тысячи лет не угасает интерес к нему научной общественности мира. Труды его переведены на многие языки, подвергнуты тщательному описанию, комментированию и исследованию. Создано большое количество литературы о деятельности, наследии и вкладе ал-Хорезми в развитие мировой науки. Немало исследований посвятили ал-Хорезми советские ученые.

Ф. Энгельс во введении к «Диалектике природы», рассматривая роль научного наследия древности и средневековья в становлении науки о природе эпохи Ренессанса и нового времени, писал: «Современное исследование природы — единственное, которое привело к научному, систематическому, всестороннему развитию в противоположность гениальным натурфилософским догадкам древних и весьма важным, но лишь спорадическим и по большей части безрезультатно исчезнувшим открытиям арабов...»¹

К этим важным открытиям «арабов», т. е. народов Арабского халифата, в первую очередь, относится вклад ал-Хорезми в развитие математики (алгебра, алгоритм), астрономии, географии. Но значение научного подвига ал-Хорезми не ограничивается пределами отдельных конкретных наук средневековья, например математики. Оно должно рассматриваться гораздо шире и глубже.

Ал-Хорезми родился в 783 г. в одном из древнейших культурных центров Средней Азии — Хорезме (в г. Хиве, на территории нынешней Узбекской ССР), сложился как талантливый ученый на родине, работал в библиотеках Старого Мерва (Туркмения) — столицы провинции Хорасан Арабского халифата. В начале IX в. с группой ученых он приехал в Багдад и стал одним из руководителей тогдашней Академии наук — «Байт ул-хикма» («Дом мудрости»), основанной халифом ал-

¹ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 347—348.

Мамуном (813—833). То был период, когда в Арабском халифате, возникшем на обширной территории от Испании до Памира, шел интенсивный процесс развития экономики, науки и культуры, и в этом процессе большую роль начали играть Средняя Азия и Хорасан. Многие ученые, деятели культуры, работавшие в столице халифата Багдаде — крупнейшем центре научной и культурной жизни тогдашнего Востока, — были выходцами из Средней Азии.

Научное творчество ал-Хорезми получило широкую известность в период его работы в Багдадской академии, где он не только написал свои крупные исследования, но и руководил работой ученых, проводил тщательные астрономические наблюдения, возглавил ряд научных экспедиций.

Ал-Хорезми глубоко изучил научную мысль древней Индии, Ирана, Греции и Средней Азии и на базе ее обобщения, а также достижений ученых халифата и собственных наблюдений создал ряд оригинальных трудов, открывших новые направления в развитии точных и естественных наук средневековья.

В источниках сохранились названия примерно 12 работ ал-Хорезми: алгебраический, арифметический трактаты, астрономические таблицы, труд по географии, книга истории, не дошедшее до нас сочинение под названием «Вершины мудрости» и несколько трактатов о календарях, использовании астролябии и солнечных часах. Некоторые его труды дошли до нас в арабском оригинале (алгебраический трактат, «География» и др.), отдельные — только в латинском переводе (арифметический трактат и астрономические таблицы), а несколько работ — лишь в небольших отрывках в сочинениях других авторов («История»).

Наследие ал-Хорезми сыграло столь значительную историко-научную роль, что ученые нашего века заслуженно признают его «как величайшего математика своего времени и, если принять во внимание все обстоятельства, одного из величайших всех времен» (Г. Сартон), «личность большой научной гениальности» (Э. Видемани).

Алгебраический трактат ал-Хорезми заложил фундамент современной алгебры. Само слово «алгебра» произошло от арабского «ал-джабр» («восполнение»), входящего в название книги ал-Хорезми «Китаб ал-джабр ва ал-мукабала», так что даже своим названием алгебра обязана Хорезми.

Не меньшее влияние на европейскую науку оказал арифметический трактат ал-Хорезми. Он сломал принятую в Европе громоздкую и сложную шестидесятиричную систему счисления и положил начало распространению позиционной десятичной системы. Латинский перевод его с XII в. стал в Европе основным сочинением по практической арифметике.

Одна из фундаментальных категорий современной математики — алгоритм (всякий вычислительный процесс) — также связана с именем ал-Хорезми, впервые изложившего правила четырех арифметических действий по десятичной системе счисления (А. Н. Колмогоров). Латинский перевод его алгебраического трактата, осуществленный в XII в., начинался со слов: «Dixit Algorizmi...» («Сказал ал-Хорезми...») — и с этого времени начинается применение термина «алгоритм» в науке. Алгоритмы, алгоритмизация открыли новое направление в науке и ныне широко применяются в кибернетике, технике. Неудивительно, что крупные исследователи наследия ал-Хорезми связывают с его именем два периода в истории науки: первая половина X в. — «период ал-Хорезми», а перевод его трактата «Ал-джабр ва ал-мукабала» на латинский язык в XII в. — «начало европейской алгебры».

В своих астрономических таблицах ал-Хорезми одним из первых на средневековом Востоке дал тригонометрические таблицы для синуса и тангенса.

Таков далеко не полный перечень заслуг великого ученого в области математики.

Как географ ал-Хорезми прославился прежде всего тем, что создал первый на Ближнем и Среднем Востоке труд по географии — «Книга картины Земли». Он на 10° сократил чрезмерно преувеличенную Птолемеем протяженность Средиземного моря с запада на восток, дал характеристику расположений более 1000 известных в средневековье городов, рек, озер и морей Востока и Европы. Наконец, он одним из первых на Ближнем и Среднем Востоке составил географические карты, став, таким образом, одним из основоположников картографии. Своим географическим трудом, который был переведен на латынь, ал-Хорезми способствовал великим географическим открытиям в Европе.

К сожалению, мы мало знаем об ал-Хорезми как об историке. Но если учесть, что первые специальные исторические труды на Ближнем Востоке были созданы лишь во второй половине IX в., у нас есть все основания полагать, что ал-Хорезми был одним из пионеров и в области историографии.

Огромна заслуга ал-Хорезми как организатора науки. В Багдадской академии он вел исследования в сотрудничестве с такими крупнейшими учеными своего времени, как Фергани, Марвариди, Хасиб ибн Хабаш, Джаухари и др., на которых оказал большое влияние своими научными изысканиями.

Ал-Хорезми был выдающимся новатором, первооткрывателем в науке. В каждой конкретной области знания, которую он изучил, им оставлен неизгладимый след, определивший ее дальнейшее развитие.

Но не только этим характеризуются место и роль ал-Хорезми в истории науки. Достижения в отдельных отраслях ее явились конкретным выражением его научного гения, глубокого теоретического ума, новаторского подхода, нового концептуального решения задач, поставленных научным познанием в условиях утверждения феодальных отношений, интенсивного роста производительных сил, развития синкретической культуры на Ближнем и Среднем Востоке. Ал-Хорезми, ломая жесткие рамки «канонических» (или «арабских») наук, пользующихся догматическим методом, и смело обобщая опыт других стран, особенно индийских и греческих научных традиций, выдвигает и берет за основу своих изысканий новые научные принципы и концепции.

Научное знание ал-Хорезми рассматривал не как совокупность застывших догм и истин. Наука развивается и функционирует на базе преемственности знаний, умножения и возрастания научных традиций.

Ал-Хорезми придавал большое значение изучению природы, высоко оценивал понимание задач науки и деятельности ученых. В начале сочинения «Краткая книга об исчислении алгебры и ал-мукабалы» он писал: «Ученые прошлых времен и ушедших народов не переставали писать книги по различным разделам науки и отраслям философии, имея в виду тех, кто будет после них, рассчитывая на награду соразмерно своим силам и надеясь, что они будут вознаграждены славой и памятью и им достанется из правдивых уст похвала, по сравнению с которой ничтожны взятые ими на себя труды и тяготы, принятые ими для раскрытия сокровенных тайн науки. Один из них опередил других в том, что не разрабатывалось до него, и оставил это в наследие тем, кто придет после него. Другой комментирует труды его предшественников и этим облегчает трудности, открывает закрытое, освещает путь и делает это более доступным. Или же это человек, который находит в некоторых книгах изъяны и соединяет разъединенное, думая хорошо о своем предшественнике, не заносясь перед ним и не гордясь тем, что сделал»².

² Мухаммад ал-Хорезми. Математические трактаты. Ташкент, 1964, с. 25.

Эта выдержка содержит ряд ценных идей ал-Хорезми, которые в известной степени раскрывают его воззрения на роль и специфику науки.

Наука, научные исследования имеют свою историю и развиваются на основе преемственности; научные достижения передаются из поколения в поколение, они постепенно умножаются, обогащая наше знание о бытии. Сопоставляя приведенное выше высказывание с научной деятельностью самого ал-Хорезми, можно уверенно сделать вывод, что в его представлении задача науки — изучение и раскрытие «сокровенных тайн» природы; достижения науки, философии вознаграждаются признанием, «славой» и «памятью» в последующих поколениях.

Высокая оценка научных подвигов, труда ученых действительно ценна и заслуживает внимания, когда она исходит из «правдивых уст». Ал-Хорезми высоко чтит людей, которые занимаются наукой, понимают ее нужды, содействуют деятельности людей науки, стремятся «приближать к себе ученых, простирая над ними крыло своего покровительства».

Научные поиски связаны с большими трудностями и тяготами, поэтому, по ал-Хорезми, деятельность ученых требует особого внимания и создания необходимых условий.

Вторая часть приведенной выше цитаты помогает уяснить, как ал-Хорезми понимает характер и формы научной деятельности, как подразделяются ученые по направлениям и формам своих научных поисков. В данном случае ал-Хорезми обобщает практику научной деятельности его эпохи: одни ученые открывают новые тайны бытия, оставляя свои достижения в наследство последующим ученым; другие разъясняют научные достижения предшествующих ученых, пополняют, пропагандируют их, делая доступными многим; третьи раскрывают ошибки, изъяны предшествующих научных положений, исправляя их и тем самым продолжая научные традиции.

Здесь содержится и мысль о постепенном накоплении и нарастании научных истин, через преодоление ложных, неверных представлений, ошибок, о тернистом характере деятельности ученых.

Широко используя научные традиции различных стран, ал-Хорезми демонстрирует и доказывает своим творчеством, что преемственность в науке не может ограничиваться ни региональными, ни национальными, ни другими границами. Критерием и основой преемственности традиций в науке является их истинность, научная ценность.

Важный принцип использования научных традиций — их отбор на основе сравнения и сопоставления. Во всех сочинениях ал-Хорезми изложение темы и задачи идет на базе сопоставления и сравнения различных групп научных традиций — индийских, греческих и т. д. Но преемственность и сопоставление не являются для науки самоцелью, они должны служить изучению и раскрытию «сокровенных тайн» науки.

Развитие научного знания вообще, указывал Ф. Энгельс, вытекает из практических потребностей общества; задачи науки диктуются теми вопросами, которые ставятся социально-экономическим положением общества на данном этапе его развития. Это общее положение еще раз подтверждается содержанием и тематикой научных поисков эпохи ал-Хорезми, конкретно — тематикой его научных сочинений.

Интересно в этом отношении, что, например, названия глав трактата по арифметике ал-Хорезми носят не теоретический, а сугубо практический характер и отражают вопросы, которые ставились повседневной жизнью того периода, — «Глава о сделках», «Глава о завещаниях», «Глава о браке при болезни» и т. д.

Весьма четко определил сам ал-Хорезми те практические задачи, которые легли в основу написания трактата по арифметике. Во введении «Краткой книги об исчислении алгебры и ал-мукабалы» он писал: «Я составил краткую книгу об исчислении алгебры и ал-мукабалы, заключающую в себе простые и сложные вопросы арифметики, ибо это

необходимо при дележе наследств, составлении завещаний, раздела имущества и судебных делах, в торговле и всевозможных сделках, а также при измерении земель, проведении каналов, строительстве и прочих разновидностях подобных дел».

В сочинении по географии «Книга картины Земли» ал-Хорезми приводит точные координаты около 1200 названий стран, городов, гор, морей и рек. Эти сведения были крайне необходимы для практики — расширения сухопутных и морских торговых путей, поддержания постоянных связей между различными областями и районами халифата, изучения их географического положения, ирригационных возможностей и т. д.

Трактаты ал-Хорезми о европейском календаре и праздниках также подчеркивают практическую направленность его научных исканий.

Особое внимание ученый уделял использованию астрономических инструментов — астролябии, квадранта в осуществлении научных наблюдений. Он подчеркивал необходимость различного рода средств, в частности инструментария, для познания тайн природы, раскрытия научных истин.

Ал-Хорезми считал, что, только познавая тайны природы, устанавливая истины, можно решать практические задачи. У него не было сомнения в том, что процессы природы, т. е. объекты науки, существуют вне человека и наука возникла для познания объективно существующей природы. Так, в своем «Зидже» он рассматривает существование различных планет, их движения в небесной сфере как объекты, существующие вне и независимо от человека; в трактатах по арифметике, геометрии анализирует различного рода отношения между цифрами (деление, умножение, вычитание и т. д.) как процессы, вытекающие из свойств самих объективно существующих вещей. Он считает, что всему свойственно иметь «число», а число «нужно людям при счете», и умножая числа, люди умножают вещи. Таким образом, по ал-Хорезми, различные арифметические операции служат для раскрытия отдельных свойств вещей и различных отношений между ними, в том числе количественных.

Глубоко понимая, что отношения между числами и различные арифметические операции суть отражения количественных взаимоотношений объективно существующих вещей природы, ал-Хорезми выявляет некую первоначальную неделимую основу, на которой базируются эти отношения, — единицу. Конкретная вещь — единица — составляет основу всех чисел, независимо от их характера и величины.

По ал-Хорезми, именно «сущность дела», т. е. сущность взаимоотношений вещей, диктует и характер взаимосвязи между числами и «основными арифметическими категориями и действиями (делением, сложением, умножением и вычитанием)». Эта мысль ал-Хорезми о первоначальном элементе, определяющем отношения между числами, отдаленно напоминает идею Демокрита о неделимых частицах бытия, из которых образуются предметы, вещи. Но в данном случае, на основе только этого положения ученого нельзя провести реальную аналогию между ними. Правда, в эпоху ал-Хорезми труды Демокрита и его идеи об атомах были уже известны ученым Востока, а чуть позже атомистикой Демокрита воспользовались уже, как ни странно, сторонники реакционного направления калама — ашариты в теоретическом обосновании теологического учения ислама.

Период научного творчества ал-Хорезми характеризовался в основном сбором научных данных, описательным методом в области научного познания, последовательной констатацией наблюдаемых фактов и случаев. То было время становления средневековой науки, преимущественно описательной, и естествознание в основном также базировалось на описательных методах и наблюдениях. Так, широко использовались астрономические наблюдения при помощи различных инструментов, которые имелись в обсерватории при «Байт ал-хикма».

В процессе достижения научных истин ал-Хорезми придавал большое значение наблюдению и использованию уже накопленных предшествующими учеными материалов. Он трижды возглавлял научные экспедиции (в Индию, Хазарский каганат и Сирию), целью которых также был сбор фактов. Наблюдение и описательный метод исходили прежде всего из наличия непосредственных конкретных данных, констатируемых нашими восприятиями, чувственным познанием, а отбор и использование накопленных предшествующей наукой материалов требуют применения рационального метода, обобщающих принципов.

Если учитывать, что мутазилиты — современники ал-Хорезми, пользовавшиеся большим авторитетом в его эпоху, — широко пропагандировали роль разума, то можно сделать вывод, что ученый стремился широко использовать известные в то время научные методы и средства.

Ал-Хорезми ясно различает познание через «ощущение» от познания посредством «логических рассуждений»: первое познает частное, «мелкое», а «логическое» изучает существенное, значительное³, но они взаимосвязаны. Известно, что описательный метод был необходимым и важным этапом в развитии науки и сыграл большую роль в развитии научных исследований.

Характерной чертой научного творчества ал-Хорезми, как и других крупнейших ученых его эпохи, был энциклопедизм. Ал-Хорезми был ученым широкого плана, занимался не только естественными и точными науками, но и проблемами гуманитарного знания. Энциклопедизм его оказал большое влияние на последующее развитие средневековой науки. Уровень знания, возможности и характер методов научных исследований той эпохи требовали развития энциклопедизма и многие крупные ученые работали одновременно в различных областях знания.

Научное творчество ал-Хорезми по своим задачам и целям, его значение в истории науки, несомненно, сыграли прогрессивную роль, отражая передовые идеи и научные стремления своего времени. Оно, естественно, опиралось на свободомыслие и способствовало его дальнейшему развитию.

Творческая деятельность ал-Хорезми и его наследие были направлены на изучение природы и окружающих объектов, на утверждение и пропаганду научных методов, служащих обогащению позитивного, светского научного знания, — и в этом отношении они служили расширению возможностей научного познания, формированию передовой естественнонаучной и философской мысли средневекового Востока, которая в творчестве последующих мыслителей: ар-Рази, Фараби, Ибн Сины, Ибн Рушда и др. — достигла больших успехов.

В математических сочинениях ал-Хорезми нашли свое отражение и его взгляды на социально-экономические проблемы той эпохи. Как уже отмечалось, теоретические проблемы арифметики и алгебры ал-Хорезми в основном рассматривал на примере решения конкретных вопросов экономических и правовых отношений, существовавших в Арабском халифате. В частности, им анализируются вопросы завешания имущества, наследования, товарных отношений, цен и стоимости. Применяя математические методы к решению экономических задач, ал-Хорезми не только хотел показать достоинства новой позиционной системы счисления, но стремился способствовать развитию производительных сил, торговли, ремесла.

Используемые ал-Хорезми примеры касаются главным образом отношений между средними слоями города и деревни — ремесленниками, крестьянами, мелкими торговцами, воинами и т. п., составлявшими большую часть населения.

Ал-Хорезми, требуя строгого соблюдения предписаний мусульманского права, служившего в арабском обществе того периода единствен-

³ См.: Мухаммад ал-Хорезми. Математические трактаты, с. 89.

ной формой осуществления законодательной деятельности государства, выступает против беззакония, несправедливости, защищает интересы народа от произвола алчных феодалов.

Его неоднократные ссылки на положения мусульманского права и на авторитетного мусульманского законоведа Абу Ханифу свидетельствуют о том, что ал-Хорезми имел глубокие познания и в области исламской юриспруденции.

Творчество ал-Хорезми оказало огромное влияние на всю духовную жизнь, образ мышления, методы установления истины. Раскрывая чрезвычайно важные свойства, черты объективных отношений, естественных процессов, ученый доказывал ценность, необходимость и плодотворность изучения природы, большую роль человеческого разума, науки в познании окружающего мира. А это в условиях средневековья способствовало развитию рационализма и свободомыслия. Своими открытиями, научными исследованиями ал-Хорезми способствовал укреплению позиций формирующейся прогрессивной философской мысли, вольнодумных идей.

Ф. Энгельс, указывая на большие изменения в духовной жизни европейского общества в эпоху Ренессанса, писал, что духовная диктатура церкви была сломлена, у романских народов «стало все более и более укореняться перешедшее от арабов и питавшееся новооткрытой греческой философией жизнерадостное свободомыслие, подготовившее материализм XVIII в.»⁴

В формировании этого «жизнерадостного свободомыслия» наряду с различными оппозиционными ортодоксальному исламу религиозными течениями, еретическими идейно-философскими школами, идеологией антихалифатских, антисламистских движений большую роль сыграли естественнонаучная мысль, достижения естественных и точных наук, направленных на изучение природы, раскрытие ее закономерностей, исследование различных свойств материи, объективного мира.

Таким образом, ал-Хорезми не только внес громадный вклад в развитие конкретных наук — математики, географии, астрономии своего времени, но, будучи энциклопедистом, разрабатывал в своих трудах общетеоретические проблемы развития научного знания, принципы научных исследований, занимался вопросами применения научных категорий к решению конкретных, практических социально-экономических задач. Он находился на переднем крае культурного и социального развития своей эпохи. Своими трудами великий ученый стремился утвердить новое, показать его преимущество над старым, уходящим. Он был выдающимся деятелем культуры, естественнонаучной и общественной мысли, крупнейшим мыслителем своего времени.

Ныне имя и научное наследие ал-Хорезми широко известны на его родине, в Узбекистане, именем ученого названы улицы, школы, его труды издаются в Ташкенте, его деятельность и заслуги в развитии науки всесторонне изучаются учеными Академии наук Узбекистана.

Бессмертное наследие ал-Хорезми в течение многих веков содействует научному прогрессу, торжеству разума, своим гуманистическим содержанием оно и в нашу эпоху служит людям.

Б. АХМЕДОВ

ВРЕМЯ АЛ-ХОРЕЗМИ

Жизнь и деятельность великого ученого-энциклопедиста ал-Хорезми в основном были связаны с тремя культурными центрами Востока: собственно Хорезмом, откуда он был родом и где, по всей вероятности, получил основное образование; Хорасаном, вернее, древним Мерв-и шахиджеханом, и, наконец, с Багдадом, где он провел основную жизнь.

⁴ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 346.

О духовной культуре Хорезма перед вторжением туда арабов под предводительством Кутейбы ибн Муслима в 96/715 г. сведения не сохранились. Как гласят источники, завоеватели уничтожили все — и книги, и знавших письменность людей. Абу Райхан Беруни с горечью 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»¹.

Тем не менее, благодаря отрывочным и далеко не полным сведениям древнеперсидских надписей, греческих, армянских и сирийских географов и историков, а также косвенным данным среднеазиатско-иранского эпоса, дошедшего до нас благодаря бессмертному творению великого Фирдоуси (941—1020 или 1025), и, наконец, огромному вещественному материалу, накопленному советской археологией, установлено, что Хорезм, как и вся Средняя Азия, был одним из древних очагов мировой цивилизации и что предки нынешних узбеков, таджиков, туркмен и других среднеазиатских народов были носителями высокой материальной и духовной культуры. «Монументальная архитектура, поражающая горделивой величием своих форм, великолепная пластика монументальных глиняных статуй, терракотовых статуэток и рельефов, тонкое искусство античных хорезмийских модельеров и, наконец, богатая гамма графических живописных образцов росписей,— писал С. П. Толстов,— составляет в целом глубоко оригинальный и целостный комплекс, свидетельствующий о самостоятельности, силе и зрелости образного мышления и художественного мастерства создателей древнехорезмийской цивилизации»².

Не вдаваясь в детали вопроса, скажем, что процесс, начавшийся в общественно-политической жизни Хорезма примерно с IV в. (упадок городской жизни и возникновение нового типа поселений — замков дехкан и аристократии и, как естественный результат этого, — ослабление внутренних политических связей), еще более усилился накануне вторжения арабов. Правда, о политической раздробленности Хорезма конкретными сведениями мы не располагаем, но точно известно, что соседствующие с ним районы Средней Азии в тот период оказались разделенными на ряд независимых друг от друга мелких владений-княжеств. По сведениям источников (Беруни, китайские хроники VI—VIII вв.), в начале VIII в. на территории Средней Азии их было около пятнадцати³. Это Чаганиан во главе с «чаган-худат»ом, Термез, управляемый «термез-шахом», княжества Вашджирд, Кубадан и Хуталан, расположенные между Вахшем и Пянджем: владения Керран, Шугнан и Вахан на территории нынешней Горно-Бадахшанской автономной области Таджикской ССР, Рашт и Кумед в верховьях Вахша (нынешний Каратегин) с тюркоязычным населением кумиджиев, Буттем в верховьях Зарафшана. Один только Согд состоял тогда из трех небольших княжеств: собственно Согда с центром в Самарканде (бассейн Зарафшана от Пянджикента до Кермине), западная часть долины Зарафшана с центром в Бухаре и долина Кашкадарьи с центром в Кеше (Шахрисабз). Ниже Самарканда по Зарафшану лежали княжества Иштихан и Кушания, а рядом с Бухарой — княжество Вардана во главе с «вардан-шах»ом. Отдельными небольшими государствами были Фергана, Ходженд, Усрушана, Шаш⁴.

В стороне от этого процесса, естественно, не мог оказаться и Хорезм, что видно из сообщений Табарии и Мукаддаси. Например, Табарии

¹ Абу Рейхан Бируни. Памятники минувших поколений.— Избранные произведения, т. I, Ташкент, 1957, с. 48.

² Толстов С. П. По следам древнехорезмийской цивилизации. М.—Л., 1948, с. 189—190.

³ См.: История Узбекской ССР. Т. I. С древнейших времен до середины XIX века. Ташкент, 1967, с. 169.

⁴ Толстов С. П. По следам древнехорезмийской цивилизации, с. 206—209.

наряду с титулом «хорезм-шах» упоминает и титул «малик» (правитель, находившийся от первого в зависимом положении, конечно же, номинально), а Мукаддаси говорит, что только в окрестностях Миздахкана (древний город, расположенный близ нынешнего Ходжейли) было тогда 12 000 отдельных укрепленных замков⁵.

Словом, политическая раздробленность и постоянные столкновения между мелкими владениями были теми факторами, которые, собственно, и облегчили арабским завоевателям покорение Средней Азии, в том числе Хорезма. В арабоязычных источниках прямо говорится, что победе арабов в значительной степени способствовали сами среднеазиатские владетели. У Табари, например, есть сведения о том, что чаганхудат из-за вражды с царями Шумана и Ахаруна (владения по р. Сурхан и Кафирниган) в 705 г. сам позвал арабов Кутейбы, а годом раньше, когда арабский военачальник Осман ибн Мас'уд выступил против взбунтовавшегося и завладевшего Термезом Муса ибн 'Абдаллаха ибн Хазима, другого арабского военачальника, на стороне первого действовали согдийский ихшид и царь Хутталана⁶. В 712 г. арабов на помощь для борьбы со своим братом Хурзадом (Хурразад) и непокорными хорезмскими дехканами призывает сам хорезм-шах Аскаджвара⁷. Тогда арабское войско под командованием Абд ар-Рахмана, брата Кутейбы, приступом берет резиденцию Хурзада Хамджирд и захватывает в плен самого Хурзада, предает смерти 4000 пленных хорезмийцев. Согласно договору, хорезм-шах в качестве дани отдал арабам 10 000 голов скота⁸. Поэтому не случаен упрек владыки Самарканда Гурека (710—737) в адрес Кутейбы о том, что его победы достигаются только большими замками, могущественной феодализирующей знати¹⁰.

Падение Хорезма ускорило также охватившее его тогда мощное социальное движение хуррамитов (религиозная секта, стоявшая на фундаменте маздакизма и провозгласившая социальное равенство и общность имущества), и можно сказать, что восстание Хурзада было подготовлено этим движением и по сути оно было «антифеодальным движением сельских общин и городского плебса против обитателей больших замков, могущественной феодализирующей знати»¹⁰.

Хорезм был окончательно покорен арабами в 712 г. Однако арабы не смогли полностью ликвидировать его независимость. По словам Беруни, Кутейба вынужден был оставить на троне Хорезма Афригида Аскаджамука ибн Аскаджавара¹¹. «Управление [Хорезмом], — продолжает Беруни, — находилось то в руках этой семьи (Афригидов. — Б. А.), то в руках других, пока и сам правитель, и шахское достоинство не ушли от них после [гибели] мученика Абу 'Абдаллах Мухаммада, сына Ахмеда, сына 'Ирака, сына Мансура, сына 'Абдаллаха, сына Туркасабаса, сына Шаушафара, сына Аскаджамука, сына Аскаджавара, сына Сабри, сына Сахра, сына Арсамуха, во время [последнего], как я сказал, был послан пророк...»¹²

Нашествие арабов, да и само их господство, нанесло огромный урон социально-экономической и культурной жизни Хорезма. В VIII в. замечается резкий упадок ремесла и торговли (об этом свидетельствует, например, падение веса и ухудшение качества металла в монетах Шаушафара, 'Абдаллаха и др.¹³), сокращается ирригационная сеть

⁵ Мукаддаси. Ахсан ат-такасим. — МИТТ, т. I, М.—Л., 1939, с. 187.

⁶ Табари. Тарих ар-расул ва-л-мулук. Серия 3. Т. II. Изд. Де Гуче, с. 1162.

⁷ Там же, с. 1180, 1237—1239. Резиденцией этого царевича был укрепленный город Хамджирд (Бартольд В. В. Хорезм. — Сочинения, т. III, М., 1965, с. 546).

⁸ Толстов С. П. По следам древнехорезмийской цивилизации, с. 225—226.

⁹ Табари, т. II, с. 1244.

¹⁰ Толстов С. П. По следам древнехорезмийской цивилизации, с. 224.

¹¹ Абу Рейхан Бируни. Памятники минувших поколений, с. 48.

¹² Там же. Абу 'Абдаллах Мухаммад — последний Афригид, свергнутый в 995 г. Ма'нуном ибн Мухаммадом, правителем Ургенча.

¹³ Толстов С. П. Монеты шахов древнего Хорезма. — ВДИ, 1938, № 4, с. 129—131.

(например, высыхают каналы Говхарэ и Кельtimiнар), в результате чего сотни замков оказались заброшенными; пески поглощали тысячи гектаров плодородных земель; были разграблены и сожжены многие замки и укрепленные крестьянские усадьбы¹⁴. И, как уже сказано выше, были сожжены книгохранилища и истреблены образованные люди. «...После того, как Кутейба ибн Муслим ал-Бахили погубил хорезмийских писцов, убил священнослужителей и сжег их книги и свитки,— говорит Беруни,— хорезмийцы остались неграмотными и полагались в том, что им было нужно, на память. Когда время продлилось, они забыли то, о чем было разногласие, и запомнили [лишь то], в чем [все] были согласны»¹⁵.

О политическом положении страны в VIII — первой четверти IX в. мы знаем очень мало. Но ясно одно — страна сумела в общем сохранить свою независимость: признание власти халифата выражалось в своевременной уплате дани (хараджа) и предоставлении вспомогательного воинского отряда, когда этого требовали арабы. Из политических событий того периода источники сохранили сведения о следующем. В 110/728 г. восстали жители Курдера (находился на месте или около нынешнего Чимбая) — большого по тому времени торгово-ремесленного города¹⁶. Ход и результат этого восстания неизвестны, но ясно, что оно было направлено против тяжелой эксплуатации, непосильных налогов и повинностей. Заслуживает внимания и второе событие — попытка правителя Хорезма сколотить антиарабский союз¹⁷.

Немаловажное значение в истории Хорезма VIII — первой половины IX в. имел распад его на два самостоятельных владения: южное с центром в Кяте¹⁸, древней столице Хорезма, и хорезм-шахом (потомком Африга) во главе и северное, столицей которого стала Джурджания (Гургендж), во главе с местным эмиром. Оба владения существовали самостоятельно, пока владетель Ургенча Ма'мун ибн Мухаммад (ум. в 1017 г.), вассал Саманидов, не ликвидировал в 385/995 г. династию Афригидов, присоединив их владения к своим.

В IX—X вв. Хорезм не испытывал больших внешних нашествий, как это было в VIII в. Это, несомненно, способствовало развитию земледелия, ремесла, торговли и, следовательно, городов. Например, писавший в 930—933 гг. ал-Истахри приводит названия 13 городов Хорезма: Хорезм (Кас), Дарган, Хазарасп, Хива, Хушмисан, Ардахушмисан, Сафардаз, Нузвар, Кардаранхош, Кардар, Баратегин, Мазминия, Джурджания¹⁹. Спустя полвека, число их, как об этом свидетельствует ал-Мукаддаси (писал ок. 985 г.), превышает 30: Кас, Гардман, Айхан, Арзахива, Нукфаг, Кардар, Миздахкан, Джашира, Садвар, Зардух, Баратегин, Мадминия (на правом берегу Амударьи), Джурджания, Нузвар, Замахшар, Рузунд, Вазарманд, Васкаханкас, Рахушмисан, Мадмисан, Хива, Кардаранхас, Хазарасп, Джигирбенд, Джаз, Дарган, Джит, Малая Джурджания, второй Джит, Садфар, Масасан, Кардар, Андарасган²⁰.

Об экономическом подъеме Хорезма в IX—X вв. свидетельствует уже перечень вывозимых в другие города и страны товаров, приведенный у того же Мукаддаси: «...Меха соболей, горностаев, белок, хорьков, ласок, куниц, лисиц, бобров, зайцев и коз; также воск, стрелы, березовая кора, высокие шапки, рыбий клей, рыбы зубы, касторовое масло, амбра, выделанные лошадиные кожи, мед, лущеные орехи, соколы, мечи, панцири, славянские рабы, овцы и коровы — все это [получалось] из Булгара; кроме того, виноград, много изюма, миндальное

¹⁴ Толстов С. П. По следам древнехорезмийской цивилизации, с. 231—232.

¹⁵ Абу Рейхан Бируни. Памятники минувших поколений, с. 63.

¹⁶ Бартольд В. В. Хорезм, с. 546.

¹⁷ Бартольд В. В. Хорезмшах.— Сочинения, т. II, ч. 2, М., 1964, с. 535; Толстов С. П. По следам древнехорезмийской цивилизации, с. 227.

¹⁸ Древний Кас, ныне город Беруни в составе Каракалпакской АССР.

¹⁹ Истахри. Китаб масалик ал-мамалик.— МИТТ, I, с. 178.

²⁰ Мукаддаси. МИТТ, I, с. 187.

пирожное, сезай, ткани из полосатого сукна, ковры, большие куски сукна, парча для подношений, покрывала из ткани мульхам, замки, ткань арандж (вид хлопчатобумажной ткани.— Б. А.), луки, натянуть которые могут только самые сильные люди, рахбан (сорт сыра.— Б. А.), сыворотка, рыба, лодки...»²¹

Как видно из приведенного перечня, самого обширного по сравнению со списками товаров из Термеза, Самарканда, Ферганы, Исфиджаба (Сайрама) и Туркестана, в экспорте из Хорезма было немало товаров местного производства, но преобладали изделия Булгара (в том числе транзитные), что свидетельствует о большой роли Хорезма в торговле между странами Востока, тюрками и Поволжьем. Ас-Са'алиби упоминает еще о широко распространенной в Хорезме ткани дабики, производившейся ранее в египетском городе Дабик, и о хорезмийских арбузах, которые привозили даже ко двору халифов Ма'муна (198/813—218/833) и Васика (227/842—232/847) в специальных свинцовых ящиках, обложенных снегом²². Характерно, что хорезмийцы весьма успешно вели торговлю не только у себя дома, но, по словам Истахри, «сделались главными представителями торгового класса и в Хорасане»; «в каждом хорасанском городе можно было встретить значительное число хорезмийцев, отличавшихся от местных жителей, как и теперь, своими высокими шапками»²³.

Развитие экономики, как известно, стимулирует и развитие культуры. По словам Мукаддаси, жители Хорезма — «люди разумения, науки, фикха, способностей и образования», и в городах халифата ему редко приходилось встречать «имама (крупного ученого.— Б. А.) в фикхе, литературе или Коране, у которого не было бы ученика-хорезмийца, который уже продвинулся вперед [в науке]»²⁴. Короче говоря, экономический сдвиг Хорезма, как и Бухары, в IX—X вв. способствовал развитию науки и культуры. Появление знаменитой Ма'муновской академии в Гургяндже, да и формирование самого ал-Хорезми как крупнейшего ученого средневековья, является результатом этого социально-экономического сдвига.

Следует иметь в виду и местную культурную почву, впитавшую в себя благотворное влияние античной (эллинистической) культуры и культур соседних народов, в первую очередь Ирана и Индии. Несмотря на время и разрушительные войны, древние культурные традиции во многом сохранились до эпохи ал-Хорезми и Беруни. П. Г. Булгаков, один из исследователей творчества Беруни, справедливо отмечает, что, хотя письменные памятники о древнем и раннесредневековом Хорезме до нас не дошли, «но осколки древнехорезмийской научной традиции сохранились в трудах Беруни. Так, говоря о некоторых созвездиях, Беруни отмечает, что хорезмийские астрономы в давние времена «лучше знали эти созвездия, чем арабы»²⁵.

Большая часть жизни ал-Хорезми, как уже сказано, прошла в Багдаде, новой столице халифата. Он был современником трех аббасидских халифов: ал-Ма'муна, ал-Мутасима (218/833—227/842) и ал-Васика и вращался в близком их окружении. При последнем был направлен во главе посольства на нижнюю Волгу, в Хазарский каганат, затем ездил в Малую Азию²⁶. Умер ал-Хорезми в Багдаде в 236/850 г. Но мы еще точно не знаем о времени приезда ученого в Багдад. Не знаем также обстоятельств его приезда — прибыл ли он прямо из Хо-

²¹ Там же, с. 202.

²² См.: Бартольд В. В. Туркестан в эпоху монгольского нашествия.— Соч., т. I, М., 1963, с. 297.

²³ Цит. по: Бартольд В. В., Туркестан..., с. 297.

²⁴ Мукаддаси. МИТТ, т. I, с. 185.

²⁵ Булгаков П. Г. Жизнь и труды Беруни. Ташкент, 1972, с. 20.

²⁶ Крымский А. Е. Семь спящих отроков эфесских.— Труды по востоковедению, издаваемые Лазаревским институтом восточных языков, вып. 41, М., 1914, с. 6—7; Крачковский И. Ю. Арабская географическая литература.— Соч., т. IV, М.—Л., 1957, с. 130—131, 137—141.

реза или судьба забросила его еще куда-нибудь. Можно полагать, что до этого он мог жить в Мерв-и шахиджехане, который при наместничестве ал-Ма'муна (186/802—198/813) становится одним из крупных культурных центров Хорасана, и приехал в Багдад в 198/813 г. вместе с будущим халифом, в близких отношениях с которым он был до конца его жизни и посвятил ему свои главные труды.

Во времена Аббасидов, особенно в IX — первой половине X в., духовная жизнь халифата, выражаясь словами А. Ю. Якубовского, находилась «в расцвете своих сил»²⁷. Однако протекала она в весьма сложных условиях, главные из которых, на наш взгляд, следующие. Помимо присущих тому обществу классовых противоречий, в халифате мы имеем дело с пестрым этническим составом населения, которое завоеватели поставили в неравноправное положение, крайне тяжелые условия; шла непримиримая борьба между арабской аристократией и феодальной элитой неарабских народов не только в сфере распределения выкачиваемых из эксплуатируемых масс доходов, но и за важнейшие государственные посты, и, наконец, были еще сильны разного рода «ереси» (проявления зороастризма, христианства, манихейства) среди широких слоев населения, которые оказывали сопротивление исламу, а если принимали его, «то только внешне, по существу стараясь изменить его идейное содержание, приспособить к нуждам и привычным взглядам»²⁸.

Вкратце остановимся на этих противоречиях. Как известно, в областях халифата, как и на всем Востоке, главной отраслью производства было земледелие, основанное на искусственном орошении. Источники вод, как и земля, находились в руках господствующего класса и служили орудием эксплуатации крестьянских масс.

Земли феодалов обрабатывали крестьяне-общинники или рабы, переведенные на положение колонов. Условия труда и жизни их были крайне тяжелыми.

Основными поземельными налогами в халифате были харадж и 'ушр (десятина). Харадж взимался со средних и мелких землевладений в размере от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ части урожая. 'Ушр взимали с более крупных землевладений. Это были земли уцелевших местных дехканов; земельные владения завоевателей, полученные в качестве добычи во время войны; земли, розданные отдельным воинам, вернее военачальникам, в качестве лена.

Вся тяжесть налогового бремени ложилась на плечи мелкого землевладельца и ипольщика. По словам Абу Юсуфа Я'куба, если земля была хараджная, то налог платил собственник земли, а если 'ушровая, то налог 'ушр уплачивается либо целиком ипольщиком, либо обеими сторонами от доли получаемого урожая²⁹. Но фактически, судя по словам Абу Юсуфа Я'куба, налоговое бремя полностью ложилось на плечи тех, кто обрабатывал 'ушровую землю на условиях ипольщины.

В особенно тяжелом положении находились крестьяне подвластных халифату стран и областей, подвергавшиеся двойному гнету местных феодалов и арабских чиновников. Завоеватели унижали, угнетали и обирали их как иноплеменников и иповерцев. В «Китаб ал-харадж» приводятся следующие слова, приписываемые якобы халифу Умару I (13/634—23/644): «Мусульмане едят их (покоренных), пока они живы; когда мы и они умрем, наши дети будут есть их детей, пока они живы»³⁰. Самым унижительным было обязательное ношение на шее специальных свинцовых печатей (хаватин), на которых было выгравировано, что данное лицо — житель такого-то рустака или селения и должен

²⁷ Якубовский А. Ю. Ирак на грани VIII—IX вв.—Труды первой сессии арабистов 14—17 июня 1935 г. Труды Института востоковедения, т. XXIV, М.—Л., 1937, с. 34.

²⁸ Там же, с. 27.

²⁹ Якубовский А. Ю. Об ипольных арендах в Ираке в VIII в.—СВ, т. IV, М.—Л., 1947, с. 181.

³⁰ Цит. по: Якубовский А. Ю. Ирак на грани VIII—IX вв., с. 27.

платить такой-то налог³¹. Клеймение подлежащих обложению налогом крестьян практиковалось не только в Средней Азии, но и в других областях халифата; достоверные сведения об этом имеются у Абу Юсуфа Я'куба и сирийского хрониста Дионисия из Телл Махра³². Такое отношение оскорбляло не только крестьянина, но и купца, ремесленника и феодала. Последний недоволен был и тем, что его не подпускали к управлению страной (по крайней мере, при Омсйядах).

Несколько слов о рабстве. Оно сохранялось в качестве уклада, но настолько сильного, что он играл огромную роль в социально-экономической и политической жизни халифата. Как правильно говорил А. Ю. Якубовский, «без учета рабского труда система общественного строя халифата не будет понята совсем»³³. Источниками поступления рабов были войны, набеги, долговая кабала. В города халифата рабы поступали через Египет и Северную Африку (чернокожие), Армению, Византию и Самарканд (белые рабы)³⁴. Невольничьи рынки (сук ар-ракик) были во всех больших городах халифата. Ценные сведения о них приводятся у Я'куби (ум. в 897 или 905 г.) и Мас'уди (ум. в 956 г.). Например, Я'куби, описывая Самарру, новую столицу халифата, построенную при Му'тасиме, приводит сведения о невольничьем рынке этого города. Он помещался в специальном квартале и представлял собой «четырёхугольник, пересеченный улочками, в домах были комнаты, мансарды и лавки для рабов»; рынком заведовал особый чиновник³⁵. Аналогичные сведения о невольничьем рынке (дар ар-ракик) Багдада сообщает и Мас'уди³⁶.

Рабы, кроме домашних работ, использовались в сельском хозяйстве, ремесле, ремонте или строительстве ирригационных сооружений, в рудниках и при освоении новых земель. Характерно сообщение Ибн Кутейбы (829—889), автора сочинения «Уйун ал-ахбар», о рабах, которые выполняли тяжелейшую работу по освоению новых земель в районе Басры. Он писал, что негры-рабы «вычерпывали лопатами солончаки (сибха) близ Басры до тех пор, пока не наткнулись на плодородную землю. Могилы негров высятся там, как горы. Десятки тысяч были заняты этим делом на каналах Басры»³⁷.

Характеризуя политическую обстановку того времени, надо отметить острое противоборство между западной и восточными частями халифата, между арабской феодальной аристократией и феодальной знатью покоренных арабами народов за ключевые позиции в государстве. Это видно на примере Бармакидов, кровопролитной борьбы между двумя сыновьями Харун ар-Рашида (170/786—193/809): Амном, сыном всемогущей Зубейды (145/762—216/831), воссевшим на престол халифата после смерти отца, и Ма'муном, сыном наложницы-иранки, правителем восточных областей халифата. Как известно, Аббасиды, стремясь привлечь на свою сторону иранское дехканство, особенно его аристократическую часть, пошли с ними на политический компромисс и наиболее влиятельных из них приблизили к трону. Особенно повезло при этом семейству Бармакидов: Халиду, Яхье, Фазлу и Джа'фару. Они фактически прибрали к рукам главные посты в государстве и управляли всей внутренней политикой халифата при первых Аббасидах: Абу-л-Аббасе (132/750—136/754), Мансуре (136/754—158/775), Махди (158/775—169/785), Хади (169/785—170/786) и Харун ар-Рашиде. Безусловно, это в какой-то степени ущемляло интересы арабской знати, и она в 187/803 г. свергла Бармакидов руками

³¹ История Узбекской ССР, т. I, с. 215.

³² См.: Якубовский А. Ю. Ирак на грани VIII—IX вв., с. 43—44.

³³ Якубовский А. Ю. Об испольных арендах в Ираке в VIII в., с. 179.

³⁴ Мец Адам. Мусульманский Ренессанс. М., 1966, с. 137—138.

³⁵ Цит. по: Мец Адам. Указ. соч., с. 139. Ср.: Якубовский А. Ю. Ирак на грани VIII—IX вв., с. 38—39.

³⁶ Мас'уди. [Мурад аз-захаб]. Les Prairies d'or. Texte et traduction par C. Barbier de Meynard et Pavet de Courteille. V. VI. Paris, 1871, p. 459.

³⁷ Цит. по: Мец Адам. Указ. соч., с. 143.

самого халифа³⁸. Но вскоре, начиная с воцарения ал-Ма'муна, место Бармакидов занимают Тахириды. Тахир ибн ал-Хусейн, в будущем основатель династии Тахиридов, в 811 г. вместе с другим иранским вельможей, Фазл ибн Сахлом, хорасанским везиром Ма'муна, возглавили борьбу Ма'муна против халифа ал-Амина. Естественно, что Ма'мун «сделался покровителем тех людей, которым он был обязан престолом, и с большей последовательностью, чем его предшественники, поручал персам управление восточными областями»³⁹. Так, после захвата власти в халифате ал-Ма'муном Тахир был назначен начальником гарнизона Багдада, заведующим налогового ведомства Ирака и наместником ал-Джезиры (Месопотамии). В 205/820 г. он был поставлен наместником Хорасана вместо свергнутого Гассана ибн Аббада⁴⁰. В 204/819 г. четыре дехкана из рода Самана: Нух, Ахмад, Яхья и Ильяс — получили от халифа в удел Самарканд, Фергану, Шаш, Усрушану и Герат с областью.

Словом, роль иранцев, народов Средней Азии и других регионов в социально-политической жизни халифата во времена Аббасидов была огромна. Недаром А. Ю. Якубовский писал, что «если омейядский халифат и можно назвать арабским, то аббасидский следует именовать арабско-иранским»⁴¹.

Мы бы добавили сюда и тюркский элемент. Дело в том, что во времена Ма'муна и особенно при его преемниках большую роль в политической жизни халифата начала играть тюркская гвардия, представлявшая значительную военно-политическую силу. Достаточно сказать, что халифы Мутаваккил (232/847—247/861) и Му'таз (252/866—255/869) были посажены на престол тюркскими военачальниками, а Муста'ин (248/862—252/866), вышеупомянутые Мутаваккил, Му'таз и Мухтади (255/869—256/870) убиты тюркскими гвардейцами⁴².

Противоречия эти породили и усугубили другие острые социальные явления, окончательно подточившие в конечном итоге основы общественно-политического строя халифата и ускорившие его распад. Мы имеем в виду мощные крестьянские восстания, охватившие почти всю территорию халифата, и все более усиливавшийся сепаратизм местных феодалов.

Из народных движений здесь следует упомянуть восстание крестьян-горцев в Ливане (142/759—60), восстание племени зутов в Южном Ираке, продолжавшееся 14 лет (205/820—219/834), коптские восстания в Египте в 217/832 г., крестьянское восстание в Палестине 226—227/841—842 гг. и, наконец, грандиозное восстание зинджей во главе с 'Али ибн Мухаммадом. Началось оно в 255/869 г. как раз в районе Басры, где, как уже упоминалось, рабы-зинджи очищали солончаки, и распространилось на весь Южный Ирак и Хузистан. Оно продолжалось до 270/883 г.

Мощные крестьянские восстания происходили также в северных и восточных областях халифата. Источники сохранили, например, сведения о крестьянском восстании в Иране, во главе которого стоял зороастриец Сумбат Маг (138/755 г.), крупнейшее восстание «людей в белых одеждах» (Муканны) в Мавераннахре в 159/776—167/783 гг., восстание хариджитов в Сеистане в 181/797—183/799—800 гг., восстание крестьян Согда под предводительством Рафи' ибн Лайса в 190/806—194/810 гг., восстание народов Азербайджана, Армении, и западных областей Ирана (Табаристан, Джурджан, Дейлем, Хамадан) в 199/815—222/837 гг. во главе с Бабеком⁴³.

³⁸ Бартольд В. В. Бармакиды.— Соч., т. VI, М., 1966, с. 669—673 и след.

³⁹ Бартольд В. В. Туркестан..., с. 265.

⁴⁰ Там же, с. 266.

⁴¹ Якубовский А. Ю., Ирак на грани VIII—IX вв., с. 31.

⁴² Беляев Е. А. Арабы, ислам и арабский халифат в раннее средневековье. Изд. 2-е. М., 1966, с. 217—218.

⁴³ Подробно о них см.: Беляев Е. А. Указ. соч., с. 246—268; История Узбекской ССР, т. 1, с. 235—258; История Азербайджана. Баку, 1958, с. 117—125; История

Участниками этих восстаний были крестьяне, рабы, иногда и городские низы. Многие движения, особенно Муканны и Бабека, были проникнуты идеями маздакизма, различного рода ересями, а в социальном отношении они являлись революционной оппозицией феодализму⁴⁴ и своим острием были направлены против самих основ феодального общества.

Что касается сепаратистского движения, то, порожденное ростом крупного землевладения, оно ускорило распад некогда относительно единого и сильного халифата. Движение это фактически началось с первых же лет прихода к власти Аббасидов. Как известно, в 138/756 г. от халифата откололись Испания и Северная Африка, где к власти пришел 'Абд ар-Рахман, один из немногих уцелевших от аббасидского погрома Омейядов, основатель династии Испанских Омейядов (138/756—422/1031). В 172/789 г. добилось независимости Марокко, где власть захватил Идрис, правнук Хасана, сына четвертого «праведного» халифа 'Али, и основал династию Идрисидов (172/789—314/926). В 184/800 г. стяг независимости поднял Ибрахим ибн ал-Аглаб, потомок хорасанского военачальника Аббасидов, управлявшего во времена Харун ар-Рашида Ифрикией (Тунис). Со временем Аглабиды установили свое господство на Мальте (254/868) и Сицилии (264/878). Ахмад ибн Тулун, сын тюркского гуляма, достиг высокого положения при ал-Му'таззе, став сначала помощником, затем наместником Аббасидов в Египте, Палестине и Сирии, а в 254/868 г. тоже откололся от Багдада. Он стал основателем новой независимой династии — Тулунидов (254/868—292/905). В первой четверти IX в. от халифата отпала важнейшая во всех отношениях его восточная часть — Хорасан и Мавераннахр, где власть фактически оказалась в руках местной феодальной аристократии: Тахиридов (205/821—259/873) и Саманидов (204/819—395/1005).

Такова вкратце социально-политическая обстановка халифата, в которой протекала культурная жизнь Багдада, новой столицы Аббасидов, построенной в 145/762—149/766 гг., во времена второго халифа этой династии Абу Джа'фара ал-Мансура (136/754—158/775), на месте небольшого населенного пункта, расположенного на правом берегу Тигра, к северу от соединявшего Тигр с Евфратом большого канала Сират⁴⁵, недалеко от которого в былые времена возвышался знаменитый Ктесифон, столица державы Сасанидов. Анализ этой обстановки позволяет нам глубже уяснить условия той среды, в которой жил и творил ал-Хорезми.

Ирана. М., 1977, с. 132—133; Якубовский А. Ю. Восстание Муканны — движение людей в «белых одеждах». — СВ, т. 5, 1948, с. 35—44; Nöldeke Th. Orientalische Skizzen. Berlin, 1892, S. 153—185.

⁴⁴ Энгельс Ф. Крестьянская война в Германии. — Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 7, с. 361.

⁴⁵ До этого резиденцией халифу служил город Анбар, вернее укрепления в его окрестностях Хашимия (Беляев Е. А. Указ. соч., с. 212—213). Анбар был расположен на Евфрате, в 12 фарсах от Багдада, откуда брал свое начало канал Иса (Ибн Хурдадбех. Kitab масалик ал-мамалик. — ВГА, VI, р. 72; Абу-л-Фида. География. Изд. М. Рейнад и Де Слане. Париж, 1840, с. 52).

П. Г. БУЛГАКОВ, Б. А. РОЗЕНФЕЛЬД

«КНИГА ИСТОРИИ» АЛ-ХОРЕЗМИ

Авторы библиографических трудов Ибн ан-Надим (X в.) и Ибн ал-Кифти (XIII в.) называют в числе сочинений ал-Хорезми его книгу «Китаб ат-та'рих». Книга эта в оригинале до нас не дошла, и ее арабское название может быть переведено и понято по-разному: «Хронология», «Книга исчисления дат», «Книга истории». Известно, что ал-Хорезми был выдающимся астрономом, а средневековые астрономы, как показывает пример Беруни и других, занимались проблема-

ми хронологии и перевода дат из одной эры в другие. Поэтому некоторые ученые (Ф. Вюстенфельд)¹, видимо, считая данную книгу ал-Хорезми руководством по летосчислению и определению дат в системах разных эр, исключили ее из круга арабоязычной историографии. Другие исследователи (К. Наллино, Ф. Розенталь и др.)² на основании отдельных цитат из «Китаб ат-та'рих» в трудах других авторов относили указанный труд к числу исторических сочинений. Окончательный ответ на этот вопрос, а также реконструкция тематической направленности труда ал-Хорезми, установление хронологических рамок охватываемого им материала, выявление его жанровой специфики возможны лишь путем комплексного анализа всех дошедших до нас ссылок на него в сочинениях позднейших восточных ученых.

По последним данным, на «Китаб ат-та'рих» ал-Хорезми ссылаются в своих трудах 9 авторов: историк второй половины IX в. Ахмад ибн Абу Тахир Тайфур (4 заимствования, из них одно подробное и 3 кратких)³, историк и географ второй половины IX в. Ахмад ибн Абу Йа'куб ибн Джа'фар ал-Йа'куби (4 кратких извлечения)⁴, крупнейший историк начала X в. Абу Джа'фар ат-Табари (4 заимствования, из них два подробных и два кратких)⁵, историк и филолог X в. Хамза ал-Исфахани (одно краткое заимствование)⁶, великий среднеазиатский ученый-энциклопедист конца X — первой половины XI в. Абу Райхан Беруни (2 кратких заимствования)⁷, современник Беруни, сирийский историк, митрополит Нисибина Элиас Бар Шинайя (121 краткое извлечение)⁸, другой современник Беруни, анонимный автор «Истории халифов» (2 кратких заимствования)⁹, географ и историк конца XII — первой четверти XIII в. Йакут ал-Хамави ар-Руми (одно краткое заимствование)¹⁰, испано-арабский историк конца XII — начала XIII в. Ибн Бадрун (2 кратких заимствования)¹¹.

Таким образом, в общей сложности мы располагаем ныне 141 ссылкой на «Китаб ат-та'рих» ал-Хорезми.

Приведем сводку основного содержания извлечений из «Китаб ат-та'рих» в хронологической последовательности их сюжетов¹².

О времени рождения Александра Македонского (Ибн Бадрун).

¹ Так, Ф. Вюстенфельд не упоминает данный труд ал-Хорезми в своем тщательно составленном обзоре арабоязычной исторической литературы. (Wüstenfeld F. Die Geschichtsschreiber der Araber und ihre Werke (Abhand. d. k. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen, XXVIII—XXIX Bd., 1882).

² Nallino C. A. Al-Khuwarizmi e il suo rifacimento della Geografia di Tolomeo. — Raccolta di scritti editi e inediti, vol. 5, Roma, 1944, p. 471; Rosenthal F. The History of the Muslim Historiography. Leiden, 1952, p. 64—65; Арабский аноним XI века. Издание текста, перевод, введение в изучение памятников и комментарии П. А. Грязневича. М., 1960, с. 51.

³ Sechster Band des Kitab Bagdad von Ahmad ibn Abi Tahir Taifur. Herausg. und übers. von Dr. H. Keller. I. Teil. Arabischer Text. Leipzig, 1908, S. 55, 145, 212, 349.

⁴ Ibn Wādhīh qui dicitur al-Ja'qūbi Historiae. Ed. M. Th. Houtsma. Lugduni-Batavorum, 1883, p. 5, 21, 126, 261.

⁵ Annales quos scripsit Abu Djafar Mohammed ibn Djarir at-Tabari cum'allis editit M. J. De Goeje. Tertia series. Lugduni-Batavorum. 1964, p. 328, 551, 937, 1085.

⁶ Hamzae Ispahanensis Annalium libri X. Ed. M. E. Gottwaldt. I. Petropoli — Lipsiae, 1844, p. 187.

⁷ Абу Рейхан Бируни. Памятники минувших поколений. — Избранные произведения. I. Перевод и примечания М. А. Салье. Ташкент, 1957, с. 138; его же. Определение границ мест для уточнения расстояний между населенными пунктами (Геодезия). — Избранные произведения. III. Исследование, перевод и примечания П. Г. Булгакова. Ташкент, 1966, с. 125.

⁸ Fragmente syrischer und arabischer Historiker. Herausg. und übersetzt von F. Baethgen. Leipzig, 1884, S. 14—66, 109—132; La Chronographie d'Elie Bar-Sinaya métropolitain de Nisibe. Trad. L.-J. Delaporte. Paris, 1910, p. 81—113.

⁹ История халифов анонимного автора XI в. Факсимиле рукописи. Предисловие и краткое изложение содержания П. А. Грязневича. М., 1967, с. 469, 471.

¹⁰ Jacut's Geographisches Wörterbuch. Herausg. von F. Wüstenfeld. Bd. 2. Leipzig, 1924, S. 504.

¹¹ Dozy R. Commentaire historique sur la poème d'Ibn Abdoun par Ibn Badroun. Leide, 1846, p. 15, 266.

¹² В скобках указаны авторы, использовавшие в своих трудах соответствующие материалы ал-Хорезми.

О датах рождения, начала «пророческой» деятельности и смерти основателя ислама Мухаммада (ал-Йа'куби, Беруни). О завоевании Мухаммадом в 629 г. оазиса Хайбар (Йакут). О смерти Мухаммада, начале правления халифа Абу Бакра, военных действиях арабов против Византии и Ирана в 631—653 гг., о завоевании арабами Сирии, Палестины, Ирака и Ирана (Элиас Бар Шинайя). Об основании городов Куфы и Басры в 637 г., об эпидемии в Сирии в 639 г., о времени убийства халифа Османа, начале правления Али, о борьбе Али с Муавией и времени гибели Али (Элиас Бар Шинайя). О военных действиях арабских войск против Византии в 662—678 гг., о захвате арабами Кабула в 665 г. (Элиас Бар Шинайя). О дате убийства ал-Хусайна, сына Али, в 680 г. (ал-Йа'куби, Элиас Бар Шинайя). О пожаре в Ка'бе в 683 г., о борьбе за власть омейядских халифов и их военных действиях против Византии в 683—694 гг., о затмении Солнца в 693 г., о новой форме монет (дирхемов и динаров) в халифате, о наводнении в ал-Джахфе, близ Мекки, в 699 г. и об эпидемии чумы в том же году, о постройке города ал-Васита в 702 г. (Элиас Бар Шинайя). Об арабских походах в Византию и Армению в 705—713 гг., о завоевании арабами Тохаристана, Бухары и Самарканда в 709 г. (Элиас Бар Шинайя). О землетрясении в Антиохии в 713 г. (Хамза ал-Исфахани). Дальнейшая хронология правления омейядских халифов и их наместников. О военных действиях против Византии в 715—726 гг., о землетрясении в Нисибине и Междуречье в 717 г., вызвавшем огромные разрушения, о попытках обращения иудеев в христианство византийским императором Львом III, об эпидемии чумы в Сирии в 725 г. (Элиас Бар Шинайя). О походах арабов в Азербайджан и Армению в 727 г., об их войнах с хазарами в 728—731 гг., о походах в Византию в 732—736 гг., о смерти императора Льва III и воцарении Константина VI (Элиас Бар Шинайя). О борьбе за власть последних Омейядов в 743—744 гг. (анонимный автор «Истории халифов» и Элиас Бар Шинайя). О борьбе Омейядов с харуритами (хариджитами) в 745 г., о восстании жителей Химса (Хомса) против Омейядов в 746 г., продолжавшемся свыше 4 месяцев, и о разрушении Химса (Элиас Бар Шинайя). О начале в 746 г. проаббасидского движения Абу Муслима в Хорасане, о захвате в 747 г. Абу Муслимом Мерва, о сильном землетрясении в Палестине в 748 г., о приходе к власти первого Аббасида ас-Саффаха, о гибели Муслима в 754 г. (Элиас Бар Шинайя). В восстании харуритов под руководством Мулаббада ибн Хармалы и его гибели в 755 г., о восстании жителей Табаристана в 759 г. (Элиас Бар Шинайя). О строительстве Багдада в 762—763 гг. и перенесении в него столицы халифата, о восстании в Басре в 762 г. (Элиас Бар Шинайя). О временном захвате Тифлиса в 765 г. хазарами (ат-Табари, Элиас Бар Шинайя). О подавлении в Хорасане восстания Уштасина, в ходе которого погибло 7 тысяч восставших, о походах арабов в Византию в 777—781 гг., о сильной эпидемии в Ираке в 783 г. (Элиас Бар Шинайя). О дате убийства Алида ал-Хусайна, праправнука ал-Хасана, сына халифа Али, в 786 г. (Ибн Бадрун). О борьбе за власть ал-Ма'муна с ал-Амином и гибели последнего в 813 г. (Ахмад ибн Абу Тахир Тайфур, ат-Табари). О мятеже против ал-Ма'муна в Египте в 825 г. (Ахмад ибн Абу Тахир Тайфур). Об астрономических наблюдениях Йахьи ибн Абу Мансура в Багдаде в 828 г. (Беруни).

Данный свод основного содержания заимствований из «Китаб ат-та'рих» ал-Хорезми, несмотря на его общность и краткость, достаточно для того, чтобы сделать некоторые выводы. Прежде всего, «Китаб ат-та'рих», — безусловно, исторический труд, единственно правильный перевод названия которого «Книга истории». Так в дальнейшем мы и будем его именовать. Далее, «Книга истории» относилась к жанру всеобщих историй, поскольку ее содержание не ограничивалось историей халифата или отдельных его регионов. Об этом свидетельствуют сведения о времени рождения Александра Македонского, о религиозной

политике византийского императора Льва III, о датах смерти Льва III и прихода к власти Константина VI.

Длинная цепь извлечений из «Книги истории», содержащихся в «Хронографии» Элиаса Бар Шинайи, позволяет установить также, что «Книга истории» ал-Хорезми была написана в форме анналов, т. е. летописи. События в ней излагались последовательно, по годам. Так, из 163 подряд идущих лет, охваченных «Хронографией» Элиаса Бар Шинайи (622—784 гг.)¹³, только для 44 мы не находим заимствованных у ал-Хорезми материалов. Но это не значит, что ал-Хорезми пропустил события некоторых лет, нарушив тем самым канон анналов. Дело в том, что Элиас Бар Шинайя подбирал материал для своей «Хронографии» выборочно, опуская то, что его не интересовало.

Хронологически последняя дата, содержащаяся в материалах ал-Хорезми (828 г., год астрономических наблюдений Йахьи ибн Абу Мансура в Багдаде), позволяет полагать, что «Книга истории» была завершена им около 830 г. Поскольку для первой трети IX в. нам неизвестны иные арабоязычные труды по всеобщей истории типа анналов, мы в праве сделать еще один, при этом главный вывод, что ал-Хорезми явился одним из основоположников этого важнейшего направления историографии на «мусульманском» Востоке.

Извлечения из «Книги истории», содержащиеся в трудах большинства упомянутых выше авторов, весьма кратки, поскольку их интересовали лишь отдельные факты, вне деталей и частныхностей. И вряд ли мы могли бы сегодня судить о том, сколь подробно сам ал-Хорезми излагал свой исторический материал, если бы не сохранились одиночные пространные цитаты из его труда в знаменитой «Истории» ат-Табари. Приведем отрывок одной из таких цитат, где повествуется о низложении в Багдаде халифа Мухаммада ал-Амина в результате упорной борьбы с ним находившегося в Мерве его брата ал-Ма'муна и о роли в этом эмиссара ал-Ма'муна Тахира ибн ал-Хусайна, основателя династии Тахридов в Хорасане и Средней Азии.

«Что касается Мухаммада ибн Мусы ал-Хорезми, то упоминается с его слов, что он сказал: «...Когда Мухаммад [ал-Амин] был убит, сообщение об этом дошло до ал-Ма'муна с почтой, направленной ему Тахиром во вторник после 12-й ночи сафара 198 года¹⁴. Ал-Ма'мун обнародовал это событие, пригласил к себе военачальников, они вошли, встал ал-Фадл ибн Сахл¹⁵ и зачитал письмо с этим сообщением, и они поздравили его с победой и призвали милость Аллаха на него. После того, как был убит Мухаммад, пришло письмо от ал-Ма'муна к Тахиру и Харсаме¹⁶ о смещении ал-Касима ибн Харуна¹⁷, они обнародовали его письмо. Письмо о смещении было прочитано в пятницу за две ночи до конца месяца раби первого 198 года¹⁸. Вся жизнь Мухаммада длилась, как до меня дошло, двадцать восемь [лет]. Был он строен, с залысынами на висках, светловолосый, с маленькими глазами, с орлиным носом, миловидный, ширококостный, широкоплечий. Он родился в Русафе. Тахир, когда убил его, сказал: «Я убил халифа в его дворце и покончил я мечом с его [былым] богатством»; и сказал также: «Я правил людьми сурово, но с уменьем, и убил я великих тиранов, и направил я властвование халифатом в Мерв ал-Ма'муну, в чем были и трудность, и риск»¹⁹.

Как видно, «Книга истории» ал-Хорезми, насыщенная богатыми материалами, содержала много подробностей с конкретными датами,

¹³ К сожалению, в «Хронографии» Элиаса Бар Шинайи после 784 г. большой пропуск, ибо часть этого труда в единственной его рукописи утеряна.

¹⁴ 13 октября 813 г.

¹⁵ Везир ал-Ма'муна в Мерве.

¹⁶ Один из военачальников ал-Ма'муна.

¹⁷ Наследник низложенного халифа ал-Амина.

¹⁸ 27 ноября 813 г.

¹⁹ *Annales quos scripsit... at-Tabari*, III series, p. 933.

охватывала большой круг сопричастных к тем или иным событиям лиц, причем приводились такие детали, как описание их внешности, цитировались их высказывания и т. п. Учитывая значительный хронологический диапазон книги и высокую степень подробности ее изложения, можно полагать, что она имела весьма обширный объем.

Сравнение материалов из «Книги истории» ал-Хорезми, содержащихся в «Хронографии» Элиаса Бар Шиннайи, с текстом «Истории» ат-Табари показывает, что последний порой приводит иные даты отдельных событий, чем ал-Хорезми. Это особенно касается датировки походов арабских военачальников на византийские владения, что видно из приведенной ниже таблицы.

События	Датировка ал-Хорезми (по хиджре)	Датировка ат-Табари (по хиджре)
Поход Абдаррахмана ибн Халида	44	45 или 46
Поход Бишра ибн Арты	51	52
Поход Суфйана ибн Ауфа	53	55
Поход Абдаррахмана ибн Мас'уда	54	56
Поход Абдаллаха ибн Кайса	55	57
Поход Амра ибн Мурры	58	59

Перечень таких примеров можно бы продолжить, но их достаточно, чтобы сделать еще один вывод — об определенной независимости «Книги истории» ал-Хорезми от главных источников, которыми пользовался ат-Табари. Последние нам в основном известны. Что касается выявления источников «Книги истории» ал-Хорезми, как и других утерянных ее частей, — то это задача будущего.

А. П. ЮШКЕВИЧ

О ВКЛАДЕ АЛ-ХОРЕЗМИ В РАЗВИТИЕ АРИФМЕТИКИ И АЛГЕБРЫ

Есть несколько древних книг, оказавших особое влияние на последующее развитие не только математических наук, но и культуры в целом. Таковы, например, «Начала» Евклида, на два тысячелетия определившие прогресс геометрии и самый стиль математического мышления, или «Алмагест» Птолемея, служивший канонической формой представления о мироздании вплоть до Коперника и Кеплера. Эти сочинения столь удачно систематизировали и обобщили все предшествующие им труды, что полностью их вытеснили.

Роль, сравнимую с роль «Начал» и «Алмагеста», сыграли два сочинения Мухаммада ибн Мусы ал-Хорезми — по арифметике и алгебре.

Основанием арифметики служит устная и письменная нумерация последовательности натуральных чисел 1, 2, 3, ... В давние времена различные народы создали разные системы счета. Многие нумерации были десятичными и алфавитными, т. е. последовательные буквы алфавита обозначали единицы, десятки, сотни. Такова была одна из систем, применявшихся в древней Греции; тысячи при этом обозначались так же, как единицы, с присоединением черточки слева внизу. Все числа до 9999 изображались последовательной записью тысяч, сотен, десятков и единиц. Сходная алфавитная система появилась в начале IX в. и в странах арабской культуры. Неудобства такой нумерации очевидны, ее распространение на высшие десятичные разряды требует введения все новых и новых знаков.

В древнем Вавилоне более чем за тысячу лет до появления алфавитных нумераций возникла шестидесятиричная система с двумя кли-

нописными знаками для 1 и 10, первый из которых обозначал числа вида 60^n , а второй — числа $10 \cdot 60^n$, где $n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ Численное значение этих двух знаков определялось их местом, позицией в записи числа, наподобие нашей теперешней нумерации. Отсутствие какого-либо разряда отмечалось пробелами между соответствующими разрядами числа. В середине I тыс. до н. э. пробел заменили специальным знаком нуля, который, однако, не ставили, когда число не содержало одного или подряд нескольких самых младших разрядов. Описанная система была поэтому, так сказать, полу-позиционной. Ее достоинством было распространение на шестидесятиричные дроби, а недостатком — громоздкость (например, для изображения числа 90 нужно было выписать девять знаков десяти). Вычисления в этой системе производили с помощью многочисленных таблиц. В эллинистическую эпоху шестидесятиричная система стала общепринятой в астрономии и географии (градусы, минуты, секунды и т. д.) и в мерах времени. В конце концов, через посредство латинских переводов арабской литературы она стала общим достоянием мировой науки и сохраняется в таких границах до сих пор, сочетаясь со всеобщим распространением позиционной десятичной нумерации.

На огромной территории Индии, не составлявшей в давние времена единого государственного целого, на протяжении многих веков возникали и выходили из обихода многочисленные непозиционные десятичные системы, как словесные, так и цифровые. Современная позиционная десятичная система с девятью цифрами для чисел от 1 до 9 и знаком нуля в виде точки или кружка сложилась в Индии не позднее VII в. и стала известной в Багдадском халифате не позднее второй половины VIII в. Оставив в стороне до сих пор не решенный вопрос об эволюции форм «арабских» цифр, которые в арабской литературе именовались «индийскими», мы остановимся лишь на немногих важных моментах распространения «индийского счета».

После завоевания арабами обширных территорий Среднего и Ближнего Востока, Северного побережья Африки и большей части Пиренейского полуострова в странах, где стали господствующими мусульманская религия и арабский язык, на столетия утвердились различные системы нумерации, среди них алфавитная арабская, того же типа, что и греческая, словесная со специальными наименованиями некоторых групп дробей, десятичная позиционная, шестидесятиричная и др. В быту и деловой жизни преобладал словесный счет, в астрономических вычислениях — шестидесятиричная система и обозначения, возникшие из алфавитных цифр. Десятичная позиционная система не стала здесь преобладающей, хотя отдельные ученые, начиная с X в., ввели и столь удобные десятичные дроби. Описанию начал арифметики и различных примеров нумерации и схем производства арифметических действий посвящены многие сочинения на арабском языке. Наиболее раннее известное нам руководство написал Мухаммад ибн Муса ал-Хорезми около 830 г. Возможно, он написал два арифметических руководства. О содержании одного из них, называвшегося, по-видимому, «О сложении и вычитании», мы практически ничего не знаем. Другое — «Книга об индийском счете», или «Книга о счете индийцев» («Китаб ал-хисаб ал-хинд»), — содержало подробное описание индийской системы десятичной позиционной нумерации и приемов основных арифметических действий.

Не позднее XI в. «Книга об индийском счете» ал-Хорезми, быть может, с незначительными отклонениями от оригинала (обычными в средние века при переписке или переводе сочинений) стала известной ученым мавританских государств, созданных арабами в VIII в. на прибрежных территориях Северной Африки и Пиренейского полуострова. В XI в. стремительная экспансия арабов сменилась долгой эпохой Реконквисты — отвоевания испанцами и португальцами их исконных земель. Уже в 1085 г. испанцы овладели Толедо, а в XII—XIII вв. —

почти всем полуостровом, лишь на крайнем юге которого до 1492 г. сохранялся небольшой Гранадский эмират. На возвращенных таким образом, но не полностью покинутых маврами территориях возникает смешанная испано-арабская культура, и в нескольких центрах (Тоledo и др.) ученые многих европейских стран в содружестве с местными учеными овладевают арабским, а также переведенным на арабский язык греческим научным и философским наследием и создают богатую переводную и компилятивную литературу на латыни. Наиболее ранние известные нам труды восходят к началу XII в. Некоторые из них можно датировать точно. Так, в 1126 г. Аделард из Бата (Англия) подготовил латинский текст астрономического труда ал-Хорезми в обработке мавританского ученого ал-Маджрити (ок. 1000 г.). По этому переводу в других странах Европы впервые познакомились с таблицами синусов и котангенсов. В 1145 г. Роберт из Честера (Англия) перевел на латынь алгебраический трактат ал-Хорезми.

В первой половине XII в. появились также латинский перевод «Книги об индийском счете» ал-Хорезми и почти одновременно две латинские ее переработки; установить точную хронологическую последовательность этих трех работ невозможно. Перевод «Книги» известен только по одному анонимному и не озаглавленному списку XIII в., хранящемуся в библиотеке Кембриджского университета. При переписке или переписках были допущены некоторые отклонения от начального латинского прототипа, в частности некоторые вставки. В целом рукопись является дефектной. Во многих случаях переписчик не заполнил пробелы, оставленные им для внесения «индийских» цифр, некоторые примеры пропустил и довел переписку лишь до примера умножения $3\frac{1}{2} \cdot 8^3/11$, оставив не переписанной приблизительно треть текста, содержащую, среди прочего, объяснение приемов извлечения квадратного корня. О принадлежности латинского прототипа ал-Хорезми свидетельствуют уже первая фраза Кембриджского списка, начинающаяся словами: «Сказал Алгоризм...», — и форма изложения, часто идущего от первого лица; к этому можно добавить ссылки автора на его сочинение по алгебре и сведения, сообщаемые в одном арабском библиографическом труде, датированном 987 г. К сожалению, переводчик латинского прототипа остается неизвестным, как и название этого сочинения, которое историки науки восстанавливают на основании тех же источников.

В гораздо более сохранном виде, в частности с записью чисел «индийскими» цифрами во всех примерах, дошли до нас две группы латинских рукописей, восходящих к одному из двух или к обоим прототипам. Первая группа представлена 5 рукописями, древнейшая из которых датирована 1143 г. Четыре из них анонимны, а одна, переписанная до 1180 г., открывается словами: «Начинается «Книга введенный Алхоризми в астрономическое искусство», составленная магистром А.». Возможно — и такое предположение естественно, — что магистром А. был упоминавшийся Аделард из Бата, который, как говорилось, занимался также астрономией, а, кроме того, был первым переводчиком с арабского на латынь «Начал» Евклида. В другой рукописи XII в. говорится, что сочинение является введением «Ал-хоаризми» к «всему квадривию», обнимавшему, согласно средневековой латинской классификации наук, арифметику, геометрию, музыку и астрономию. Однако наличие инициала А. не является точным доказательством авторства Аделарда из Бата: во-первых, в то время имелись и другие ученые с тем же инициалом, а во-вторых, известны случаи, когда переписчики указывали имена авторов или инициалы ошибочно, пример чего встретится далее.

Вторая группа рукописей имеется в 8 списках XIII—XV вв., причем в 4 случаях составителем назван магистр Иоганн, а в одном списке начала XIV в. полнее: магистр Иоганн Испанский: «Начинается пролог к книге Алхоаризми о практике арифметики, изданный магистром

Иоганном Испанским». Это сочинение, помимо арифметической части, содержит сведения о тройном правиле, пропорциях, решении квадратных уравнений по алгебре ал-Хорезми и т. д. Арифметическая часть его вдвое больше по объему рукописей первой группы и объяснения более подробны. Вопрос об авторстве не вполне ясен. Возможно, что им был обратившийся в христианство еврей Иоганн Испанский, или Толеданский, работавший в Толедо ок. 1135—1153 гг. в сотрудничестве с испанцем Доминго Гонсалесом, или Гундисальво¹.

Обе группы рукописей по содержанию, а вторая нередко и текстуально, близки к кембриджской. Многие примеры, хотя далеко не все, в них совпадают, особенно в разделах, посвященных обыкновенным и шестидесятиричным дробям. Наличие общего первоисточника, таким образом, несомненно. Весьма примечательна в этом отношении одна и та же ошибка, допущенная по недосмотру во всех рукописях при делении 10 секунд на 5 минут, т. е. $10/60^2$ на $5/60$. Ответ всякий раз одинаков: 2 секунды вместо 2 минут. Почти одинаковую форму имеют, как правило, и «индийские» цифры (с той оговоркой, что в кембриджском списке проставлены, кроме нуля, только цифры для 1, 2, 3, 5). Сопоставление текстов позволяет восстановить все основное содержание «Книги об индийском счете» ал-Хорезми: она содержала четкое изложение начал десятичной позиционной арифметики в такой последовательности: устная и письменная нумерация, четыре арифметических действия над целыми числами, дополненные операциями деления пополам и удвоения², действия над шестидесятиричными и обыкновенными дробями и извлечение квадратных корней из целых чисел и дробей; для некоторых операций — проверку их с помощью девяти. Неясными остаются только малосущественные детали.

Я довольно подробно остановился на «Книге об индийском счете» потому, что во многих обзорных трудах, которыми пользуются и поныне (например, в книгах М. Кантора, Ф. Кеджори, И. Г. Цейтена, прежних изданиях И. Тропфке) это сочинение описано неполно и по недосмотру ему приписаны недостатки, которых в нем не было. Именно благодаря своим достоинствам «Книга об индийском счете» оказала решающее влияние на все позднейшее развитие начал арифметики. С середины XII в. в Западной Европе все более ускоряется распространение изложенной ал-Хорезми системы арифметики (вследствие общих исторических условий в России это произошло несколько позднее), появляются многочисленные руководства по алгоритму, как стали называть новую арифметику, курсы алгоритма вводят в университетах, а затем и в школьном обучении.

Однако, как это часто бывает с пионерскими трудами, собственная жизнь «Книги об индийском счете» оказалась недолгой и ее вскоре заменили другие учебники. Вряд ли случайно, что до сих пор не обнаружена ни одна ее арабская рукопись и известен только один список ее латинского перевода, между тем как уцелело в общей сложности 13 обработок магистра А. и Иоганна Испанского. Впрочем, в Западной Европе имя ал-Хорезми надолго сохранилось в самом названии новой системы арифметики, а затем в несколько измененном произношении «алгоритм» стало общеупотребительным математическим термином. Процесс вытеснения одних руководств другими — повседневное явление в истории образования. Нельзя не заметить, однако, что в арабоязычных странах книга ал-Хорезми вышла из употребления ранее, чем она и ее обработки приобрели известность в Западной Европе. Так, ан-Насави в своем руководстве «Достаточное об индийском счете» («Ал-мукни фи-л-хисаб ал-хинди»), написанном около 1000 г., пе-

¹ В одной из рукописей XIV в. авторство приписывается «Магистру Г. Кремонскому», т. е. итальянскому математику-переводчику XII в. Герардо из Кремоны, но это несомненное недоразумение.

² Выделение этих двух операций было связано с их применением в правилах извлечения квадратного корня и решения квадратных уравнений.

речисляя и критикуя своих предшественников, в том числе ал-Кинди, младшего современника ал-Хорезми, более известного как философа, и мавританского математика Али ибн Насра, даже не упомянул ал-Хорезми. Что же, все книги имеют свою судьбу и на смену книге ал-Хорезми пришли другие руководства, в методическом отношении более совершенные и нередко дополненные новым материалом, а именно — объясненном приеме извлечения кубического корня, которое имеется, например, у ан-Насави.

Если о последователях ал-Хорезми в распространении позиционной системы арифметики с применением 10 цифр, включая нуль, мы располагаем весьма значительной, хотя и не исчерпывающей информацией, то о предшественниках его практически ничего не известно. Ни в более ранней или современной ему индийской литературе, ни в литературе на каком-либо другом языке мы не знаем сочинения, которое имело хотя бы отдаленное сходство с «Книгой об индийском счете». В сочинениях тогдашних индийских ученых нет описания принципов позиционной десятичной нумерации, а правила умножения, деления и извлечения квадратного корня изложены настолько кратко (каждое буквально в нескольких строках), что без дополнительных объяснений для учащегося были непонятными. Правила полагалось заучивать наизусть, объяснения же давались только устно. Вероятно, такими устными сведениями об «индийском счете» располагал и ал-Хорезми, который мог их получить от какого-либо приезжего в Багдад индийского ученого: исторические источники сообщают о прибытии в 773 г. из Индии в Багдад человека, ознакомившего местных ученых с индийской астрономией, и такого рода случай мог быть не единственным. Однако по всей манере изложения «Книга об индийском счете» резко отличалась от близкой ей по времени индийской математической литературы. И каковы бы ни были источники арифметики ал-Хорезми, он с великодушным умением систематизировал их, впервые сделав возможным всеобщее распространение позиционной десятичной арифметики, которое в самой Индии передавалось только устно, от учителя к его непосредственным ученикам.

На алгебраическом трактате ал-Хорезми, его «Краткой книге об исчислении алгебры и ал-мукабалы» («Ал-китаб ал-мухтасар фи хисаб ал-джабр ва-л-мукабала») мы остановимся менее подробно, отметив лишь наиболее существенные его особенности.

Прежде всего укажем, что это — первое систематическое сочинение, где алгебра предстает как особая наука о решении уравнений, которые позднее названы были алгебраическими, — правда, уравнений, пока еще не выше второй степени. Задачи на квадратные уравнения или на системы двух уравнений с двумя неизвестными, равносильные одному квадратному уравнению, умели решать и ранее в древнем Вавилоне, Греции и Индии. Но ни списки числовых задач древних вавилонян, ни приводимые Евклидом теоремы геометрической алгебры с их построениями, эквивалентными общему решению в радикалах определенных типов уравнений второй степени, ни правила вычисления корней, которые мы находим у индийских математиков, начиная с V в., не были сведены в единое целое как некоторая математическая дисциплина со своим предметом и методами. В этом смысле данный труд ал-Хорезми выделяется как самое раннее известное нам систематическое изложение алгебры.

Разумеется, у ал-Хорезми были предшественники, и историки науки уже долгое время пытаются выявить традицию или традиции, которым он следовал и в той или иной мере развивал. Все эти попытки до сих пор остаются столь же или даже более тщетными, чем в случае «Книги об индийском счете». В алгебре ал-Хорезми мы находим черты, сближающие ее с вавилонской, индийской и греческой математикой, однако наряду с этим во всех трех случаях — и существенные отличия. Сам он, говоря в своем трактате об ученых авторах прошлых времен,

подразделяет их на три категории: тех, кто делал новые открытия; тех, кто комментировал своих предшественников, облегчая изучение их трудов, и, наконец, тех, кто, исправляя изъяны более ранних книг, объединяет в единое целое содержащиеся в них разрозненные результаты. Возможно, сам он относил себя к третьей категории, — это не умаляет его заслуги как ученого, столь успешно синтезировавшего достижения своих предшественников, что его труд стал отправным для всего дальнейшего развития алгебры как в арабских странах, так благодаря латинским переводам XII в.³ и в Западной Европе, где алгебра оставалась наукой о свойствах целых алгебраических многочленов вплоть до XIX в., когда она поднялась на более высокую ступень современной абстрактной алгебры, одной из глав которой стала алгебра классическая.

С самого начала «исчисление алгебры и ал-мукабалы» ал-Хорезми трактует как общую математическую науку, которая — я пользуюсь выражениями самого автора — включает в себе сложные и простые вопросы арифметики и необходима при решении самых разнообразных задач наследственного права, раздела имущества, торговли, при измерении земель, проведении каналов, строительстве и прочих таких делах. Эта характеристика алгебры как математической науки, пригодной для решения всяких поддающихся вычислению вопросов, как бы предвосхищает концепцию универсальной алгебраической математики, в разных модификациях развивавшуюся в XVI—XVII вв. Ф. Виетом, Р. Декартом и др.

Непосредственный предмет алгебры ал-Хорезми — линейные и квадратные уравнения, содержащие, в нашей терминологии, данные числа, искомое количество — «корень» и его квадрат. Правила решения их даются для 6 нормальных форм, в которых все члены имеют положительные коэффициенты и, кроме того, коэффициент при квадрате равен единице. Если исходные условия задачи выражены соотношениями между данными и искомыми количествами, не удовлетворяющими этому требованию, то уравнение прежде всего приводится к нормальной форме с помощью операций ал-джабр (отсюда и произошел латинизированный термин «алгебра») и ал-мукабала. Ал-джабр состоит в освобождении уравнения от вычитаемых членов посредством прибавления на его обеих сторонах равных им слагаемых членов. Ал-мукабала заключается в приведении подобных членов. Таким образом, получается 6 нормальных форм с положительными коэффициентами, описанных ал-Хорезми словесно, ибо никакой символикой он не пользовался:

- 1) квадраты равны корням ($ax^2 = bx$),
- 2) квадраты равны числу ($ax^2 = c$),
- 3) корни равны числу ($bx = c$),
- 4) квадраты и корни равны числу ($ax^2 + bx = c$),
- 5) квадраты и число равны корням ($ax^2 + c = bx$),
- 6) корни и число равны квадратам ($bx + c = ax^2$).

В такого рода «нормальных» формах писали все алгебраические уравнения долгое время, пока Декарт в 1637 г. не ввел в обиход современную запись, в которой целый алгебраический многочлен, каковы бы ни были знаки его коэффициентов, приравнивается нулю.

Далее ал-Хорезми формулирует правила решения каждого из нормальных уравнений 4—6 в предположении, что старший коэффициент $a=1$. Пользуясь, как и все его преемники вплоть до первой половины XVII в., только положительными решениями, он подробно характеризует встречающиеся здесь особенности. В первом уравнении не учиты-

³ Кроме перевода Роберта Честерского (1145 г.), существует другой, близкий по времени, перевод Герардо Кремонского. Сохранилось и несколько арабских рукописей «Краткой книги», из которых переведена на английский (1831) и русский языки только оксфордская рукопись 1342 г. Было бы интересно сопоставить все известные арабские и латинские списки.

вается корень, равный нулю. В случаях 4 и 6 всегда имеется (положительный) корень. В случае 5 представляются три возможности: 1) если $\left(\frac{b}{2}\right)^2 < c$, то имеются два решения, 2) если $\left(\frac{b}{2}\right)^2 = c$, то есть один корень (понятие о кратных корнях возникло только в XVII в.), 3) если $\left(\frac{b}{2}\right)^2 > c$, то задача невозможна. Затем правила решения трех типов

квадратных уравнений доказываются геометрически, для чего члены уравнений изображаются квадратами и прямоугольниками, преобразования которых в такого же рода фигуры заменяют наши алгебраические преобразования. Эти геометрические доказательства ал-Хорезми не совпадают с предложениями геометрической алгебры в «Началах» Евклида, которые в его время уже имелись в арабском переводе и вскоре были использованы ближайшими преемниками ал-Хорезми. Принадлежат ли геометрические конструкции ал-Хорезми ему лично, хотя бы в некоторой части, или он заимствовал их из какого-то не известного нам источника, сказать нельзя. Можно заметить лишь, что, как не без основания полагают некоторые современные историки математики, геометрические построения такого рода применялись к решению задач, выражающихся квадратными уравнениями, не только в древней Греции, но и в далеких друг от друга Вавилоне и Китае. И уж во всяком случае геометрические задачи, в частности связанные с так называемой теоремой Пифагора, явились важнейшим источником алгебры квадратных уравнений.

За изложением правил решения нормальных форм квадратных уравнений следует небольшой раздел, содержащий начала алгебраического исчисления. Здесь ал-Хорезми объясняет начала алгебраического исчисления в простейших случаях умножения одночленов и двухчленов, приведения подобных членов в суммах и разностях и т. д.

Нет необходимости останавливаться на приложениях алгебраических методов к решению отдельных задач, как и на обширном отделе задач на наследство и завещания, решаемых в соответствии со сложными правилами действовавшего тогда законодательства и приводимых к линейным уравнениям (этот отдел латинские переводчики XII в. полностью опустили как бесполезный для европейского читателя).

Рассмотренный алгебраический трактат ал-Хорезми явился первым звеном в длинной цепи алгебраических трудов математиков IX—XII вв.—Ибн Турка, Абу Камила, ал-Караджи, Хайяма, ал-Самава'ала и др. в арабоязычных странах, Иордана Неморария, Леонардо Пизанского, Н. Шюке, Н. Тарталья и многих других европейских ученых XIII—XV вв. При этом были введены в рассмотрение высшие степени неизвестного количества, подробно разработаны приемы алгебраического счисления и рассмотрены некоторые специальные трехчленные уравнения, непосредственно приводимые к квадратным, построена геометрическая теория кубических уравнений и созданы приемы их приближенного вычисления, затем решены в радикалах уравнения 3 и 4-й степени, создана алгебраическая символика и, в завершение этого периода истории алгебры, начавшегося с ал-Хорезми, поставлена и решена проблема разрешимости уравнений в радикалах.

Имя ал-Хорезми как зачинателя всех описанных свершений в арифметике и алгебре навеки останется в истории науки.

А. Н. БОГОЛЮБОВ

АЛ-ХОРЕЗМИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА

В развитии математики в Западной Европе важную роль сыграли два научных направления: арифметика абака и арифметика вычислительная, связанная с именем ал-Хорезми. Их развитие и борьба на

западноевропейской почве происходили в X—XII вв., в период, который можно назвать временем раннего феодализма. То было время, когда после распада колоссальной империи Карла Великого возникло несколько крупных государственных образований, которые затем очень быстро начали дробиться.

Развитие Испании и Португалии шло своеобразным путем. В 711 г. в районе Гибралтара произошла высадка арабско-берберского войска, которое в течение двух лет захватило весь полуостров, за исключением части Бискайи, Астурии и Галисии. Здесь сразу же возникли центры сопротивления и началась Реконкиста — освобождение родины, длившееся семь столетий. Эта борьба была в сущности войной между испанцами-христианами и испанцами-мусульманами: арабов и берберов было слишком мало, чтобы они могли оказать существенное влияние на генезис нации. Даже среди «арабских» феодалов были испанцы-автохтоны.

В конце VIII в. в арабоязычной части Испании начинает проявляться влияние арабской культуры. Возникают школы, развиваются науки, в том числе астрономия и математика. К IX—X вв. относится знакомство «арабоиспанцев» с творчеством ал-Хорезми. В 929 г. эмир Кордовы Абдуррахман III разорвал отношения подданства с халифом Багдада и объявил себя халифом. К эпохе Кордовского халифата относится расцвет математических знаний. Так, в 30-х годах X в. в Кордову переселился крупнейший математик арабоязычной Испании ал-Маджитри, уроженец Мадрида, который внес огромный вклад в ознакомление Европы с творчеством ал-Хорезми.

Трудно сказать, когда начались мирные контакты между обеими частями Испании. Вернее всего, они и не прерывались. А это означает, что некоторая доля арабской учености постоянно проникала на север. Сперва христиане ездили в Кордову учиться, затем начали переводить труды ученых с арабского на латинский. Предполагается, что деятельность переводчиков началась уже во второй половине X в., а около второй половины XI в. важнейшие математические трактаты оказались в распоряжении монастырских школ Каталонии в Виче и Риполли. Школа в Риполли стала важнейшим интеллектуальным центром Каталонии и вообще Северной Испании, она находилась в связи с Кордовской академией.

Много переводов было выполнено в Толедо по инициативе великого канцлера Кастилии архиепископа Раймундо между 1130 и 1150 гг. Здесь Доминго Гундисальво и Хуан де Луна (Хуан Испанский) перевели трактат ал-Хорезми «Книга об индийском счете», сочинение, ставшее одним из краеугольных камней всей западноевропейской арифметики. Появились и самостоятельные работы: Хосе Испанский написал о правилах умножения и деления, составил «Иоанна Испанского алгоритм или практика арифметики», к которому был приложен очерк алгебры под названием «Извлечения из книги, именуемой Гебра и Мукабала», в котором автор решает три типа уравнений второй степени по способу ал-Хорезми.

Следует отметить, что не только испанцы выступали как переводчики арабоязычной научной литературы. Среди толедских переводчиков прославился итальянец Герардо из Кремоны (1114—1187), в Барселоне работал Платон из Тиволи; среди переводчиков были также англичане и французы.

К X в. ученые западноевропейских стран пришли с небольшим математическим багажом, который состоял из некоторых познаний в области арифметики и геометрии. Эти познания вполне удовлетворяли своих потребителей — земледельцев, землемеров, ремесленников, купцов, врачей. Основой этих познаний была греческая наука, однако не непосредственно, а прошедшая через римскую практику и отсеявшая все то, что не укладывалось в рецептурные потребности специалистов. Действия с числами проводились при помощи абака. Наиболее ярким пред-

ставителем арифметики. абака, «абакистов», был французский ученый Герберт Орийякский, позднее ставший под именем Сильвестра II римским папой.

Герберту принадлежит сочинение об абаке, сохранившееся в двух версиях — краткой (А) и пространной (В). Они были изучены известным русским медиевистом и историком математики Н. М. Бубновым, посвятившим Герберту и его эпохе целый ряд исследований. «Детальный анализ [версий А и В] покажет, — писал Н. Б. Бубнов, — что только самый короткий из всех текстов принадлежит Герберту, что этот текст, попав в школы, стал подвергаться переделкам и дополняться. Считая всевозможные мелкие изменения, можно насчитать до 11 последовательных наслоений и обработок. Нет никакого сомнения, что развитие шло здесь от краткого к распространенному путем наслоений, а не наоборот, от распространенного к краткому путем сокращения. И в своем распространенном виде сочинение кратко до лапидарности и неудобопонятно. Основательной переработке первоначальный текст (А) подвергся не ранее 999—1003 гг., так как этот сильно переработанный текст (В) включает в себе следы влияния комментария на Герберта, написанного в папствование Герберта (999—1003)... Герберту принадлежит только самая краткая версия, представленная папирской рукописью... и написана она Гербертом лет за 20 до основательной переработки, именно около 980—982 гг.»¹

Не углубляясь в историю абака, отметим лишь, что, видимо, он как наиболее простое средство для проведения расчетов возник из счета камешками или зарубками одновременно в нескольких местах. Римлянами абак был заимствован из Греции и затем передан его европейским наследникам. В трудах Герберта и его последователей метод счета на абаке был развит, усовершенствован был и сам абак. «Как ученый, Герберт вряд ли имел себе равного между современниками, как по количеству своих знаний, так и по тому направлению, которое он придал своим занятиям. Несмотря на свой монашеский сан, он в противоположность господствовавшему тогда аскетическому течению, не только не считал предосудительным заниматься светской литературой и наукой, но и отдавал этим последним преимущество перед знаниями чисто богословскими. Он с любовью изучал латинских писателей, которых ему удавалось находить в монастырских библиотеках. Пренебрежение, в котором находились ученые занятия в Италии и особенно в Риме, сильно возмущало его. Своему негоднованию он дал волю в сочинении «Римский синод», где устами Арнольфа, епископа орлеанского, он громит невежественных римлян вообще и пап в особенности. На эти обвинения папство через легата Льва ответило, что «Викарии Петра и его ученики не желают иметь учителем ни Платона, ни Virгилия, ни Теренция, ни остальных скотов философов, которые, гордо летая, как птицы, по воздуху, погружаясь в морскую глубину, как рыбы, и блуждая повсюду, как бараны, описали всю землю...»

Не менее, если не более замечательным человеком является Герберт в области точных знаний, астрономии и математики. Способ счисления, умножения и деления чисел, который он преподавал в Реймсе, и который отчасти изложен им в сочинении «Книжка о делении чисел», составляет эпоху в истории математики. «Правила абака» (то есть таблицы, на которой Герберт производил свои вычисления), составляющие в сущности переход от неудобного римского счисления к принятому в настоящее время, казались современникам Герберта чем-то недосыгаемым, последним словом человеческого разума»².

Таким был уровень математических познаний к концу X в., и ученики Герберта — преподаватели монастырских школ в Галлии и Гер-

¹ Бубнов Н. М. Арифметическая самостоятельность европейской культуры.— Исследования по истории науки в Европе, т. I, ч. I, Киев, 1908, с. 30—31.

² Бубнов Н. М. Сборник писем Герберта как исторический источник (983—997). Краткая монография по рукописям. Ч. I. СПб., 1888, с. V—VI.

мании — старались не отрываться от ставших классическими результатов Герберта. Один из его учеников, Рихер, в своей истории Франции X в. описал и преподавание своего учителя. Очевидно, Герберт касался при этом всех областей знания того времени; Рихер делит это преподавание на два больших раздела: «logica», что соответствует тривиуму и «mathesis» — квадриум. В квадриум входили математические науки — арифметика, астрономия, геометрия и музыка, «которая до того времени весьма мало была известна в Галлии». Рихер описывает также несколько астрономических приборов, построенных Гербертом. Интересно, что сам Герберт относил свой абак не к арифметике, «а смотрел на него, как на введение в геометрию. Но это станет понятным если принять в соображение, что под арифметикой в то время разумелась также теория чисел, мало что общего имевшая с вычислением. Геометрия же в то время занималась главным образом решением практических задач на измерение. Немногие известные теоремы, например основное свойство сторон прямоугольного треугольника, доказывались не научным геометрическим путем, а тоже при помощи измерений на практике»³.

Герберт следовал классификации наук, которой придерживались Викторин⁴ и Боэций⁵. Он делил философию на два рода — практическую и теоретическую. Каждый из них, по Герберту, в свою очередь, делится на три науки: практическая философия — на этику, политику и экономику, теоретическая — на естественную физику, математику и геологию. О подразделениях математики соответственно наукам квадриума мы говорили выше.

Итак, в конце X в. начался классический период математики абакистов. Длился он недолго, всего полтора или два столетия. Последователи ал-Хорезми, алгоритмики, постепенно захватывают у абакистов одну позицию за другой. И дело не только в том, что математика абакистов была, говоря современным языком, инструментальной, а математика ал-Хорезми — вычислительной. Даже по указанию самого Герберта, абак предназначался лишь для операций с числами в геометрии и отчасти в астрономии (и астрологии), поскольку астрономия основана на геометрии. Такого же мнения были и позднейшие абакисты и просто образованные люди того времени. Но ведь появлялись и более сложные задачи.

«Сложный счет (умножение и деление многозначных... чисел) был нужен в древности, как и теперь, не для геометрии, как науки, а для более быстрого и удобного решения задач, предлагаемых жизнью, в том числе и практических задач на измерение поверхностей и объемов (землемерное искусство, архитектура). Торговый обиход и сложные финансовые операции в объеме, известном древности, были невысказаны без сложного счета на современный лад. Но... к средним векам... все это изменилось. Наука падала: геометрия превращалась в землемерие... Ее главные содержание и цель были задачи на практические измерения (главным и почти единственным кладом геометрических знаний в VI—XII вв. были рукописи римских землемеров). Тут очень важно было уметь легко, ясно и скоро оперировать с многозначными числами. Вот каким образом и абак был притянут к геометрии... Возрождение наук..., особенно в X и XI вв., коснулось и «землемерной» геометрии. С нею достали... покрытый вековой пылью... абак и не без труда стали восстанавливать и учить в немногочисленных школах его

³ Бубнов Н. М. Сборник писем Герберта..., ч. II, отд. I, СПб., 1889, с. 42—43.

⁴ Гай Марий Викторин (середина IV в.) — римский философ и оратор, родом из Африки. Написал ряд сочинений по грамматике и метрике, а также полемические произведения.

⁵ Аниций Манлий Северин Боэций (ок. 470—525) — позднеримский философ и государственный деятель. Написал ряд сочинений по философии, перевел и переделал некоторые геометрические сочинения Никомаха, Евклида, Архимеда, написал пять книг о музыке.

правила. Абак казался совершенно сросшимся с геометрией и рассматривался как часть ее...»⁶

Однако уже в XI в. обстоятельства изменились. Абаком начинают пользоваться не только для решения задач геометрии. Абакисты сперва концентрировались в Лотарингии, но уже к концу века абак распространился по Франции, Италии, Германии, Англии. Для абака предлагались задачи негеометрического содержания. Так, Гернгер, младший современник Герберта, в своем трактате об абаке решает задачу о том, во сколько времени улитка, приглашенная ласточкой на пир, проползет расстояние в одно лье (расстояние, отделявшее ее от места пиршества), если в один день она проползает одну унцию длины. Другой более поздний абакист, Герланд, решает задачу, как разделить сто марок между одиннадцатью душеприказчиками, и неделимый по понятиям того времени дробный остаток отдает на помин души родителей. Таким образом, абак получал все большее значение для практических расчетов, но затем начинается его нисхождение. Появляются работы алгоритмиков, с их более четкой теорией и ясными правилами действий, и в XII в. абак теряет свои позиции, хотя идея инструментального счета оказывается весьма жизненной и в XIII в. испанский философ Рамон Лулль (1232—1315) создает первую концепцию логической машины. В своем труде «Великое искусство» он пытался осуществить механизацию моделирования логических операций.

Первые переводы ал-Хорезми на латинский язык появились в XII в., но испано-арабские ученые владели учением его еще в первой половине X в. Поэтому с известной долей вероятности можно утверждать, что к концу X в. у ученых Северной (христианской) Испании уже было некоторое понятие об арифметике ал-Хорезми. Имеются сведения о том, что ученые Западной Европы ездили учиться в Кордовскую академию или хотя бы в один из монастырей Северной Испании и Каталонии, где имелись некоторые ученые, знакомые с новыми науками мусульман.

Но, очевидно, дело обстояло не только в относительной ценности методов абакистов и алгоритмиков. В XII—XIII вв. крестовые походы привели в контакт Запад с исламским Востоком и на этом промежутке времени происходило, пусть и неполное, сближение культур, до того весьма далеких друг от друга. Возникшие связи стимулировали заимствование Западом достижений науки и техники Востока. К тому же времени относится появление первых европейских университетов. В городах складывается цеховое ремесло. В архитектуре возникает готический стиль: существует предположение, что его принципы были открыты в Армении зодчим Трдатом, построившим собор в Ани. Эти принципы, перенесенные в Европу (возможно, не без участия армянских зодчих) нашли здесь благоприятную почву.

Все это — и требования прочности готических фортификационных сооружений и соборов, и возникающее горное дело, и потребности цехового производства и торговли — и обеспечило победу алгоритмиков над абакистами. Абак терял свои преимущества, тогда как арифметика ал-Хорезми представила специалистам того времени удобный и точный математический аппарат — первую в истории науки вычислительную математику. Следует отметить, что крестовые походы также явились одним из путей ознакомления Запада с восточной математикой и потому первые переводы оригинальных трудов ал-Хорезми попали на подготовленную почву. Алгоритмики начали учить людей, уже разбиравшихся в «индийском» или «арабском» счете.

Переход от абакистов к алгоритмикам совершился поэтому безболезненно. По всей видимости, произошло нечто вроде распределения труда. Абак остался у купцов и, постепенно меняя свою форму, поро-

⁶ Бубнов Н. М. Абак и Бозций. Лотарингский подлог XI века. Пг., 1915, с. 5—7.

дил счеты и подобные счетные приспособления. Возникла и туманная идея механизации счета. Но основная тяжесть расчетов пала на плечи алгоритмиков. Дело в том, что основные потребители математики: зодчие, моряки, астрономы, врачи, астрологи — нуждались в большей точности вычислений, чем та, которую могли обеспечить абакисты. Математика XII—XIV вв. — это геометрия с элементами учения о прочности и арифметика — «алгоритм» — вычислительная математика, способная точно решить любую практическую задачу. К тому же в те времена вместе с другими научными и техническими новинками с Востока была завезена бумага. Искусство приготовления бумаги вручную распространилось по всей Европе: в Германию оно пришло в 1190 г., во Францию — в 1250 г., к концу XIII в. оно появилось и в Италии. Первая бумажная мельница была основана в Равенсбурге в 1290 г., а затем они очень быстро распространились по всей Европе. Таким образом, Самарканд обеспечил европейских ученых бумагой, а Хорезм научил их искусству вычислений! Конечно, нельзя сбрасывать с весов и ту подготовку, которую выполнили абакисты: важность их задела уяснилась позже, но само общество XIII в. уже не походило на общество X в.: начали развиваться наука и техника, возникли новые возможности общественного развития. Все это едва ли было бы возможным, если бы на благодатную почву, подготовленную Гербертом Ориакским и его учениками, не пришли последователи великого ал-Хорезми.

А. И. ВОЛОДАРСКИЙ

АЛ-ХОРЕЗМИ И ИНДИЙСКАЯ МАТЕМАТИКА

Проблема научного влияния и взаимодействия между различными культурными регионами — одна из центральных в истории науки. С этой точки зрения большой интерес представляет творчество великого среднеазиатского ученого ал-Хорезми. Оно оказало непосредственное влияние на многих математиков стран Ближнего и Среднего Востока, а также средневековой Западной Европы. В свою очередь, ал-Хорезми были хорошо известны математические и астрономические традиции, сложившиеся на Ближнем и Среднем Востоке, а также элементы индийской, иранской, греко-римской, вавилонской науки.

Здесь мы остановимся на проблемах взаимосвязи научного творчества ал-Хорезми с индийской математикой.

В багдадской математической и астрономической школе можно выделить две научные традиции, которые впоследствии определили два направления в развитии математики и астрономии на средневековом Ближнем и Среднем Востоке и в Средней Азии. Это, во-первых, индо-иранская традиция, включавшая греческие доптолемеевские методы, ярким выразителем которой стал ал-Хорезми, и, во-вторых, птолемеевская традиция, в значительной мере представленная в творчестве Яхьи ибн Аби Мансура и Хабаша ал-Хасиба. Этим направлениям и соответствуют два наиболее крупных астрономических зиджа: «Зидж» ал-Хорезми и «Зидж» Яхьи ибн Аби Мансура. Разумеется, ал-Хорезми был хорошо знаком с «Алмагестом», а «Зидж» Яхьи ибн Аби Мансура включает также индо-иранские и чисто греческие доптолемеевские методы.

Почему же ал-Хорезми отдавал предпочтение индийской математической и астрономической традиции? Видимо, для него, хорезмийца по происхождению, индийская культура была особенно близка. Традиции хорезмийской и индийской культур восходят к эпохе существования Кушанской державы, объединявшей в течение длительного времени значительную территорию Средней Азии и Северной Индии.

Основную задачу своего арифметического трактата ал-Хорезми формулирует так: «Когда увидел я, что индийцы составляли из .IX. букв любое свое число, благодаря расположению, какое они установи-

ли, я пожелал раскрыть, если будет угодно богу, что получается из этих букв для облегчения изучающему»¹.

Индийские цифры ал-Хорезми называет по-разному: цифры, числа, буквы, фигуры, знаки. Это можно объяснить прежде всего тем, что в странах Ближнего и Среднего Востока при обозначении чисел пользовались алфавитной системой и термин «буква» как синоним числа был хорошо известен. Форма индийских цифр была новой для ученых стран ислама, поэтому ал-Хорезми писал о «знаках» и «фигурах».

А. П. Юшкевич, посвятивший изучению арифметического трактата ал-Хорезми обширную и весьма глубокую по анализу статью, выделяет в нем три отдела: описание позиционной системы счисления, операции над целыми числами, операции над дробями — шестидесятиричными и обыкновенными².

Изложение десятичной позиционной системы счисления ал-Хорезми начинает со знакомства с девятью индийскими знаками, отмечая при этом, что «в фигурах их имеются также различия у разных людей: такое различие бывает в фигуре буквы пять и шесть, а также семь и восемь. Но в этом нет никакой помехи»³. Различия в написании индийских цифр, отмеченные ал-Хорезми, сохранялись вплоть до XV в., когда с появлением первых печатных математических книг формы цифр принимают современный вид. Для записи десятки ал-Хорезми предписывает во втором разряде знак единицы, а в первом — маленький кружок, наподобие *o*, чтобы по нему знали, что разряд единиц пуст и что нет в нем никакого числа»⁴. Здесь же приводится изображение числа 325 индийскими знаками.

Завершив изложение основ позиционной системы, ал-Хорезми переходит к описанию операций над целыми числами в следующем порядке: сложение, вычитание, раздвоение, удвоение, умножение, деление.

Описывая сложение, ал-Хорезми рекомендует поставить «оба числа в два ряда, то есть одно под другим, и пусть будет разряд единиц под разрядом единиц и разряд десятков под разрядом десятков»⁵. Затем следует прибавить «каждый разряд к разряду того же рода»⁶. При вычитании рекомендуется отнимать «каждый разряд от другого разряда того же рода, который над ним»⁷. Перед изложением умножения ал-Хорезми предлагает запомнить таблицу умножения однозначных чисел до 9×9 . Затем описывается индийский метод умножения, называемый «соединение створок дверей» (это название произошло от особого расположения множимого и множителя). Далее ал-Хорезми излагает традиционный индийский способ деления. Описанные индийские методы осуществления арифметических операций выполнялись на покрытой песком доске, на которой легко было стирать промежуточные результаты и на их месте записывать новые.

Историки математики продолжают обсуждать факт выделения в качестве самостоятельного действия операции раздвоения и удвоения. Совершенно прав А. П. Юшкевич, говоря, что ответ на данный вопрос можно найти в средневековой латинской «Книге Алгоризма о практике арифметики», где сказано, что эти операции «необходимы при нахождении корня, который находится с помощью удвоения и раздвоения. По этой причине они здесь приведены самостоятельно, хотя и должны были быть приведены более подобающим образом после разбора умножения и деления»⁸. А. П. Юшкевич отмечает также, что с делением

¹ Мухаммад аль-Хорезми. Математические трактаты. Пер. Ю. Х. Копелевич и Б. А. Розенфельда. Комментарии Б. А. Розенфельда. Ташкент, 1964, с. 9.

² Юшкевич А. П. Арифметический трактат Мухаммеда бен Муса ал-Хорезми. — В кн.: Труды Института истории естествознания и техники, т. I, М., 1954, с. 90.

³ Мухаммад аль-Хорезми. Указ. соч., с. 9.

⁴ Там же, с. 10.

⁵ Там же, с. 13.

⁶ Там же.

⁷ Там же, с. 14.

⁸ Юшкевич А. П. Арифметический трактат..., с. 99.

пополам приходится иметь дело и при решении полных квадратных уравнений⁹.

Г. П. Матвиевская полагает, что, вероятнее всего, удвоение и раздвоение заимствованы из египетской арифметики¹⁰.

Следует отметить, что операции раздвоения было суждено сыграть весьма примечательную роль в истории математики — использование ее в десятичной позиционной системе с необходимостью должно было привести и фактически привело к введению десятичных дробей. Первым среди математиков Ближнего и Среднего Востока, писавшим о десятичных дробях, был ал-Уклидиси (X в.). В своей «Книге об индийской арифметике» ал-Уклидиси выполняет деление $19 : 32$ путем последовательного раздвоения. Ответ записывается в виде суммы обыкновенных дробей:

$$\frac{19}{32} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{8} + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{8}.$$

Однако последовательно выполняя раздвоение, ал-Уклидиси выражал промежуточные результаты в десятичных дробях, при этом целая часть отделялась от десятичной с помощью запятой не снизу, а сверху:

$$19 : 2 = 9'5; 9'5 : 2 = 4'75; 4'75 : 2 = 2'375; \\ 2'375 : 2 = 1'1875; 1'1875 : 2 = 0'59375.$$

Описывая порядок раздвоения чисел, ал-Хорезми указывает: «...Если в нем было число нечетное, раздвой четное, и останется единица, которую раздвоишь, то есть разделишь на две половины, и одну половину составят тридцать частей из шестидесяти, составляющих единицу...»¹¹ Историки математики сходятся на том, что здесь ал-Хорезми имеет в виду шестидесятиричные дроби. Это отмечает, в частности, Б. А. Розенфельд: «Слова «тридцать частей из шестидесяти, составляющих единицу», означают, что ал-Хорезми записывал дробную часть результата раздвоения в шестидесятиричных дробях»¹². Но ал-Хорезми продолжает описывать процесс раздвоения: «...Если же оно нечетное, возьми половину четного и поставь ее на ее место, и составь как половину оставшейся единицы пять и поставь их в предыдущем разряде. Однако, если в том же разряде, который ты хочешь раздвоить, нет ничего кроме единицы, ставь на ее место кружок и ставь пять в предыдущем разряде»¹³.

Разумеется, из фразы «половина единицы — есть пять» не следует делать заключение о наличии у ал-Хорезми десятичных дробей, даже если эта фраза идет вслед за предложением «половину составят тридцать частей из шестидесяти, составляющих единицу», что свидетельствует о шестидесятиричных дробях. Не следует, однако, и пренебрегать этим указанием ал-Хорезми, ибо он специально указал два варианта.

Какие же сочинения индийских авторов легли в основу арифметического трактата ал-Хорезми? Этот вопрос во многом остается еще открытым, поскольку в тексте не названо ни одного индийского ученого и не указано ни одно из индийских сочинений. Скорее всего, основу арифметического трактата ал-Хорезми составили не конкретные работы индийских математиков, а подробные комментарии к ним, к тому же существенно дополненные устной традицией передачи научного знания.

Следует подчеркнуть, что арифметический трактат ал-Хорезми играет существенную роль для понимания средневековой индийской математики. Ни у одного из известных ныне индийских математиков и

⁹ Юшкевич А. П. История математики в средние века. М., 1961, с. 181.

¹⁰ Матвиевская Г. П. Учение о числе на средневековом Востоке. Ташкент, 1967, с. 130.

¹¹ Мухаммад аль-Хорезми. Указ. соч., с. 15.

¹² Там же, с. 97.

¹³ Там же, с. 15.

астрономов нет полного описания десятичной позиционной системы счисления, столь детально изложенной у ал-Хорезми. Многие индийские правила действий в позиционной системе и определения арифметических операций дошли до нас в изложении индийских ученых: Магавиры (IX в.), Шридхары (IX—X вв.), Ариабхаты II (X в.), Бхаскары II (XII в.). Так, определения действий сложения и вычитания сохранились в изложении Ариабхаты II, а правила этих действий — в формулировке Бхаскары II. Приведенный ал-Хорезми индийский метод умножения («соединение створок дверей») сохранился в описании Магавиры и Шридхары; у Брахмагупты он отсутствует, хотя им даны другие методы умножения. Индийский метод деления дошел до нас в изложении Магавиры¹⁴.

Таким образом, многие индийские арифметические правила и описание десятичной позиционной системы счисления дошли до нас именно в изложении ал-Хорезми. Изучение творческого наследия великого среднеазиатского ученого играет основополагающую роль для исследования не только истории науки стран средневекового Ближнего и Среднего Востока и Западной Европы, но и истории индийской математики.

В Индии большинство математических сочинений были вспомогательными разделами астрономических сочинений — сиддхант. Видимо, первоначально, следуя индийской традиции, ал-Хорезми также предполагал составить математико-астрономическое сочинение. Об этом свидетельствует, в частности, название одного из латинских сочинений XII в. — «Книга введения Алхоризма в астрономическое искусство», составленная магистром А. Этим же можно объяснить наличие большого раздела о действиях с шестидесятиричными дробями, широко применяемых в астрономических вычислениях.

Новейшие исследования показывают, что взаимодействие ученых Индии и стран Ближнего, Среднего Востока и Средней Азии в средние века в области математики и астрономии было гораздо более глубоким и длительным, чем это представлялось до сих пор. Как показала Г. П. Матвиевская, одним из самых популярных были трактаты среднеазиатского ученого XII в. ас-Саджаванди. Они вкратце знакомят читателя с основами арифметики, алгебры, геометрии. Излагая практическую арифметику, ас-Саджаванди следует традиции ал-Хорезми. Среди приемов, облегчающих умножение, указан метод «сетки», заимствованный из индийских источников; правильность произведения арифметического действия проверяется с помощью описанного ал-Хорезми «правила девяти»¹⁵.

В другом весьма распространенном в Средней Азии сочинении — «Солнечном трактате об арифметике» среднеазиатского математика ан-Найсабури (XIII—XIV вв.) — разъясняется индийский способ изображения чисел, излагается способ проверки с помощью числа девять. Этот трактат оказал большое влияние на многих последующих ученых, и, по крайней мере, до появления «Ключа арифметики» ал-Каши (XV в.) играл роль своеобразной математической энциклопедии¹⁶.

Весьма обширное знакомство с индийской математикой ал-Хорезми проявил и в алгебраическом сочинении. Излагая методы вычисления числа π , ал-Хорезми пишет: «У геометров по этому вопросу имеются и другие выражения. Одно из них — ты умножь диаметр на равное ему и на десять и извлечешь корень из того, что получилось, получится окружность. Второе выражение — астрономов: ты умножаешь диаметр на шестьдесят две тысячи восемьсот тридцать два, а затем

¹⁴ Володарский А. И. Очерки истории средневековой индийской математики. М., 1977.

¹⁵ Матвиевская Г. П., Тлашев Х. Математические и астрономические рукописи ученых Средней Азии X—XVIII вв. Ташкент, 1981, с. 84.

¹⁶ Там же, с. III—114.

делишь это на двадцать тысяч, тогда частное — это окружность»¹⁷. Первое из этих выражений $\pi \approx \sqrt{10}$ встречается у индийского ученого VII в. Брахмагупты, а второе значение $\pi \approx \frac{62832}{20000} = 3,1416$ приведено индийским ученым V в. Ариабхатой.

Ведущее место среди астрономических сочинений занимал «Зидж» ал-Хорезми, представляющий собой фундаментальное теоретическое руководство — первое подобного рода в странах Ближнего и Среднего Востока и Средней Азии.

На связь «Зиджа» ал-Хорезми с индийской традицией указывал еще Беруни: «Что касается способов вычисления диаметров Солнца и Луны, как они приводятся в индийских зиджах..., то они те же, как и способ, который мы находим в «Зидже» ал-Хорезми»¹⁸. Говоря о вычислении момента появления новой Луны, Беруни отмечает, что ал-Хорезми и другие багдадские астрономы «взяли это у индийцев»¹⁹.

Современные историки науки также отмечают связь «Зиджа» ал-Хорезми с индийскими источниками: сравнение астрономического сочинения ал-Хорезми с «Брахма-спхута-сиддхантой» Брахмагупты показало, что периоды обращения Солнца, Луны, Юпитера и Марса у ал-Хорезми мало отличаются от данных Брахмагупты.

Много общего с индийской традицией имеет тригонометрическая часть «Зиджа» ал-Хорезми. Именно ал-Хорезми принадлежит огромная заслуга систематического изложения элементов тригонометрии на основе использования греческой и индийской традиций. Впервые в математике стран ислама ал-Хорезми ввел в употребление индийский синус, заменивший птолемеевские хорды. Но таблица синусов ал-Хорезми была составлена не через $3^{\circ}45'$, как это было принято у индийских математиков, а с интервалом в 1° по образцу птолемеевской таблицы хорд. По свидетельству Беруни, первоначально таблица синусов была составлена для радиуса круга, равного 150 частям, как это принято в индийской математике. Величина радиуса круга, равного 60 частям, видимо, была введена позднее ал-Маджрити. Здесь же вводится индийское понятие синуса-верзуса.

Впервые в математике стран Ближнего и Среднего Востока и Средней Азии ал-Хорезми изложил понятие тангенса, трактуя его как тень вертикального шеста — гномона, разделенного по индийской традиции на 12 равных частей.

Анализ «Зиджа» ал-Хорезми показывает, однако, что он не был простым изложением сочинений индийских астрономов. Это — результат творческой переработки многочисленных источников с целью дать строгое и единообразное изложение астрономических знаний. «Зидж» ал-Хорезми коренным образом отличается от многих других астрономических сочинений прежде всего выдающейся личностью самого ал-Хорезми, крупнейшего ученого-энциклопедиста, внесшего много нового в области арифметики, алгебры, геометрии, астрономии, математической географии и картографии. Именно поэтому все научные сочинения ал-Хорезми на протяжении многих столетий тщательно изучали, комментировали, переводили, обрабатывали. Они были не просто широко известны в странах ислама и средневековой Западной Европы, но долго служили образцом при написании научных руководств²⁰.

¹⁷ Мухаммад аль-Хорезми. Указ. соч., с. 52.

¹⁸ Абу Рейхан Бируни. Индия. Пер. А. Б. Халидова и Ю. Н. Завадовского. Комментарии В. Г. Эрмана и А. Б. Халидова. — Избранные произведения, т. 2, Ташкент, 1963, с. 413.

¹⁹ Абу Райхон Беруни. Канон Мас'уда. Часть вторая. Перевод и примечания Б. А. Розенфельда и А. Ахмедова. — Избранные произведения, т. 5, Ташкент, 1976, с. 225.

²⁰ Сираждинов С. Х., Матвиевская Г. П. Мухаммад ибн Муса ал-Хорезми и его вклад в историю науки. — Вопросы истории естествознания и техники, 1983, № 1, с. 108—119.

АЛГОРИТМЫ АЛ-ХОРЕЗМИ И ИХ РОЛЬ В СОВРЕМЕННОМ РАЗВИТИИ КИБЕРНЕТИКИ

Одно из фундаментальных понятий современной математики — алгоритм — связано с именем Мухаммада ибн Мусы ал-Хорезми, впервые изложившего правила четырех арифметических действий в десятичной системе счисления. Первая половина IX в. в истории развития науки Востока считается «периодом ал-Хорезми». Эпоха становления современной математики в Европе также связана с его именем. Появление понятий «алгебра» и «алгоритм», играющих в современной науке исключительную роль, берет свое начало от имени ал-Хорезми и его сочинений. С того времени вплоть до нашего века алгоритмы считались вычислительными процессами чисто механического характера. С их помощью искомые величины ряда задач вычислялись последовательно, определенными правилами по данным исходным величинам. Было накоплено и разработано большое количество алгоритмов в области математики и других наук. Понятие алгоритма в своей основе не менялось, оставаясь интуитивным, имеющим скорее методологическое, чем математическое значение, хотя приобретало все большую отчетливость. От алгоритмов требовалось выполнение только присущих им особенностей — дискретности, детерминированности, элементарности шагов, а также направленности и массовости. Эти требования математически не строгие, а потому определяемое ими понятие алгоритма также не является математически строгим.

Каждый алгоритм задает функцию, определенную в его области применимости и ставящую в соответствие каждому элементу этой области результат применения к нему алгоритма. Эта функция является частичной, ибо процесс применения алгоритма к некоторым элементам области может быть бесконечным. Частичная функция называется вычислимой, если существует алгоритм, область применимости которого совпадает с областью определения функции и для любого элемента указанной области результат применения к нему алгоритма совпадает со значением данной функции. Поскольку понятие алгоритма в этом определении интуитивное, то и понятие частично вычислимой функции оказывается интуитивным.

С начала XX в. на первый план выдвигается отыскание решения различных алгоритмических проблем, т. е. доказательство существования или отсутствия алгоритма для решения тех или иных классов задач. При этом одно дело — доказать существование алгоритма, другое — доказать его отсутствие. Первое можно сделать путем практического описания процесса решения задачи. В этом случае достаточно интуитивного понятия алгоритма, чтобы удостовериться в том, что описанный процесс есть алгоритм. Во втором случае необходимо знать, что такое алгоритм. Таким образом, возникает новая задача — точного определения понятия алгоритма, — которая в 20-х годах стала одной из центральных проблем в математике.

Лишь в середине 30-х годов удалось разработать теории частично-рекурсивных функций Гёделя — Чёрча — Клини, машин Тьюринга, ведущие к уточнению понятия алгоритма¹. Эти результаты впервые были систематически изложены в монографии С. Клини «Введение в математику» и преподнесены как теория алгоритмов. К настоящему времени разработаны теории нормальных алгоритмов, формальных систем, сигнализирующих функций и др. В основном все эти уточнения понятия алгоритма были связаны с анализом способов вычисления функ-

¹ Мальцев А. И. Алгоритм и рекурсивные функции. М., 1965; Кушнир Б. А. Лекции по конструктивному математическому анализу. М., 1973; Косовский Н. К. Элементы математической логики и ее приложения к теории субрекурсивных алгоритмов. Л., 1981.

ций. Наиболее удивительно то, что классы вычислимых функций во всех описанных выше смыслах оказались равнообъемными. Этот факт известен в теории алгоритмов под названием тезиса Чёрча. Кроме того, доказано, что все эти теории эквивалентны между собой.

В 40-е годы появились технические устройства, получившие название электронные вычислительные машины (ЭВМ), как реальные модели машины Тьюринга. Чтобы решить какую-либо задачу на некоторой ЭВМ, необходимо сначала придумать алгоритм ее решения. Затем алгоритм следует представить в таком виде, чтобы данная ЭВМ могла его выполнить. Для этого нужно разбить алгоритм на элементарные операции и каждую записать на языке, понятном ЭВМ. Такая запись алгоритма называется программой для данной ЭВМ, а сам процесс разработки программы — программированием. Отсюда следует, что теория электронных вычислительных машин и практика программирования не могут обойтись без теории алгоритмов, и, значит, кибернетика предъявляет на нее свои права.

Исследования в области теории алгоритмов и языков программирования привели к новой области кибернетики — алгоритмизации, широко применяемой в народном хозяйстве. Под алгоритмизацией процесса решения задачи понимается процесс нахождения такого алгоритма, осуществление которого приводит к решению поставленной задачи. Для реализации этого процесса необходимо знать точную постановку задачи, описание структуры и законы функционирования алгоритмической системы. В широком смысле задача предполагает сознательный поиск соответствующего средства для достижения ясно видимой, но непосредственно недоступной цели. Решение задачи означает нахождение этого средства. В общем случае задачи различают по двум типам: задачи на нахождение и задачи на доказательство. Из этих двух типов нас интересуют только задачи на нахождение, когда по формулировке задачи требуется найти соответствующую модель².

Цель задачи на нахождение — определение какого-нибудь объекта, не известного задаче, удовлетворяющего ее условию, связывающему неизвестное с данными этой задачи. Искомым объектом может оказаться неизвестное любой природы, относящееся к любому виду вопросов. Чтобы найти неизвестный объект, необходимо составить схему операций. Для получения такой схемы в четко сформулированной задаче должны быть указаны:

- множество, к которому принадлежит неизвестное;
- условия, которым обязано удовлетворять неизвестное.

Кроме того, могут быть заданы данные, связанные с неизвестными при помощи условия.

Пусть дана словесная формулировка задачи. Наша цель заключается в том, чтобы выразить ее математически, т. е. перевести с обычного языка на язык математических формул. Для этого мы должны определить и понять, во-первых, неизвестное, во-вторых, необходимые и достаточные условия, связанные с этим неизвестным, а также должны быть знакомы с элементами математического языка. В простых случаях словесная формулировка задачи почти механически распадается на ряд последовательных частей, каждую из которых можно непосредственно выразить математически. Перевод словесной формулировки любой задачи в математическую запись можно привести в табличной форме. На левой стороне таблицы записываются словесные формулировки задачи, разделенные на надлежащие части, а на правой, против словесной формулировки части задачи, записываются соответствующие выражения.

Пример 1. Найти три числа, сумма которых равна 78, второе число на 3 больше, чем первое, третье число равно сумме первых двух (табл. 1).

² Кабулов В. К. Алгоритмизация в механике сплошных сред. Ташкент, 1979.

Пример 2. Вывести математическую модель одномерной стационарной фильтрации идеального газа в одном пласте при заданных m, R, T , начальных $P(x, 0) = P_{\xi}(x)$ и граничных $P(0, t) = P_{\xi}(t)$, $P(l, t) = P_{\xi}(t)$ условиях (табл. 2).

Пусть в память ЭВМ заложены некоторые множества известных законов, признаков, данных, встречающихся в некоторых классах задач. Возникает вопрос, как ЭВМ воспринимает и распознает сформулированную задачу и переводит ее в математическую запись. Для этого определяем основные компоненты и даем определенную конструкцию формулировки задачи. Чтобы выделить основные компоненты задачи, рассмотрим несколько вопросов.

Таблица 1

Словесная формулировка задачи	Математическая запись задачи
Найти три числа, сумма которых равна 78, второе число на 3 больше, чем первое, третье число равно сумме первых двух	x, y, z $x + y + z = 78$ $x + 3 = y$ $x + y = z$

1. Что делать? После постановки такого вопроса уточняется действие, которое должно быть осуществлено.

2. Что неизвестно? Цель, которую мы хотим достичь.

3. Что дано? Объект действия (необходимые и достаточные условия), при помощи которого осуществляется поиск неизвестного.

Итак, определены основные компоненты задачи: действие, цель, объект действия. Теперь при помощи этих компонентов дадим определенную конструкцию словесной формулировки задачи, которая поступает в операционный банк для того, чтобы ЭВМ распознала ключевые слова, встречающиеся в постановке задачи, и по ним выбрала находящиеся в банках соответствующие адреса постановок, данных, законов и признаков для выражения словесной формулировки задачи на математическом языке. Полученная таким образом математическая запись называется первообразной моделью постановки задачи. Рассмотрим синтаксис и семантику ориентированного языка словесной формулировки задачи.

$\langle \text{постановка задачи} \rangle ::= |S \langle \text{действие} \rangle \langle \text{список целей} \rangle \langle \text{объект действия} \rangle; |S \langle \text{действие} \rangle \langle \text{список целей} \rangle \langle \text{постановка задачи} \rangle$

$\langle \text{действие} \rangle ::= \langle \text{ключевое слово, указывающее на действие} \rangle$

$\langle \text{ключевое слово, указывающее на действие} \rangle ::= \text{НАЙТИ | ВЫВЕСТИ | ...}$

$\langle \text{список целей} \rangle ::= \langle \text{список определителей} \rangle \langle \text{цель} \rangle | \langle \text{список целей} \rangle, \langle \text{цель} \rangle$

$\langle \text{цель} \rangle ::= \langle \text{ключевое слово, именуемое неизвестное} \rangle \langle \text{переменная} \rangle \langle \text{пусто} \rangle$

$\langle \text{объект действия} \rangle ::= \langle \text{список определителей} \rangle \langle \text{система} \rangle \langle \text{разделитель} \rangle \langle \text{уточняющие определители} \rangle \langle \text{список обстоятельств} \rangle \langle \text{разделитель} \rangle \langle \text{уточняющие определители} \rangle \langle \text{список обстоятельств} \rangle \langle \text{разделитель} \rangle \langle \text{уточняющие определители} \rangle \langle \text{список определителей} \rangle \langle \text{система} \rangle \langle \text{разделитель} \rangle \langle \text{уточняющие определители} \rangle$

$\langle \text{система} \rangle ::= \langle \text{раздел} \rangle \langle \text{список определителей} \rangle \langle \text{объект} \rangle | \langle \text{объект} \rangle$

$\langle \text{раздел} \rangle ::= \langle \text{ключевое слово, именуемое разделы принадлежности объекта} \rangle \langle \text{пусто} \rangle$

$\langle \text{разделитель} \rangle ::= \langle \text{пусто} \rangle | \diamond$

<объект> ::= <ключевое слово, именуемое класс, к которому относится неизвестное> | <выражение> | <равенство>
 <равенство> ::= <форма> = <форма> | <равенство> * <равенство>
 <форма> ::= <выражение>
 <список определителей> ::= <определятель> | <список определителей>, <определятель>
 <определятель> ::= <ключевое слово, именуемое свойства раздела или объекта> | <пусто>
 <уточняющие определители> ::= <служебное слово> <вспомогательно-информационные объекты>
 <вспомогательно-информационные объекты> ::= <ключевое слово, уточняющее объект или обстоятельство> | <форма> <равенство> <ключевое слово> <форма> | <ключевое слово> <равенство> | <вспомогательно-информационные объекты>, <вспомогательно-информационные объекты>
 <служебное слово> ::= ЕСЛИ | ГДЕ | ДЛЯ | ПРИ...
 <список обстоятельств> ::= <обстоятельство> <список обстоятельств> <обстоятельство>
 <обстоятельство> ::= <предлог> <ключевое слово, именуемое координаты, области нахождения объекта> | <предлог> <выражение> | <пусто>
 <предлог> ::= В | НА | ИЗ | <пусто>
 <пусто> ::= —

Постановка задачи — это словесная ее формулировка, выраженная побудительным предложением русского языка. В такой формулировке сказуемое выражается глагольной формой повелительного наклонения и помещается после знака |S — начала предложения, ; — означает конец предложения. Действие определяет конкретный приказ, от которого зависят нахождение, вычисление или достижение цели. После действия в предложении указывается список целей. Цель — это неизвестное, которое требуется найти. Главные члены предложения — действие и список целей — помещаются в начале предложения. Остальные части предложения входят в конструкцию «объект действия».

Объект действия — так мы условно назвали характеристику, информацию о необходимых и достаточных условиях, с которыми связан поиск неизвестного. Основным элементом объекта действия является сам объект. В постановке задачи он обязательно должен быть указан. Остальные элементы объекта действия дополняют или ограничивают его и могут быть не указаны в предложении. Ключевые слова синтаксических правил задаются пользователем из предметной области. Для конкретной предметной области задача по смыслу ставится по-разному, но по структуре может удовлетворять синтаксическим требованиям данной формулировки. Формулировка задачи должна удовлетворять грамматике русского языка. Приведем варианты записи задач из некоторых предметных областей.

1. Пусть синтаксические классы ключевых слов определены в предметной области следующего вида:

<ключевое слово, именуемое неизвестное> ::= МОДЕЛЬ |...
 <ключевое слово, именуемое разделы принадлежности объекта> ::= ФИЛЬТРАЦИЯ | АЭРОДИНАМИКА |...
 <ключевое слово, именуемое класс, к которому относится объект> ::= ГАЗ | ЖИДКОСТЬ |...
 <ключевое слово, именуемое определятель> ::= ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ | ПРЯМОЛИНЕЙНЫЙ | ПЕРВЫЙ | ВТОРОЙ | ОДИН | ДВА...
 <ключевое слово, именуемое обстоятельство> ::= ОДНОМЕРНЫЙ | N-МЕРНЫЙ |...

Тогда постановка задачи

С Вывести модель прямолинейной параллельной фильтрации газа одномерной задачи в одном пласте;

является правильно построенным предложением.

2. Пусть синтаксические классы ключевых слов определены в предметной области следующего вида:

<ключевое слово, именуемое неизвестное>::=ПЛОЩАДЬ|ОБЪЕМ|...

<ключевое слово, именуемое разделы принадлежности объекта>::=ГЕОМЕТРИЯ|ТРИГОНОМЕТРИЯ|...

<ключевое слово, именуемое класс, к которому относится объект>::=ТРЕУГОЛЬНИК|ШАР|ПИРАМИДА|...

<ключевое слово, именуемое определитель>::=ПРЯМОУГОЛЬНЫЙ|ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНЫЙ|...

<ключевое слово, именуемое обстоятельство>::=ДЕКАРТОВЫЙ|ПОЛЯРНЫЙ|...

Тогда постановка задачи

S НАЙТИ ПЛОЩАДЬ ТРЕУГОЛЬНИКА ABC , ЕСЛИ $AB=20$ см, $\angle ABC=30^\circ$, $\angle BAC=60^\circ$;

есть правильно построенное предложение.

В словесной формулировке вместе с ключевыми словами могут быть и математические записи некоторых отношений поставленной задачи. Математические записи переменных, функций, выражений, равенств, формы удовлетворяют синтаксическим требованиям языка АНАЛИТИК-74³, предназначенного для решения численных и аналитических задач. При формулировке задачи в семантической сети отражаются все связи между понятиями, входящими в описание задачи, и соответствующая математическая запись ключевого слова, заложенного в память ЭВМ.

Правила задания словесной формулировки задачи записаны нами в нормальной форме Бэкуса. Начальным символам языка соответствует конструкция «постановка задачи». Тогда порождающая грамматика задается упорядоченной четверкой $G = \langle T, \Sigma, P, S \rangle$, где $T = T^A \cup T^n$ — нетерминальный алфавит, T^n — нетерминальный алфавит предметной области, T^A — подмножество нетерминального алфавита языка АНАЛИТИК-74, $\Sigma = \Sigma^A \cup \Sigma^n$ — терминальный алфавит, Σ^A — подмножество терминального алфавита языка АНАЛИТИК-74, Σ^n — терминальный алфавит предметной области, P — множество правил вида $u \rightarrow v$, где $u \in T$, $v \in (T \cup \Sigma)$, S — начальный символ.

Язык, порождаемый данной грамматикой, является непроцедурным языком, который описывает точную постановку задачи, необходимые и достаточные условия для ее решения. В языках подобного типа пользователь должен лишь точно сформулировать задачу из некоторой фиксированной проблемной области, а ЭВМ с помощью вложенных в нее средств сама строит алгоритм решения и превращает его в программу.

Теперь рассмотрим формальное описание структуры банков алгоритмической системы. Каждый банк состоит из двух частей: информационной и операционной. Операционная часть алгоритмического банка содержит программные средства, связанные с информационной частью. В информационную часть записываются соответствующие выражения в виде формул подстановок, множество которых составляет основу структуры данного банка. Каждую структуру формально можно определить в виде упорядоченной тройки $\langle \tilde{T}, \tilde{\Sigma}, \tilde{P} \rangle$, где \tilde{T} — нетерминальный алфавит, $\tilde{\Sigma}$ — терминальный алфавит, \tilde{P} — множество пра-

³ Глушков В. М. и др. Аналитик-74.— Кибернетика, Киев, 1978, № 5.

вил подстановок вида $u \rightarrow v$. Здесь $u \in T$, $v \in (\tilde{T} \cup \tilde{\Sigma})^*$, $(\tilde{T} \cup \tilde{\Sigma})^*$ — множество всевозможных слов в $(T \cup \Sigma)^*$.

Теперь рассмотрим структуру каждого банка алгоритмической системы.

1. Структура банка данных — $\langle T_1, \Sigma_1, P_1 \rangle$, где T_1 — нетерминальный алфавит, $\Sigma_1 = \Sigma^A \cup \Sigma_1^n$ — терминальный алфавит, Σ_1^n — предметный алфавит, P_1 — множество правил вида

$$x_{1j} \rightarrow D(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1m(1)}, a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n(1)}).$$

Здесь $x_{1j} \in T_1$, $a_{1s} \in \Sigma_1^n$.

2. Структура банка признаков — $\langle T_2, \Sigma_2, P_2 \rangle$, где T_2 — нетерминальный, $\Sigma_2 = \Sigma^A \cup \Sigma_2^n$ — терминальный алфавиты, Σ_2^n — предметный терминальный алфавит, P_2 — множество правил вида

$$y_{2l} \rightarrow \pi(y_{21}, y_{22}, \dots, y_{2s}, x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2m(2)}, b_{21}, \dots, b_{2n(2)}).$$

Здесь $y_{2j} \in T_2$, $x_{2l} \in T_1$, $b_{2n} \in \Sigma_2^n$.

3. Структура банка законов — $\langle T_3, \Sigma_3, P_3 \rangle$, где T_3 — нетерминальный, $\Sigma_3 = \Sigma^A \cup \Sigma_3^n$ — терминальный алфавиты, Σ_3^n — предметный терминальный алфавит, P_3 — множество правил вида

$$z_{3j} \rightarrow c(z_{31}, z_{32}, \dots, z_{3d(3)}, x_{31}, \dots, x_{3m(3)}, y_{31}, \dots, y_{3s(3)}, c_{31}, \dots, c_{3c(3)}).$$

Здесь $z_{3j} \in T_3$, $x_{3l} \in T_1$, $y_{3l} \in T_2$, $c_{3k} \in \Sigma_3^n$.

4. Структура банка моделей — $\langle T_4, \Sigma_4, P_4 \rangle$, где T_4 — нетерминальный, $\Sigma_4 = \Sigma^A \cup \Sigma_2^n \cup \Sigma_3^n$ — терминальный алфавиты, P_4 — множество правил вида

$$v_{4j} \in \mu(v_{41}, \dots, v_{4v(4)}, a_{41}, a_{42}, \dots, a_{4n(4)}).$$

Здесь $v_{4j} \in (T_4 \cup \Sigma_4)^*$, $a_{4j} \in \Sigma_1^n$.

5. Структура банка алгоритмов — $\langle T_5, \Sigma_5, P_5 \rangle$, где T_5 — нетерминальный, $\Sigma_5 = \Sigma^A \cup \Sigma_5^n$ — терминальный алфавиты, Σ_5^n — предметный терминальный алфавит, P_5 — множество правил вида

$$\omega \rightarrow \text{ДЛЯ } \mu_{1k} \text{ ЕСЛИ } \mu_{2k}, \text{ ТО } \mu_{3k} \text{ ПРИМЕНИТЬ } \tau.$$

Здесь μ_{ik} — логическое выражение, τ — некоторый алгоритм.

6. Структура банка прикладных программ — $\langle T_6, \Sigma_6, P_6 \rangle$, где T_6 — нетерминальный, Σ_6 — терминальный алфавиты, P_6 — множество правил вида $f \rightarrow B$. Здесь B — имя обращения к прикладным программам.

Алгоритм, который решает задачу из класса S в описанной алгоритмической системе, представляется композицией алгоритмов φ , h , g , f в виде

$$G(S) = \varphi(h(g(f(S)))).$$

где $f: S \rightarrow \mathcal{P}(P_1 \cup P_2 \cup P_3)^*$ — отображение множества словесных описаний постановки задачи во множество первообразных моделей; $g: \mathcal{P}(P_1 \cup P_2 \cup P_3) \rightarrow \mu$ — отображение множества первообразных моделей во множество определенных моделей; $h: \mu \rightarrow A$ определяет оптимальный алгоритм, связанный с именем модели; $\varphi: A \rightarrow \pi$ выбирает по алгоритму программу для решения поставленной задачи.

К настоящему времени эти алгоритмы разработаны сотрудниками НПО «Кибернетика» АН УзССР для некоторых предметных областей. Творческое наследие ал-Хорезми в течение многих веков служит

утверждению научного познания, великих возможностей разума. Широкое проведение юбилея ал-Хорезми способствует дальнейшему изучению его жизни и творчества, а современное развитие алгоритмизации

Таблица 2

Словесная формулировка задачи	Математическая запись задачи
<p>Вывести математическую модель</p> <p>одномерной</p> <p>стационарной</p> <p>фильтрации</p> <p>идеального газа</p> <p>в одном пласте</p> <p>при заданных</p> <p>начальных и</p> <p>граничных условиях</p>	<p>Дифференциальное уравнение частных производных</p> $v_y = 0, \quad v_z = 0$ $\frac{\partial}{\partial t} (m \rho) = 0 \quad \frac{d}{dt} \vec{v} = 0$ $\operatorname{div} (\rho \vec{v}) + \frac{\partial}{\partial t} (m \rho) = 0$ $\rho \frac{d}{dt} \vec{v} = \operatorname{div} (\vec{P}_1 + \vec{P}_2) + \vec{F}_\phi$ $P = \rho RT$ $\vec{P}_1 = P I$ $\vec{P}_2 = 0, \quad \vec{F}_\phi = \frac{\mu}{k} \vec{v}$ m, R, T $P(x, 0) = P \xi_3(x)$ $P(0, t) = P \xi_1(t), \quad P(l, t) = P \xi_2(t)$

и программирования — благодарная память великому ученому-энциклопедисту Востока.

А. Ф. ФАЙЗУЛЛАЕВ

ЭВОЛЮЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ИДЕЙ АЛ-ХОРЕЗМИ

(Методологический аспект)

Классики марксизма-ленинизма придавали огромное значение математике, ее роли в развитии науки и техники, решении актуальных задач человеческой практики.

К. Маркс специально изучал арифметику и алгебру. В письме Ф. Энгельсу от 11 января 1858 г. он отмечал: «При разработке основ политической экономии меня так чертовски задерживают ошибки в подсчетах, что с отчаяния я снова засел за быстрое прохождение алгебры. Арифметика никогда не давалась мне. Но окольным алгебраическим путем я скоро опять возьму правильный прицел»¹. Занимаясь математикой более 35 лет, К. Маркс высказал много оригинальных математических мыслей по вопросам диалектики процесса перехода от алгебры к исчислению бесконечно малых, т. е. к высшей математике.

Основа математики — арифметические вычислительные процессы. К. Маркс высоко ценил значение десятичной системы: «Так называемые арабские цифры, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Одно из прекраснейших открытий, состоявшее в том, чтобы записывать, пользуясь ими, самые большие числа с помощью нуля и указания определенного места, пришло через арабов в Европу в 10-м или 11-м столетии»².

¹ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 29, с. 210.

² Маркс К. Математические рукописи. М., 1968, с. 244.

Известный математик М. Симон, подтверждая эту мысль К. Маркса, писал: «Решающее значение для принятия в Европе десятичной позиционной нумерации и новых цифр имело ознакомление... с латинскими переводами арабских книг по арифметике, в первую очередь, с арифметикой ал-Хорезми»³.

Ученые средневекового Востока восприняли и развили дальше наследие математиков античной эпохи. Как отмечали крупные алгебраисты О. Ю. Шмидт и А. Г. Курош, «международным научным языком служил для них арабский язык (подобно тому, как для ученых средневекового Запада таким языком был латинский), поэтому этот период в истории математики иногда называют «арабским». В действительности, однако, одним из крупнейших научных центров этого времени (9—15 вв.) была Средняя Азия. Среди многих примеров достаточно назвать деятельность узбекского математика и астронома 9 в., уроженца Хорезма Мухаммада ал-Хорезми... Само слово «алгебра» — арабское (алджабр) и является началом названия одного сочинения Хорезми. Со времени Хорезми алгебру уже можно рассматривать как отдельную отрасль математики»⁴.

Крупнейший американский историк науки Дж. Сартон считал, что «Мухаммад ал-Хорезми — величайший математик своего времени, и если учесть все обстоятельства, один из величайших математиков всех времен»⁵. Эти слова неоднократно воспроизводились в капитальных трудах по истории науки в разных странах мира.

Весомый вклад в хорезмиведение внесли В. М. Глушков, А. А. Дородницын, И. Ю. Крачковский, А. Н. Колмогоров, А. А. Марков, П. С. Новиков, О. Ю. Шмидт, Т. Н. Кары-Ниязов, В. К. Кабулов, И. М. Муминов, С. Х. Сираждинов, Э. Ю. Юсупов, Б. В. Бирюков, А. Н. Боголюбов, П. Г. Булгаков, А. П. Ершов, Н. А. Криницкий, Г. П. Матвиевская, Б. А. Розенфельд, Б. А. Трахтенброт, В. А. Успенский, М. М. Хайруллаев, А. А. Ахмедов и др. В их исследованиях глубоко раскрыта сущность математических идей ал-Хорезми и их роль в дальнейшем развитии математических наук.

1. Принцип преемственности

Развитие алгебры согласно своей внутренней логике. К. Маркс, отмечая революционные сдвиги в развитии внутри самой алгебры, писал: «Открытие Ньютоном биномиальной теоремы (в ее применении к полиномиальной) также произвело революционный переворот во всей алгебре — прежде всего потому, что сделало возможной общую теорию уравнений»⁶.

Такие крупные сдвиги в алгебре происходили и в дальнейшем. Акад. П. С. Александров дает следующую типологию великих открытий в математике: «Великие открытия в математике могут быть разных типов: это доказательство отдельных фактов*, внесение новых методов**, в большинстве своем связанных с доказательством того или иного факта; наконец, открытие новых перспектив, новых областей, нового идейного подхода к ранее существовавшей теории***. Помимо приведенных примеров, последний из этих типов можно иллюстрировать работами Эмми Нэтер, которая создала новую точку зрения, но-

³ Simon M. Zu. Hwarizmi's hisab al gabr wal muqabala. — Archiv der Math. und Physik, Bd. 18. Leipzig—Berlin, 1911, S. 195.

⁴ Шмидт О. Ю., Курош А. Г. Алгебра.— БСЭ, изд. 2-е, т. 2, 1950, с. 54.

⁵ Sarton G. Introduction to the History of Science. I. Baltimore, 1927, p. 563.

⁶ Маркс К. Математические рукописи, с. 193.

* Например, сенсационное открытие шведским математиком Карлсоном доказательства одной из гипотез Н. Н. Лузина, которая 40 лет оставалась недоказанной.

** И. М. Виноградов создал новый метод и им решил проблему Гольбаха для четных чисел.

*** А. Пуанкаре, создав комбинаторную топологию, создал совершенно новую область. Здесь перед нами уже не отдельные факты, а создание новой области математики.

вое направление во всей современной алгебре; нельзя представить современное развитие алгебры, если бы у ее истоков не стояла Э. Нэтер и еще раньше Дедекинд — математик, который превзошел точки зрения Нэтер и перед которым она преклонялась»⁷.

Революция в алгебре — основа возникновения дифференциального исчисления. Говоря об открытии Ньютоном биномиальной теоремы как революционным перевороте во всей алгебре, К. Маркс отмечал: «Но теорема о бинOME — и это определено признано математиками, в особенности со времен Лагранжа, — является также главной основой дифференциального исчисления... Однако нигде, даже у Лагранжа, чья теория производных функций подвела новую базу под дифференциальное исчисление, эта связь между теорией о бинOME и двумя другими не раскрыта во всей ее девственной простоте, и здесь, как и всюду, важно сорвать с науки покров тайны...»⁸

Переход от постоянных величин к переменным означает переход от элементарной математики к высшей. К. Маркс подчеркивает, что «алгебра, а следовательно и алгебраический бинOM, допускает только постоянные, и притом лишь постоянные двоякого рода — известные и неизвестные»⁹. Единство неизвестных и известных величин и показывает диалектичность алгебраического уравнения. Однако переход к математике переменных величин явился торжеством диалектики в развитии математики в целом. Ф. Энгельс писал: «Когда в математику были введены переменные величины и когда их изменимость была распространена до бесконечно малого и бесконечно большого, — тогда и математика, вообще столь строго нравственная, совершила грехопадение: она вкусила от яблока познания и это открыло ей путь к гигантским успехам, но вместе с тем и к заблуждениям. Девственное состояние абсолютной значимости, непроверяемой доказанности всего математического навсегда ушло в прошлое; наступила эра разногласий, и мы дошли до того, что большинство людей дифференцирует и интегрирует не потому, что они понимают, что они делают, а просто потому, что верят в это, так как до сих пор результат всегда получался правильный»¹⁰. Таким образом, появились проблемы методологических основ переходного процесса от классической алгебры к математике переменных величин.

К. Маркс рассмотрел этот процесс с позиции диалектической преемственности. С этой целью он изучал исторические и существовавшие в то время направления в дифференциальном исчислении. Исторический ход развития исчисления бесконечно малых К. Маркс делит на три этапа: 1) мистическое дифференциальное исчисление Ньютона и Лейбница, 2) рациональное дифференциальное исчисление Эйлера и Даламбера, 3) чисто алгебраическое дифференциальное исчисление Лагранжа. И далее К. Маркс выявляет степень алгебраизации математического анализа: «Подлинные и в силу этого простейшие взаимосвязи нового со старым открываются всегда лишь после того, как это новое само приобретает уже завершённую форму, и можно сказать, что в дифференциальном исчислении это возвращение (отнесение) назад было осуществлено теоремами Тейлора и Маклорена. Поэтому только Лагранжу пришла в голову мысль свести дифференциальное исчисление к строго алгебраической основе»¹¹.

Это и есть единство принципов преемственности, соответствия и отрицания в развитии алгебраического метода познания.

Кибернетика — одно из основных направлений НТР, а ее фундаментальное понятие — «алгоритм».

⁷ Александров П. С. Математические открытия и их восприятие. — Сб.: Научное открытие и его восприятие. М., 1971, с. 68—69.

⁸ Маркс К. Математические рукописи, с. 193.

⁹ Там же, с. 207.

¹⁰ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 88—89.

¹¹ Маркс К. Математические рукописи, с. 199.

Всю историю возникновения и развития понятия алгоритма А. Н. Колмогоров лаконично изложил в следующих словах: «В средние века алгоритмом называли правило, по которому выполняется то или другое из четырех арифметических действий по десятичной системе счисления. В IX в. такие правила были даны узбекским математиком Хорезми (по-арабски: ал-Хорезми); по его имени совокупность этих правил стали называть в Европе словом «алгоризм», затем... это название было переделано в алгоритм»¹².

Имя ал-Хорезми в истории мировой науки настолько популярно, что оно имеет множество транскрипций:

الخوارزمي Ал-Хоразмий. Ал-Хорезми. Algorism. Algorithmi. Algorismus. Algorizm. Algoritme. Алгорифм. Алгоритм. Ал-Хорезмі. Алгоризми. Аль-Хоресми. Алгаритам. Алхваризми. Алгоритом. Ал-Карезми. Augrim. Augrum. Algoritma. Awgrum. Alгарism. Algram. Algorisme. Algoritmo. Algorismo. Agrime. Augrisme. Algorosme. Algorytm. Algorisme. Agruni. Algrim. Algoritm. Algoritmi. Algoritmus. Algourizin. Alchawirism. Hwarizmi. Geber. Algorithmus. Algorizim. Algonismus. Alchocharitmus. Al-Korism. Alchorismus. Aljuarezmi. Alchvarizmi. Alkhowarizmi. Al-chwarizmi. Alchorsmus. Alkauresmus. Aljuarizmi. Alchvarizmi. Alkhowarizmi. Aljwarizmi. Al-khuwarizmi. Al-kwarizmi. Alchawarizmi. Alcoarismi. Al-khawarizmi. Alcharismi. Al-khovarizmi. Alcarismi. Alchoarismi. Al-Horezmi. Alchwarizmus. Al-khwarizmi. Alchwarismi.

Алгоритмический метод счисления прошел в своей истории крупные испытания — в средние века алгориты победили над абацистами. Он служил ряду технических и промышленных революций. В наше время алгоритм приобрел особое значение. «Двадцатый век в области науки и техники принес человечеству много крупных достижений: радио, звуковое кино, телевидение, атомная энергия, космические полеты, электронные вычислительные машины — вот только главнейшие вехи, известные каждому. Наверное, не менее известны кибернетика, вирусология, генетика. Но не всем известно, что крупнейшим достижением науки XX в. является теория алгоритмов — новая математическая дисциплина. Теория электронных вычислительных машин, теория и практика программирования не могут обойтись без нее. Математическая логика и кибернетика предъявляют на нее свои права. Однако она является самостоятельной наукой, которая готова служить всем наукам, и имеет свое лицо, свой предмет»¹³. Такова роль алгоритмов в условиях НТР.

Как известно, в XX в. обнаружилось некоторые антиномии в обосновании современной математики. Надежда на решение этих противоречий тоже возложена на алгоритмический подход познания.

И в истории математики отмечалась роль алгоритмического метода, особенно когда диалектика входила в математику и «наступила эра разногласий»¹⁴.

К. Маркс раскрыл суть этого разногласия. Как отмечает С. А. Яновская, «Маркс рассматривает для некоторого класса функций «реальный» процесс (алгоритм) отыскания производных функций и дифференциалов и вводит для такого процесса (он его называет «алгебраическим» дифференцированием) соответствующую символику... Маркс ищет «реальный» процесс отыскания производной функции, т. е. алгоритм... С точки зрения Маркса, существенно..., чтобы все предельные переходы рассматривались в свете их эффективной выполнимости, иначе говоря, чтобы математический анализ строился на основе теории алгоритмов, как мы сказали бы теперь»¹⁵.

Так К. Маркс выявил диалектическую сущность перехода от алгебры к исчислению бесконечно малых.

¹² Колмогоров А. Н. Алгоритм.— БСЭ, изд. 2-е, т. 2, с. 65.

¹³ Криницкий Н. А. Алгоритмы вокруг нас. М., 1977, с. 3.

¹⁴ Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 89.

¹⁵ Яновская С. А. Предисловие.— Маркс К. Математические рукописи, с. 10—12.

2. Практика — критерий истины

Алгебра и жизнь. Алгебра, как и любая наука, могла создаваться только по требованию общественной практики. Основа науки — практика.

Сам ал-Хорезми писал по этому вопросу, что книга «Ал-джабр ва-л-мукобала» необходима людям «при дележе наследств, составлении завещаний, разделе имущества и судебных делах, в торговле и всевозможных сделках, а также при измерении земель, проведении каналов, строительстве и прочих разновидностях подобных дел»¹⁶.

Диалектика соотношения алгебры и практики наследственного права заключается в том, что, с одной стороны, правовая практика явилась мощным стимулом создания алгебраической науки, с другой, — алгебра помогала установить в определенном смысле порядок в наследственном праве, ибо основополагающие каноны мусульманского права сложны и противоречивы.

Наследственные отношения средневекового Востока — в основном отношения родственные в дележе имущества. Поскольку раб считался имуществом рабовладельца, наследственное право распространялось и на рабовладельческие отношения. Таким образом, задачи алгебры пронизывают сложные социальные явления.

Алгебра наследственного права. Наследственные отношения выражают действия по следующему алгоритму, сформулированному ал-Хорезми:

- п. 1. Покрываются издержки по погребению умершего.
- п. 2. Уплачиваются долги умершего.
- п. 3. $\frac{1}{3}$ оставшегося имущества идет на удовлетворение духовного завещания.
- п. 4. $\frac{2}{3}$ оставшегося имущества делятся между наследниками умершего.

Алгоритм наследственного права можно записать так:

$$z - \left\{ (x + y) + \frac{1}{3} [z - (x + y)] + \frac{2}{3} [z - (x + y)] \right\} = 0, \quad (1)$$

где z — все оставшееся имущество в деньгах, x — расходы на погребение умершего, y — долги.

Определяющей чертой данного алгоритма является строгая последовательность операций.

Этот алгоритм построен на основе общих, но противоречивых положений мусульманского наследственного права. Как отмечает М. Кантор, «установленные правила закона наследства... не только очень сложны, но и запутаны, поскольку их указания довольно часто противоречат друг другу»¹⁷.

Формула (1) означает, что правовые отношения, воплощенные в конкретные цифровые отношения, подчиняются законам алгебры.

При наследовании должны сохраняться следующие три принципа:

- 1) доли супругов не подвергаются изменению или во всяком случае должны оставаться большими, чем доли детей;
- 2) общая сумма долей должна быть равной единице;
- 3) условие действительности: завещание не распространяется на все имущество, а только на $\frac{1}{3}$.

Это подтверждено крупным историческим трактатом по наследственному праву «Хидая» Бурханиддина Али. «Отказ в размере, превышающем одну треть имущества завещателя, не действителен»¹⁸. Как подчеркивает Бабур, «автор «Хидая» — уроженец селения Маргилапской области, называемого Риштан»¹⁹.

¹⁶ Мухаммад Ал-Хорезми. Математические трактаты. Ташкент, 1964, с. 26.

¹⁷ Osiris. Vol. I. Bruges (Belgium), 1938, p. 320.

¹⁸ Хидая. Т. IV. Ташкент, 1893, с. 237.

¹⁹ Бабур. Книга II. Бабур-наме (Записки Бабуря). Ташкент, 1982, с. 19.

Пример: После смерти женщины остаются муж и две родные сестры; тогда $\frac{1}{2} + 2 \cdot \frac{1}{4} = 1$.

а. Если $> < 1$, то доля каждого должна быть уменьшена на более мелкие дроби.

Например, если сестры вместо $\frac{1}{4}$ доли потребуют $\frac{1}{3}$, то

$$\frac{1}{2} + 2 \cdot \frac{1}{3} = \frac{7}{6} > 1,$$

а это не годится, т. е. оставшееся имущество больше того, что есть.

Ал-Хорезми для этого случая рекомендует разбить доли на более мелкие дроби: умножить доли на обратную цифру, т. е. $\frac{6}{7}$:

$$\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{6}{7}\right) + 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{6}{7}\right) = \frac{3}{7} + 2 \cdot \frac{2}{7} = 1.$$

Таким образом, муж получает $\frac{3}{7}$, а каждая сестра — $\frac{2}{7}$ доли имущества.

б. Если наследодательница оставит после себя родную дочь и внучку по мужской линии, то дочь наследует $\frac{1}{2}$, а внучка $\frac{1}{6}$ доли:

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{6} = \frac{4}{6} < 1.$$

В данном случае доли должны быть увеличены путем их пропорционального увеличения, т. е. умножения на обратную цифру $\frac{6}{4}$:

$$\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{6}{4}\right) + \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{6}{4}\right) = \frac{3}{4} + \frac{1}{4} = 1.$$

Таким образом, дочь получает $\frac{3}{4}$ доли, а внучка — $\frac{1}{4}$ доли имущества.

Иерархия отношений членов семьи в цифрах. Из рассмотренных ал-Хорезми примеров выявляются некоторые прикладные стороны соотношений между членами семьи в цифровых выражениях, что само по себе представляет интерес. Так, сыну положена большая масса наследства, чем жене; муж по доле занимал положение между сыном и женой; при наличии детей муж получал $\frac{1}{4}$ доли; жена и сестра получали поровну; человек мог завещать другому человеку столько же, сколько сыну, т. е. чужой человек мог получать больше, чем жена.

В те времена вместо калыма действовал выкуп. Калым, как известно, платили родителям невесты или заменяющим их лицам. А брачным выкупом распоряжалась невеста. И если невеста имела долги, то выплачивала их за счет брачного выкупа.

Торговля рабами. В произведениях ал-Хорезми есть задачи относительно торговли рабами. Раб рассматривается в качестве имущества. Отсюда вытекают все «права» раба наравне с вещью и не больше. Например, отпущение и дарение раба равносильно завещанию. А завещание не превышает $\frac{1}{3}$ доли целого имущества. Таким образом, если рабовладелец отпускает своего раба, то это не значит, оказывается, что он совсем свободен: он свободен только на $\frac{1}{3}$, а остальные $\frac{2}{3}$ своего существования как раба он должен служить хозяину²⁰.

Точность алгебраических решений и неточность наследственного права эпохи ал-Хорезми. Известный историк математики Фредерик Розен упрекает ал-Хорезми в том, что в алгебре имеются неточности, противоречия. Другой не менее известный математик Соломон Гандц, отвечая ему, выделяет алгебру ал-Хорезми как точную, безупречную науку, подчеркивая логические недос-

²⁰ Хидая, т. IV, с. 249.

татки наследственного права тогдашнего времени: «Речь идет о чрезвычайно запутанных, если не сказать беспорядочных законоположениях по наследству, по освобождению невольников и тому подобное, которые были изложены в Коране и которые со своими часто противоречащими требованиями нередко требовали решения, отклоняющегося в одинаковой степени от закона и счета»²¹.

Такого же мнения придерживался английский переводчик «Хидая»: «Мусульманские судилища... справляются сначала с Кораном; затем с такими преданиями, которые вошли в признанные всеми за наиболее достоверные сборники, и, наконец, с мнениями наиболее уважаемых юристов. Коран и предания служат основаниями, а комментаторы излагают применение этих оснований к различным случаям. Без помощи комментаторов судья часто может оказаться в затруднительном положении, или же должен полагаться на свое собственное суждение, так как по бесконечному разнообразию случаев, представляемых житейскою практикою, ни Коран, ни предания не могут давать достаточно точных и подробных решений»²².

Алгебра служит человеку, обществу. Нет необходимости доказывать роль алгебры в современной жизни человека. Достаточно напомнить, что во всех школах мира дети изучают арифметику и алгебру. Без них нельзя проектировать, конструировать и реализовывать новые технические мысли, да и эксплуатировать созданные технические устройства. И общественные отношения невозможны без учета. Планирование будущих явлений также основано на вычислительных процессах. Для управления народным хозяйством и обществом требуются получение многочисленных, колоссальных по объему информационных материалов, их хранение и обобщение. Человек сам не в состоянии это сделать. Он создал электронно-вычислительные машины, чтобы они выполняли эти функции. Некоторые функции мозга человека возлагаются на ЭВМ, которые работают на принципах алгоритма. Так математические идеи ал-Хорезми служат человеку сегодня и будущему человечества.

²¹ Osiris, vol. I, p. 320.

²² Хидая, т. I, с. 26.

М. М. РОЖАНСКАЯ

МЕСТО ЗИДЖА АЛ-ХОРЕЗМИ В ИСТОРИИ АСТРОНОМИИ

Предмет нашего исследования — основное астрономическое сочинение ал-Хорезми, его зидж, который источники часто именуют «Синдхинд ал-Хорезми». Тема же исследования несколько уже, Это — собственно проблема места и значения его сочинения в истории астрономии, науки и культуры вообще, научных связей Востока и Запада в средние века, словом, всего того, что способствовало формированию представлений и теорий, составивших впоследствии фундамент европейской астрономии эпохи Возрождения. Перед нами три аспекта данной проблемы: во-первых, исторические условия, в которых создавался зидж ал-Хорезми; во-вторых, вопрос об источниках теорий и вычислительных методов, которые применял ал-Хорезми при вычислении параметров движений небесных тел и составлении таблиц; в-третьих, проблема влияния указанного труда на процесс сложения средневековой астрономии на Востоке и Западе.

Что же представляла собой астрономическая наука на Среднем и Ближнем Востоке в эпоху ал-Хорезми?

Известно, что еще задолго до арабского завоевания на территории Сирии существовали научные и переводческие центры, где переводились труды античных ученых. Первые переводы «Алмагеста» Птолемея и комментариев к нему Теона Александрийского были сделаны

именно на сирийский язык¹. Есть все основания полагать, что и первые переводы Птолемея и Теона на арабский язык были сделаны с сирийских версий (ок. 800 г.)².

Значительное развитие получила астрономия на территории бывшего сасанидского Ирана. Здесь эта наука сложилась в результате взаимовлияния трех составляющих ее компонентов. Это, во-первых, сирийская астрономия, в основе своей птолемеевская. (Существует точка зрения, что один из первых переводов «Алмагеста» на арабский язык, принадлежащий Раббану ат-Табари, сделан им с пехлеви)³. Во-вторых, существенную часть ее составлял досасанидский иранский пласт, восходящий к вавилонской астрономии селевкидского периода, в которой еще не было тригонометрии хорд, а таблицы эфемерид Солнца, Луны и планет составлялись с помощью введения линейной зигзагообразной и ступенчатой функций⁴. Наконец, третий пласт — индийская астрономия, интенсивное влияние которой сказалось на астрономических сочинениях сасанидской эпохи, не говоря уже о более поздних, арабоязычных. В то же время сама индийская астрономия развивалась под сильным влиянием эллинистической, в значительной степени используя доптолемеевские методы.

До нас дошло одно (и то во фрагментах) астрономическое сочинение времени сасанидского Ирана — «Зидж-и-шах», или «Зидж-и-шах-рийаран»⁵, первый вариант которого появился около 450 г.⁶, а столетием позже, в 556 г., при Хосрове I Ануширване (531—579), был отредактирован и расширен за счет внедрения индийских и птолемеевских методов⁷. Последняя его редакция была предпринята при Иездигерде III. Очевидно, к этому времени среди астрономов Ирана имело хождение несколько версий «Зидж-и-шаха», в деталях отличавшихся друг от друга⁸. Многие входящие в него параметры заимствованы из индийских сиддхант (главным образом, «Сурья-сиддханты» и «Брахма-спхута-сиддханты» Брахмагупты)⁹.

Оригинальный текст «Зидж-и-шаха» до нас не дошел. Судя по ссылкам и цитатам на него, в значительной степени принадлежащим Беруни, это были таблицы в духе вавилонской и индийской традиции; некоторые данные, очевидно, получены не известными нам астрономами сасанидского Ирана. Около 790 г. «Зидж-и-шах» был переведен с пехлеви на арабский астрономом ат-Тамими¹⁰.

Первые астрономические тексты на арабском языке, по всей вероятности, появились на территории Афганистана и Синда. В Синде в 735 г. появился так называемый «Зидж ал-Арканд»¹¹, составленный на основе «Кхандакхадьяки» Брахмагупты¹², написанной им в 665 г., и

¹ Pingree D. The Greek Influence on Early Islamic Mathematical Astronomy. — Journ. Amer. Orient. Soc., 1973, v. 93, p. 34.

² Ibn el-Nadim. The Fihrist of al-Nadim. A tenth century survey of Muslime culture. B. Dodge (ed. and transl.), New York, Columbia univ press, 1970, p. 589; Ibn el-Qifti. Ta'rikh el-Hukama. Hrsg. J. Lippert und A. Müller, Leipzig, 1903, p. 97—98; Pingree D. The Thousands of Abū Ma'shar. London, 1968, p. 34.

³ Pingree D. The Greek Influence..., p. 7—13.

⁴ Нейгебауэр О. Точные науки в древности. М., 1968, с. 106; Neugebauer O. A. History of Ancient Mathematical Astronomy. V. 1—3. New-York, 1975, v. II, pt. 2, Book 2.

⁵ Kennedy E. S. A Survey of the Islamic Astronomical Tables. — Trans. Amer. Philos. Soc., v. 17, pt. 2, 1956, p. 129—130; Kennedy E. S. The Sasanian astronomical Handbook «Zij-i shah» and the astrological doctrine of «transit» (Marr.). — Journ. Amer. Orient. Soc., v. 73, 1958.

⁶ Pingree D. Astronomy and Astrology in India and Iran. — Isis, 1969, v. 54, pt. 2, p. 229—249.

⁷ Pingree D. The Greek Influence..., p. 36.

⁸ Kennedy E. S. The Sasanian astronomical Handbook..., p. 261.

⁹ Так же, с. 246.

¹⁰ Kennedy E. S. A Survey..., p. 129; его же. The Sasanian astronomical Handbook..., p. 247.

¹¹ Kennedy E. S. A Survey..., p. 138.

¹² Brahmagupta. The Khandakhadyaka. B. Chatterjee (ed., engl. transl.). V. 1—2. Calcutta, 1970.

позднейшей версии «Зидж-и-шаха»¹³. «Кхандакхадьяка», точнее «Карана-кхандакхадьяка», — астрономическое сочинение Брахмагупты, относящееся не к сиддхантам, а к другому типу индийских астрономических сочинений — каранам, научный уровень которых Беруни оценивает ниже, чем сиддхант¹⁴. «Зидж ал-Арканд» Беруни неоднократно цитирует и в «Индии», и в «Каноне Мас'уда». (Заметим, что в списке его сочинений упоминается перевод «Кхандакхадьяки» на арабский язык¹⁵). Э. Захау полностью идентифицирует «Зидж ал-Арканд» с «Кхандакхадьякой»¹⁶. К этому же сочинению восходят, очевидно, два зиджа, составленных в Кандагаре: «Зидж ал-джами» и «Зидж ал-Хазур» — иранская модификация индийских и греческих кинематико-геометрических методов¹⁷. Подобное же смешение индо-иранских методов характерно и для «Зиджа ал-Харкан», составленного в 742 г. (110 г. «эры Иездигерда»), который также неоднократно упоминается в сочинениях Беруни. Термин «харкан», — вероятно, арабская транслитерация индийского термина «ахаргана»¹⁸.

Первое же действительно фундаментальное астрономическое сочинение на арабском языке — «Большой синдхинд» («ас-Синдхинд ал-кабир») ал-Мухаммада ибн Ибрахима ал-Фазари¹⁹.

Анализ зиджа ал-Фазари показал, что автор его не ограничился простым переводом привезенного в Багдад трактата, очевидно, обработки «Брахма-спхута-сиддханты»²⁰. В состав зиджа ал-Фазари вошел материал из «Сурья-сиддханты», «Зидж ал-Харкан», «Зидж-и-шаха», а также некоторые птолемеевские методы. Это сочинение можно считать началом традиции «синдхинда», сохранявшейся в восточном ареале мусульманского мира вплоть до X в., гораздо дольше в западном, испано-арабском ареале, а в XII—XIII вв. проникшей в Западную Европу. Вторым сочинением подобного рода явился зидж современника и коллеги ал-Фазари — Я'куба ибн Тарика, который составлен на основании тех же источников, что и сочинение ал-Фазари²¹. Вообще же название «Синдхинд» объединяло целую группу зиджей, написанных в русле индийской астрономической традиции: ал-Фазари, Я'куба ибн Тарика, самого ал-Хорезми и других авторов.

Такова была к концу VIII в. связанная с индо-иранской традицией теоретическая основа мусульманской астрономии.

К началу IX в. существенное место в ней начинают занимать непосредственно птолемеевские методы и параметры. (В 829—830 гг. появился выполненный ал-Хаджаджем перевод «Алмагеста» непосредственно с греческого)²². Наконец, получает дальнейшее развитие традиция астрономических измерений, выполняемых на обсерваториях и других наблюдательных пунктах. На территории же Средней Азии и Ирана эта традиция не прерывалась. Известен, например, комплекс на территории древнего Хорезма, сочетавший функции храма и обсерватории²³. В подобных же целях использовались культовые сооруже-

¹³ Kennedy E. S. A Survey..., p. 138; Pingree D. The Greek Influence..., p. 37.

¹⁴ Абу Рейхан Бируни. Индия.— Избранные произведения, т. II; Пер. А. Б. Халидова и Ю. Н. Завадовского, Ташкент, 1963, с. 163.

¹⁵ Boilot D. J. L'oeuvre d'al-Biruni. Essai bibliographique. Institut Dominicain d'études orientales du Caire, Mélanges, 2, Le Caire, 1955, p. 203—204.

¹⁶ Sachau E. Alberuni's India. An English Edition with Notes and Indices by E. Sachau. V. 1—2. London, 1888, p. XXXII—XXXIV.

¹⁷ Pingree D. The Greek Influence..., p. 36—37.

¹⁸ Kennedy E. S. A Survey..., p. 137; Pingree D. The Greek Influence..., p. 36—37.

¹⁹ Pingree D. The Fragments of the Work of al-Fāzārī. — Journ. Near East. Studies, 1970, v. 29, p. 101—123.

²⁰ Zinner E. Die Tafeln von Toledo. — Osiris, 1936, v. 1, p. 39.

²¹ Kennedy E. S. A Survey..., p. 134; Pingree D. The Fragments of the Work of Ja'qūb ibn Tāriq. — Journ. Near Eastern Studies, 1968, v. 27, p. 97—125.

²² Pingree D. The Greek Influence..., p. 39.

²³ Воробьева М. Г., Рожанская М. М., Веселовский И. Н. Древне-хорезмийский памятник IV в. до н. э.— IV в. н. э. Кой-Крылган-кала с точки зрения истории астрономии.— Историко-астрономические исследования, вып. X, М., 1969, с. 15—34.

ния сабиев, христианские и зороастрийские храмы на территории дому суннитской Сирии, Месопотамии, Ирана и Афганистана. Это продолжалось и после арабского завоевания. Таким образом, плодотворная деятельность астрономов «Дома мудрости» опиралась на глубокую теоретическую и наблюдательную традицию, которая не прерывалась на всей территории халифата от Сирии до Афганистана.

Неизвестно, был ли сам ал-Хорезми в числе «астрономов Ма'муна» еще в Мерве или вошел в эту группу уже в Багдаде. Это не столь важно. Важно, что «Дом мудрости» был первоклассной научной школой, члены которой, воспитанные каждый на научной традиции своей страны, получили в процессе совместной работы возможность научного общения друг с другом и знакомства с индийскими и греческими источниками в багдадской библиотеке.

В недрах самой багдадской школы как бы в зародыше можно заметить две тенденции, которые впоследствии определили два направления и два этапа развития астрономии на средневековом Среднем и Ближнем Востоке. Это индо-иранская традиция, включающая греческие доптолемеевские методы, ярким выразителем которой стал ал-Хорезми, и птолемеевская традиция, наиболее четко представленная в творчестве Яхьи ибн Аби Мансура и в значительной степени — Хабаша ал-Хасиба. Этим двум направлениям соответствуют и два наиболее крупных зиджа, созданных в недрах багдадской школы: с одной стороны, — зидж ал-Хорезми (Аз-зидж ал-Хваризмий), известный также под названием «Зидж ал-Ма'муна» (Аз-зидж ал-Ма'муний) и под упомянутым выше названием «Синдхинд» (Аз-зидж ас-Синдхинд), а с другой, — «Проверенный зидж ал-Ма'муна» (Аз-зидж ал-мумтахан ал-Ма'муний), или «Зидж Шаммасии» (Аз-зидж аш-Шаммасийя) Яхьи ибн Аби Мансура²⁴.

Однако сами эти направления не были столь «прямолинейны». Известно, что в зидже ал-Хорезми встречаются часто птолемеевские методы и параметры, а зидж Яхьи ибн Аби Мансура включает и индо-иранские, и чисто греческие доптолемеевские методы²⁵. Процесс настоящей «птолемизации» охватил астрономию стран ислама по крайней мере столетием позже и связан уже с деятельностью ал-Баттани (ок. 850—929) и Абу-л-Вафы (940—998).

Перед нами встает несколько вопросов. Во-первых, почему именно ал-Хорезми оказался выразителем индийской традиции? Во-вторых, почему зидж ал-Хорезми не содержит результатов его собственных наблюдений? И, в-третьих, и зидж ал-Хорезми, и «зидж ал-мумтахан» были известны и на востоке, и на западе мира ислама. До нас, например, дошли отрывки из латинского перевода трактата Яхьи под названием «*Tabula probata*» («*probata*» — буквальный перевод арабского термина «мумтахан» — «проверенный»²⁶). Однако «зидж ал-мумтахан» не получил столь широкого распространения, как сочинение ал-Хорезми. Его место в истории науки скорее можно оценивать в связи с тем, что именно на него (равно как и на зидж Хабаша ал-Хасиба) опирался ал-Баттани в своей «птолемизации» астрономии. Зидж же ал-Хорезми был не просто широко известен, но знаменит как на востоке и западе мусульманского мира, так и в средневековой Европе. Имя его не было впоследствии утеряно, а наоборот, вошло даже в современную научную терминологию. Чем это можно объяснить?

Ответ на первый вопрос почти очевиден. Ал-Хорезми индийская культура была гораздо ближе, чем, например, Яхье ибн Аби Мансуру. Ведь корни этой культуры уходят в глубь веков, к эпохе кушан, государство которых объединяло значительную территорию Средней Азии

²⁴ Kennedy E. S. A Survey..., p. 132, 145.

²⁵ Там же.

²⁶ Там же, с. 132: Millàs Vallicrosa J. M. El libro de los tablos astronomicas de R. Abraham ibn 'Ezra. Madrid—Barcelona, 1947, Vernet J. Las «*Tabulae probatae*», — Nomenaje a Millàs Vallicrosa, v. 2, 1956, p. 501—522.

и Северной Индии. Традиция этой культуры долго сохранялась в Хорезме. Заметим, что, кроме зиджа, индийскую традицию донесли до нас и математические произведения ал-Хорезми, главным образом его арифметический трактат. Прозвище «ал-маджуси» (маг) позволяет предположить, что ал-Хорезми был не просто зороастрийцем, но связан происхождением со средой «магов» — ученых-жрецов домусульманского Хорезма, большинство которых, как свидетельствует Беруни, были уничтожены вместе с их трудами. Но, очевидно, уничтожены не до конца: о живучести доисламской традиции говорят многочисленные следы ее в культуре Хорезма, которые ощущались вплоть до начала нынешнего столетия²⁷. А то, что доисламская культура Средней Азии тесно связана с индийской, — факт бесспорный.

Ответ на остальные вопросы может дать анализ самого зиджа ал-Хорезми.

Арабский текст этого трактата не сохранился. Зидж дошел до нас в латинском переводе, сделанном в 1126 г. Аделардом из Бата. Но Аделард перевел не оригинальный текст, а его обработку, сделанную в X в. в Кордове испано-арабским астрономом Масламой ибн Ахмадом ал-Маджрити (ум. 1007—1008). Этот перевод дошел до нас в нескольких рукописях. По трем из них: рукописи Бодлеянской библиотеки (Auct. P. I, 9), рукописи Шартрской публичной библиотеки (214/173) и рукописи Мадридской национальной библиотеки (10016) — он был издан в 1914 г.²⁸ В 1962 г. О. Нейгебауер, который привлек еще четвертую рукопись, хранящуюся в Кембридже (Corpus Christi College Ms. 283), издал английский перевод текста (без таблиц) латинского перевода Аделарда²⁹. Обработка ал-Маджрити впоследствии дважды подвергалась ревизии. Впервые ее предпринял ученик ал-Маджрити — Ибн аш-Шаффар, а в XIII в. — знаменитый испано-арабский ученый Ибн Эзра³⁰.

Мы ограничимся краткой характеристикой зиджа ал-Хорезми, ибо наша цель — не описание этого трактата, а попытка реконструировать его первоначальный вид.

В том виде, в котором он дошел до нас, зидж ал-Хорезми состоит из 116 таблиц (хронологические таблицы, тригонометрические таблицы, таблицы средних движений Солнца, Луны и планет, таблицы для вычисления их координат, таблицы для вычисления моментов затмений и т. д.) и 37 глав, представляющих собой инструкции-правила для вычисления таблиц и пользования ими. Геометрическое доказательство правил практически отсутствует.

Обработка ал-Маджрити состояла, очевидно, прежде всего в том, что он значительно изменил структуру зиджа ал-Хорезми, «причесав» сочинение, написанное в индо-иранской традиции, в соответствии с греческим образцом, причем даже не столько по образцу «Алмагеста», сколько по образцу комментариев Теона. В пользу этого предположения говорит многое, в частности то, что значение угла наклона эклиптики у ал-Маджрити равно $23^{\circ}51'$, что согласуется с Теоном, а не с индийскими источниками, в которых принята величина, равная 24° . Ибн ал-Кифти сообщает, что ал-Маджрити пересчитал таблицы среднего

²⁷ Снесарев Г. П. Реликты домусульманских верований и обрядов у узбеков Хорезма. М., 1969.

²⁸ Björnbo A., Besthorn R. Die Astronomischen Tafeln des Muhammad ibn Musa in der Bearbeitung des Maslama ibn Ahmad al-Madjriti und der lateinischen Übersetzung des Athelhard von Bath auf Grund der Vorarbeiten von A. Björnbo und R. Besthorn, hrsg. und kommentiert von H. Suter. — Mem. Acad. sci. Danemark, sec. lettres, 3, 1914.

²⁹ The Surya-siddhanta. Engl. transl. E. Burgess; annot. W. D. Whitney. — Journ. Amer. Orient. Soc., New Haven, 1859—1860, 6 Repr. P. Ganguoly, introd. P. Ch. Sen Gupta, Calcutta, 1935.

³⁰ Goldstein B. R. Ibn al-Muthanna's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwarizmi. New Haven—London, 1967, p. 9—10.

движения светил от «эры Иездигерда», как это было в оригинале у ал-Хорезми, к «эре хиджры», принятой в более поздних зиджах³¹.

Впрочем, «птолемизацию» традиции «синдхинда» у ал-Хорезми нельзя, конечно, полностью отнести за счет обработки ал-Маджрити. Многие данные говорят о том, что ал-Хорезми был хорошо знаком и с «Алмагестом», и с комментариями Теона.

Но можно ли попытаться, хотя бы частично, составить представление о содержании и структуре зиджа ал-Хорезми до его обработки? Оказывается, такая возможность существует.

Во-первых, имеется целая серия комментариев к зиджу и его обработок, выполненных еще до ал-Маджрити, от времени создания этого сочинения (ок. 840 г.) вплоть до X в. Это прежде всего «Книга о началах астрономии («Китаб фи усул 'илм ан-нуджнум»), написанная ок. 850 г., т. е. почти одновременно с зиджем ал-Хорезми, его современником, учеником и сотрудником — Фергани³².

Трактат Фергани написан под сильным влиянием зиджа ал-Хорезми и во многом его повторяет. Кроме того, известно, что Фергани был автором и критического комментария к зиджу ал-Хорезми³³.

Во-вторых, зидж ал-Хорезми комментировал еще один автор — Ибн Масрур, ученик знаменитого астронома и астролога IX в. Абу Машара³⁴. Его комментарий не сохранился. Он известен по многочисленным упоминаниям и отрывкам из него, приведенным у других авторов. Беруни упоминает и о трактате, написанном Абу-л-Фадлом ибн Маша'аллахом, который, по его словам, представлял собой комбинацию зиджей ал-Хорезми и Хабаша ал-Хасиба в сокращенном виде³⁵.

В-третьих, до нас дошли многочисленные упоминания, цитаты и описания методов ал-Хорезми, которые приводит Беруни и в «Геодезии», и в «Каноне Мас'уда», и в серии его так называемых малых астрономических трактатов³⁶. В распоряжении Беруни, естественно, был арабский оригинал зиджа ал-Хорезми.

В-четвертых, и это, пожалуй, самое важное: до нас дошел комментарий к зиджу ал-Хорезми, написанный в X в. Абд ал-Каримом ибн ал-Мусанной³⁷.

О самом Ибн ал-Мусанне мы фактически ничего не знаем. Некоторые исследователи вообще идентифицировали его с Беруни. Так считал, например, Г. Зутер³⁸. И не без оснований: мы уже говорили, что сочинения Беруни содержат многочисленные ссылки на зидж ал-Хорезми. Лишь сравнительно недавно удалось найти сведения об Ибн ал-Мусанне в одном из трактатов ал-Андалуси. Ал-Андалуси упоминает его именно как автора указанных комментариев к зиджу ал-Хорезми (та'лйл зидж ал-Хваризми³⁹).

К сожалению, арабский текст комментариев Ибн ал-Мусанны сохранился только в переводах на латинский и древнееврейский языки. Латинский перевод, автор которого — известный переводчик арабоязычной научной литературы Гуго Санкталенский, известен в трех рукописях: Bodl. Arch. Selden B 34; Bodl. Savile 15; Conville and Caius Coll. 456. Все три находятся в Кембридже.

Древнееврейский перевод сохранился в двух рукописях: Пармской (Bibl. Palatina 293 Olim de Rossi 212) и Оксфордской (Bodl. MS Michael 400). Оксфордская рукопись полнее Пармской, которая обрывается на середине фразы. Исследования показали, что обе версии не

³¹ Ibn el-Qifti. Ta'rikh el-Hukama...

³² Alfraganus. Elementa astronomica. Amstelodami, Waasberge, Weyerstraet, 1669.

³³ Al-Biruni. Rassailu-l-Biruni. Osmania Oriental Publications Bureau. Hyderabad—Dessan, 1948 (1319); Абу Рейхан Бируни. Индия..., с. 128.

³⁴ Pingree D. The Thousands of Abū Ma'shar...

³⁵ Kennedy E. S. A Survey..., p. 128.

³⁶ Al-Biruni. Rassailu-l-Biruni...

³⁷ Goldstein B. R. Op. cit.

³⁸ Pingree D. The Thousands of Abū Ma'shar...

³⁹ Goldstein B. R. Op. cit., с. 9.

являются копиями, а представляют собой два самостоятельных перевода с арабского. Автор Оксфордской версии неизвестен. Что касается Пармской версии, то установлено, что автор ее — Ибн Эзра⁴⁰. М. Валликроса обнаружил сочинение самого Ибн Эзры, в которое включены многочисленные отрывки из Ибн ал-Мусанны и ссылки на него⁴¹.

Латинская и еврейская версии независимы друг от друга и восходят к общему арабскому оригиналу. Это следует из того, что в латинской версии, например, многие специальные термины представляют собой буквальный перевод с арабского. С другой стороны, еврейская версия сохранила структуру комментария в форме вопросов и ответов, которая утрачена в латинском переводе.

Комментарий Ибн ал-Мусанны — очень ценный материал для восстановления оригинального текста зиджа ал-Хорезми. Из него следует, например, что в основе таблиц ал-Хорезми лежит начало «эры Иездигерда» (16 июня 632 г.), а не начало «эры хиджры» (14 июля 622 г.), как это сделано в обработке ал-Маджрити. Ибн ал-Мусанна сообщает далее, что при составлении своих таблиц синусов ал-Хорезми взял за основу величину радиуса $R=150$, как это было принято в индийской астрономии, тогда как в обработке ал-Маджрити фигурирует величина $R=60$, принятая в греческой астрономии, и т. д.

И, наконец, в-пятых, большой вклад в восстановление первоначального содержания и структуры зиджа внесли его исследователи: О. Нейгебауэр, Э. С. Кеннеди, И. И. Буркхардт и другие, подвергнув тщательному анализу узловые проблемы этого трактата и сравнив его с индийскими, иранскими и греческими астрономическими сочинениями.

Исходя из сказанного, мы можем, наконец, судить не только о структуре и форме исходного текста зиджа ал-Хорезми, но и об источниках отдельных его разделов.

Известно, что структура зиджей X—XI вв. была уже вполне канонической, т. е. порядок изложения материала в них был четко регламентирован. Как правило, они написаны по образцу «Алмагеста». Именно такова структура зиджа ал-Хорезми в обработке ал-Маджрити. Из комментария же Ибн ал-Мусанны следует, что структура первоначального текста ближе к индийским образцам, чем к «Алмагесту». Например, теория движения планет в нем предшествует теории затмений, как это принято у индийцев.

Раздел хронологии практически свободен от индийского влияния. Ал-Хорезми выделяет три основных, по его мнению, эры: селевкидскую (или «эру Александра»), началом которой считалось 1 октября 312 г. до н. э. — день вступления на престол Селевка, и упомянутые выше «эру Иездигерда» и «эру хиджры». Мы уже говорили, что в первоначальном тексте во всех вычислениях ал-Хорезми отправляется от «персидской эры», т. е. «эры Иездигерда», и только ал-Маджрити ввел отсчет по «эре хиджры».

Обратимся теперь к тригонометрическому разделу зиджа. Ал-Хорезми вводит две непосредственно не связанные друг с другом группы тригонометрических линий. Одна из них — индийские по происхождению величины синус и синус-верзус, рассматриваемые в круге в соответствии с традицией «Алмагеста». Другая группа — «тени», введенные в соответствии с правилами индийской гномоники. Взяв понятие синуса из индийской тригонометрии ал-Хорезми составил свою таблицу синусов по образцу птолемеевой таблицы хорд. Она составлена в предположении, что радиус круга в ней берется равным 60 частям. Однако и комментарий Ибн ал-Мусанны, и свидетельство Беруни говорят о том, что в первоначальном тексте, как уже отмечалось, была ве-

⁴⁰ Steinschneider M. Etudes sur Zarkali. — Bulletin Boncompagni, 1887, v. 20, p. 1—36, 575—604.

⁴¹ Millàs Vallicrosa J. M. El libro de los tablos...

личина $R=150$, принятая в индийской астрономии. Величину $R=60$, очевидно, ввел ал-Маджрити.

Непосредственно птолемеевская традиция наиболее четко прослеживается в определении и вычислении функций сферической астрономии — главным образом экваториальных координат: склонения δ и восхождения α .

Для длины сидерического года ал-Хорезми приводит две величины, одна из которых имеет чисто индийское происхождение. Она встречается и в «Сурья-сиддханте», и в «Брахма-спхута-сиддханте», и во всех арабских зиджах, тяготеющих к традиции «синдхинда». Второе значение восходит к «Зидж-и-шаху».

К индийским же источникам, очевидно, восходит теория движений Солнца, Луны и планет.

Движение Солнца ал-Хорезми описывает с помощью простой эксцентрической гипотезы, пользуясь одним неравенством — уравнением Солнца (или уравнением центра) Θ . Сами способы вычисления Θ в зидже ал-Хорезми восходят к индийской астрономии. Беруни в своем трактате «Об уравнении Солнца»⁴² приводит прием для вычисления Θ , называемый «методом склонений», который он приписывает ал-Хорезми. Характерно, что «метод склонений» непосредственно в индийских источниках не упоминается и, очевидно, восходит к методам сасанидской астрономии⁴³. Критические замечания Беруни по поводу «метода склонений»⁴⁴ позволяют считать, что он дошел до нас в первоначальном виде.

В основе теории движения планет у ал-Хорезми лежит своеобразно преломленная модель Птолемея с подвижным эксцентрическим деферентом. О. Нейгебауэр показал, что она основана на индийских методах, разработанных в процессе модификации греческих моделей⁴⁵. Как показали исследования Э. С. Кеннеди, эти индийские по происхождению методы и параметры попали в зидж ал-Хорезми непосредственно через «Зидж-и-шах»⁴⁶.

Теория широт планет имеет чисто индийское происхождение. К индийским же источникам восходит и теория лунного параллакса, помещенная в конце зиджа. Ал-Хорезми приводит правило определения составляющих полного параллакса Луны π по долготе и широте: λ и π . Таблицы обеих функций вычислены через один градус аргумента с точностью до секунд. Значения ал-Хорезми получает с помощью изящного итерационного приема, который сводится к нахождению последовательных приближений π_{λ_n} и дает вполне удовлетворительную точность уже для π_{λ_5} ⁴⁷. Этот алгоритм ал-Хорезми напоминает методы «Сурья-сиддханты» и, очевидно, также имеет индийское происхождение⁴⁸.

* * *

Даже из краткого обзора материала зиджа ал-Хорезми видно, что он не был простым переложением ни сиддханты Брахмагупты, ни «Синдхинда» ал-Фазари. Ал-Хорезми действительно использовал при составлении своего труда преимущественно индийские астрономические сочинения. С частью методов и таблиц, восходящих к индийской

⁴² Lesley M. Biruni on Rising Times and Daylight Length. — Centaurus, 1957, 5, p. 121—141.

⁴³ Kennedy E. S. A Survey...; его же. The Sasanian astronomical Handbook...

⁴⁴ Kennedy E. S., Murguwa A. Biruni on the Solar Equation. — Journ. New Eastern Studies, 1958, 17, p. 112—121.

⁴⁵ Neugebauer O. The Astronomical Tables of al-Khwārizmī. Translation with commentaries of the latin Version edited by H. Suter, supplemented by Corpus Christi College Ms 283.— Historisk—filosofiske skrifter unget af det Kongelige Danske Videnskaber. Selskab. Bd. 4, N 2, København, 1962.

⁴⁶ Kennedy E. S. A Survey...; его же. The Sasanian astronomical Handbook...

⁴⁷ Neugebauer O. The Astronomical Tables...

⁴⁸ Там же, с. 154.

астрономии, он познакомился по сасанидским источникам. Значительную часть составляет чисто иранский материал, в некоторых случаях восходящий к вавилонским методам эпохи Селевкидов. Наконец, третья группа — греческие методы, преимущественно доптолемеевские и в некоторых случаях птолемеевские. С частью греческих методов ал-Хорезми, вероятно, познакомился по индийским и иранским источникам, но относительно некоторых из них можно полагать, что они были известны ему по не дошедшим до нас, но упоминавшимся в источниках и, очевидно, имевшим широкое хождение переводам на сирийский и пехлеви.

Наш обзор показывает, что труд ал-Хорезми не был простым заимствованием, компиляцией или механическим соединением разнородных по происхождению теорий, методов и приемов. Это — результат творческой переработки многочисленных источников и совершенно разнородных приемов изложения с целью достижения максимального единообразия, компактности и строгости в постановке задач и их решений, чтобы облегчить читателю усвоение материала.

Теперь можно, наконец, вернуться к поставленным выше вопросам, ответ на которые дает наш обзор. Он показал, что зидж ал-Хорезми резко выделяется среди массы дошедших до нас зиджей его современников и ученых последующих поколений не только тем, что знаменует внедрение индо-иранской традиции в средневековую астрономию. Его широкая известность в мусульманском мире объясняется прежде всего масштабами самой личности ал-Хорезми — крупнейшего учено-энциклопедиста.

Зидж ал-Хорезми не содержит результатов собственных наблюдений и измерений. Но в этом не было надобности и не это было его целью. В «Доме мудрости» ал-Хорезми был не наблюдателем, а руководителем. Его зидж представляет собой именно теоретическое руководство (это и отличает его от зиджей современников и коллег ал-Хорезми), причем первое подобного рода в странах ислама. Хотя в IX—XI вв. в астрономическую науку вошло огромное число таких сочинений, зидж ал-Хорезми продолжали использовать, изучать и комментировать в течение долгого времени. Ничто не могло вытеснить его из научного оборота, даже такое замечательное сочинение, как зидж ал-Баттани. Этот зидж, написанный в русле птолемеевской традиции и на гораздо более высоком теоретическом уровне, не может сравниться по степени распространенности в восточном и западном ареалах научного мира ислама с трудом ал-Хорезми. (Не говоря уже о том, что сам зидж ал-Баттани написан под существенным влиянием сочинения ал-Хорезми). О влиянии сочинения ал-Хорезми на творчество Беруни мы уже говорили.

Трактат ал-Хорезми был первым зиджем, ставшим в латинском переводе широко известным в Западной Европе, причем не только в Испании, но даже в Англии⁴⁹. Но наиболее сильно сказалось его влияние, как и вообще традиция «Синдхинда», на испано-арабской астрономии. Речь идет о знаменитых «Толедских таблицах», очевидно, составленных и отредактированных аз-Заркали⁵⁰. Анализ их показал, что они не только написаны под сильным влиянием зиджа ал-Хорезми, но включают практически без изменения целые разделы из него. К традиции «Синдхинда» ал-Хорезми тяготеет и целая серия андалузских астрономических трактатов, большинство которых в той или иной степени связано с деятельностью аз-Заркали⁵¹.

Влияние традиции ал-Хорезми в значительной мере определило направление развития испано-арабской астрономии, в которой важную роль играли индо-иранские и греческие доптолемеевские методы; они

⁴⁹ Там же, с. 129—130.

⁵⁰ Zinner E. Op. cit.; Toomer G. J. A Survey of the Toledan Tables. — Osiris, 1968, v. 15.

⁵¹ Toomer G. J. Op. cit., p. 5—6; Zinner E. Op. cit., p. 61—71.

стали известны на Пиренейском полуострове благодаря его зиджу. А «Толедские таблицы» получили широкое распространение в средневековой Европе, где оставались наиболее популярным руководством в течение по крайней мере двухсот лет, вплоть до составления «Альфонсинских таблиц», и долгое время — наряду с ними. Поэтому можно с достаточным основанием утверждать, что зидж ал-Хорезми вошел составной частью в ту совокупность знаний и методов, которые стали фундаментом астрономии эпохи Возрождения, а затем на этой основе сложилась коперниканская астрономия.

А. АХМЕДОВ

ТЕОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ПЛАНЕТ В «ЗИДЖЕ» АЛ-ХОРЕЗМИ

«Зидж» ал-Хорезми был написан между 819 и 833 г. Арабский оригинал его не сохранился. В 1007 г. этот труд ал-Хорезми был подвергнут небольшой обработке испано-арабским астрономом Масламой ал-Маджрити. Его обработка «Зиджа» в 1126 г. была переведена на латынь англичанином Аделардом из Бата. До нашего времени дошли четыре рукописи латинского перевода. По ним в 1914 г. Г. Зутер издал критический латинский текст «Зиджа» с комментариями и введением на немецком языке¹. В 1962 г. О. Нейгебауэр опубликовал английский перевод «Зиджа», но без табличной части².

«Зидж» ал-Хорезми состоит из 37 глав и 116 таблиц. Рассматриваемому нами вопросу посвящены главы 7—22. В основе теории движения планет ал-Хорезми лежит геоцентрическая система Птолемея, изложенная им в «Алмагесте». В 7-й главе («Об определении среднего положения планет») ал-Хорезми разъясняет, как определять среднюю долготу $\bar{\lambda}$ планеты на деференте (или эксцентрической орбите) при помощи истинной долготы λ и уравнения Θ . В 8-й главе описывается метод определения истинного положения Солнца, т. е. его истинной долготы λ . Для этого ал-Хорезми сначала определяет из таблицы «среднее положение» Солнца, т. е. долготу $\bar{\lambda}$ центра эпицикла Солнца, отсчитываемую как угол между линией, соединяющей центр O' эксцентричного круга с Солнцем S и прямой, параллельной линии, соединяющей центр эклиптики с точкой весеннего равноденствия (рис. 1). Эклиптическая долгота λ связана с $\bar{\lambda}$ соотношением $\lambda = \bar{\lambda} + \Theta$, где Θ — уравнение Солнца. Ал-Хорезми находит Θ по таблицам как функцию аномалии $\bar{k} = \bar{\lambda} - \lambda$, где λ — эклиптическая долгота апогея Солнца, равная $17^{\circ}55'$ Близнецов, т. е. $77^{\circ}55'$ от начала Овна. Применяя к треугольнику SOO' плоскую теорему синусов, зависимость между уравнением Θ и аномалией \bar{k} можно выразить формулой $\text{tg } \Theta = \frac{e \sin \bar{k}}{e \cos \bar{k} + 1}$ где e — эксцентриситет.

9-я глава посвящена определению положения Луны. Для этого из таблицы находится эклиптическая долгота λ Луны и ее средняя аномалия $\bar{\alpha}$ (рис. 2). По $\bar{\alpha}$ находится уравнение Луны $\Theta = |\lambda - \bar{\lambda}|$, где $\bar{\lambda}$ — средняя долгота Луны, т. е. эклиптическая долгота центра ее эпицикла. Зависимость Θ от $\bar{\alpha}$ может быть выражена формулой

$$\text{tg } \Theta = \frac{e \sin \alpha}{1 + e \cos \alpha}.$$

¹ Die astronomischen Tafeln des Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi in der Bearbeitung des Maslama ibn Ahmad al-Madjriti und der latein. Übers. des Athelhard von Bath auf Grund der Vorarbeiten von A. Björnbo und R. Besthorn in Kopenhagen herausg. und kom. von H. Suter in Zürich. — Mémoires de l'Académie Royale des sciences et des lettres de Danemark, Copenhage, 7-émi. série. Section des lettres, t. III, No. 1, 1914.

² Neugebauer O. The astronomical Tables of al-Khwarizmi, transl. with comm. of the Latin Version ed. by H. Suter. — Hist.-filos. Skr. udg. af det Kongelige Danske Vidensk. Selskab, København, Bd. 4, Nr. 2, 1962.

где $e = \frac{r}{R}$ — эксцентриситет (по ал-Хорезми $e = \frac{5^p 10^r}{60^p} = 0,08611$).

В 10 и 11-й главах по геоцентрической системе соответственно описываются движения «верхних» и «нижних» планет.

А. Берри и О. Нейгебауэр отметили важную особенность геоцентрической системы Птолемея, которая является модификацией гелиоцентрической системы одного из его предшественников (возможно, Аристарха Самосского), состоящую в том, что отрезок, соединяющий центр эпицикла с планетой, всегда должен быть равен и параллелен отрезку, соединяющему Землю и «среднее» Солнце³.

Эта особенность объясняется следующим образом. Если планета P ближе к Солнцу S , чем Земля E , то ее движение, согласно гелиоцентрической системе, будет иметь вид, представленный на рис. 3а. В геоцентрической системе движение планеты P по отношению к Земле состоит в том, что Солнце движется вокруг Земли по кругу радиуса SE , а планета — вокруг Солнца по кругу радиуса SP . Этот круг и является в данном случае эпициклом (рис. 3б). Если планета P дальше от Солнца S , чем Земля E , то ее движение, согласно гелиоцентрической системе, изображается рис. 4а. 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 планеты — вокруг Солнца S по кругу радиуса SP . То же движение мы получим, если дополним фигуру SPE до параллелограмма с вершиной C . Точка C описывает вокруг Земли круг радиуса $EC=SP$, а планета движется вокруг точки C по кругу радиуса $CP=ES$. Этот круг и является в данном случае эпициклом.

Метод определения ал-Хорезми истинных долгот трех «верхних» планет — Сатурна, Юпитера и Марса для каждого данного момента основан на индийских методах, изложенных в астрономических трактатах «Сурья-сиддханта» (IV в.), «Брахма-спхута-сиддханта» и «Кхандакхадьяка». Индийские методы, в свою очередь, были основаны на эксцентрическо-эпициклических моделях греческих ученых. Исследования показали, что эти модели были известны индийским ученым не по «Алмагесту» Птолемея, а по каким-то иным источникам. Рассмотренный в главе 10 метод ал-Хорезми является несколько вольной модификацией индийских методов⁴.

Истинную долготу планеты ал-Хорезми определяет в несколько этапов. Сначала для данного момента, основываясь на правилах главы 7, из соответствующих таблиц находятся средняя долгота Солнца $\bar{\lambda}_S$ и планеты $\bar{\lambda}$, а по ним находится аномалия $\alpha_1 = \bar{\lambda}_S - \bar{\lambda}$ (рис. 5).

Значения α_1 приводятся в таблицах 9, 11 и 13 для суток и часов, что позволяет вычислять средние долготы для годов и месяцев.

Затем со значением аномалии α_1 входят в таблицы 27—44, причем при $0^\circ \leq \alpha_1 \leq 180^\circ$ входят в столбец 2, откуда находят «исправленную» (или уравненную) долготу апогея $S(\alpha_1)$, при $180^\circ \leq \alpha_1 \leq 360^\circ$ также входят в столбец 2 — находят $S(\alpha_1)$ и входят в столбец 3, находят $\sigma_1(\alpha_1)$ — эпициклическое уравнение и составляют сумму $S + |\sigma_1|$. В данном действии ал-Хорезми комбинирует два параметра греческой модели — долготу апогея λ_A и «уравненную аномалию» (или эпициклическое уравнение) σ_1 , зависящую от аномалии α_1 . Эта зависимость может быть выражена формулой

$$\operatorname{tg} \sigma_1 = \frac{e \sin \alpha_1}{e \cos \alpha_1 + 1}.$$

Комбинация ал-Хорезми выражается соотношением

³ Берри О. Краткая история астрономии. Пер. С. Г. Займовского. Изд. 2-е. М.—Л., 1946, с. 105—110; Нейгебауэр О. Точные науки в древности. Пер. Е. В. Гохман. М., 1968, с. 128—129.

⁴ Neugebauer O. The Transmission of Planetary Theories in Ancient and Medieval Astronomy.— Scripta Mathematica, 22, 1956, p. 165—192.

Затем со значением k_2 в столбце 5 таблицы 27—44 находят «уравнение центра» (*examinatio centri*) $|\mu_2(k_2)|$, а по нему — параметр $k_3 = k_2 + \mu_1(k_2)$, причем

$$\mu_1 = -|\mu_1| \text{ при } 0^\circ \leq k_2 \leq 180^\circ,$$

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

Результатом k_3 назван *centrum examinatum*, т. е. «уравненный (или исправленный) центр». Уравнение μ_1 является поправкой на экс-

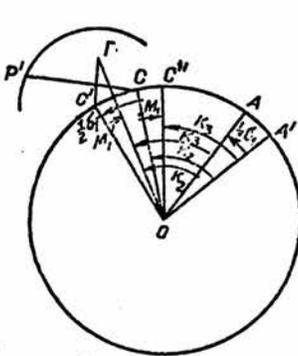


Рис. 8

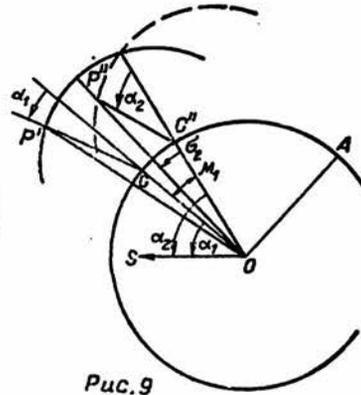


Рис. 9

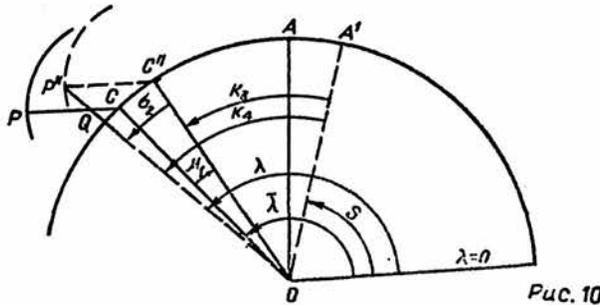


Рис. 10

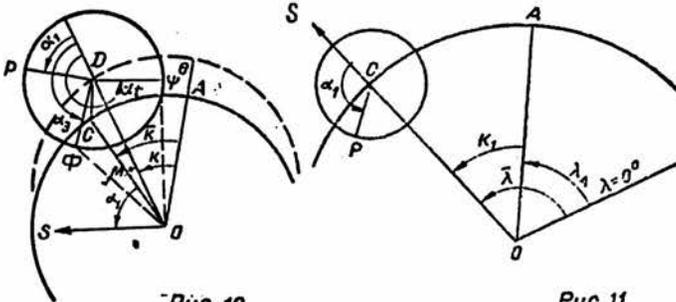


Рис. 11

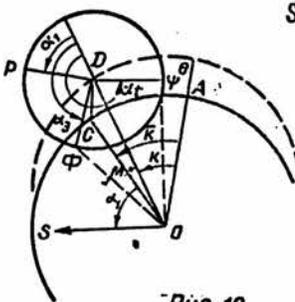


Рис. 12

центриситет. Согласно эпициклической теории, центр эпицикла C движется не по концентричному деференту, а по эксцентру, который движется с величиной e в направлении OA (рис. 7). Величину k_3 можно связать и с положением апогея A' , передвинутым относительно положения A на угловое расстояние $\frac{1}{2}\alpha_1$. По отношению к этой точке k_3 является угловым расстоянием точки C'' , которая лежит на расстоянии μ_1 впереди точки C . Так как C'' лежит на расстоянии k_3 от A' а C — на расстоянии k_2 от A' , то $CC'' = k_2 - k_3 = \mu_1$. Зависимость μ_1 от k_2 выражается также формулой

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

Далее, при помощи уравнения центра μ_1 и расстояния центра k_3 находится «исправленная (или уравненная) аномалия» $\alpha_2 = \alpha_1 - \mu$, т. е. угол SOC'' (рис. 8).

Из рис. 9 можно видеть, что найденные величины переносят центр эпицикла из точки C в точку C'' . При этом из последнего равенства видно, что точка P'' с эпициклической аномалией α_2 лежит на $C''P'' // CP'$ или же на линии, параллельной направлению от центра деферента к Солнцу.

Для нового положения P'' планеты находится поправка σ , входя с аргументом α_2 в столбцы 3 упомянутых таблиц, т. е. $|\sigma_2| = |\sigma_2(\alpha_2)|$, причем

$$\begin{aligned} \sigma_2 &= |\sigma_2| \text{ при } 0^\circ \leq \alpha_2 \leq 180^\circ, \\ \sigma_2 &= -|\sigma_2| \text{ при } 180^\circ \leq \alpha_2 \leq 360^\circ. \end{aligned}$$

Откуда получается «конечный центр»

$$k_4 = k_3 + \sigma_2.$$

Затем получается истинная долгота

$$\lambda = k_4 + S,$$

где $S(\alpha_1)$ — исправленная долгота.

Из рис. 10 очевидно, что

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

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

В 11-й главе аналогично определяется положение двух «нижних планет», с той лишь разницей, что в силу указанной особенности геоцентрической системы, для «нижней» планеты «средняя» планета совпадает со «средним» Солнцем, т. е. $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_S$ и аномалия α_1 не зависит от λ_3 (рис. 11). В этом случае $\bar{\lambda}$ и α_1 находят по таблицам. Для данного момента $\bar{\lambda}$ и α_1 находят из таблиц 4—5 и 15—18.

Согласно изложенному в главе 10, из столбцов 1—5 таблиц 45—56 находят следующее: из столбца 2: $S = \lambda_A - \frac{1}{2}\sigma_1$ и центр $k_2 = \bar{\lambda} - S$,

$$\text{из столбца 4: } \mu_1(k_2) \text{ и центр } k_3 = k_2 + \mu_1$$

и по нему аномалию $\alpha_2 = \alpha_1 - \mu_1$,

$$\text{из столбца 3: } \sigma_2(\alpha_2) \text{ и конечный центр } k_4 = k_3 + \sigma_2.$$

Наконец, так же, как и для «верхних планет», находят истинную долготу в виде $\lambda = k_4 + S = \bar{\lambda} + \mu_1 + \sigma_2$.

Видимые движения планет ал-Хорезми описывает в 13-й главе. Если эпицикл планеты — круг с центром D (рис. 12), а Φ и Ψ — точки касания касательных $O\Phi$ и $O\Psi$, проведенных к этому эпициклу из точки O , то Φ и Ψ будут соответственно 1 и 2-й точками стояния планет. На дуге $\Psi\Phi$ происходит прямое движение планет, а на дуге $\Phi\Psi$ — попятное движение. Угол между прямыми OD и $D\Phi$ обозначим α_s , а угол между прямыми OD и $D\Psi$ обозначим α_t (очевидно, $\alpha_t = = 360^\circ - \alpha_s$). Независимая переменная, которая определяет положение точки стояния, является угловым расстоянием центра D эпицикла от точки апогея A

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

где $\mu = \mu(\bar{k})$ — поправка на эксцентricность, сведенная в таблицы 27—56. Полученный при этом центр k называется *centrum examinatum*,

или «уравненным центром». Однако его не следует отождествлять с «центром экзаминатум» $k_3 = k_2 + \mu_1$, найденным в главе 10. Это становится очевидным, если вспомнить, что $k_2 = k_1 + \frac{1}{2} \sigma_1$, где σ_1 — произвольное положение планеты на эпицикле. Очевидно, положение точки стояния не зависит от изменения положения планеты на эпицикле.

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

$$\alpha = \alpha_1 - \mu(\bar{k}), \text{ где } \mu \leq 0 \text{ при } 0^\circ \leq \bar{k} \leq 180^\circ,$$

$$\mu \geq 0 \text{ при } 180^\circ \leq \bar{k} \leq 360^\circ,$$

так что радиус DP (рис. 12) будет параллелен направлению от точки O к «среднему» Солнцу. Таким образом, здесь «уравненная аномалия» (*argumentum examinatum*) означает истинную эпициклическую аномалию α , но не аномалию $\alpha_2 = \alpha_1 - \mu_1$, найденную в главе 10. Иначе говоря, здесь *examinatio* означает просто «поправку» или «уравнение» без определения специфики типа модификации, которая следует за этой поправкой.

Из рассмотрения столбца 6 таблиц 27—56 обнаруживается, что эти численные значения таблиц заимствованы из «Искусных таблиц Теона Александрийского» (IV в.)⁵. Но как они попали к ал-Хорезми, пока не выяснено.

В заключение следует отметить, что хотя «Зидж» ал-Хорезми включал значительные заимствования из индийских, иранских и эллинистических источников, что особенно заметно в вопросе движения планет, но автор подходил к ним творчески, исходя из собственных астрономических наблюдений, что обусловило оригинальность его труда.

⁵ Halma L. N. *Commentaire de Théon d'Alexandrie*. 3 vols. Paris, 1822—1825.

З. К. СОКОЛОВСКАЯ

РОЛЬ АЛ-ХОРЕЗМИ В РАЗВИТИИ ТОЧНОГО ИНСТРУМЕНТОВЕДЕНИЯ НА БЛИЖНЕМ И СРЕДНЕМ ВОСТОКЕ

Точные приборы и инструменты широко использовались человеком во всех областях его деятельности с древнейших времен и сыграли особую важную роль в развитии естествознания — без них невозможны были бы его успехи¹. Изучение истории развития и совершенствования точных приборов дает возможность выявить и проследить самую тесную связь в развитии естествознания и техники, постоянное их взаимовлияние.

В развитии наблюдательных средств астрономии с древнейших времен до наших дней можно наметить пять основных периодов, характеризующихся принципиально новыми средствами исследования². Первый период зародился в глубокой древности. Это — визуальные наблюдения с помощью специальных приспособлений. Повышение точности инструментов достигалось не только изменением их конструкций, но в основном за счет увеличения размеров инструментов. Возникновение второго периода относится к началу XVII в. и связано с «усилением» возможностей глаза оптикой зрительной трубы — телескопа. Изобретение

¹ Кедров Б. М. Предмет и взаимосвязь естественных наук. Изд. 2-е. М., 1967, с. 34.

² Михельсон Н. Н., Новокшанова-Соколовская З. К. Астрономические инструменты и приборы. — БСЭ, изд. 3-е, т. 2, М., 1970, с. 347—348.

окулярной сетки нитей и микрометра (40—70-е годы XVII в.) значительно расширило возможности телескопа, превратив его из наблюдательного инструмента в измерительный. Наступление третьего этапа связано с изобретением в XIX в., благодаря достижениям физики и химии, спектрального анализа и фотографии, позволившим «усилить» телескоп. Возникли новые направления астрономии — астроспектроскопия и астрофотография. Астрономы получили возможность иметь сведения о химических и физических свойствах небесных тел и их природе и осуществлять качественный анализ результатов наблюдений. Создание астрономических инструментов с электронно-оптическими преобразователями и радиотелескопов, ставшее возможным благодаря бурному развитию в XX в. радиофизики и электроники, ознаменовало начало четвертого периода в развитии средств изучения Вселенной, характеризующегося возможностью исследовать объекты, излучающие в той части электромагнитного спектра, которая не воспринимается органами чувств человека. Пятый этап исследования Вселенной начался в 60-х годах XX в. благодаря запуску искусственных спутников Земли и автоматических межпланетных станций. С помощью приборов, расположенных на космических аппаратах, астрономы получили возможность использовать для изучения Вселенной весь обширный спектр электромагнитных колебаний, избежав влияния атмосферы, ограничивающей исследователей небольшим «окном прозрачности».

Здесь мы кратко рассмотрим развитие точных инструментов в «до-телескопический период» — самый длительный в истории астрономии. Он, в свою очередь, отчетливо подразделяется на три периода — древний (Вавилон, Египет, Греция, Рим), восточное средневековье (страны ислама — Ближний и Средний Восток), европейское средневековье (Испания, Франция, Италия, Англия, Германия).

Развитие науки и техники в каждом из этих периодов определялось не только особенностями общественно-политического строя, но и взаимовлиянием культур различных народов.

Принципиальные схемы большинства астрономических инструментов были заимствованы из самой природы. В древности, наблюдая за Солнцем, люди обратили внимание на движение и изменение длины тени, отбрасываемой вертикальными предметами. Наблюдения в течение дня и года позволили установить в этих изменениях определенные закономерности. Вертикальный («теневого») шест, установленный на горизонтальной площадке, названный впоследствии гномоном, — первый созданный руками человека астрономический прибор. С его помощью определялись высота Солнца над горизонтом, направление меридиана, устанавливалось наступление равноденствий и солнцестояний, отсчитывалось время. Из природы же была заимствована схема угломерных астрономических инструментов. Наблюдатели, считавшие себя неподвижными, воспринимали движения небесных тел и всего небесного свода как абсолютные движения, которые можно было воспроизвести с помощью механических моделей. Звездные глобусы явились воплощением изображения звездного неба, вращение их вокруг оси имитировало вращение небесного свода. Движения Солнца, Луны и планет получили отражение в движении кругов армиллярных сфер.

Существует мнение, что наиболее ранние астрономические наблюдения проводились в Вавилоне и изобретателями способа измерения времени были вавилоняне³. Методы определения времени в Египте также представляют определенный интерес, тем более, что египетские солнечные часы конструктивно отличались от вавилонских. Указания на солнечные и звездные часы встречаются в памятниках Среднего царства (XXII—XXIII вв. до н. э.). Водяные же часы, заимствованные египтянами, видимо, из Вавилона, где клепсидры были известны еще

³ Пипуныров В. Н. История часов с древнейших времен до наших дней. М., 1982.

в начале II тыс. до н. э., упоминаются в Египте уже во время царствования Аменхотепа (XVI в. до н. э.)⁴.

Каких-либо сведений об астрономических наблюдениях и инструментах раннего периода истории Греции — расцвета крито-микенской культуры (XX—XIV вв. до н. э.), полностью пришедшей в упадок к XII в. до н. э., до нас не дошло. Астрономические сведения встречаются в письменных источниках VIII в. до н. э., так называемого гомеровского периода. По мере разложения первобытно-общинного строя в Греции формировался новый, рабовладельческий строй, существенно отличавшийся от рабовладельческих монархий Египта, Вавилона и других стран древнего Востока. Особенности государственного строя сказались и на развитии науки — она стала носить светский, а не «храмовый» характер. Греческие ученые, отказавшись от простого созерцания, пытались научно объяснять наблюдаемые явления, изучая вызвавшие их причины. Греки внимательно изучали опыт и воспринимали знания, накопленные другими народами, — из Вавилона пришли в Грецию теневой шест, названный греками гномоном, солнечные часы в виде чаши — «скафис», водяные часы — клепсидры.

Много нового в конструирование астрономических инструментов внесено самими греками. Так, считают, что от армиллярной сферы Евдокса (ок. 406 — ок. 355 г. до н. э.), состоявшей из 27 концентрических сфер и позволившей ему, несмотря на невысокую точность исполнения инструмента, воспроизвести и объяснить движение Солнца, Луны и планет, «пронсходят все астрономические приборы»⁵. К сожалению, описание этого инструмента не сохранилось. Больше «повезло» сконструированному Архимедом (ок. 287—212 г. до н. э.) оригинальному прибору для определения диаметра Солнца. До нас дошло описание Архимедом прибора и методики работы с ним⁶.

К сожалению, у ученых Древней Греции нет специальных работ об инструментах — сведения о них лишь вкраплены в астрономические труды.

Достигнув расцвета в V—IV вв. до н. э., античная Греция начала постепенно, а во II в. до н. э. интенсивно, приходить в упадок. К этому времени в завоеванном Александром Македонским Египте под влиянием греков значительное развитие получили наука и культура. Центр научной мысли переместился из Афин в Александрию. Ученые Александрийской школы стали уделять больше внимания эксперименту. Гиппарх (ок. 180—125 г. до н. э.), например, проводил многочисленные астрономические наблюдения с помощью сконструированных им самим и заимствованных от предшественников инструментов.

Эти наблюдения и инструменты, наряду с собственными, описал во II в. н. э. Клавдий Птолемей (ок. 90 — ок. 160 г.) в трудах «Великое математическое построение астрономии в 13 книгах», широко известном под арабизированным названием «Алмагест», и «Отображение сферы на плоскости», известном под названием «Планисферий». Благодаря Птолемею астрономические знания древних греков, методы наблюдений и инструменты, которые они использовали, сделались достоянием последующих поколений.

Расцвет Александрийской школы в первых веках нашей эры сменился застоем и упадком, которые в Западной Европе продолжались почти тысячелетие. Самостоятельные и оригинальные исследования ученых предшествовавших столетий в лучшем случае комментировались, а то и утрачивались вовсе.

В VII—IX вв. огромные пространства от Инда до Пиренеев — Сирию, Палестину, Египет, Персию, Северную Африку, Испанию — завоевали арабы. Воспринимая достижения древней культуры и науки,

⁴ Даннеман Ф. История естествознания. Естественные науки в их развитии и взаимодействии. Т. I. М., 1932.

⁵ Бернал Д. Наука в истории общества. М., 1956, с. 109.

⁶ Архимед. Псаммит (исчисление песчинок). — Сочинения, М., 1962, с. 359—360.

ученые Багдадской школы перевели на арабский язык и откомментировали основные труды греков, в том числе и «Великое построение» — «Алмагест» Птолемея. К изучению методов и инструментов своих предшественников астрономы средневекового Востока подходили творчески. Они не только значительно усовершенствовали античные астрономические инструменты, но и разработали собственные оригинальные конструкции. Почти каждый ученый-математик, как правило, занимавшийся и астрономией, оставил труды, посвященные инструментам: в некоторых они описывали собственные оригинальные конструкции, в других приводили обобщающие обзоры инструментов определенного вида, в третьих описывали все используемые в ту эпоху основные инструменты.

Творческий характер этих трудов долгое время подвергался сомнению. До начала XIX в. было по существу общепринятым мнение, что ученые средневекового Ближнего и Среднего Востока ограничивались переводом и комментированием трудов древнегреческих ученых, не внося в них ничего нового, и заслуга их перед человечеством заключалась лишь в сохранении и передаче в Западную Европу достижений науки и культуры античности. Объяснить это можно тем, что подавляющее большинство научной литературы стран ислама было написано на труднодоступном для европейцев арабском языке, а весьма многочисленные переводы трудов выдающихся ученых: ал-Хорезми, Фергани, Фараби, Ибн Сины и др. — на латинский язык, выполненные в XI—XII вв. в Испании, оказывались малодоступными для исследователей XVI—XVIII вв.

Благодаря расцвету арабистики в XIX в. многие труды ученых стран Востока IX—XV вв. были переведены на европейские языки и введены в научный оборот.

Особо следует отметить деятельность французских ученых, отца и сына Ж. Ж.-Э. Седийо (1777—1832) и Л. А. Седийо (1808—1875), первыми осуществивших перевод с арабского трудов математического и астрономического содержания⁷. В 1834—1835 гг. Л. А. Седийо опубликовал в двух томах переведенную его отцом значительную часть трактата ученого из Марокко Абу Али ал-Хасана ибн Али ибн Омара ал-Маракуши (ум. в 1262 г.) «Книга собрания начал и результатов, охватывающая все трактаты и построения»⁸.

Публикация перевода Ж. Ж.-Э. Седийо привлекла внимание исследователей не только к «арабской» науке, но и к истории точных инструментов средневекового Востока, ибо из четырех разделов, или «наук», этого трактата два посвящены им: «наука» I — О вычислениях, «наука» II — О построении инструментов, «наука» III — О действиях с инструментами, «наука» IV — О задачах⁹.

Через 10 лет, в 1844 г., Л. А. Седийо опубликовал свой новый труд — «Дополнения к трактату об астрономических инструментах арабов»¹⁰. Остановиться на этой работе более подробно мне кажется целесообразным по двум причинам: во-первых, потому, что это — первое обстоятельное исследование по истории точных приборов с момента их зарождения до XV в., и, во-вторых, потому, что по существу этот труд выпал из поля зрения современных исследователей — я не нашла даже упоминания о нем в библиографических указателях к работам по истории средневековой науки в странах Ближнего и Среднего Восто-

⁷ Матвиевская Г. П. К истории математики Средней Азии IX—XV веков. Ташкент, 1962, с. 73—74.

⁸ *Traité des instruments astronomiques des arabes composé au treizième siècle par Abu Hassan Ali de Maroc... traduit de l'arabe sur le manuscrit 1147 de la Bibliothèque Royale par J. J. Sédillot et publié par L. A. M. Sédillot.* Paris, t. I, 1834; t. II, 1835.

⁹ Таги-Заде А. К., Вахабов С. А. Астролябни средневекового Востока. — ИАИ, вып. XII, 1975, с. 169—204.

¹⁰ Sédillot L. A. *Supplément au traité des instruments astronomiques des arabes.* Paris, 1844.

ка, тогда как ссылки на публикацию перевода Ж. Ж. Седийо трактата ал-Маракуши¹¹ встречаются очень часто.

«Уже двадцать лет,— отмечал Л. А. Седийо,— внимание приковано к арабам, которые, располагаясь между двумя цивилизациями, сберегли одну и подготовили другую и работы которых — бриллиантовый отблеск средних веков, еще скрыты для большинства в публичных библиотеках Европы»¹².

Л. А. Седийо, по его словам, «стараясь собрать материалы по истории астрономии народа, достойного нашего восхищения и нашего признания», пришел к выводу, что этот народ, приняв идеи греков и заимствуя новые элементы просвещения в Индии, «передавал», в свою очередь, Востоку и Западу свои собственные работы, свои собственные открытия»¹³.

«При подготовке этой книги,— писал Л. А. Седийо,— мы поставили целью не только дать представление о точности астрономических инструментов, применяемых в античном мире и в средние века, но и описать все возможные источники и все уже опубликованные документы по этому интересному вопросу. Мы сделали все от нас зависящее, чтобы достигнуть этой цели; книги и мемуары, имеющие отношение к вопросу об инструментах, были исследованы нами и процитированы с большим старанием»¹⁴.

Л. А. Седийо убедительно показывает, какое широкое развитие получили астрономические инструменты в странах средневекового Востока и как они были конструктивно разнообразны.

Действительно, если в античном мире для астрономических наблюдений использовалось около десяти типов инструментов¹⁵, то астрономы средневекового Востока применяли уже несколько десятков конструкций¹⁶, а в работе, посвященной инструментам средневековой Европы, Э. Циннер приводит сведения более чем о 150 различных по конструкции инструментах и приборах¹⁷. Это навело на мысль о целесообразности их классификации. Классификация инструментов средневекового Востока по специализации опубликована в 1927 г. Э. Видеманном¹⁸, а по конструктивному признаку — мною в 1973 г.¹⁹ и более уточненная — в 1975 г.²⁰ Классификацию средневековых европейских инструментов по их назначению опубликовал в 1598 г. Тихо Браге²¹.

В средневековой Европе после многих столетий застоя в XI в. стали проявляться некоторые изменения в социально-экономическом строе — отделение ремесла от земледелия, развитие торговли, рост городов. Появились предпосылки для возрождения науки. Этому способствовало также возникновение на Пиренейском полуострове Кордовского эмирата. В города Испании — Кордову, Валенсию, Толедо, Сарагосу стали проникать из стран ислама труды «арабских» ученых, впитавшие в себя достижения многих народов, подпавших под влияние Багдадского халифата. Через Испанию астрономические знания и сведения об инструментах стали распространяться в другие страны Европы²². В XII в.,

¹¹ *Traité des instruments...*

¹² *Sédillot L. A. Op. cit., p. 2.*

¹³ Там же, с. 4, 5.

¹⁴ Там же, с. 38.

¹⁵ *Price D. J. Precision instruments: to 1500.—In Book: A History of Technology, v. III, Oxford, 1957, p. 582—619.*

¹⁶ Соколовская З. К. Астрономические инструменты [ал-Бируни].— В кн.: Розенфельд Б. А., Рожанская М. М., Соколовская З. К. Абу-р-Райхан ал-Бируни, М., 1973, с. 127—172.

¹⁷ *Zinner E. Deutsche und niederländische astronomische Instrumente des 11, bis 18. Jahrhunderts. München, 1956.*

¹⁸ *Wiedemann E. Avicennas Schrift über ein von ihm ersonnenes Beobachtungsinstrument. — Acta Orientalia, V, 1927, S. 81—167.*

¹⁹ Соколовская З. К. Астрономические инструменты...

²⁰ *Sokolovskaja Z. K. Classification of pre-telescopic astronomic instruments using an example of al-Biruni's instruments. — XIV th Int. congress of the history of science (Japan, 1974). Proceedings N 2. Tokyo, 1975, p. 83—86.*

²¹ *Tycho Brahe. Astronomiae instauratae mechanica. Wandesburgi, 1598.*

²² *Destombes M. La diffusion des instruments scientifiques du haut Moyen*

например, Герардо из Кремоны (1114—1187) перевел с арабского более 70 научных трактатов²³. В завершеном в 1276 г. труде «Libros del Saber de Astronomia del Rey D. Alfonso X de Castilia», своего рода астрономической энциклопедии, были приведены сведения об астролябиях, армиллах, квадрантах, глобусах, часах — водяных, ртутных, солнечных. Труд этот был переведен с испанского на итальянский и латинский языки; таким образом, сведения об инструментах достигли Парижа, Лондона, Болоньи, Кремоны, Падуи. Сведения о квадранте, астролябии и глобусе содержатся в трудах Роджера Бекона (1214—1292). В средневековой Европе широкое распространение получил предложенный в 30-х годах XIV в. в Провансе Леви бен Герсоном (1288—1344) инструмент для определения угловых расстояний — жезл Иакова. Прототипом этого простого и удобного инструмента, впоследствии широко применявшегося моряками, можно считать инструмент (жезл) Архимеда, о котором мы говорили выше. В XIV—XV вв. известностью пользовались астрономические инструменты Жана Линиера и Жана Фюзориса (Франция), Ричарда Валлингфорда (Англия) и особенно работы мастеров германской инструментальной школы в Нюрнберге²⁴, воплощавших в инструментах конструктивные идеи таких выдающихся астрономов, как Георг Пурбах (1423—1461), Региомонтан (Иоганн Мюллер, 1436—1476) и Бернгард Вальтер (1430—1504). Предложенные ими конструкции геометрического квадранта, градусника и усовершенствованного трикветрума представляют большой интерес.

Дотелескопическое инструментостроение достигло вершины в работах датского астронома Тихо Браге (1546—1601). В 1598 г. он опубликовал описание созданной им на острове Гвэн обсерватории²⁵, в которой не только рассказал об точнейших инструментах — больших вращающихся азимутальных квадрантах, стенном квадранте, большом экваториальном армиллярном инструменте, большом треугольном секстанте, двухсторонних секстантах и других, но и изложил методику работы с ними. Сочетание тщательности и технических усовершенствований при изготовлении инструментов с аккуратностью и настойчивостью проведения наблюдений, введение поправок за счет различных погрешностей инструментов при обработке наблюдений сделали работы Тихо Браге непревзойденными по точности.

Таким образом, благодаря наблюдениям, выполненным с помощью названных нами инструментов, дотелескопическая астрономия достигла выдающихся успехов, завершившихся великими открытиями Коперника и Кеплера.

* * *

Мы вкратце рассмотрели три основных периода в развитии астрономических инструментов дотелескопической астрономии в Западной Европе и на Ближнем и Среднем Востоке. Каждый период дал новые инструменты и методы наблюдений, выдвинул лиц, сыгравших важную роль в их развитии. Какое же место в истории инструментостроения можно ствести Мухаммаду ибн Мусе ал-Хорезми?

В обширной литературе, посвященной ал-Хорезми, его имя, как правило, связывают с началом важного этапа в истории арифметики и алгебры и в несколько меньшей степени — с астрономией.

В обстоятельном исследовании творчества ал-Хорезми Г. П. Матвиевская сформулировала ряд вопросов как частного, так и общего порядка, которые вставали с середины XIX в. перед историками науки, изучавшими творчество ал-Хорезми: 1) о возникновении и распространении на Востоке и в Европе десятичной позиционной системы счисле-

âge au XV siècle. — Cahiers d'histoire mondiale, 1966, v. X, N 1, p. 31—51.

²³ Матвиевская Г. П. Развитие учения о числе в Европе до XVII века. Ташкент, 1971.

²⁴ Zinner E. Op. cit.

²⁵ Tycho Brahe. Op. cit.

ния и основанной на ней «индийской» арифметики; 2) об истории «арабских» цифр; 3) об источниках «Алгебры» ал-Хорезми; 4) об арабской математической терминологии; 5) о влиянии трудов ал-Хорезми на развитие арифметики и алгебры в Европе; 6) об источниках зиджа ал-Хорезми; 7) о роли ал-Хорезми в истории географической науки²⁶. Важно поставить и попытаться решить еще один вопрос — о роли ал-Хорезми в истории астрономического инструментоведения.

Из девяти работ, приведенных Г. П. Матвиевской в уточненном списке трудов ал-Хорезми, три посвящены инструментам. Это — «Книга о построении астролябии», «Книга о действиях с помощью астролябии» и «Книга о солнечных часах»²⁷.

К сожалению, «Книга о построении астролябии» не сохранилась и известна по упоминаниям в «Указателе наук» ан-Надима (X в.) и других источниках, поэтому мы не имеем возможности ознакомиться с конструктивными особенностями его астролябии.

В трактате «Книга о действиях с помощью астролябии» нет никаких сведений о конструкции этого инструмента, хотя в тексте ал-Хорезми приводит описание двух инструментов, о которых у него нет специальных работ, — циркуля и синус-квадранта. Это можно рассматривать как косвенное подтверждение того, что у ал-Хорезми действительно был трактат о построении астролябии.

Рукопись «Книги о действиях с помощью астролябии» ал-Хорезми была обнаружена в Берлинской библиотеке (Cat. Ahlwardt, N 5790) Э. Видеманном в 20-х годах XX в. В 1922 г. Й. Франк опубликовал перевод этого трактата на немецкий язык²⁸. Перевод этого трактата на русский язык подготовила к публикации Г. П. Матвиевская, которая любезно предоставила его нам. Описание другого экземпляра текста этого трактата (в анонимном трактате об астролябии, хранящемся в бывшей Прусской библиотеке в Берлине, № 5093) опубликовали Б. А. Розенфельд и Н. Д. Сергеева²⁹.

Анонимный трактат об астролябии (в каталоге Прусской библиотеки автором рукописи назван ал-Фергани) состоит из двух частей — 1) «Построение астролябии» с разделами: а) построение радиусов параллелей, б) таблицы, в) построение альмуканторатов и г) построение тени на спинке астролябии; 2) «Книга о действиях с астролябией». Она начинается словами: «Сказал Мухаммад ибн Муса ал-Хорезми...», что позволило с полным основанием автором ее считать ал-Хорезми. Сравнение описания этого трактата, данного Б. А. Розенфельдом и Н. Д. Сергеевой³⁰, с переводом трактата на немецкий язык, выполненным Й. Франком, и на русский, выполненным Г. П. Матвиевской, показывает, что это — одно и то же сочинение, только трактат из анонимной рукописи (№ 5093) — более полный. Он содержит 48 параграфов, а трактат под № 5790 — 43 параграфа. Отсутствуют два параграфа (41 и 42), посвященные описанию специального циркуля для определения времени мусульманских молитв, один (№ 45) — посвященный решению астрологической задачи, и еще два (№ 47—48) — описанию построения синус-квадранта и действий с ним.

Немецкий перевод двух параграфов о циркуле ал-Хорезми в 1922 г. опубликовали Э. Видеманн и Й. Франк³¹.

Описание синус-квадранта ал-Хорезми было опубликовано в 1977 г. А. К. Таги-Заде в специальной статье, посвященной квадран-

²⁶ Матвиевская Г. П. Выдающийся математик Мухаммад ибн Муса ал-Хорезми и литература о нем. Ркп. (1982), с. 39—40.

²⁷ Там же, с. 37—39.

²⁸ Frank J. Die Verwendung des Astrolabs nach al Chwārizmī. — Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin, H. 3, Erlangen, 1922.

²⁹ Розенфельд Б. А., Сергеева Н. Д. Об астрономических трактатах ал-Хорезми. — ИАИ, вып. XIII, 1977, с. 201—218.

³⁰ Там же.

³¹ Wiedemann E., Frank J. Zirkel zur Bestimmung der Gebetszeiten. — Sitzungsberichte der Phys.-Med. Sozietät in Erlangen, Bd. 52—53, 1922, S. 122—125.

там средневекового Востока³², и Б. А. Розенфельдом и Н. Д. Сергеевой в статье, посвященной астрономическим трактатам ал-Хорезми³³. В обеих работах подчеркивается, что описание ал-Хорезми является первым известным нам описанием переносного синус-квадранта как самостоятельного инструмента³⁴.

Мы назвали уже инструменты трех видов, которые описал ал-Хорезми и дал методику работы с ними. Имеется еще одна группа инструментов, к которым он имеет отношение. Это — солнечные часы. В работе «Арабская гномоника» К. Шой, говоря о трактатах многих ученых, посвященных конструированию и описанию солнечных часов и гномонике, вторым, после ал-Баттани, называет ал-Хорезми³⁵.

Рукопись «Книги о солнечных часах», до последнего времени считавшейся утерянной, недавно была обнаружена в Стамбуле. Перевод ее на русский язык, выполненный Дж. ад-Даббахом, публикуется в Москве в сборнике, посвященном 1200-летию со дня рождения ал-Хорезми. Эта публикация раскрывает еще одну важную страницу в истории инструментоведения.

Ал-Хорезми принимал участие в астрономических наблюдениях в Багдаде, в обсерватории, построенной по распоряжению халифа ал-Ма'муна у городских ворот ал-Шаммасийа. Турецкий ученый Эйдин Сейили, автор фундаментального исследования «Обсерватории в странах ислама и их место в общей истории обсерваторий», считает, что это была первая в истории астрономии обсерватория в современном смысле, хотя отдельные современные исследователи (например, А. Роме) и называют обсерваторией те помещения, где вели наблюдения Гиппарх, Птолемей и другие астрономы доисламского периода³⁶.

Далее А. Сэйили пишет: «Ибн ал-Надим и Ибн ал-Кифти оба говорят, что Мухаммад ибн Муса ал-Хорезми посвятил себя полностью Сокровищнице Мудрости (т. е. библиотеке Дома мудрости). Это утверждение означает, что он служил там в качестве библиотекаря или был каким-либо другим административным служащим, таким, например, как директор. ...Имеются также доказательства, что Хорезми принимал участие в нескольких ранних наблюдениях, сделанных в Шаммасийи»³⁷. А. Сэйили приводит также свидетельство Беруни об участии ал-Хорезми в наблюдениях в Шаммасийи в 828 г.³⁸

Действительно, Беруни в «Геодезии» так описал этот факт: «Не дошли до нас сведения о чьих-нибудь измерениях после Птолемея вплоть до времени повелителя правоверных ал-Ма'муна. Он приказал Йахье ибн Абу Мансуру (придворный астроном и астролог ал-Ма'муна) возобновить эти расчеты, и тот выполнил это в Шаммасии (квартал в Багдаде.— *Из примеч.*). Известно, что Йахья нашел наибольшее склонение... $23^{\circ}33'$. [Основываясь] на последней величине, он и составил таблицы в своем зидже. Так рассказывает о нем ал-Хорезми, относя данные сведения к увиденному воочию, поскольку он лично наблюдал за данными измерениями»³⁹. Это измерение было произведено в 828 г. В следующем году были произведены повторные наблюдения, давшие наиболее точное значение склонения — $23^{\circ}35'$. Далее Беруни приводит

³² Таги-Заде А. К. Квадранты средневекового Востока.— ИАИ, вып. XIII, 1977, с. 183—200.

³³ Розенфельд Б. А., Сергеева Н. Д. Об астрономических трактатах..., с. 216—217.

³⁴ Таги-Заде А. К. Квадранты средневекового Востока, с. 184; Розенфельд Б. А., Сергеева Н. Д. Об астрономических трактатах..., с. 216.

³⁵ Schoy C. Arabische Gnomonik. — Archiv der Deutschen Seewarte, 1913, N 1.

³⁶ Sayili A. The Observatory in Islam and its Place in the General History of the Observatory. Ankara, 1960, p. 349—350.

³⁷ Там же, с. 55.

³⁸ Там же, с. 56.

³⁹ Абу Райхан Беруни. Определение границ мест для уточнения расстояний между населенными пунктами [Геодезия].— Избранные произведения, т. III, Ташкент, 1966, с. 125.

⁴⁰ Там же, с. 142.

определения наибольшего склонения разных наблюдателей и объясняет недостаточную точность определений Абу Махмуда ал-Ходженди и ал-Кухи в X в. «по причине инструмента»⁴⁰. Сам Беруни также несколько раз производил определение наибольшего склонения и окончательно получил (в Газне в 1017 и 1018 гг.) 23°35'. Наблюдения, выполненные при участии ал-Хорезми, полностью совпадают с этим значением, что, в свою очередь, указывает на высокое качество использованных им инструментов.

Важным моментом при работе с наблюдательными инструментами является их поверка. Ал-Хорезми не обошел своим вниманием и этот вопрос. В «Трактате о применении астролябии» (параграф 4) он предлагает «проверить безошибочность астролябии», сравнив результат наблюдения с результатом, вычисленным по астрономическим таблицам. Если он «согласуется с тем, который получен с помощью астролябии, то астролябия правильна» (Цитируется по рукописи русского перевода трактата Г. П. Матвиевской).

Беруни в своем труде «Памятники минувших поколений» (около 1000 г.) так сформулировал требования, которым должен удовлетворять астроном. Он считал, что высокой точности результатов наблюдений может достигнуть лишь тот, кто наряду с астрономической теорией «знает астрономические инструменты, умеет их установить и обращаться с ними»⁴¹.

Всем этим условиям за два века до Беруни удовлетворял ал-Хорезми. Как мы уже видели, он не только «знал» астрономические инструменты, но и дал их описание. Он принимал участие в наблюдениях и, следовательно, «умел их устанавливать». Он считал необходимым перед началом работы с инструментом произвести необходимые его проверки, значит, умел и «обращаться с ними».

Приведенный выше обзор дает все основания назвать ал-Хорезми, наряду с его современниками Фергани и ал-Марвази, стоящим у истоков точного инструментостроения на Ближнем и Среднем Востоке, получившего в X—XV вв. столь блестящее развитие.

⁴¹ Абу Рейхан Бируни. Памятники минувших поколений [Хронология].— Избранные произведения, т. I, Ташкент, 1957, с. 227.

А. БУРИЕВ

СВЕДЕНИЯ ПО СРЕДНЕЙ АЗИИ В «ГЕОГРАФИИ» АЛ-ХОРЕЗМИ

Географический труд «Китаб сурат ал-арз» («Книга картины Земли») Мухаммада ибн Мусы ал-Хорезми, будучи сочинением о Земле в целом, содержит обширный картографический материал по различным регионам обитаемой части света.

Одним из первых наиболее крупных исследований по географическому наследию ал-Хорезми явилась работа итальянского востоковеда К. Наллино, посвященная сравнительному изучению «Китаб сурат ал-арз» с «Географическим руководством» Клавдия Птолемея¹. Австрийский востоковед Г. Мжик, изучая труд ал-Хорезми по отдельным регионам², осуществил также издание «Китаб сурат ал-арз»³. На этой основе венгерский востоковед К. Цегледи составил карту придунайских

¹ Nallino C. Al-Huwarizmi e il suo rifacimento della Geografia di Tolomeo.— Memoria della Reale Accademia dei Lincei, series V, II, 1, Roma, 1894; Эта работа позже вошла в собрание сочинений К. Наллино: Carlo Alfonso Nallino. Raccolta da scritti editi e inediti. Vol. 5. Roma, 1944, p. 475—532.

² Mžik H., von Afrika nach der arabischen Bearbeitung der Γεωγραφικὴ ὑφήγησις des Claudius Ptolemaeus von Muhammad ibn Musa al-Hwarizmi. Wien, 1916 (K. Akad. d. Wiss. in Wien, Phil.-hist. Kl. Denkschriften, LIX, Abh. 4); ero же. Osteuropa nach der arabischen Bearbeitung der Γεωγραφικὴ ὑφήγησις des Klaudios Ptolemaios von Mohammad ibn Musa al-Huwarizmi.— WZKM, XLIII, 1936, p. 161—193, и др.

³ Das Kitab Surat al-ard des Abu Ga'far Muhammad Ibn Musa al-Huwarizmi ... von Hans v. Mžik. Leipzig, 1926 (ВАН u G, III).

стран по ал-Хорезми. В его исследовании отмечена и заслуга ал-Хорезми в уточнении и дополнении птолемеевского материала по данному региону⁴.

Продолжая изучение материалов сочинения ал-Хорезми в региональном разрезе, мы попытались составить карту Средней Азии на основе сведений «Китаб сурат ал-арз». Это необходимо как для более глубокого уяснения географических представлений ал-Хорезми, так и для уточнения степени зависимости его труда от «Географии» Птолемея.

Надо сказать, что сведения из «Китаб сурат ал-арз», касающиеся Средней Азии, частично отмечены в некоторых исследованиях. Так, К. Наллино приводит список городов Средней Азии и некоторые выводы по гидрографии края, в том числе о стоке Амударьи и Сырдарьи в Аральское море, из сочинения ал-Хорезми⁵. Расположение городов Средней Азии в «Китаб сурат ал-арз» по торговым маршрутам из Средней Азии в Китай отмечено в работе К. Цегледи⁶. Но в целом этот вопрос еще не был предметом специального исследования.

Поскольку труд ал-Хорезми непосредственно связан с «Географией» Птолемея, для оценки сведений первого необходимо сравнительное изучение материала обоих авторов.

Одна из 26 таблиц (карт) «Географии» Птолемея содержит изображение территории Средней Азии и прилегающих стран. На карте изображены области Маргиана (Мерв), Бактриана и Согдиана, более тридцати городов, горы, реки, а также расселение некоторых племен (тохаров, массагетов, скифов и т. д.) в данном регионе. Основная трудность в изучении карты Птолемея состоит в том, что вся номенклатура в ней в основном дана на греческом языке, причем местные названия переданы в греческом переводе как калька от местной формы названия или частично изменены. В современных исследованиях географические названия на карте Птолемея по территории Средней Азии отчасти расшифрованы. Среди них: Мараканда — Самарканд, Александрия Асхата — Ходженд (Ленинабад), Оксус — Амударья, Яксарт — Сырдарья, Политимет — Зарафшан, Маргус — Мургаб, Ох — Теджен, Антиохия — Маргиана — Мерв, гора Окс — плато Устюрт, Комеды — Памирские горы, Авзакские горы — Тянь-Шань, Аскатан — северо-западные отроги Тянь-Шаня или Каратау, Согд — Зарафшанские горы. Часть отождествлений требуют дальнейшей конкретизации, а многие названия еще не расшифрованы.

Более того, полностью не установлены и источники «Географии» Птолемея. Он пользовался трудами своих предшественников (описания, карты), расспросными сведениями от купцов, путешественников и т. д. Тем не менее его карта считается самой древней подробной картой Средней Азии, хотя с точки зрения современной науки, в ней имеется много неточностей. Например, отсутствует изображение Аральского моря, и главные реки Средней Азии: Амударья и Сырдарья — протянуты до самого Каспия. Протяженность территории Средней Азии с запада на восток, т. е. от Каспия до Памира, на карте Птолемея составляет 30°, вместо 20° в действительности. И все же карта Птолемея была значительным шагом вперед по сравнению с представлениями древнегреческих авторов, которые после Геродота (ок. 484—428 гг. до н. э.) считали Каспийское море заливом Северного моря (Северного Ледовитого океана). Птолемей же изображает Каспийское море как замкнутый бассейн.

Сравнительное изучение показывает, что сведения в «Китаб сурат ал-арз» ал-Хорезми во многом отличаются от птолемеевских. Рассмотрим их данные на примере наиболее характерных географических объектов этого региона.

⁴ Die Karte der Donaulandschaftsgruppe nach al-Huwarizmi von K. Czegledy.— Acta orientalia, Hung., N 1, 1950, p. 46—79.

⁵ Наллино К. Указ. соч., с. 506—507.

⁶ Цегледи К. Указ. соч.

Каспийское море. На карте Птолемея это море имеет два названия — Каспийское и Гирканское. Ал-Хорезми приводит четыре его названия: Хорезмское, Джурджан (Горган, Гиркан), Табаристан и Дайлам — и отмечает, что все это — названия одного и того же моря. Координаты моря у обоих авторов тоже различны. Протяженность его на карте Птолемея с запада на восток составляет 23° , а с юга на север — 9° , у ал-Хорезми — $15^\circ 30'$ и 14° , а современные координаты — 8° и 11° . Если учесть, что оба автора начало исчисления географических долгот брали от одной и той же точки — «Счастливых островов»⁷, то становится очевидной большая осведомленность ал-Хорезми о Каспийском море. Названия областей, гор и населенных пунктов вокруг Каспия также зафиксированы более точно.

Аральское море. Изображение его на карте Птолемея отсутствует, попытки отождествления отмеченного Птолемеем озера Окс с Аральским морем не обоснованны, ибо главные реки Средней Азии: Амударья и Сырдарья, — впадающие в Аральское море, на птолемеевой карте протянуты до Каспия. Кроме того, известно, что географические сведения древнегреческих авторов о восточных областях в основном ограничивались данными, полученными при походах Александра Македонского. Частичные же сведения о более северных и восточных областях они могли получить от купцов, в редких случаях — от путешественников и прочих устных сообщений, которые изобиловали фантастическими рассказами.

Первые картографические сведения об Аральском море приведены в «Китаб сурат ал-арз» ал-Хорезми. По его описанию, река Балх (Амударья) впадает в большое безымянное озеро (бахита). Автор дает координаты крайних точек этого озера: по долготе $86^\circ 30' - 90^\circ$ и по широте $30^\circ 10' - 42^\circ$. Таким образом, Аральское море у ал-Хорезми имеет протяженность с запада на восток $3,5^\circ$, с севера на юг — $2^\circ 50'$. Эти цифровые значения частично могли быть изменены в ходе поздних переписок рукописи. Например, координаты, приведенные Абу-л-Фида (1273—1331) для Аральского моря из другого списка этого сочинения ал-Хорезми под названием «Расм ал-ма'мур» («Изображение обитаемой части света»)⁸, несколько отличаются: долгота — 88° , широта — 43° ⁹. Эти координаты приведены Л. С. Бергом в его монографии, посвященной Аралу. При этом название сочинения ал-Хорезми дано им, со ссылкой на Абу-л-Фида, в форме «Резм ал-Мамур», но без указания имени автора¹⁰.

Независимо от частичных различий в значении координат, здесь важен сам факт наличия у ал-Хорезми картографических данных для Аральского моря.

Реки. В «Китаб сурат ал-арз» приведены сведения о главных реках Средней Азии. Амударья на карте Птолемея названа Оксус¹¹ и впадает в Каспийское море. Ал-Хорезми называет ее Балхской рекой¹². Контур ее, начерченный по сведениям ал-Хорезми, ближе к реальному, что свидетельствует о правильном представлении последним направления течения реки. По ал-Хорезми, Амударья протекает близ Балха, за-

⁷ «Счастливые острова», или «Фортунае инсуле», древнегреческих авторов — острова, от которых исчисляли нулевой меридиан, расположенный приблизительно на $17^\circ 40'$ западнее от современного нулевого (гринвичского) меридиана, т. е. Канарские острова (Хасанов Х. Сайёх олимлар. Тошкент, 1981, 173-бет).

⁸ Отождествление этого сочинения с «Китаб сурат ал-арз» ал-Хорезми впервые осуществлено русским востоковедом Х. Д. Френом (1782—1851). См.: Крачковский И. Ю. Избранные сочинения. Т. IV. М.—Л., 1957, с. 99.

⁹ Берг Л. С. Очерк истории исследований в связи с историей картографии Аральского моря.— Берг Л. С. Избранные труды, т. III, М., 1960.

¹⁰ Л. С. Берг пользовался сведениями И. Лелевеля (1786—1861), в работе которого имя автора данного сочинения еще не было установлено.

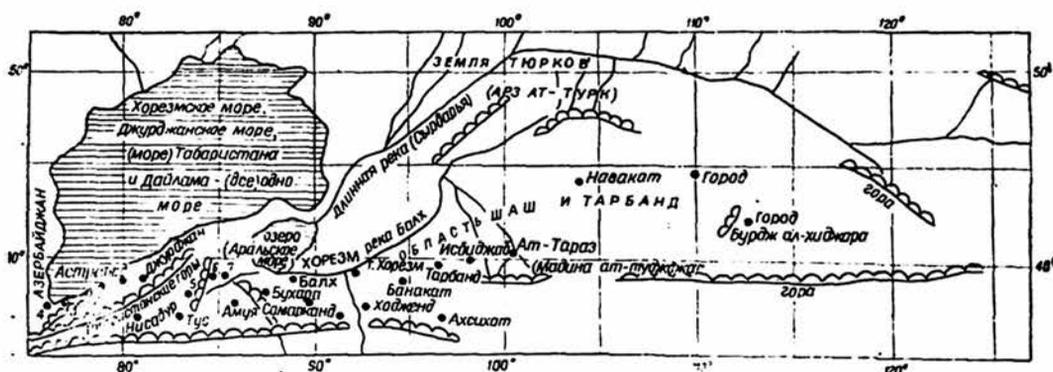
¹¹ Предполагается, что это — калька от древнетюркской формы «кууз» — «река».

¹² Амударья под этим названием встречается во многих средневековых восточных источниках.

тем подходит к городу Хорезму (мадина Хоразм)¹³, далее течет по территории Хорезма (Эли Хоразм) и впадает в упомянутое озеро (батиха) — Аральское море.

Сырдарья на карте Птолемея называется Яксарт и впадает в Каспийское море. У ал-Хорезми это — безымянная река, но он поясняет, что она длинная. В истоках, как и у Птолемея, она начинается тремя притоками, хотя направления их у обоих авторов частично отличаются. Схема реки, составленная по ал-Хорезми, больше напоминает начало Сырдарьи, и притоки ее можно отождествить таким образом: один из притоков — Нарын, другой — Карадарья, а третий — один из левых притоков Сырдарьи. В нижнем течении, в отличие от Птолемея, ал-Хорезми направляет эту реку в то же «озеро», куда впадает Амударья, т. е. в Аральское море. Но сведения о среднем течении Сырдарьи в известном списке «Китаб сурат ал-арз» даны при описании другой реки, расположенной в бассейне реки Балх (Амударья). Река пересекает длинную гору и проходит между Ходжендом и Усрушаной. Это соответствует среднему течению Сырдарьи, проходившему в районе пересечения Туркестанского и Кураминского хребтов.

Река Мургаб у ал-Хорезми безымянная, но направление ее указано более точно. Она протекает близ городов Мерв¹⁴ и Мерверруд¹⁵ и не имеет стока, т. е., как и в настоящее время, исчезает в песках. Река Маргус на карте Птолемея, которую можно отождествить с Мургабом, начинается с гор двумя притоками, которые, соединяясь, образуют одну реку, впадающую в Оксус (Амударья).



Карта Средней Азии и прилегающих территорий по ал-Хорезми (составлена на основе сведений «Китаб сурат ал-арз»). 1 — Тамис, 2 — Саря, 3 — Амул, 4 — Салус, 5 — Сары, 6 — Мерв, 7 — Мерверруд, 8 — Усрушана.

Река Талас у ал-Хорезми безымянная. Более точные сведения в «Китаб сурат ал-арз» приведены для средней ее части. О реке Талас ал-Хорезми, очевидно, было известно из сообщений купцов, ибо она в среднем течении протекает близ города ат-Тараз, или Мадина ат-Туджджар (нынешний Джамбул)¹⁶. Но в нижнем течении у ал-Хорезми она впадает в реку Балх (Амударья), что напоминает птолемеевскую карту. Исток же этой реки больше сходен с началом реки Яксарт (Сырдарья) на карте Птолемея.

Города и области. Географическое положение известных в средние века городов Средней Азии, как Бухара, Самарканд, Амуя, Усрушана, Ходжент, Ахсикат, в «Китаб сурат ал-арз» ал-Хорезми со-

¹³ Т. е. к древней столице Хорезма — г. Кат.

¹⁴ Географическое положение Мерва (Мары) в течение средневекового периода несколько раз изменялось.

¹⁵ Мерверруд — средневековый город, расположенный в верховьях одноименной реки.

¹⁶ Мадина ат-Туджджар — буквально «город купцов». Такой эпитет имели некоторые города, расположенные на главных торговых путях. Тараз находился на Семиреченском маршруте древнего торгового пути из Средней Азии в Китай.

ответствует действительности. Координаты, указанные для одного и того же пункта, у Птолемея и ал-Хорезми различны. Например, географическая долгота Самарканда (Мараканда) составляет: у Птолемея — 112° , у ал-Хорезми — $89^\circ 30'$, в действительности же — 67° в. д. от Гринвичского меридиана. Поскольку оба автора исчисляли долготы от «Счастливых островов», долготы, указанные для Самарканда ал-Хорезми, ближе к истине.

Большинство городов Средней Азии, описанных в «Китаб сурат ал-арз», были расположены по торговым маршрутам (Семиреченскому и Ферганскому) древнего торгового пути из Средней Азии в Китай. Такое расположение городов у ал-Хорезми отмечено и в других исследованиях¹⁷. Расстояния между населенными пунктами у ал-Хорезми также соответствует действительности. Одна из характерных черт его сочинения состоит в том, что все города Средней Азии и вообще мусульманского Востока поименованы соответствующими его периоду названиями в их местных формах. Это намного облегчает работу современного исследователя.

Приведенные у Птолемея и ал-Хорезми названия областей тоже отличаются. Например, на территории Средней Азии и близлежащих районов Птолемей называет следующие области: Гиркания, Маргиана, Бактриана, Согдиана и Скифия. У ал-Хорезми названия областей приведены соответственно его времени и в большинстве случаев в местных формах. При этом местами он комментирует птолемеевские названия областей: страна Хорезм, область Шаш и Тарбанд, Скифия, или Арз ат-турк (Земля тюркских народов).

Горы. В «Китаб сурат ал-арз» ал-Хорезми включены некоторые сведения и о горах Средней Азии. В том числе правильно указаны направления гор: Эльбурс (Табаристан), Туркмено-Хорасанских и Конет-Дага. Горы, отмеченные близ Самарканда и Усрушаны, — это Туркестанский хребет, а на юг от города ат-Тараз (Джамбул) указан Таласский Алатау. Вместе с тем приведены с частичными изменениями и горные хребты, изображенные на карте Птолемея.

Географические координаты морей, озер, рек, гор и городов Средней Азии у обоих авторов в большинстве случаев различны. Например, разница в географических долготах, указанных Птолемеем и ал-Хорезми, составляет: по Каспийскому морю 8° , по Самарканду (Мараканда) — 22° .

Наблюдается и другая особенность в обозначении географических координат объектов в самом «Сурат ал-арзе». Так, по координатам ал-Хорезми можно более или менее точно установить расположение морей, городов и гор. Однако в координатах, указанных для рек, часто встречаются неточности, которые создают некоторые трудности при нанесении контуров той или иной реки на карту, составляемую по данным ал-Хорезми. Это можно объяснить тем, что в сочинении ал-Хорезми описание географических объектов дано как на основе общей карты мира, так и отдельных карт (рек, гор, городов, регионов). Несомненно, при этом существенное влияние оказали также карты географического атласа, составленного в Багдаде, возможно, при непосредственном участии ал-Хорезми. Атлас был составлен при правлении халифа ал-Ма'муна (813—833). Лично видевший этот атлас ал-Мас'уди (ум. в 956 г.) пишет, что карты в нем были выполнены лучше, чем в сочинениях других авторов, в том числе в «Географии» Марина и «Географии» Птолемея¹⁸.

Разумеется, при исследовании материалов из «Китаб сурат ал-арз» надо учесть и возможные ошибки при переписке рукописей. Например, Балх по указанным в «Китаб сурат ал-арз» координатам оказывается севернее Бухары и Самарканда. Схема Амударьи в целом

¹⁷ См., напр.: Цегледн К. Указ. соч., с. 51.

¹⁸ Крачковский И. Ю. Указ. соч., с. 87.

близка к действительности, но неудачно расположена в общем контуре Средней Азии.

Изучение «Китаб сурат ал-арз» показывает, что ал-Хорезми стремится объяснить, уточнить, дополнить и по возможности сохранить данные Птолемея, авторитет которого в науке Востока того времени был весьма высок. Ученые зачастую приспособляли свои выводы к птолемеевским, иногда даже независимо от их несоответствия. Поэтому и при реконструкции карты Средней Азии на основе «Китаб сурат ал-арз» можно заметить случаи смещения сведений Птолемея и ал-Хорезми.

В целом же настоящая карта-реконструкция явилась первой картой Средней Азии, составленной по материалам сочинения среднеазиатского ученого. В отличие от птолемеевской, на ней более достоверно изображены географические объекты (морья, реки, города) региона. Данная карта отражает как связь между научными наследиями Птолемея и ал-Хорезми, так и, в некоторой степени, общегеографические представления великого хорезмийца о Средней Азии.

Сведения ал-Хорезми дали толчок утверждению идеи о географических координатах на Востоке; опираясь на его сведения, ученые определяли более точные координаты мест, проводили различные астрономические наблюдения, геодезические измерения и т. д. На основе материала ал-Хорезми развивалась методика составления географических таблиц населенных пунктов. Позже эта идея развивалась в таблицах городов у Беруни, Насир ад-Дина Туси и Улугбека. Например, Беруни при составлении таблицы городов широко использовал сведения ал-Хорезми. С другой стороны, он внес значительные дополнения и изменения как в комментировании населенных пунктов, так и по значениям координат¹⁹. При составлении таблицы городов Беруни пользовался различными письменными источниками, устными сообщениями и итогами своих наблюдений. Поэтому данные Беруни о Средней Азии более точны, подробны по сравнению с сообщениями ал-Хорезми. Им приведено и гораздо больше географических названий (городов, областей, рек и т. д.). Аральское море у ал-Хорезми названо просто «озсро» (батиха); Сырдарья у него тоже безымянная и упоминается как «длинная река». У Беруни Аральское море названо «Хорезмским морем» (Бахри Хоразм), а Сырдарья — Хасарт. Последнее дает основание считать греческую форму «Яксарт» калькой указанного местного названия этой реки²⁰.

Сведения ал-Хорезми использовались и в сочинениях описательного типа. Так, координаты географических объектов, заимствованные у ал-Хорезми, обильно встречаются в историко-географическом сочинении Хафиза Абру²¹, известном как «История Хафиза Абру». Сравнительное изучение показывает, что Хафиз Абру заимствовал координаты географических объектов из труда ал-Хорезми в основном для западных областей, а для восточных он пользовался и сведениями других авторов, в том числе Беруни.

Таким образом, географические сведения из сочинения ал-Хорезми широко использовались учеными последующего времени. Его «География» оказала огромное влияние на развитие географической науки на Востоке.

¹⁹ О некоторых моментах научной связи в наследии ал-Хорезми и Беруни см.: Булгаков П. Г. Беруни и Хорезми.— В сб.: Математика и астрономия в трудах ученых средневекового Востока, Ташкент, 1977, с. 117—122.

²⁰ Карту Средней Азии, составленную по сведениям Беруни, см.: Хасанов Х. Указ. соч., с. 102.

²¹ Шихаб ад-Дин Абдаллах ибн Лутфаллах ибн Абд ар-Рашид ал-Харави (Хавафи), более известный как Хафиз Абру (ок. 1361/62—1430/31),— крупный историко-граф и географ средневекового Востока.

ВРАЧИ ЭПОХИ АЛ-ХОРЕЗМИ

В конце VIII — первой половине IX в., когда жил и творил ал-Хорезми, в области науки, в том числе в медицине, все еще преобладала переводческая деятельность. Многие крупнейшие врачи того времени наряду с лечебной практикой занимались переводами греческих и частично индийских медицинских сочинений на сирийский¹ и арабский языки. Но вместе с тем начинают появляться и оригинальные труды в этой области.

Ниже мы приводим краткие сведения о жизни и трудах наиболее выдающихся представителей медицинской науки времени ал-Хорезми (расположив в хронологическом порядке вначале переводчиков, затем — авторов оригинальных трудов).

Ибн ал-Битрик. Абу Закарийа Йахйа ибн ал-Битрик жил во время правления первых аббасидских халифов и умер в 200/815 г.² Его отец, Абу Йахйа ал-Битрик (ум. ок. 184/800 г.) был врачом и занимался переводами трудов Гиппократов, Галена и Птолея. Ибн ал-Битрик также переводил греческие медицинские и философские сочинения (Платона, Аристотеля, Гиппократов и Галена). Источники сообщают, что он лучше владел латинским языком, нежели греческим.

Сохранился небольшой его трактат по токсикологии — «Китаб ас-сумум» («Книга о ядах»). Беруни в «Фармакогнозии» несколько раз ссылается на Ибн ал-Битрика³; часто цитирует его и ар-Рази (865—925).

Джибрил ибн Бухтйешу. На средневековом Востоке большой известностью пользовалась христианская семья врачей Бухтйешу, многие представители которой заведовали Джундишапурской больницей⁴ и впоследствии работали в Багдаде. Наиболее выдающимся врачом из этой семьи был Джибрил (или Джабраил) ибн Бухтйешу ибн Джурджис. В 175/791 г. он в качестве врача поступил на службу к известному везиру Джа'фару Бармаки, а с 805/6 г. стал придворным врачом Харун ар-Рашида, затем — Ма'муна. Джибрил ибн Бухтйешу умер в 213/828 г. Кроме врачебной деятельности, он принимал участие в собирании греческих медицинских рукописей и руководил их переводами; им написано также несколько сочинений по медицине. В целом он оказал большое влияние на развитие науки в Багдаде⁵.

Известны следующие сочинения Джибрила ибн Бухтйешу: «Рисала ила-л-Ма'мун фи-л-мат'ам ва-л-машраб» («Трактат для Ма'муна о пище и напитках»), «Макала фи-л-айн» («Статьи о глазе»), «Варам ал-хуса» («Опухоль яичек»), «Китаб фи-л-бах» («Книга о половом влечении»), «Рисала мухтасара фи-т-тибб» («Краткий трактат по медицине»)⁶.

У многих ученых последующих веков мы встречаем цитаты из сочинений Джибрила, например у ар-Рази и Беруни⁷.

¹ Сирийским языком называется эдесский (месопотамский) диалект арамейского языка, одного из северосемитских языков, господствовавшего в восточной части Римской империи свыше тысячи лет. Арабское завоевание положило конец господству сирийского языка, который к 800 г. н. э. стал уже мертвым.

² Fuat Sezgin. Geschichte des Arabischen Schrifttums. Bd. III. Leiden, 1970, S. 225 (в дальнейшем — Sezgin, III).

³ Абу Райхан Беруни. Фармакогнозия. — Избранные произведения, т. IV, Ташкент, 1973, с. 81.

⁴ Город Джундишапур (перс. Гундишапур) был основан сасанидским царем Шапуром I (241—272) около Казеруна, в Хузистане. Медицинская школа с больницей возникла здесь в IV или V в. При Нуширване (531—579) она достигла наивысшего расцвета, сделавшись одним из центров философской и научной мысли того времени, и здесь происходило слияние и взаимообогащение греческой, сирийской, индийской, персидской и среднеазиатской культур.

⁵ Sarton C. Introduction to the History of Science. Vol. I. Baltimore, 1927, p. 573 (в дальнейшем — Sarton, I).

⁶ Sezgin, III, S. 226—227.

⁷ Абу Райхан Беруни. Указ. соч., с. 80.

Салмавайх ибн Бунан — придворный врач аббасидского халифа Му'тасима (833—842). Он поддерживал переводческую деятельность Хунайна ибн Исхака (808—873) и помогал ему в переводе сочинения Галена «Способ лечения» («Methodi medendi»). Хунайн считал его лучшим врачом своего времени. Салмавайх умер в 225/840 г. Известны два его сочинения: «Мухтасар фи-т-тибб» («Компендиум по медицине») и «Тадбир ас-сихха» («Режим здоровья»)⁸. Цитаты из него встречаются у многих выдающихся ученых-врачей последующих веков — ар-Рази, Беруни, Абу Сахла ал-Масихи и Ибн ал-Байтара.

Ибн Масавайх. Абу Закарийа Йахйа (или Йуханна) ибн Масавайх родился в 160/776 г.⁹ в Джундишапуре в семье фармацевта. Еще в юности вместе с отцом он переехал в Багдад, где учился у Джибрила ибн Бухтйешу. Заведовал больницей и был придворным врачом в Багдаде и Самарре, начиная со времени правления Харун ар-Рашида (786—809) и кончая Мутаваккилем (847—861).

В Багдаде тогда была учреждена своего рода Академия — «Байт ал-хикма» («Дом мудрости») — нечто вроде переводческой коллегии со специальной библиотекой при ней и обсерваторией¹⁰. Там работал и ал-Хорезми.

Ибн Масавайху было поручено организовать переводы греческих произведений, рукописи которых были привезены из Малой Азии при возвращении из похода Харун ар-Рашида против Византии.

По некоторым данным, Ибн Масавайх, в частности, перевел несколько греческих медицинских сочинений на сирийский язык¹¹. Но главной заслугой его было то, что он положил начало систематической работе по переводу греческих сочинений с привлечением к этому делу других ученых, в том числе одного из лучших своих учеников Хунайна ибн Исхака. Ибн Масавайх умер в Самарре в 243/857 г.¹²

В различных источниках приводятся названия свыше 40 его трудов по медицине. Вот некоторые из них: «Навадир ат-тибб» («Афоризмы по медицине»), «Китаб ал-хуммайат» («Книга о лихорадках»), «Дагал ал-айн» («Порча глаз»), «Ма'рифат михнат ал-каххалин» («Познание испытания окулистов»), «Китаб фи джавахир ат-тиб ал-муфрада» («Книга о простых ароматических веществах»), «Китаб таркиб ал-айн ва илалиха ва адвийатиha» («Книга о строении глаза, его болезнях и лекарствах»), «Китаб фи-л-джузам» («Книга о прока-зе»), «Китаб иладж ан-ниса аллавати ла йахбална» («Книга о лечении женщин, которые не беременеют»), «Китаб ас-сумум ва иладжиха» («Книга о ядах и лечении от них»), «Китаб ал-абдал» («Книга о заменителях [лекарств]»).

Из сохранившихся сочинений Ибн Масавайха большой интерес представляет его трактат по глазным болезням, который считается самым ранним произведением по офтальмологии¹³. В нем он упоминает много восточных лекарственных средств, не известных греческим авторам.

О влиянии трудов этого ученого на последующих авторов можно судить хотя бы по тому, что Беруни в своей «Фармакогнозии» 115 раз ссылается на них. Его имя часто упоминается также в «Китаб ал-хави» ар-Рази.

Хунайн ибн Исхак. Среди сотрудников «Дома мудрости» самым выдающимся и плодотворным переводчиком был Абу Зайд Хунайн ибн Исхак ал-Ибади. Он родился в 192/808 г. в семье фармацевта. Медицину изучал сначала в Джундишапуре, потом в Багдаде под

⁸ Sezgin, III, S. 227.

⁹ Там же, с. 231.

¹⁰ Крачковский И. Ю. Арабская географическая литература.— Избранные сочинения, т. IV, М.—Л., 1957, с. 75.

¹¹ Sarton, I, S. 574.

¹² Там же, с. 232.

¹³ The book of the ten treatises on the eye ascribed to Hunain ibn Ishaq... Ed. by M. Meyerhof. Cairo, 1928, p. IX—X.

руководством Йахья ибн Масавайха. Он в совершенстве владел арабским, персидским, сирийским и греческим языком. Под его руководством и при непосредственном участии в «Доме мудрости» велась большая работа по переводу собранных там греческих произведений на сирийский и арабский языки. Он умер в Багдаде в 260/873 г.¹⁴

Хунайн ибн Исхак перевел почти все произведения Галена, различные труды Гиппократы, Платона, Аристотеля, Диоскорида, Птолемея, Орибазия и Павла. В общей сложности им было осуществлено свыше 150 переводов и написано около 100 оригинальных трудов. В целом переводы Хунайна и его учеников сыграли большую роль в освоении античного наследия и ознаменовали значительный прогресс в истории науки¹⁵. Они внесли большой вклад в создание арабской научной терминологии, которая прочно вошла в медицинскую литературу, созданную учеными Ближнего, Среднего Востока и Средней Азии.

Из собственных сочинений Хунайна ибн Исхака укажем следующие. «Таркиб ал-айн ва илалуха ва иладжуха...» («Строение глаза, его болезни и лечения...»). Этот труд считается первым систематически изложенным сочинением по офтальмологии; издан с английским переводом в 1928 г.¹⁶ «Китаб ал-агзийа» («Книга о пище»), «Китаб фи ауджа` ал-ми`да» («Книга о боли в желудке»), «Каул фи хифз ал-аснан ва стислахиха» («Слово о сохранении зубов и их исправлении»), «Китаб ал-хуммайат» («Книга о лихорадке»), «Китаб фи-н-набд» («Книга о пульсе»), «Макала фи-с-сар`» («Статья о падучей»).

Беруни в своей «Фармакогнозии» упоминает три сочинения Хунайна, посвященных простым лекарствам¹⁷.

Истифан ибн Басил. Это один из переводчиков времени Ма`муна и последующих халифов и один из лучших учеников и сорудников Хунайна ибн Исхака. Им переведено около 10 сочинений Галена на арабский язык, однако в историю медицины он вошел главным образом как первый переводчик известного труда Диоскорида (I в.) «О лекарственных средствах». Этот перевод, осуществленный в Багдаде при аббасидском халифе Мутаваккиле (847—861), был отредактирован и улучшен Хунайном.

Перевод Истифана ибн Басила страдал одним недостатком — многие греческие названия лекарственных средств, арабские эквиваленты которых не были ему известны, были оставлены по-гречески без изменения. Поскольку это затрудняло пользование арабским переводом труда Диоскорида, в X в. были осуществлены две новые редакции этого перевода — одна в Кордове арабско-испанскими учеными, другая — в Самарканде Абу Абдаллахом ан-Натили, который, как известно, был домашним учителем Ибн Сины. Натили завершил свою редакцию в 380/990 г. и преподнес ее наместнику Саманидов в Хорасане, тюркскому военачальнику Абу Али Симджуру (986—997). Он уделял большое внимание определению описываемых веществ, что делалось им путем замены оставленных без перевода греческих названий лекарств местными эквивалентами, которые мы встречаем как в «Фармакогнозии» Беруни, так и в Книге второй «Канона врачебной науки» Ибн Сины¹⁸.

Масих. Одним из выдающихся врачей времени ал-Хорезми, создавшим большой труд по медицине, был Абу-л-Хасан Иса ибн Хакам Масих ад-Димашки. Он служил врачом у Харун ар-Рашида и в 225/840 г. еще был жив. Его отец Хакам ад-Димашки также был врачом, жил в Дамаске и умер в 210/825 г., в возрасте 105 лет.

Сохранившиеся труды Масиха еще не исследованы. Это — «ар-Рисала ал-кафийа ал-Харунийа» («Достаточный трактат, посвященный Харун ар-Рашиду»), «Рисала фи-л-а`шаб ва-л-акакир» («Трактат о тра-

¹⁴ Strohmaier G. Hunayn b. Ishak al-Ibadi. Enc. of Islam, II, p. 578.

¹⁵ Sarton, I, S. 611.

¹⁶ The book of the ten treatises..., p. IX—X.

¹⁷ Абу Райхан Беруни. Указ. соч., с. 86—87.

¹⁸ Там же, с. 67—68.

вах и снадобьях»), «ал-Куннаш» («Сборник»). Последним трудом Димаши широко пользовался ар-Рази в своем «ал-Хави». На него ссылается и Беруни¹⁹.

Сабур ибн Сахл. Он был христианским врачом, жил в Джундишапуре и заведовал там больницей. Ок. 850 г., при халифе Мутаваккиле, он был отозван в Багдад. Умер в 255/869 г.

Сабур — автор первой на Востоке большой фармакопей — «Китаб ал-акрабадин ал-кабир»²⁰. Эта объемистая книга, состоящая из 17 глав, в течение трех столетий служила справочником в больницах и аптеках. Ссылки на нее мы встречаем в трудах ар-Рази и Беруни. Известны еще следующие сочинения Сабура ибн Сахла: «Китаб ал-кува л-ат'има ва мадарриха ва манафи'иха» («Книга о качествах пищи, ее пользе и вреде»), «Китаб ал-ашриба ва манафи'иха ва мадарриха» («Книга о напитках, их пользе и вреде»).

Ал-Кинди. Великий арабский философ, ученый-энциклопедист Абу Йусуф Йа'куб ибн Исхак ибн ас-Саббах ал-Кинди оставил неизгладимый след и в области медицины. Он родился ок. 800 г. в Басре, жил и работал в Багдаде; умер в 256/870 г. Перу ал-Кинди принадлежит большое количество трудов по философии, математике, астрономии, географии, музыке, минералогии, медицине и фармакологии.

В различных источниках перечислено около 40 медицинских сочинений²¹ и столько же по химии, технологии и минералогии²². Укажем некоторые из них. «Таквим ас-сихха би-л-асбаб ас-ситта» («Укрепление здоровья с помощью шести факторов»); «Китаб ал-бах» («Книга о половом влечении»); «Рисала фи ма'рифат ал-кува-л-адвийа ал-мураккаба» («Трактат о познании сил сложных лекарств»); «Ихтийарат Аби Йусуф ал-Кинди ли-л-адвийат ал-мумтахана ал-муджарраба ва хийа ал-акрабадин» («Избранные Абу Йусуфом ал-Кинди испытанные лекарства, а это — «Фармакопея»). Этот труд опубликован в английском переводе²³; «Китаб фи кимийа ал-итр ва-т-та'с'идат» («Книга о химии благовоний и возгонке их»). Она посвящена описанию способов приготовления всевозможных ароматических веществ (107 рецептов) и необходимых для этой цели приборов²⁴; «Рисала фи иллат ал-джузам ва адвийатиhi» («Трактат о причине проказы и ее лекарствах»); «Рисала фи 'аддат ал-калб ал-калиб» («Трактат об укусе бешеной собаки»); «Рисала фи-л-гида ва-д-дава ал-мухлик» («Трактат о смертоносных пище и лекарствах»).

Этот далеко не полный перечень трудов ал-Кинди свидетельствует о необычайной широте интересов великого ученого. Его «Фармакопея» — один из древнейших трудов такого рода — оказала заметное влияние на последующих авторов, в том числе на ар-Рази и Беруни.

Ибн Сарабийун. В IX в. в Дамаске жил и работал сирийский врач Йахйа (Йуханна) ибн Сарабийун²⁵ (Серапион), который написал на сирийском языке два медицинских труда: «ал-Куннаш ал-кабир» («Большой сборник», 12 книг) и «ал-Куннаш ас-сагир» («Малый сборник», 7 книг). Последний, более известный, был переведен в 318/930 г. на арабский, а в XII в. на латинский язык Герардо Кремонским и этот латинский перевод неоднократно издавался в Европе²⁶.

Его труды также были использованы ар-Рази и Беруни.

Али ибн Раббан ат-Табарни. Среди современных ал-Хо-

¹⁹ Sezgin, III, S. 227—228; Абу Райхан Беруни. Указ. соч., с. 81.

²⁰ Слово «акрабадин» через сирийское «графадин» восходит к греческому «графидион» — «краткий трактат». «Акрабадином» (или «Карабадином») называется сборник, в котором описываются способы приготовления и применения сложных лекарств.

²¹ Sezgin, III, S. 244.

²² The Medical Formulary or Agrabadin of Al-Kindi. Translated with a study of its materia medica by M. Levey. Madison, 1966, p. 5.

²³ Там же.

²⁴ Kitab kimiya al-itr wat-tas'idat... Übersetzt von Karl Garbers. Leipzig, 1948.

²⁵ По некоторым сведениям, он умер в 250/864 г. (Sezgin, III, S. 240).

²⁶ Sartori, I. S. 608.

резми врачей, создавших оригинальные сочинения на арабском языке особо выделяется фигура выдающегося среднеазиатского ученого Абу-л-Хасана Али ибн Сахл Раббан ат-Табари. Он родился в 193/809 г.²⁷ в Мерве в сирийской христианской семье. Отец его, Сахл ат-Табари был сведущ в области медицины, философии и астрономии и считается автором первого полного перевода на арабский язык «Алмагеста» Птолемея²⁸. Он обучал сына арабскому, сирийскому и частично греческому языку, а также медицине и философии.

В 214/830 г. Али ибн Раббан в Табаристане служил секретарем у местного эмира Мазйара ибн Карина, а после казни последнего в 227/842 г. переехал в Самарру²⁹, где изучал греческие, сирийские и индийские медицинские труды³⁰. Ему покровительствовал аббасидский халиф ал-Мутаваккил (232/847—248/861), при котором он принял ислам и которому в 240/855 г. посвятил свое главное медицинское сочинение «Фирдавс ал-хикма» («Рай мудрости»). Дата смерти его не установлена, но считают, что он умер ок. 250/864 г.³¹

«Рай мудрости» — довольно объемистый труд³². Его 7 разделов охватывают все главнейшие вопросы медицинской науки того времени. В них собрано большое количество материала из области натурфилософии, медицины, лекарствоведения, гигиены, психологии, климатологии, космографии и астрономии. Это один из первых оригинальных трудов, созданных на средневековом Востоке, в котором на основании достижений медицины предшествующих эпох (в основном греческой, среднеазиатской и индийской) изложено все, что относится к сохранению здоровья и лечению болезней человека.

Из греческих философов он цитирует Аристотеля и его комментатора Александра Афродизийского, а из врачей — Гиппократ, Галена, Архигена и др. Из восточных медиков он ссылается на труды Масарджавайха, Йуханна ибн Масавайха и Хунайна ибн Исхака. Встречается много цитат из анонимных сирийских медицинских источников VI в. Из индийских авторов цитируются труды Чараки и Сушруты³³.

Али ибн Раббаном написан и ряд других медицинских сочинений, в том числе «Китаб хифз ас-сихха» («Книга о сохранении здоровья»), «Китаб фи-л-хиджама» («Книга о кровопускании посредством банок»), «Китаб ал-манафи' ал-адвийа ва-л-ат'има ва-л-акакир» («Книга о полезностях лекарств, пищи и снадобий»).

Труды Али ибн Раббана ат-Табари оказали заметное влияние на последующее развитие медицины на средневековом Востоке, в частности в Средней Азии. Ссылку на них мы встречаем у ар-Рази, его неоднократно цитирует Беруни в своей «Фармакогнозии»³⁴. На него ссылаются также самаркандские врачи Бадраддин ал-Каланиси ас-Самарканди (XII в.) в своей «Фармакопее» и личный врач Улугбека Бурханиддин Нафис ибн Иваз ал-Кирмани в «Шарх ал-асбаб вал-аламат». Данными Ибн Раббана пользовались также Ибн ал-Байтар (ум. в 1248 г.) в «Джами ал-муфратат», Йакуб ал-Хамави (1179—1229) в своем географическом словаре «Му'жам ал-булдан» и др.

Ибн М а с с а. Современником ал-Хорезми был и другой мервский врач, Иса ибн Масса. Он был одним из выдающихся врачей своего

²⁷ Se z g i n, III, S. 237.

²⁸ Там же, с. 565.

²⁹ Город близ Багдада (Ирак).

³⁰ Некоторые авторы указывают, что после казни Мазйара Али ибн Раббан сначала переехал в Рей, где основал больницу, и якобы одним из его учеников в области медицины был Абу Бакр ар-Рази. Однако хронологически это невозможно. (Абу Райхан Беруни. Указ. соч., с. 83, прим. 412).

³¹ Se z g i n, III, S. 237.

³² На основании нескольких сохранившихся рукописей он был издан в арабском оригинале в Берлине в 1928 г. Мухаммадом Зубайр ас-Сиддики (Firdaus'l Hikmat or Paradise of Wisdom of Ali b. Rabban al-Tabari. Ed. by M. Z. as-Siddiqi, Berlin, 1928); в этом издании ок. 680 с.

³³ Se z g i n, III, S. 238.

³⁴ Абу Райхан Беруни. Указ. соч., №№ 103, 403, 508, 880, 946, 1105. Одна цитата встречается и в «Индии» Беруни (с. 334).

времени. Источники сообщают, что он встречался с Ибн Масавайхом и другими знаменитыми врачами IX в. Умер ок. 275/888 г.³⁵

В числе его сочинений упоминаются следующие: «Рисала фи исти'мал ал-хаммам» («Трактат о применении бани»), «Китаб ал-джи-ма'» («Книга о половом сношении»), «Китаб ал-фасд ва-л-хиджама» («Книга о кровопускании и банках»), «Китаб ал-кува-л-агзийа» («Книга о свойствах пищи») и «Тадбир ал-асинна» («Режим для различных возрастов»). Беруни неоднократно обращался к трудам Ибн Масса³⁶.

Как видим, с IX в. стали появляться оригинальные сочинения на арабском языке, освещающие как теоретические, так и практические вопросы врачебной науки. Если вначале преобладали трактаты, посвященные какой-либо одной отрасли медицины (о заболеваниях одного органа или об одной конкретной болезни; например, труды Джibriла ибн Бухтйешу, Ибн Масавайха, Хунайна ибн Исхака, ал-Кинди, Ибн Масса), то постепенно создаются труды общего характера, излагающие все, что было известно тогда в этой области, с добавлением результатов врачебной практики самого автора (например, сочинения Салмавайха, Масиха ад-Димашки, Ибн Сарабийуна и Али ибн Раб-бана ат-Табари).

Следует указать также на возникновение отдельной группы работ, специально посвященных лекарствоведению и диететике (например, труды Ибн Масавайха, Сабура ибн Сахла, ал-Кинди).

В целом трудами упомянутых переводчиков и ученых-медиков, современников ал-Хорезми, была подготовлена почва для последующего развития медицинской науки, которая в X—XI вв. благодаря деятельности Абу Бакра ар-Рази, Али ибн Аббаса ал-Маджуси, Абу Али ибн Сины и др. достигла наивысшего расцвета.

³⁵ Sezgin, III, S. 257.

³⁶ Абу Райхан Беруни. Указ. соч., с. 88.

Г. П. МАТВИЕВСКАЯ

СОЧИНЕНИЯ АЛ-ХОРЕЗМИ В СРЕДНЕВЕКОВОЙ ЕВРОПЕ

Появление трудов ал-Хорезми ознаменовало начало нового периода в развитии математики и астрономии не только на Ближнем и Среднем Востоке. Уже в XII в. влияние их распространилось на Европу и в небольшой степени содействовало быстрому прогрессу там математических наук.

В эпоху раннего средневековья европейская наука, пришедшая в упадок в результате известных социально-экономических потрясений, располагала весьма скудным по содержанию материалом. Из огромного богатства античной математики средневековые ученые получили в наследство лишь то небольшое, что сохранили поздние римляне с их относительно низким уровнем научных познаний. Оригинальные труды римских авторов, где находила применение математика, касались главным образом решения прикладных задач из области архитектуры и геодезии, математические же теории греческих классиков были полностью забыты. По римской традиции, вся наука долго ограничивалась рамками «тривнума» (грамматика, риторика, диалектика) и «квадри-виума» (арифметика, геометрия, астрономия, музыка).

Европейской математике, базировавшейся на столь бедной основе, предстояло пройти долгий путь, прежде чем было восстановлено утраченное понимание научного исследования и вновь освоены наивысшие достижения античной науки. На первых же порах было необходимо объединить в целостную систему и приспособить к требованиям новой эпохи обрывки древних теорий, которые оказались доступными в то время ученым Европы. Эту задачу решали компилятивные сочинения энциклопедического характера, составлявшие основную часть европей-

ской научной литературы до XII в. К ним относились труды римских ученых V—VI вв. Марциана Капеллы, Макробия, Боэция, Кассиодора.

Самым значительным из них был Аниций Манлий Северин Боэций (480—525 гг.) — римский философ, государственный деятель и ученый, находившийся на службе у Теодориха, короля остготов, владычеству которых была в то время подчинена Италия. Своими философскими и научными трудами Боэций оказал огромное влияние на интеллектуальную жизнь средневековой Европы и считался крупнейшим авторитетом в области математики¹.

Энциклопедический обзор научных познаний своего времени дал позднее ученый епископ Исидор Севильский (570—636 гг.), а затем Беда Достопочтенный (ок. 673—735 гг.), оставивший заметный след в математике раннего средневековья. У него уже наблюдалось стремление не только обобщать знания древних, но и применять их в целях просвещения. Еще ярче оно проявилось в деятельности Алкуина (ок. 735—804 гг.), который работал при дворе Карла Великого и сыграл важную роль в совершенствовании школьного образования и распространении математических знаний.

О пробуждении в Европе в конце X в. интереса к научному исследованию свидетельствует математическое творчество знаменитого Герберта (ок. 940—1003 гг.), прославившегося не только как ученый, но и как политический деятель (в последние годы жизни — папа Сильвестр II). Он родился в Оверни, образование получил на севере Франции, а затем совершил поездку в Испанию, где «постиг премудрость арабов и приобрел те математические и астрономические познания, которые так поражали современников»². Герберт написал несколько научных трактатов, долго служивших учебниками арифметики, геометрии и астрономии. Ему принадлежат первое известное в литературе описание методов арифметических действий на древнем счетном приборе — абаке и усовершенствование этого прибора³.

Таким образом, к началу XI в. работа математиков, следовавших римской традиции, принесла значительные успехи, главным образом в области просвещения. Однако темпы и направление развития математики существенно изменились лишь веком позже — с началом планомерного перевода восточной научной литературы с арабского языка на латинский.

Восточная наука стала проникать в Европу с X в. различными путями, преимущественно через Испанию и Сицилию. Основной пункт этого проникновения находился на Пиренейском полуострове. В Испании, захваченной арабами в начале VIII в., почти три столетия правила династия Омейядов, укрепившаяся здесь после ее свержения в Дамаске в 750 г. Столица Омейядов Кордова, а после их падения и распада их владений на самостоятельные княжества — города Севилья, Гранада, Толедо и др. стали крупными научными центрами с многочисленными учебными заведениями и библиотеками. В период Реконквисты они продолжали сохранять значение важных очагов культуры, где многим были доступны два языка — арабский и латинский.

В Испанию из разных европейских государств съезжались люди, стремившиеся приобщиться к восточной учености. В XII—XIII вв. здесь широко развернулась работа по переводу научной литературы с арабского языка, имевшая огромное значение для развития в Европе различных отраслей знания, в том числе математики и астрономии⁴.

¹ Матвиевская Г. П. Развитие учения о числе в Европе до XVII века. Ташкент, 1971.

² Hankel H. Zur Geschichte der Mathematik im Altertum und Mittelalter. Leipzig, 1874, S. 62.

³ Бубнов Н. М. Подлинное сочинение Герберта об абаке или система элементарной арифметики классической древности. Киев. 1911; Gerberti postea Silvestri papae Opera mathematica. Ed. N. Bubnov. Berlin, 1899.

⁴ Crombie A. C. Augustin to Galileo. The history of science a. D. 400—1650. London, 1952; Haskins Ch. H. Studies in the history of mediaeval science.

Благодаря деятельности переводчиков ученые Европы получили доступ к классическим античным сочинениям, сохранившимся в арабских версиях, а также к трудам математиков и астрономов Ближнего и Среднего Востока. Они познакомились с «Началами» Евклида, астрономией Птолемея, «индийской» арифметикой, с алгеброй, тригонометрией, оптикой. Изучение переводной литературы развивало навыки научного исследования и давало стимулы к творчеству. Это обусловило появление в скором времени оригинальных трудов как на латыни — языке науки того времени, так и на народных языках Европы.

К числу первых естественнонаучных сочинений, переведенных с арабского, относились популярные на Востоке и пользовавшиеся большим научным авторитетом труды ал-Хорезми — «Книга об индийском счете», алгебраический трактат и зидж (астрономические таблицы). Их переводом занимались крупнейшие ученые XII в., работавшие в Испании: Аделард из Бата, Герардо Кремонский, Роберт из Честера, Иоанн Севильский, Герман из Каринтин.

Англичанин Аделард из Бата был одним из пионеров изучения математической и астрономической литературы на арабском языке. Среди многочисленных выполненных им переводов важное место занимает завершённый в 1126 г. перевод зиджа ал-Хорезми в обработке астронома X в. Масламы ибн Ахмада ал-Маджрити⁵. Эта латинская версия зиджа приобрела широкую известность в Европе. Есть основания полагать, что Аделард является также автором двух сочинений, положивших начало распространению в европейских странах «индийского счета», т. е. арифметики, основанной на десятичной позиционной системе счисления с нулем. Изложению ее методов был посвящен арифметический трактат ал-Хорезми, который лег в основу упомянутых сочинений, приписываемых Аделарду из Бата. Первое из них — «Книга введения Алхоризма в астрономическое искусство», составленная магистром А.⁶, содержащая обработку трактата ал-Хорезми, второе — перевод самого трактата, начинающийся словами: «Dixit Algorizmi...» (т. е. «Сказал ал-Хорезми...»)⁷.

Автор этого перевода, сыгравшего важнейшую роль в истории европейской математики, точно не установлен. Наряду с Аделардом из Бата, его приписывают другому знаменитому переводчику — Герардо Кремонскому (1114—1187 гг.), долго работавшему в Испании. Он перевел с арабского языка труды Аристотеля и Фараби по философии, медицинские произведения Галена, Гиппократы, Ибн Сины и ар-Рази. Но особенно велика его заслуга в переводе математических и астрономических сочинений. Ему принадлежит, в частности, один из двух осуществленных в XII в. латинских переводов алгебраического трактата ал-Хорезми⁸.

Cambridge, 1924; Steinschneider M. Die europäischen Übersetzungen aus dem Arabischen bis Mitte des 17. Jahrhunderts. — Sitzungsber. d. Wiener Akad., phil.-hist. Kl., Bd. 149, 1904; Bd. 151, 1905; Wüstenfeld F. Die Übersetzungen arabischer Werke in das Lateinische seit dem XI. Jahrhundert — Abhandl. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Bd. 22, 1877.

⁵ Suter H. Die astronomischen Tafeln des Muhammad ibn Mūsā al-Khwārizmī in der Bearbeitung des Maslama ibn Ahmad al-Madjritī und der latein. Übersetzung des Athelhard von Bath. Copenhagen, 1914; Neugebauer O. The astronomical Tables of al-Khwārizmī. Translation with Commentaries of the Latin Version edited by H. Suter supplemented by Corpus Christi Collego MS 283. Köbenhavn, 1962.

⁶ Curtze M. Über eine Algorithmus-Schrift des XII. Jahrhunderts. — Abhandl. zur Gesch. d. Mathem., H. 8, Leipzig, 1898, S. 1—27; Юшкевич А. П. Арифметический трактат Мухаммеда бен Муса ал-Хорезми. — Труды Института истории естествознания и техники АН СССР, т. I, М., 1954, с. 85—127.

⁷ Вонсопagni В. Trattati d'Aritmetica. I. Algoritmi de numero indorum. Roma, 1857. Vogel K. Mohammed ibn Mūsā al-Chwarizmi's Algorismus. Das frühest. Lehrbuch zum Rechnen mit indischen Ziffern. Aalen, 1963; Русский перевод трактата: Алгоритми об индийском счете. — В кн.: Мухаммад аль-Хорезми. Математические трактаты, Ташкент, 1964.

⁸ Libri G. Histoire des sciences mathématiques en Italie, T. I. Paris, 1838, p. 253—297; Björnbo A. Gerardo von Cremona Übersetzung von Alchwarizmi's Algebra und von Euklids Elementen. — Bibliotheca mathematica, F. 3, Bd. VI, 1906, S. 239—248.

Второй перевод «Краткой книги алгебры и алмукабалы» ал-Хорезми выполнил в 1145 г. видный ученый Роберт из Честера⁹. Оба перевода этого сочинения быстро приобрели популярность и служили учебными пособиями по алгебре. Об этом свидетельствует большое число их рукописных копий, сохранившихся в европейских библиотеках.

Судя по количеству имеющихся средневековых рукописей, немалый интерес у европейских ученых вызывал и астрономический трактат ал-Хорезми. Помимо уже упоминавшейся версии Масламы ал-Маджрити, переведенной Аделардом из Бата, была известна и другая, которую выполнил современник ал-Маджрити, испанский ученый Ибн ал-Мусанна. Она была переведена в XII в. дважды: на латинский язык¹⁰ ее перевел Гуго из Санкталлы, а на древнееврейский¹¹ — Ибн Эзра (ум. в 1167 г.). На основании обработки зиджа ал-Хорезми тогда же было составлено астрономическое сочинение, принадлежавшее Герману из Каринтии.

В начинавшемся в Европе с XIII в. подъеме математического творчества, несомненно, важную роль сыграло изучение трудов ал-Хорезми, ставших благодаря переводам доступными широким кругам ученых. Уже в XII в. появились сочинения, основанные на обработке этих трудов. К ним, в частности, относится латинский трактат «Книга Алгорисма о практике арифметики», принадлежащий, очевидно, Иоанну Севильскому¹².

Труды ал-Хорезми оказали влияние на творчество крупнейшего ученого XIII в. Леонардо Фибоначчи, известного также под именем Леонардо Пизанского, автора первых оригинальных европейских сочинений по математике. Его знаменитая энциклопедия математических знаний «Книга абака» («*Liber abaci*») свидетельствует о хорошем знакомстве с арифметическим и алгебраическим трактатами ал-Хорезми. Он разъясняет принципы «индийской» арифметики и практической геометрии, решает задачи «алгебры и мукабалы», придерживаясь того плана изложения, который стал традиционным у восточных математиков после ал-Хорезми¹³. На полях алгебраического раздела рукописи Леонардо Пизанского есть прямая ссылка на него.

В XIII в. широкое распространение получили сочинения об «индийской» арифметике, которую начали называть именем ал-Хорезми в латинизированной форме: «алгоритм» или «алгорисм». Внедрение новой арифметики происходило постепенно, в борьбе между ее сторонниками — «алгоритмиками» и приверженцами старых вычислительных приемов с помощью абака — «абацистами». С течением времени первоначальное значение термина стало забываться и ему часто давали самые фантастические толкования. В XVII в. он получил свое современное значение — точного предписания о выполнении в определенном порядке некоторой системы операций, позволяющего решать совокупность задач определенного класса.

Европейские математики всегда отдавали должное своему замечательному восточному предшественнику. Выдающиеся ученые эпохи Возрождения Дж. Кардано (1501—1576 гг.) и Н. Тарталья (1500—

⁹ Karpinski L. Ch. Robert of Chester's latin translation (1145) of the Algebra of Al-Khowarizmi, New York, 1915.

¹⁰ Millás Vendrell E. El comentario de Ibn al-Mutannâ a las Tablas Astronomicas de al-Jwârizmi. Estudio y edicion critica del texto latino, en la version de Hugo Sanctallensis. Madrid—Barcelona, 1963.

¹¹ Goldstein B. R. Ibn al-Muthannâ's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwârizmi. Two Hebrew versions, edited and translated, with an Astronomical commentary. New Haven—London, 1967.

¹² Boncompagni B. Trattati d'Aritmetica. II. Joanni Hispalensis liber algorismi de pratica arismetrice. Roma, 1957; Юшкевич А. П. История математики в средние века. М., 1961; Allard A. Les plus anciennes versions latines du 12^e siècle issues de l'arithmétique d'al-Khwârizmi. Louvain, 1975.

¹³ Матвиевская Г. П. Учение о числе на средневековом Ближнем и Среднем Востоке. Ташкент, 1967.

1557 гг.), трудами которых начался новый этап истории алгебры, связанный с решением кубического уравнения, неоднократно называли ал-Хорезми создателем этой математической дисциплины. Высоко оценивал его роль в истории науки крупный математик XVII в. Дж. Валлис (1616—1703 гг.).

Основательное же изучение наследия ал-Хорезми началось в XIX в. В нем приняли участие многие известные исследователи, усилиями которых творчество великого среднеазиатского ученого получило всестороннее освещение.

В. С. ЗАМАРАЕВ

К ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ НАСЛЕДИЯ АЛ-ХОРЕЗМИ

Интенсивность и степень изучения сохранившихся трудов ал-Хорезми не одинаковы. Они зависят от многих факторов, содействующих этому процессу или тормозящих его, и подлежат рассмотрению по отношению к каждому из них в отдельности. Изучение наследия ал-Хорезми на Востоке в общем проводилось по оригиналам или ранним копиям, а на Западе, как правило,— по копиям, переписанным через несколько веков после написания труда, или по латинским переводам с арабского. Здесь мы попытаемся проследить в общих чертах историю изучения наследия ал-Хорезми на Западе и в нашей стране.

В Западной Европе интерес к трудам ученых Востока, особенно математиков и астрономов, стал проявляться уже в X в. Они проникали в Европу через завоеванные арабами Испанию и Сицилию, а позже через юг Франции. Их стали переводить на европейский язык науки — латинский, и в этом отношении большая заслуга принадлежит целому ряду переводчиков XII в.— английскому монаху Аделарду из Бата, Герарду Кремонскому, Роберту Честерскому, Иоанну Севильскому из Толедо, Гуго из Санталлы и др.¹ Во многих городах Испании образовались научные центры с библиотеками, обсерваториями и школами переводчиков, куда стекались жаждущие восточных знаний из разных стран Европы. Благодаря этой переводческой деятельности и дошли до нас некоторые труды ал-Хорезми, рукописи которых на арабском языке не сохранились.

Одним из первых трудов ал-Хорезми был «Китаб аз-зидж», содержащий астрономические и тригонометрические таблицы с соответствующими теоретическими разъяснениями, необходимыми для решения ряда задач практической астрономии. В своем подлинном, первоначальном виде «Зидж» до нас не дошел. Не сохранилась и арабская версия его позднейшей обработки, выполненной около 1007 г., испано-арабским астрономом Масламой ибн Ахмадом ал-Маджрити. Имеется лишь латинский перевод этой обработки, сделанный в 1126 г. Аделардом из Бата, существующий в пяти рукописях, хранящихся в библиотеках Англии, Испании и Франции. Этот труд ал-Хорезми принес ему славу при жизни и долгое время был основным руководством по астрономии не только на Востоке, но и в Западной Европе.

Существует довольно обширная западноевропейская литература о нем. Так, его изучению посвятили свои труды датские ученые А. Бьернбо и Р. Бестхорн², на основании работ которых швейцарский

¹ Boncompagni B. Della vita e delle opere di Gherardo Cremonese. Roma, 1851; Wüstenfeld F. Die Übersetzungen arabischer Werke in das Lateinische seit dem XI. Jahrhundert. — Abhandl. d. Königl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, 1877, Bd. 22, S. 1—53; Steinschneider M. Die europäischen Übersetzungen aus dem Arabischen bis Mitte des 17. Jahrhunderts. — Sitzungsber. d. Wiener Akad. phil.-hist. Kl., 1904, Bd. 149; 1905, Bd. 151.

² Björnbo A. A. Al-Chwarizmi's trigonometriske Tavler. — Festschrift til H. G. Zeuthen. Köbenhavn, 1909, p. 1—26; Björnbo A., Besthorn R. Die astronomischen Tafeln des Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi in der Bearbeitung des Maslama al-Madjriti (ed. H. Suter).— Copenhagen: Royal Danish Academy, 1914.

востоковед Г. Зутер издал критический латинский текст «Зиджа» и снабдил его комментариями на немецком языке³. В 1962 г. эта латинская версия была переведена на английский язык и комментирована О. Нейгебауэром⁴. Имеются также труды швейцарца И. Буркхардта⁵, американцев Э. С. Кеннеди⁶ и Б. Р. Гольдштейна⁷, испанца Х.-М. Мильяса-Валликросы⁸, уже упоминавшегося Г. Зутера⁹ и др.

У нас этот труд ал-Хорезми мало изучен. Переведены на русский язык лишь три главы из 37 и тригонометрические таблицы с комментариями¹⁰. Небольшая работа об этих таблицах написана Р. И. Ибадовым¹¹. И. Ю. Крачковский, рассказывая о происхождении этого труда и ссылаясь на исследование Г. Зутера, пишет: «...Астрономические таблицы ал-Хорезми в обработке ал-Маджрити послужили основой позднейших астрономических работ в Западной Европе»¹².

Известно, что ал-Хорезми написал два трактата об астрологии, из которых один не дошел до нас. «Китаб ал-амал би-л-астурлаб» («Книга о применении астрологии») сохранилась в арабской рукописи и изучением ее на Западе занимались немецкие ученые Э. Видеманн и И. Франк¹³.

Трактату ал-Хорезми о еврейском календаре «Макала фи стихрадж та'рих ал-йахууд уа а'йадихим», арабская рукопись которого находится в рукописохранилище Банкипура (Индия), посвятил свое исследование Э. С. Кеннеди¹⁴.

Об астрономических трактатах ал-Хорезми писали Б. А. Розенфельд и Н. Д. Сергеева¹⁵.

Обширное географическое сочинение ал-Хорезми «Китаб сурат ал-ард» («Книга картины Земли»), единственная, датированная 1037 г.

³ Suter H. Die astronomischen Tafeln des Muhammed ibn Musa al-Khwarizmi in der Bearbeitung des Maslama ibn Ahmed al-Madjriti und der latein. Übersetzung des Athelhard von Bath auf Grund der Vorarbeiten von A. Björnbo und R. Besthorn in Kopenhagen herausgegeben und kommentiert von H. Suter in Zürich. — Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et des Lettres de Danemark, Copenhague, 1914, 7-ème série, Section des Lettres, t. III, No. 1.

⁴ Neugebauer O. The astronomical tables of al-Khwarizmi. Translation with Commentaries of the Latin Version edited by H. Suter supplemented by Corpus Christi College MS 283 by O. Neugebauer. — Historisk-filosofiske Skrifter udgivet af det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, København, 1962, Bd. 4, Nr. 2.

⁵ Burckhardt J. J. Die astronomischen Tafeln von Al-Khwarizmi. — Verhandl. d. Schweizer. Naturforsch. Ges., 1956, S. 73—75; его же. Die mittleren Bewegungen der Planeten im Tafelnwerk des Khwarizmi. — Vierteljahrsschrift d. Naturfor. Ges., Zürich, 1961, Bd. 106, H. 2, S. 213—231.

⁶ Kennedy E. S. A Survey of Islamic astronomical Tables. — Transactions of the American Philosoph. Society, 1956, vol. 46, part. 2, p. 123—177; Kennedy E. S., Muhammad Agha. Planetary visibility tables in islamic astronomy. — Centaurus, 1960, vol. 7, p. 134—140; Kennedy E. S., Ukashah W. Al-Khwarizmi's planetary Latitude tables. — Centaurus, 1969, vol. 14, p. 86—96.

⁷ Goldstein B. R. Ibn al-Muthanna's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwarizmi. New Haven—London, 1967.

⁸ Millás Vallicrosa J.-M. La autenticidad del comentario a las tablas astronómicas de al-Jwārizmī por Ahmad ibn al-Mutannā. — Isis, 1964, 54, p. 114—119.

⁹ Suter H. Der Verfasser des Buches «Gründe der Tafeln des Chowārezmī». — Bibliotheca mathem., 1903, Fol. 3, Bd. 4, S. 123—129.

¹⁰ [Копелевич Ю. Х., Розенфельд Б. А.] Мухаммад аль-Хорезми. Математические трактаты. Пер. Ю. Х. Копелевич и Б. А. Розенфельда. Предисловие и комментарии Б. А. Розенфельда. Ташкент, 1964, с. 89—93.

¹¹ Ибадов Р. И. Тригонометрические таблицы Хорезми. — Научные труды Самаркандского сельхозинститута, т. 20. Материалы научной конференции 1968 г., Самарканд, 1968, с. 29—30.

¹² Крачковский И. Ю. Арабская географическая литература. — В кн: Избранные сочинения, т. IV, М.—Л., 1957, с. 92.

¹³ Wiedemann E. Zu der Astronomie bei der Arabern (Beitr. XIV). — Sitzungsb. d. phys.-med. Soz. in Erlangen, 1906, Bd. 38; Frank J. Die Verwendung des Astrolabs nach al-Khwarizmi. — Abh. zur Gesch. d. Naturwiss. und d. Medizin, Erlangen, 1922, III, S. 1—32.

¹⁴ Kennedy E. S. Al-Khwarizmi on the jewish calendar. — Scripta mathematica, 1962, 27, No. 1, p. 55—59.

¹⁵ Розенфельд Б. А., Сергеева Н. Д. Об астрономических трактатах ал-Хорезми. — Историко-астрономические исследования, вып. XII, М., 1977, с. 201—218.

арабская рукопись которого хранится в университетской и региональной библиотеке Страсбурга (Франция), является творческой переработкой «Географии» греческого ученого II в. Клавдия Птолемея с дополнением арабскими географическими данными и рядом изменений и исправлений.

Научная общественность Европы познакомилась с этим сочинением ал-Хорезми в конце XIX в., когда известный арабист, директор Хедивской библиотеки (Египет) В. Спитта, приобретший рукопись в Канре в 1878 г., сделал о ней краткое сообщение в 1879 г.¹⁶, а в 1881 г. на V Международном конгрессе востоковедов в Берлине прочитал доклад «География» Птолемея у арабов»¹⁷. После его смерти в 1883 г. рукопись перешла в Страсбургскую библиотеку¹⁸.

Этот труд ал-Хорезми изучен в Европе довольно широко и глубоко, и главная заслуга в этом принадлежит итальянскому востоковеду-арабисту К. А. Наллино и австрийскому ученому Гансу фон Мжику. Еще в 1894 г. К. А. Наллино опубликовал свое первое исследование этого труда¹⁹, а затем неоднократно возвращался к нему в других своих сочинениях²⁰. Г. Мжик, сознавая всю трудность стоящей перед ним задачи, стал изучать труд ал-Хорезми по частям, посвящая свои исследования отдельным регионам — Африке, Юго-Восточной Азии, Албании, Восточной Европе и связанным с ними проблемами²¹. В 1926 г. на основании комплексного исследования Страсбургской рукописи и Лондонской рукописи сочинения Сухраба²², которое является позднейшей обработкой труда ал-Хорезми, им был опубликован критический текст Страсбургской рукописи с введением и комментариями²³. Исследования Мжики дополнили венгр К. Цегледи²⁴ и немецкие ученые Г. Даунихт²⁵

¹⁶ Zeitschr. d. deutsch. morgenl. Gesellsch., 1879, XXX, S. 294—297.

¹⁷ Spitta W. Die Geographie des Ptolemaeus bei den Arabern. — Abhandlungen und Vorträge des 5. Internationalen Orientalisten-Congresses, Berlin, 1882, S. 19—28.

¹⁸ Zeitschr. d. deutsch. morgenl. Gesellsch., 1886, XL, S. 306.

¹⁹ Nallino C. A. Al-Huwarizmi e il suo rifacimento della Geografia di Tolomeo. — Memorie della Reale Accademia dei Lincei, Classe di scienze morali, storiche e filologiche, Roma, 1894, serie V, vol. II, pt. I, p. 1—53.

²⁰ Nallino C. Al-Khuwarizmi et son remaniement de la Géographie de Ptolémée. — Bull. de la Société Khédiviale de Géographie, IV série, No. 8, Cairo, 1896, p. 525—543; его же. Al-Khuwarizmi e il suo rifacimento della Geografia di Tolomeo. — In: Carlo Alfonso Nallino. Raccolta di scritti editi e inediti. — Roma: Istituto per l'oriente, 1944, vol. V, p. 458—532.

²¹ Mžik H., v. Afrika nach der arabischen Bearbeitung der Γεωγραφικὴ ὑψηλοῦς des Klaudios Ptolemaeus von Muhammad Ibn Musā al-Hwārizmī. Hrsg., übers. u. erklärt von Hans von Mžik. Mit einem Anhang «Ptolemäus und Agathodämon» von Josef Fischer S. J., zwei Tafeln und einer Karte von Afrika. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien, phil.-hist. Kl., Bd. 59, Abh. 4, Wien, 1916; его же. Parageographische Elemente in den Berichten der arabischen Geographen über Südostasien (mit 1 Karte). — In: Beiträge zur historischen Geographie, Kulturgeographie, Ethnographie und Kartographie, vornehmlich des Orients, hrsg. v. H. Mžik, Leipzig und Wien, 1929, S. 172—202; его же. Beiträge zur Kartographie Albaniens nach orientalischen Quellen. — In: Geologica Hungarica, Series Geologica, t. III, Budapestini, 1929, S. 625—649; его же. Osteuropa nach der arabischen Bearbeitung der Γεωγραφικὴ ὑψηλοῦς des Klaudios Ptolemaios von Muhammad ibn Mūsā al-Hwārizmī. — Wiener Zeitschr. für die Kunde des Morgenlandes, Wien, 1936, XLIII, S. 161—193. Mit einer Karte; его же. Ptolemaeus und die Karten der arabischen Geographen. — In: Mitteilungen der K. K. Geogr. Gesellsch. in Wien, 1915, Bd. 58, S. 152—176.

²² Mžik H., v. Das Kitāb 'ağā'ib al-aqalim as-sab'a des Suhrāb. Hrsg. nach dem hs. Unikum des Brit. Mus. in London (Cod. 23379. Add.) von Hans v. Mžik. Publ. ar. Hist. u. Geogr., Bd. 5, Leipzig, 1930.

²³ Mžik H., v. Das Kitāb šūrat al-ard des Abū Ga'far Muhammad ibn Mūsā al-Hwārizmī. Arabischer Text, hrsg. nach dem handschr. Unikum der Bibliothéque de l'Université et Régionale in Strassburg (Cod. 4247) von Hans v. Mžik. Leipzig, 1926.

²⁴ Czeglédi K. Die Karte der Donaulandschaftgruppe nach al-Hwārizmī. — Acta Or. Hung., Budapest, 1950, t. I, fasc. 1, S. 46—79.

²⁵ Daunicht H. Der Osten nach der Erdkarte al-Hwārizmī. — Beiträge zur Historischen Geographie und Geschichte Asiens. Bd. I: Rekonstruktion der Karte, Interpretation der Karte: Südasiens. — Teil II: Die ost- und südostasiatische Inselwelt und die Meere. — Teil III: Der Süden des festländischen Ostasiens. — Teil IV/1,2: Der Norden des festländischen Ostasiens und Nord- und Mittelasiens. (Bonner Orientalistische Studien, N. S., Bde. 19, 19a, 19b, 19c, 19d), Bonn, 1968—1970.

и Р. Вибера²⁶, рассматривая в своих работах соответственно придунайские области, Восток и Северо-Западную Европу. Эти работы стали как бы прелюдией к достижению конечной цели — реконструкции не дошедшей до нас карты мира, которая была изготовлена по распоряжению халифа ал-Ма'муна и сопроводительным текстом к которой был, по мнению ученых, труд ал-Хорезми. По сообщению А. С. Макбула²⁷, реконструкцию карты мира на основании трудов ал-Хорезми и Сухраба выполнил ученый Алигархского Мусульманского университета (Индия) Радия Джафри. Большое значение имеет и исследование немецкого ученого Э. Хонигмана²⁸.

Из отечественных ученых И. Ю. Крачковский²⁹ дал подробное, обстоятельно комментированное описание этого труда и истории его изучения с многочисленными ссылками на источники и предшествующие исследования; В. В. Бартольд³⁰ посвятил ему небольшое исследование; П. Г. Булгаков³¹ установил связь Беруни с ал-Хорезми в области географии, осветив также отношение Беруни к «Зиджу» ал-Хорезми. Советские ученые, как и их итальянский коллега К. А. Наллино³², не отрицая основополагающего значения «Географии» Птолемея, высоко оценили этот труд ал-Хорезми, отмечая, «что ни один европейский народ на первых шагах своего научного развития не в состоянии похвалиться произведением, которое можно было бы сравнить с древнейшим памятником арабской географии, ...открывшим в своей области новую эпоху»³³.

Основными трудами ал-Хорезми являются, однако, его математические трактаты, навеки запечатлевшие его имя в истории мировой науки.

Алгебраический трактат, написанный раньше арифметического, сохранился в арабской рукописи, датированной 1342 г., которая хранится в Бодлеанской библиотеке Оксфордского университета (Англия). В рукописи трактат не имеет заглавия, его название: «Китаб ал-мухтасар фи хисаб ал-джабр ва-л-мукабала» («Краткая книга об исчислении восполнения и противопоставления») — взято из третьего абзаца текста. Термин «ал-джабр» и стал в искаженной европейцами форме названием новой математической дисциплины — алгебры. Текст рукописи вместе с английским переводом и комментариями опубликован в 1831 г. в Лондоне Ф. Розеном³⁴.

Существует несколько средневековых латинских переводов этого трактата, имеющих различные заголовки. Один из них сделан Робертом Честерским в 1145 г. в Сеговии (Испания). Он опубликован вместе с английским переводом в 1915 г. в Нью-Йорке Л. Ч. Карпинским³⁵ и хранится в библиотеке Колумбийского университета (США). Две рукописи того же перевода находятся в библиотеках Вены и Дрездена. Другой перевод, выполненный в XII в. Герардо Кремонским, опубликован в 1838 г. в Париже Г. Либри³⁶, хранится в Национальной биб-

²⁶ Wieber R. Nordwesteuropa nach der arabischen Bearbeitung der Ptolemäischen Geographie von Muhammad B. Mūsā Al-Hwārizmī. Walldorf—Hessen, 1974.

²⁷ Maqbul A. S. Ibn Sarābiyūn. — In: Encyclopaedia of Islam. New Edition, Leide, London, 1971, vol. III, p. 929.

²⁸ Honigman E. Die sieben Klimata und die ΠΟΛΕΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΙ. Heidelberg, 1929.

²⁹ Крачковский И. Ю. Указ. соч., с. 93—99.

³⁰ Бартольд В. В. Введение к изданию «Худūd ал-алам». В кн.: Бартольд В. В. Сочинения, т. VIII, М., 1973, с. 510—513.

³¹ Булгаков П. Г. Беруни и Хорезми. — В кн.: Математика и астрономия в трудах ученых средневекового Востока, Ташкент, 1977, с. 117—122.

³² Nallino C. A. Op. cit., p. 53.

³³ Крачковский И. Ю. Указ. соч., с. 91, 97.

³⁴ Rosen F. The Algebra of Mohammed ben Musa. London, 1831.

³⁵ Karpinski I., C. Robert of Chester's latin translation of the Algebra of Al-Khowarismi. N. Y., 1915.

³⁶ Libri C. Histoire des sciences mathématiques en Italie, depuis la renaissance des lettres jusqu'a la fin du dix septième siècle. T. I. Paris, 1838, p. 253—298.

блиотеке в Париже. Часть этого трактата переведена Иоанном Севильским (XII в.).

Из современных следует отметить перевод Ю. Х. Копелевич и Б. А. Розенфельда³⁷ на русский язык, Ю. Руска³⁸ — на немецкий, А. Марра³⁹ — геометрической части трактата — на французский язык. Этот труд ал-Хорезми изучен наиболее полно, так что имеется обширная литература о нем, которую здесь невозможно полностью привести. Помимо указанных выше, целый ряд работ посвятил труду ал-Хорезми С. Гандц⁴⁰, а также Г. Вилейтнер⁴¹, подробно рассмотревший главу о делении наследства. Различные вопросы, связанные с трактатом, освещаются в работах Г. Босмана, А. Бьерно, Г. Зутера, Л. Карпинского, О. Нейгебауэра, Л. Роде, А. Сайили, Л.-А. Седийо, М. Симона, Дж. Сартона, Г. Энестрема и др.

В СССР, помимо Ю. Х. Копелевич и Б. А. Розенфельда, изучением алгебраического трактата занимались Г. П. Матвиевская⁴², А. П. Юшкевич⁴³ и др.

Арифметический трактат ал-Хорезми «Китаб хисаб ал-'адад ал-хинди» («Книга о счете индийскими цифрами») впервые познакомил арабский Восток, а позднее и Запад с индийской десятичной позиционной системой счисления с применением нуля. Он сохранился лишь в латинском переводе, сделанном в XII в. Герардо Кремонским или Аделардом из Бата, а единственная его рукопись XIV в. хранится в библиотеке Кембриджского университета (Англия). В рукописи трактат не имеет заглавия, название «*Algorizmi de numero indorum*» («Алгоритми об индийском счете») взято из первого абзаца текста, который опубликован в 1857 г. в Риме Б. Бонкомпаньи⁴⁴ вместе с сочинением XII в. «*Ioanni Hispalensis liber algorizmi de pratica arismetrice*» («Иоанна Севильского книга Алгоритми о практике арифметики») — латинской обработкой трактата ал-Хорезми.

В Европе изучению этого труда ал-Хорезми не было уделено должного внимания. Небольшие исследования, как правило, находятся в разделах общих работ по математике или статьях научных периодических изданий. Среди их авторов следует упомянуть Г. Ганкеля, Г. Зутера, Б. Карра де Во, Л. Карпинского, М. Курце, А. Нагля, Ю. Руска, Г. Энестрема и др.

У нас комментированный перевод трактата на русский язык выполнен Ю. Х. Копелевич и Б. А. Розенфельдом⁴⁵. Большой вклад в его

³⁷ [Копелевич Ю. Х., Розенфельд Б. А.]. Указ. соч., с. 25—88.

³⁸ Ruska J. Zur ältesten arabischen Algebra und Rechenkunst. — In: Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. Philosophisch-historische Klasse, Heidelberg, 1917, Bd. VIII, Abh. 2.

³⁹ Marre A. Le Messâhat de Mohammed ben Moussa extrait de son Algèbre. — Nouvelles Ann. de Math., 1846, t. 5, p. 557—570; его же. Partie géométrique de l'Algèbre par Abou Abdallah Mohammed ben Moussa. — Annali di matematica pura ed applicata, Roma, 1866, t. VII.

⁴⁰ Gandz S. The Mishnat ha Middot, the first Hebrew geometry of about 150 C. E. and the Geometry of Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi, the first arabic geometry (C. 820), representing the Arabic version of the Mishnat ha Middot. A new ed. of the Hebrew and Arabic texts with introd., transl. and notes by Solomon Gandz, Berlin, 1932; его же. The Algebra of Inheritance: A Rehabilitation of Al-Khwarizmi. — Osiris, 1939, vol. V, p. 319—391

⁴¹ Wieleitner H. Die Erbteilungsaufgaben bei Muhammed ibn Musa Alchwarizmi. — Zeitschr. f. math. u. naturwiss. Unterrichts, 1922, Bd. 53, S. 57—67.

⁴² Матвиевская Г. П. Учение о числе на средневековом Ближнем и Среднем Востоке. Ташкент, 1967, с. 163—170, и др.

⁴³ Юшкевич А. П. О математике народов Средней Азии в IX—XV вв. — В сб.: Историко-математические исследования, вып. IV, М., 1951, с. 455—488; Юшкевич А. П., Розенфельд Б. А. Математика в странах Востока в средние века. — В сб.: Из истории науки и техники в странах Востока, вып. I, М., 1960, с. 349—421.

⁴⁴ Boncompagni V. Trattati d'aritmetica pubblicati da Baldassare Boncompagni: I. Algorizmi de numero indorum. 1—23; II. Joanni Hispalensis liber algorizmi de pratica arismetrice, 25—90. Roma, 1857.

⁴⁵ [Копелевич Ю. Х., Розенфельд Б. А.]. Указ. соч., с. 9—24.

изучение внес А. П. Юшкевич⁴⁶ как в своих отечественных, так и зарубежных изданиях, а также Б. А. Розенфельд⁴⁷ и Г. П. Матвиевская⁴⁸ в ряде своих трудов.

Из общих работ, содержащих материалы об ал-Хорезми и его творчестве, следует упомянуть статьи разных авторов в «Энциклопедии Ислама», труды К. Брокельмана⁴⁹, Г. Зутера⁵⁰, М. Кантора⁵¹, Ф. Сезгина⁵² и др., а также известного историка науки Дж. Сартона, который назвал всю первую половину IX в. эпохой ал-Хорезми как «величайшего математика своего времени и, если принять во внимание все обстоятельства, одного из величайших всех времен»⁵³.

Среди отечественных изданий можно отметить небольшие работы М. А. Салье⁵⁴, Т. И. Райнова⁵⁵, А. Ф. Файзуллаева⁵⁶ и др.

Этот перечень трудов, посвященных ал-Хорезми, значительно пополнится в текущем году, когда в нашей стране и за рубежом широко отмечается 120-летие великого ученого.

⁴⁶ Юшкевич А. П. Арифметический трактат Мухаммеда бен Муса ал-Хорезми. — Труды Института истории естествознания и техники АН СССР, вып. I, М., 1964, с. 25—127; его же. История математики в средние века. М., 1961, с. 177—185; Juschkewitsch A. P. Über ein Werk des Abū 'Abdallah Muhammad ibn al-Huwārizmī al-Mağūsī zur Arithmetik der Inder. — Schriftenreihe. Geschichte der Naturwiss., Technik und Medizin, Beiheft 1964, S. 21—63.

⁴⁷ Розенфельд Б. А., Юшкевич А. П. Математика стран Ближнего и Среднего Востока в средние века. — Советское востоковедение, № 3, М., 1958, с. 101—108; № 6, с. 66—76.

⁴⁸ Матвиевская Г. П. Указ. соч., с. 129—131.

⁴⁹ Brockelmann C. Geschichte der arabischen Literatur. Weimar, 1898, Bd. I, S. 215—216, 220, 225; Leiden, 1937, Supplementband I, S. 381—382, 404, 406.

⁵⁰ Suter H. Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke. — Adhandl. zur Gesch. d. math. Wiss., Leipzig, 1900, Heft X, S. 5, 10—12, 20, 66—67, 71, 76—77, 107, 205, 208.

⁵¹ Cantor M. Vorlesungen über Geschichte der Mathematik. — Aufl. 2, Leipzig, 1894, S. 656, 658, 665, 668, 670—689, 697, 699, 709, 716, 719, 724—725, 741, 751—753, 799, 848, 852, 854.

⁵² Sezgin F. Geschichte des arabischen Schrifttums. — Leiden, 1974, Bd. V, S. 228—241; Leiden, 1978, Bd. VI, S. 124—127, 140—143.

⁵³ Sarton G. Introduction to the History of Science. Baltimore, 1927, vol. I, p. X, 543, 545—546, 549—550, 563—564, 588, 630, 666, 668; Baltimore, 1931, vol. II, part I, p. 4—5, 8, 11, 13, 15, 126—127, 176; его же. A History of Science. Cambridge, 1960, p. 303—314.

⁵⁴ Салье М. А. Мухаммед аль-Хорезми — великий узбекский ученый. Ташкент, 1954.

⁵⁵ Райнов Т. И. Великие ученые Узбекистана. Ташкент, 1943, с. 26—30.

⁵⁶ Файзуллаев А. Ф. Мухаммад Хоразмий. Ташкент, 1965.

Б. М. ПОЛЯКОВ

ИЗ ОПЫТА ОЗНАКОМЛЕНИЯ УЧАЩИХСЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ С НАУЧНЫМ НАСЛЕДИЕМ АЛ-ХОРЕЗМИ

Ознакомление учащихся средней школы с научным наследием и развитием математических идей ал-Хорезми осуществляется путем: 1) углубленного изучения математики на факультативе; 2) организации математических вечеров и научно-теоретических конференций; 3) исторических экскурсов на уроке. Вкратце эта работа сводится к следующему.

1. Углубленное изучение математики на факультативе

В 1981/82 учебном году в школе № 89 Фрунзенского района г. Ташкента работал на общественных началах по составленной нами на 80 час. программе математический факультатив учащихся 10-х классов средних школ города по углубленному изучению элементарной математики и ознакомлению с элементами современной математики. На занятиях его было обращено внимание на формирование понятия «ал-

горитм», являющегося на уровне современной науки высшим этапом развития математических идей ал-Хорезми.

В связи с 1200-летием ал-Хорезми мы организовали в 1982/83 учебном году в школе № 160 Фрунзенского района по программе, составленной нами на 70 час., работу районного математического факультатива для учащихся 10-х классов по углубленному изучению алгебры. На занятиях факультатива развитие алгебры прослеживалось от зачатков ее в древнем Египте до появления трудов ал-Хорезми, с которого «алгебру уже можно рассматривать как отдельную отрасль математики» (О. Ю. Шмидт), становления в творчестве мыслителей средневековой Средней Азии, итальянских алгебраистов XVI в., ученых Западной Европы XVII—XIX вв. вплоть до Гауэса, творчеством которого создана современная алгебра, и формирования современного понятия «алгоритм».

2. Математические вечера и научно-теоретические конференции

Материал о научно-организаторской деятельности ал-Хорезми и нравственном облике его как ученого использовался нами на классных часах и математических вечерах. На последних учащиеся увлеченно участвовали в разработанных на факультативе инсценировках — «Измерение учеными «Дома мудрости» длины градуса земного меридиана» и «ал-Хорезми разоблачает христианскую легенду о спящих отроках».

Работа математического факультатива в 1982/83 учебном году завершилась в мае 1983 г. научно-теоретической конференцией, посвященной 1200-летию ал-Хорезми. На ней было зачитано 8 докладов — «Вклад ал-Хорезми в алгебру и астрономию», «Построение множества комплексных чисел», «Цепные дроби», «Алгебраические уравнения», «Из истории алгебраических уравнений», «Принцип математической индукции и элементы комбинаторики», «Соединения с повторениями и полиномиальная теорема», «Математические модели и вычислительные алгоритмы», — прослеживающих развитие алгебры от ее возникновения до нашего времени. Члены факультатива подготовили большой портрет ал-Хорезми, красочно оформленную стенгазету «Алгоритм» и 11 высказываний ученых об ал-Хорезми и развитии его научного наследия.

3. Исторические экскурсии на уроке

В ходе исторических экскурсов на уроке, посвященных научному наследию ал-Хорезми, учащимся сообщались биографические сведения о нем и современных ему ученых — рассказывалось о характере науки той эпохи, о вкладе ал-Хорезми в арифметику, алгебру, астрономию, математическую географию и историю науки, о нравственном облике его как ученого, о судьбе его сочинений, об ученых Западной Европы, переводивших их, о многовековых видоизменениях его имени, приведших к современному термину «алгоритм», о смысле процесса, выражаемого этим термином, об иностранных, русских и особенно советских ученых, внесших огромный вклад в изучение научного наследия ал-Хорезми и других мыслителей средневековой Средней Азии.

Вкратце эти сведения сводятся к следующему.

а. Наука эпохи ал-Хорезми

Из исторических экскурсов учащиеся узнают о том, что до начала VIII в. — времени завоевания Хорезма арабами — там сложились своя самобытная культура и письменность. Запросы хозяйства, торговли и путешествий стали стимулом развития математики, астрономии, геодезии. Жестокие завоеватели не смогли уничтожить складывавшиеся веками культурные традиции хорезмийцев. Ал-Хорезми первым из них

прославил свою родину первоклассными научными трудами. Важную роль в формировании его как ученого сыграли традиции хорезмийской науки, значительно продолженные его творчеством.

Многие годы ал-Хорезми вместе с другими учеными стран, завоеванных арабами, в том числе Средней Азии, трудился в «Доме мудрости» — своего рода академии, основанной во втором десятилетии IX в. в Багдаде, имевшей огромное книгохранилище и астрономическую обсерваторию, сооруженную в 829 г.

Осмысливание исторических сведений позволяет утверждать, что ал-Хорезми возглавил багдадскую научную школу, положившую начало существовавшей затем много веков так называемой «арабской науки», выдающимися представителями которой были ученые разных народов, писавшие свои сочинения на арабском языке, превратившемся с I половины IX в. в язык международного общения ученых.

В процессе исторических экскурсов подчеркивается, что ал-Хорезми — математик, астроном, географ, историк, руководитель научных коллективов, путешественник и дипломат — не только активно пропагандировал и популяризировал то, что было создано его предшественниками, но и первым среди современников поставил ряд важнейших вопросов математики, астрономии, географии и внес огромный вклад в их решение.

Все это подводит учащихся к выводу о том, что творчество ал-Хорезми и его выдающихся современников открыло замечательную эпоху в развитии науки арабоязычных стран, означало заметный скачок в мировой науке и ее новое характерное качество — объективный комментарий научных трудов прошлого, развитие науки в ответ на запросы практики, отыскание общих методов решения однотипных задач, отстаивание независимости научного знания от религиозной веры.

б. Вклад в арифметику

Учащиеся узнают, что всками в деловых операциях на Востоке широко применялся так называемый «ручной», или «пальцевой» счет. Различные способы обозначения чисел и методы вычислений были связаны с этим весьма громоздким, требовавшим жестов человека, методом счета. На Востоке для обозначения чисел применялись и буквы арабского алфавита. Особенно прочно в обиходе укрепились староарабские вычислительные методы.

Ал-Хорезми же «взрастил» индийскую десятичную позиционную систему счета и ознакомил с ней средневековый Восток и Европу. В сочинении «Книга об индийском счете» он впервые на арабском языке изложил эту систему, которой человечество в усовершенствованном виде пользуется и сейчас, а индийские значки ее по традиции называют «арабскими цифрами». Ал-Хорезми показал практические преимущества индийской системы перед другими известными тогда системами, подробно изложил правила изображения чисел, обосновал действия с целыми числами и дробями, дал способ извлечения квадратного корня с помощью особых действий — «удвоения» и «раздвоения».

Вместе с тем «Книга об индийском счете» явилась великолепным литературным образцом написания математических сочинений. Она положила начало распространения десятичной позиционной системы счисления с применением нуля. Изложенные в ней методы счета стали вытеснять бытовавшие вычислительные приемы. Латинский перевод ее впервые был выполнен в XII в. Возможно, он явился основным источником, из которого новая система счисления стала известна Европе.

в. Вклад в алгебру

В порядке исторического экскурса на уроке сообщается, что зачатки алгебры встречаются в Древнем Египте, а затем в Вавилоне. Элементы ее мы находим в индийской и некоторых других древних

математических культурах. Но ал-Хорезми был первым ученым, который не только рассмотрел перенесение членов из одной части равенства в другую, как «алджебр» — восстановление, и взаимоуничтожение одних и тех же членов, стоящих в разных частях равенства, как «алмукабала» — противопоставление, но и на основе восстановления и противопоставления создал теорию алгебры как самостоятельной дисциплины — науки о решении уравнений. В этом — выдающаяся заслуга ал-Хорезми перед современной наукой.

Трактат ал-Хорезми «Краткая книга по расчету восстановления и противопоставления» мы называем «Алгеброй». Он состоит из теоретической и прикладной частей. В первой части излагается теория линейных и квадратных уравнений и рассматриваются некоторые вопросы геометрии. Вторая часть содержит применение алгебраических методов решения уравнений 1 и 2-й степени в классификации ал-Хорезми (он дал 6 видов таких уравнений) к решению хозяйственных, торговых и других вопросов. Решение всех таких задач, включая задачи с геометрическим содержанием, сводилось к решению уравнений по конкретным числовым данным. Особо отмечается, что все они имели весьма актуальное практическое значение в жизни общества при «торговых сделках и во всех делах, касающихся измерения земли, проведения каналов и искусства счета» (ал-Хорезми).

Термин «алгебра», происходящий от «алджебр», утвердился в Европе в XIII—XIV вв. Существенное значение для этого имели латинские переводы «Алгебры».

Теория алгебраических уравнений 2-й степени до XVI в. по существу оставалась такой, какой ее построил ал-Хорезми.

Геометрический раздел «Алгебры» — «Глава об измерении», — возможно, явился первым на арабском языке собранием геометрических сведений, необходимых человеку в его практической деятельности. Он положил начало изучению вопросов практической геометрии и оказал заметное влияние на творчество последующих математиков, занимавшихся ими.

г. Вклад в астрономию

До сведения учащихся доводится, что «Зидж Хорезми», содержащий его тригонометрические и астрономические таблицы, явился одним из первых зиджей и первой его работой, ставшей известной Европе. В своих таблицах Хорезми впервые ввел понятия синуса и тангенса и дал первую на арабском языке таблицу синусов. Одновременно он отредактировал «Большой Синдхинд» — трактат по астрономии, переведенный в 773 г. с индийского языка на арабский. Это огромное сочинение явилось своеобразной энциклопедией астрономических знаний, накопленных в Индии в предыдущие века. Ал-Хорезми внес в трактат важные дополнения, отражавшие теоретические и практические результаты, полученные учеными «Дома мудрости» благодаря совершенствованию ими астрономической техники.

Отмечается также, что ал-Хорезми занимался конструированием астрономических приборов. Он — автор первого описания синус-квадранта и сочинений о солнечных часах и видах астролябий с изложением правил пользования ими.

д. Вклад в математическую географию

На уроке рассказывается, в частности, что во II в. Марин Тирский и Птолемей обобщили накопленные географические знания. Отправляясь от их трудов, ал-Хорезми в своей работе «Книга картины Земли», зародившей географическую науку в арабоязычных странах и послужившей основой для последующих работ ученых средневековой Средней Азии в области географии, геодезии и картографии, первым в средние века занялся решением отмеченной задачи. Впервые на арабском языке он описал известную тогда часть Земли, указал координаты

489 ее населенных пунктов, изобразил моря, острова, горы, реки и выделил «климаты» — широтные пояса, отличающиеся друг от друга продолжительностью летнего дня.

В своем исследовании о «Книге картины Земли» К. Наллино подчеркивает что ни один европейский народ в начале своего научного творчества не смог создать такой ценнейший труд.

Ал-Хорезми уточнил размеры Земли, вычисленные древнегреческими учеными, в частности «сократил» протяженность Средиземного моря с запада на восток, вычисленную Птолемеем.

Вопреки бытовавшему тогда мнению о необитаемости зоны экватора он, исходя из данных практики, «передвинул» зону обитаемой земли на юг от экватора.

В 827 г. с целью определения размеров земного шара группой ученых при участии ал-Хорезми весьма точно для своего времени было установлено, что длина градуса земного меридиана приблизительно равна 111 км.

е. Вклад в историю науки

В процессе занятий учащиеся узнают, что именно ал-Хорезми ознакомил арабоязычных ученых с древними универсальными космологическими моделями и учениями индийцев. Через индийские и персидские источники в теоретической части таблиц ал-Хорезми нашли отражение доптолемесовские модели мира и элементы астрономии Вавилона. Ал-Хорезми писал о календарях — еврейском, персидском (солнечном), арабском (лунном) и о летосчислении. Научное наследие его — ценнейший материал для изучения истории науки, в частности астрономии, древних народов.

ж. Нравственный облик ученого

Особо отмечается, что вся научная и научно-организаторская деятельность ал-Хорезми имела целью оказать практическую помощь людям. Свои научные предложения он строил прежде всего исходя из запросов практики. Так, создание «Алгебры» он объяснял тем, что «люди испытывают необходимость в такой книге...» С той же благородной целью были написаны и другие его книги.

Огромнейшее, применительно к уровню техники первой половины IX в., мероприятие по измерению длины градуса меридиана знаменовало смелый шаг человечества в познании окружающего мира. Исключительно велико и атеистическое значение этого события в истории науки.

«Передвижение» границ обитаемой земли на юг — неслыханное по научной смелости новшество эпохи средневековья, акт мужества, научного предвидения, бескорыстного служения науке. И в этом мы также видим величие личности ал-Хорезми — гениального мыслителя и самоотверженного борца за научную истину.

Ознакомление учащихся средней школы с научным наследием ал-Хорезми усиливает у них, как показал наш опыт, интерес к учению, обогащает их знания фактами из истории науки, учит мыслить, чтобы, разобравшись в прошлом, понимать настоящее, воспитывает любовь к замечательным людям нашей Родины, желание, готовность и умение своими знаниями служить ее интересам.

СОДЕРЖАНИЕ

К 1200-летию ал-Хорезми

М. М. Хайруллаев. Выдающийся научный подвиг	4
Б. Ахмедов. Время ал-Хорезми	10
П. Г. Булгаков, Б. А. Розенфельд. «Книга истории» ал-Хорезми	18
А. П. Юшкевич. О вкладе ал-Хорезми в развитие арифметики и алгебры	22
А. Н. Боголюбов. Ал-Хорезми и вычислительная математика	28
А. И. Володарский. Ал-Хорезми и индийская математика	33
В. К. Кабулов, В. Бузурханов, Ш. И. Мавлянова. Алгоритмы ал-Хорезми и их роль в современном развитии кибернетики	38
А. Ф. Файзуллаев. Эволюция математических идей ал-Хорезми (Методологический аспект)	44
М. М. Рожанская. Место зиджа ал-Хорезми в истории астрономии	50
А. Ахмедов. Теория движения планет в «Зидже» ал-Хорезми	59
З. К. Соколовская. Роль ал-Хорезми в развитии точного инструментоведения на Ближнем и Среднем Востоке	64
А. Буриев. Сведения по Средней Азии в «Географии» ал-Хорезми	72
У. И. Каримов. Врачи эпохи ал-Хорезми	78
Г. П. Матвиевская. Сочинения ал-Хорезми в средневековой Европе	83
В. С. Замараев. К истории изучения наследия ал-Хорезми	87
Б. М. Поляков. Из опыта ознакомления учащихся средней школы с научным наследием ал-Хорезми	92

НАШИ АВТОРЫ

- Кабулов В. Қ.**— академик АН УзССР, генеральный директор НПО «Кибернетика».
- Боголюбов А. Н.**— член-корреспондент АН УССР, ст. научный сотрудник Института математики АН УССР.
- Булгаков П. Г.**— член-корреспондент АН УзССР, зам. директора Института востоковедения им. Абу Райхана Беруни АН УзССР.
- Каримов У. И.**— член-корреспондент АН УзССР, зав. сектором исследования и публикации письменных памятников Института востоковедения им. Абу Райхана Беруни АН УзССР.
- Хайруллаев М. М.**— член-корреспондент АН УзССР, директор Института востоковедения им. Абу Райхана Беруни АН УзССР.
- Ахмедов Б.**— доктор исторических наук, зав. отделом изучения историко-культурных взаимоотношений Средней Азии и Китая Института востоковедения им. Абу Райхана Беруни АН УзССР.
- Матвиевская Г. П.**— доктор физико-математических наук, зав. отделом математического анализа Института математики АН УзССР.
- Розенфельд Б. А.**— доктор физико-математических наук, ст. научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР.
- Файзуллаев А. Ф.**— доктор философских наук, зав. сектором философских проблем естествознания Института философии и права им. И. М. Муминова АН УзССР.
- Юшкевич А. П.**— доктор физико-математических наук, зав. отделом истории математики Института истории естествознания и техники АН СССР.
- Ахмедов А.**— кандидат физико-математических наук, ст. научный сотрудник Института востоковедения им. Абу Райхана Беруни АН УзССР.
- Бузурханов В.**— кандидат физико-математических наук, зав. лабораторией логического программирования НПО «Кибернетика».
- Володарский А. И.**— кандидат физико-математических наук, ст. научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР.
- Рожанская М. М.**— кандидат физико-математических наук, ст. научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР.
- Соколовская З. К.**— кандидат физико-математических наук, ст. научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР.
- Буриев А.**— мл. научный сотрудник Института востоковедения им. Абу Райхана Беруни АН УзССР.
- Мавлянова Ш. И.**— мл. научный сотрудник НПО «Кибернетика».
- Замараев Б. С.**— мл. научный сотрудник Института востоковедения им. Абу Райхана Беруни АН УзССР.
- Поляков Б. М.**— учитель математики вечерней средней школы № 24 Фрунзенского района г. Ташкента.

Цена 65 к.

Индекс
75349