

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК



СЕРИЯ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»

Основана в 1959 году

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

академик *Н.П. Лавёров* (председатель), докт. физ.-мат. наук *В.П. Визгин*,
канд. техн. наук *В.Л. Гвоздецкий*, академик *И.А. Глебов*,
докт. физ.-мат. наук *С.С. Демидов*, академик *Б.П. Захарченя*,
докт. физ.-мат. наук *Г.М. Идлис*, академик *Ю.А. Израэль*,
канд. ист. наук *С.С. Илизаров*, докт. филос. наук *Э.И. Колчинский*,
канд. воен.-мор. наук *В.Н. Краснов*, докт. хим. наук *В.И. Кузнецов*,
академик *А.М. Кутепов* (зам. председателя), канд. техн. наук *Н.К. Ламан*,
докт. ист. наук *Б.В. Лёвшин*, член-корреспондент РАН *М.Я. Маров*,
член-корреспондент РАН *В.А. Медведев*, докт. биол. наук *Э.Н. Мирзоян*,
докт. экон. наук *В.М. Орёл* (зам. председателя),
докт. техн. наук *А.В. Постников*, член-корреспондент РАН *Л.П. Рысин*,
докт. ист. наук *З.К. Соколовская* (ученый секретарь),
канд. техн. наук *В.Н. Сокольский*, докт. хим. наук *Ю.И. Соловьев*,
докт. геол.-минерал. наук *Ю.Я. Соловьев*,
академик *И.А. Шевелев*, академик *А.Е. Шилов*

В. А. Бронштэн
И. Б. Пустыльник

**Эрнст
Юлиус
ЭШИК
1893 – 1985**

Ответственный редактор
кандидат физико-математических наук
А. И. ЕРЕМЕЕВА



МОСКВА
«НАУКА»
2002

УДК 52
ББК 22.63
Б88

Рецензенты

доктор физико-математических наук *Г.М. Идлис*
кандидат физико-математических наук *Ф.А. Цицин*

Бронштэн В.А., Пустыльник И.Б.

Эрнст Юлиус Эпик (1893–1985) / В.А. Бронштэн, И.Б. Пустыльник;
Отв ред. А.И. Еремеева. – М.: Наука, 2002. 189 с.; ил. – (Науч.-биограф. лит.).
ISBN 5-02-022761-7 (в пер.)

Рассказывается о жизни и деятельности выдающегося астрофизика XX века Эрнста Юлиуса Эпики (1893–1985). Уроженец Эстонии Эпик, окончив Московский университет, работал на обсерваториях Москвы, Ташкента и Тарту, читал курсы лекций в Тарту, Гамбурге, Гарварде, Университете штата Мэриленд (США). Он много лет проработал на обсерватории Арма (Сев. Ирландия), где основал “Ирландский астрономический журнал” и был его редактором.

Эпик одним из первых создал теорию излучения метеоров, теорию кратерообразования на планетах в результате метеоритных ударов, теорию эволюции звёзд. Он внёс существенный вклад в физику планет, звёзд (особенно красных гигантов), в строение галактик.

Для читателей, интересующихся историей науки.

ТП–2002-I-311

ISBN 5-02-022761-7

© Российская академия наук
и издательство “Наука”, серия
“Научно-биографическая литература”
(разработка, оформление),
1959 (год основания), 2002

Эрнст Юлиус Эпик – учёный-эрудит

Имя Эрнста Юлиуса Эпика (1893–1985) вряд ли столь хорошо знакомо астрономам (даже специалистам) и любителям астрономии России, как имена Джеймса Джинса, Артура Эддингтона, Генри Норриса Рассела, Харлоу Шепли, а из числа отечественных астрономов – имена Василия Григорьевича Фесенкова, Иосифа Самуиловича Шкловского, Виктора Амазасповича Амбарцумяна. И тем не менее это был широко эрудированный учёный, автор многих идей. Именно Эпик в начале 30-х гг. XX в. чисто интуитивно пришёл к выводу, что ядерные реакции в недрах звёзд являются источником их энергии; именно он, анализируя диаграмму Герцшпрунга–Рассела, сделал правильный вывод о том, что пути эволюции звёзд зависят от их массы; ещё в 30-е гг. он заложил основы теории кратерообразования при ударах метеоритов о поверхности планет; в те же годы он был одним из создателей физической теории метеоров; он применил общие принципы статистического анализа к изучению двойных звёзд; ещё до открытия Хаббла, в начале 20-х гг., он сделал правильную оценку расстояния до галактики в Андромеде, показав, что это не туманность, а далёкая звёздная система, подобная нашему Млечному Пути; ему принадлежат весьма важные исследования в области физики планет и комет, происхождения Солнечной системы, комет, метеоритов; он сумел рассчитать вероятность столкновений Земли (и других планет) с астероидами и ядрами комет, прояснив возможную роль этих событий в эволюции жизни на Земле. Его научные публикации охватывают три четверти века (1912–1985).

Как астроном, Эпик сочетал в себе качества превосходного наблюдателя, конструктора оригинальных приборов (качающееся зеркало), автора новых методик наблюдений (метод “двойного счёта”), блестящего теоретика, прекрасного педагога и хорошего популяризатора. Он любил и умел работать с молодыми учёными, не боялся спорить с маститыми и опровергать авторитеты.

Среди его 1000 публикаций большую часть (более 700) составляют мелкие заметки, выходявшие в основанном им “Ирландском астрономическом журнале” под общим заголовком “Новости и комментарии” (“News and comments”). Сообщая читателям о какой-нибудь новости в астрономии, Эпик непременно снабжал это сообщение своим комментарием, порой весьма содержательным. Вот пример. Рассматривая проблему образования астероидов, Эпик приво-

дит оригинальные доказательства того, что взрыва гипотетической планеты Фаэтон не могло бы быть, потому что если бы он произошёл, это отразилось бы катастрофически и на Земле, и даже на Солнце. Поскольку следов катастрофы на Земле не наблюдается, значит её не было [Э259]*.

Но основные работы Эпика – это детальные научные исследования той или иной проблемы, с глубоким анализом, с множеством формул и таблиц. Можно удивляться его работоспособности, причём не только в молодые годы, но и в старости. В 80-летнем возрасте он неоднократно пересекал океан, чтобы читать 40-часовой курс лекций в Мэрилендском университете.

В то же время это был высококультурный человек, страстный любитель музыки, достигший почти профессионального уровня в игре на фортепиано (в молодые годы он даже колебался, стать ли ему астрономом или профессиональным пианистом; но любовь к астрономии пересилила), занимался композицией.

Впечатления об Эпике как учёном и человеке, высказанные в разное время его коллегами и учениками, будут не раз представлены на страницах этой книги.

Эпик прожил долгую жизнь (почти 92 года), и до 88 лет работал в обсерватории Арма (Сев. Ирландия). Его жизнь и деятельность может служить прекрасным примером для молодых (и не только для молодых) учёных.

Имя Эпика было ещё при его жизни присвоено малой планете 2099, открытой в 1977 г. на обсерватории Маунт Паломар Элеонорой Хелин и Юджином Шумейкером. В 1938 г. он был избран членом Эстонской академии наук, а в 1975 г. – членом Королевской Ирландской академии наук и тогда же получил золотую медаль Королевского астрономического общества. Он был избран также иностранным членом Национальной академии наук США, награждён медалью им. Лоуренса Смита (1960), медалью Тихоокеанского астрономического общества им. Кэтрин Брюс (1976) и медалью Фредерика Леонарда Метеоритного общества США (1968) [38].

Научные заслуги Эрнста Юлиуса Эпика надо измерять, разумеется, не только количеством и уровнем наград. Главное мерило их – вклад этого замечательного учёного в науку о Вселенной.

В период пребывания в России Эпик именовался Эрнстом Карловичем (инициалы Э.К.), после же выезда из России – своим полным именем Эрнст Юлиус (инициалы Э.Ю.). Ниже, в зависимости от обстоятельств, будут фигурировать обе формы инициалов Эпика, что не должно смущать читателей.

* Ссылки на список трудов самого Эпика даются с буквой Э.

Часть I

Жизненный путь

Детство и юношеские годы

Эрнст Юлиус Эпик родился 22 октября (10-го по старому стилю) 1893 г. в Эстонии, в портовом городке Кунда в семье начальника местной таможенной службы Карла Эпика и Леонтины (урожденной Фрейвальдт). Супружеская чета Эпиков воспитала восьмерых детей: шестерых сыновей и двух дочерей. Почти всем им суждено было занять видное место в общественной и культурной жизни Эстонии. Особое влияние на становление личности будущего выдающегося астрофизика XX века Эрнста Эпика оказала его старшая сестра Анна (1886–1955). Даровитая самоучка, она самостоятельно овладела 13 языками; в 1938 г. была издана в её прямом переводе с греческого оригинала на эстонский язык “Одиссея” Гомера. Упомянем также братьев: Пауля – будущего президента банка долгосрочных кредитов Эстонии (был репрессирован в 1941 г.), Оскара – последнего посла Эстонии в Париже, Армина – профессора геологии и палеонтологии Тартуского университета (ставшего впоследствии членом Австралийской академии наук). Два других брата Эрнста Эпика, Хенрик и Артур, волею судьбы оказались вовлеченными в гражданскую войну. Первый скончался от тифа в армии Деникина, а второй пропал без вести в армии Врангеля.

Драматическое событие, произошедшее в раннем детстве и, возможно, критическим образом повлиявшее на выбор профессии Эрнстом Эпиком, удивительным образом сблизило братьев Оскара и Эрнста. Предоставим слово племяннику Э. Эпика, физика, академику Академии наук Эстонии Ильмару Эпику: “Вспоминается рассказ моего отца Пауля о том, как нечаянной мишенью стрелы лука, выпущенной 4–5-летним Оскаром в Кунде, стал глаз Эрнста. Но говорят, что потеря глаза как раз и подтолкнула Эрнста к решению стать астрономом: ведь для наблюдения в телескоп хватит и одного глаза. Как бы там ни было, несчастье никоим образом не омрачило взаимоотношений братьев, они остались закадычными друзьями до самой кончины Оскара (в Арма в 1974 г.). Эрнст держал у себя дома урну с прахом брата и просил смешать его с собственным прахом после своей смерти. Его воля была выполнена осенью 1985 г.” [189].

Именно Оскар, в изданных в 1997 г. автобиографических воспоминаниях в книге “Путь, который начался в Кунде” [158] (на кото-

рую мы ниже будем часто ссылаться), сохранил для потомства многие детали из детства и юношеских лет Эрнста. Отец и мать, потомственные горожане, несмотря на очень скромный достаток, уделяли самое пристальное внимание образованию детей. По воспоминаниям Оскара, “во-первых, они всю свою жизнь жертвовали своими личными интересами ради нас, детей. Во-вторых, – что, пожалуй, самое главное, – это их жизненное убеждение, которое они старались внушить и нам, благородное и благословенное для нас: стать культурным человеком. Вот что было важно в жизни, а это, с одной стороны, – опору на солидную моральную основу. Деньги, в которых семья всегда нуждалась, никогда не были для нас самоцелью, а всегда были и остались, пусть и неизбежным, но пороком” [158, с. 38].

Именно поэтому с раннего детства в доме, наряду с родным, эстонским, звучали русская и немецкая речь. О том, как проблема обучения иностранным языкам была решена на семейном уровне у Эпиков, с юмором повествует Оскар:

«Простой прямоугольный шкаф, в котором хранились посуда и хлеб, мне особенно запомнился потому, что рядом с ним мы “стояли в углу”. Я там провёл бесчисленные часы в положении стоя, на коленках, а то и на корточках, когда на меня переставали обращать внимание. Просить прощение было не в моих правилах. Пауль умел сразу выходить при помощи магического заклинания “не буду больше” (в оригинале по-русски. – *И.П.*), которое от чрезмерного употребления превратилось в “небульшика”. Русский язык свидетельствует о том, что наказание исходило от отца. Проблема языков была решена в раннем детстве при помощи кофейных чашек и маслѐнки. Как-то я сидел в передней комнате на полу, а мать с отцом пили утренний кофе в соседней комнате. И вдруг вижу, как отец хватает одну за другой всю посуду, что была на столе и изо всех сил швыряет ею об пол, так что осколки летят куда попало. Мне было жалко маслѐнки, она была большая с обрамляющей “галереей”. Много лет спустя в ответ на мои расспросы о причинах битья посуды я узнал, что по предложению матери отец должен был говорить с нами по-русски, мать по-немецки, а бабушка по-эстонски. Знание языков было важным, а иных возможностей обучать детей языкам не было. “Ну коли так, – якобы ответила мама, – найми детям бонн и гувернанток”. Аргументы матери возобладали. Из лавки Кирша принесли новые чашки, тарелки и в августе 1897 г., когда мы пошли в школу Сиверса, “три местных языка” нам были понятны» [158, с. 17].

В 1900 г. Эпики перебрались из Кунды в Таллин. Через некоторое время они получили бесплатную государственную квартиру в гавани, в отдельном доме с большим красивым двором. Материально семье стало немного полегче. Это видно уже хотя бы из того, что в доме появилось пианино, которое, правда, брали напрокат. По словам Оскара, “Эрнст был прирожденным музыкантом, мои же первые попытки играть закончились в тот момент, когда я понял, что мне никогда не угнаться за Эрнстом, который продвигался семимильными шагами. Тогда я удовольствовался тем, что стал прово-

дить много часов в соседней комнате, пока Эрнст, играя в другой, приобщал меня к классической музыке. Пожалуй, могу с полным правом утверждать, что все мы – Эрнст, Анна (которая была редким знатоком и ценителем музыки) и я – на всю жизнь остались восторженными поклонниками Бетховена” [158, с. 46].

В Таллине Эрнст в 1911 г. закончил с золотой медалью Николаевскую гимназию (названную так в честь императора Николая I). Основанная ещё в 1631 г. шведским королем Густавом II Адольфом, она была старейшей в Эстонии (и во всей тогдашней Российской империи!) постоянно действующей гимназией. По тем временам это было большое учебное заведение. К примеру, в выпускном для Эрнста Эпика году в гимназии учились 316 эстонцев, 98 русских, 42 немца и ещё 68 учащихся других национальностей. По свидетельству Оскара, «в ней всё ещё придерживались старых традиций, пусть и “в усохшем виде”. Мальчишек, правда, больше не пороли, как некогда, но и ни о каких-то там притороченных шпагах также не могло быть и речи. Однако же это была модная и культурная школа, которая могла бы послужить примером для многих европейских школ. Учителя здесь не раздавали пощёчин налево-направо, как это вроде бы всё ещё случалось в Западной Европе (не говоря уже о порке, которая как будто и сейчас принята в английских “public schools”). Учились прилежно, и самым страшным было отчисление из школы. Грубость среди учащихся встречалась редко» [158, с. 53].

А вот что пишет сам Эпик о своих школьных годах: “В старших классах я организовал физико-математический кружок, доверие к которому со стороны начальства было столь велико, что в наше полное распоряжение были предоставлены физический кабинет и кладовка химикатов. Вместе с братьями и Карлом Рейнбергом я основал в Таллине кружок астрономов-любителей; мы приобрели в складчину трёхдюймовый телескоп, который перешёл теперь в собственность обсерватории Тартуского университета. При помощи этого телескопа (у него был на редкость высокого качества объектив) осенью 1911 г. я провел наблюдения планеты Марс, результатом которых стал выход в свет моего первого печатного труда в 1912 г.” [134, с. 2054]. Наблюдения проводились довольно регулярно. Как пишет Оскар, «Представители нашего астрономического общества “Вега” выехали на остров Вормси для наблюдения полного солнечного затмения 8 августа 1914 г... трёхдюймовый рефрактор “Веги” был нашим главным наблюдательным инструментом, кроме того, Эрнст собственными силами смастерил ещё кое-какие приспособления. Эта наша экспедиция полностью удалась. Во время затмения стояла ясная погода. Эрнст потом кое-что опубликовал в издававшемся в Петербурге астрономическом журнале» [158, с. 60].

Хотя сам Эпик и ссылается на вышедшую в 1912 г. в русском переводе книжку Ловелла “Марс и жизнь на нём”, похоже, что подлин-

ный интерес к изучению звёздного неба заронила в нём в школьные годы старшая сестра Анна. В своих мемуарах Оскар вспоминает: "...сестра Анна была тем человеком, который открыл мне во дворе нашего дома на территории гавани глаза на красоту звёзд в небе – кажется, это была небольшая комета в созвездии Лиры, которая послужила поводом для этого. С того времени у меня зародился интерес к науке о звёздах и познанию мира. И брат Эрнст с той же поры начал свой путь звездочета с мировой славой..." [158, с. 50].

По окончании гимназии Эрнст не смог тут же поступить в высшее учебное заведение. Вот как он сам описывает этот непростой период в его жизни: "По окончании гимназии я не смог сразу же поступить в университет по материальным соображениям; в семье, состоявшей из 10 человек, родители просто были не в состоянии оказать поддержку в образовании – наоборот, уже в средней школе мы, дети, занимаясь, пытались и сумели поддерживать семью, подрабатывая посредством репетиторства. Так, зиму 1911–1912 гг. я провёл в Таллине, скопив благодаря репетиторству немного денег для продолжения образования. В то же самое время я учил математику – в этот год я овладел почти всем университетским курсом по математике и мог сразу приступить к исследовательской работе по своей специальности; конечно же, я продолжал и астрономические наблюдения" [134, с. 2054].

Московский университет

Осенью 1912 г. Эрнст Эпик подал прошение о зачислении на физико-математический факультет Московского университета. В то время вступительные экзамены в университетах не проводились. Гимназического аттестата зрелости с пятерками по всем предметам было достаточно, и Эпик был зачислен студентом физмата.

Физико-математический факультет располагался в те годы в одном из старых зданий МГУ на Моховой, 11, где сейчас помещается факультет журналистики МГУ.

За год до поступления Эпика в университет, в 1911 г., произошло важное событие: коллективная отставка большой группы профессоров и преподавателей университета (124 человека) в знак протеста против реакционной реформы, проведённой министром народного просвещения Л.А. Кассо. В числе покинувших университет были такие выдающиеся учёные как К.А. Тимирязев, В.И. Вернадский, физики Н.А. Умов, П.Н. Лебедев, химик Н.Д. Зелинский, зоолог П.А. Мензбир, математик Б.К. Млодзеевский, астроном В.К. Цераский, аэродинамик С.А. Чаплыгин. Уход этих профессоров в значительной степени обеднил и преподавательский состав, и

знания, передаваемые студентам. Надежды на то, что под влиянием такой акции подаст в отставку сам Кассо, не оправдались: он держал портфель министра ещё целых три года.

Как же обстояло дело с преподаванием астрономии? Витольд Карлович Цераский (1849–1925), с 1890 г. бывший директором Астрономической обсерватории МГУ и руководивший астрономической специальностью на факультете [38], вынужден был уйти не только в знак протеста против реформы Кассо, но ещё и по другой причине – из-за ухудшения состояния здоровья. Оставаясь номинально директором обсерватории, он переехал с женой Л.П. Цераской (также астрономом) в Крым, в Феодосию, передав чтение курсов описательной (общей) и сферической астрономии приват-доценту П.К. Штернбергу.

Павел Карлович Штернберг (1865–1920) ещё с 1906 г. был членом партии большевиков, но свою принадлежность к ней тщательно скрывал. По рекомендации ЦК партии Штернберг не оставил университет вместе с большинством профессоров, чтобы не привлекать к себе внимания царской охранки. Помимо курсов, переданных ему Цераским, он читал также курсы гравиметрии и высшей геодезии. В 1914 г. Штернберг был утверждён экстраординарным профессором, а в июне 1916 г. – директором обсерватории [46].

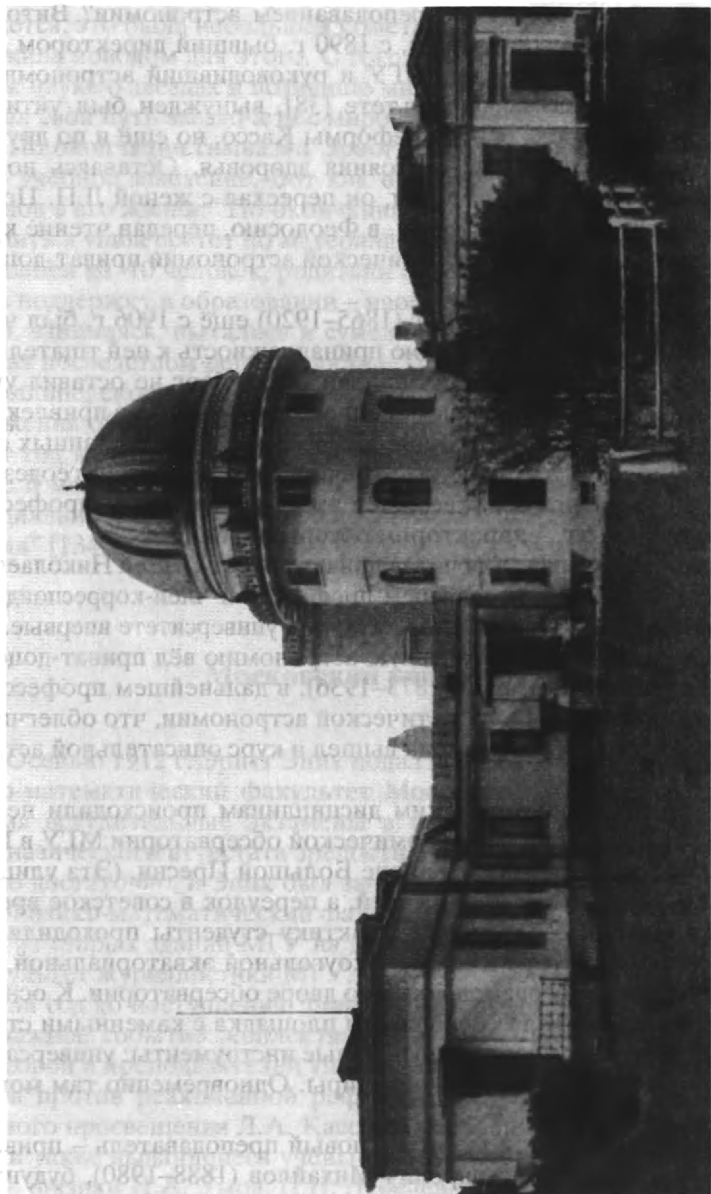
Курс общей астрофизики читал приват-доцент Сергей Николаевич Блажко (1870–1956), в дальнейшем профессор и член-корреспондент Академии наук СССР. Такой курс читался в университете впервые.

Теоретическую и практическую астрономию вёл приват-доцент Сергей Алексеевич Казаков (1873–1936), в дальнейшем профессор. В 1913 г. вышел его курс теоретической астрономии, что облегчило работу студентам. Через два года вышел и курс описательной астрономии П.К. Штернберга.

Занятия по астрономическим дисциплинам происходили не на Моховой, а в аудитории Астрономической обсерватории МГУ в Нововаганьковском переулке, в районе Большой Пресни. (Эта улица с 1917 г. называется Красной Пресней, а переулок в советское время носил имя Павлика Морозова.) Практику студенты проходили на 7-дюймовом рефракторе и на широкоугольной экваториальной камере, башни которых размещались во дворе обсерватории. К основному зданию примыкала специальная площадка с каменными столбами, на которых устанавливались малые инструменты: универсальные инструменты, теодолиты, нивелиры. Одновременно там могли работать 5–6 студентов*.

В апреле 1914 г. стал работать новый преподаватель – приват-доцент Александр Александрович Михайлов (1888–1980), будущий академик и директор Пулковской обсерватории [23]. Он окончил

* В настоящее время в здании обсерватории развёрнут Музей истории астрономии в Москве.



Московская обсерватория на Красной Пресне в начале XX века

Московский университет в 1911 г., проходил практику в Пулкове и в Германии. После сдачи магистерских экзаменов он начал читать специальные курсы по теории затмений и избранные разделы звёздной астрономии. Позже он читал и другие курсы: высшей геодезии, теории картографических проекций, теории фигуры Земли, научной фотографии. Кроме астрономических дисциплин, Эпик слушал и лекции по различным разделам математики и физики. Их читали выдающиеся учёные [30]. Так, аналитическую геометрию читал заслуженный профессор Константин Андреевич Андреев (1848–1921), дифференциальную геометрию и вариационное исчисление – профессор Дмитрий Фёдорович Егоров (1869–1931), впоследствии член корреспондент АН СССР; основатель московской математической школы, из которой вышли такие учёные, как Н.Н. Лузин, П.С. Александров, А.Н. Колмогоров, Д.Е. Меньшов, А.Я. Хинчин и др. Высшую алгебру и сферическую тригонометрию читал приват-доцент (впоследствии профессор) Сергей Сергеевич Бюшгенс (1882–1963). Введение в анализ, дифференциальное и интегральное исчисление читал декан факультета профессор Леонид Кузьмич Лахтин (1863–1927), уравнения с частными производными – приват-доцент (в дальнейшем профессор) Иван Иванович Привалов (1891–1941).

Хорошо понимая растущее значение астрофизики, Эпик внимательно слушал курс общей физики, который вёл тогда профессор Борис Вячеславович Станкевич (1860–1917), автор учебника по электромагнитной теории света, и даже курс неорганической химии, который читал известный учёный (в будущем почетный академик) Иван Алексеевич Каблуков (1857–1942).

Не ограничиваясь занятиями в университете, Эпик включился и в общественную деятельность московских астрономов, вступив уже в 1913 г. в Московское общество любителей астрономии (МОЛА). Он не собирался быть пассивным членом общества и уже в конце 1913 г. выступил на одном из собраний МОЛА с докладом на тему “О поглощении света солнечной атмосферой (по исследованиям Зеллигера, Вери и докладчика)”. В следующем, 1914 г. в немецком журнале “*Astronomische Nachrichten*” (“Астрономические сообщения”) появляется его статья на ту же тему: “К теории солнечного излучения” [Э4]. Эта статья не была первой научной публикацией Эпика. Ещё в 1912 г. в “Известиях Русского общества любителей мироведения” (РОЛМ) появились его первые “Наблюдения Марса и Венеры” [Э1], заметки “Наблюдения Персеид” [Э2], в 1913 г. – заметка [Э3] (тоже о Персеидах). Уже в августе 1911 г. Эпик начал свои наблюдения метеоров, которым он посвятил в дальнейшем множество работ. В 1914 г. в “Известиях РОЛМ” он опубликовал статью “Способ определения числа падающих звёзд”, где излагал основы метода двойного счёта [Э5].

Но Эпик не ограничился в свои студенческие годы солнечной и метеорной тематикой. В мае 1915 г. он публикует в “Известиях Рус-

ского астрономического общества” статью о плотностях визуальных двойных звёзд [Э10]. Спустя год та же статья на английском языке появляется в престижном американском журнале “Astrophysical Journal” (“Астрофизический журнал”) [Э17]. В журнале “Мироведение” в 1912–1917 гг. печатаются его заметки о наблюдениях Венеры и Марса (частично совместно с Г.Г. Войцциким) [Э1, 7–9, 14, 18, 19]. В “Известиях Русского астрономического общества” в ноябре 1915 г. выходит его статья “Поглощение света в пространстве с точки зрения динамики Галактики” [Э12]. Но, пожалуй, самой значительной работой этого периода была статья “Замечание по поводу метеорной теории лунных цирков” [Э16], опубликованная в 1916 г. в журнале “Мироведение” на 10 страницах. В этой работе Эпик критически рассматривает “метеорную” (правильнее – метеоритную) теорию образования лунных кратеров, предложенную, в числе других ученых, Н.А. Морозовым*.

В этой работе Эпик дает первую математическую трактовку теории образования лунных кратеров в результате метеоритных ударов и приходит к двум важным выводам, полностью подтвердившимся впоследствии: при ударе метеорита о поверхность Луны происходит *взрыв* (поскольку вся кинетическая энергия ударника мгновенно переходит в тепловую) и при этом сам метеорит и часть окружающих место удара пород превращаются в газ, в пар.

Эпик вернулся к этой проблеме через 20 лет, в 1936 г. [Э72], и продолжал плодотворно её разрабатывать в дальнейшем.

В студенческие годы Эпик начинает заниматься и популяризацией науки. Он помогает профессору К.Л. Баяву написать обзор успехов астрономии за 1915 г. для “Русского астрономического календаря”, издававшегося тогда в Нижнем Новгороде [Э13], выступает с научно-популярными лекциями для гимназистов, демонстрирует небесные светила в телескоп частной обсерватории Трындина (Б. Лубянка, 13; в дальнейшем – обсерватории МОНО – Московского отдела народного образования).

Вот как описывает в своих воспоминаниях Оскар Эпик (который в августе 1914 г. по примеру старшего брата перебрался в Москву также в надежде получить высшее образование) эту сферу деятельности Эрнста: “На Лубянке, напротив будущего ГПУ, над зданием фирмы оптики Трындина возвышалась астрономическая башня с шестидюймовым рефрактором. Эту обсерваторию доверили Эрнсту при условии, что он в ясные ночи будет разъяснять публике небесные явления. Входная плата составляла пять копеек для рабочих и солдат, двадцать копеек для всех прочих. Эта плата засчитыва-

* Морозов Николай Александрович (1854–1946), российский учёный и революционер-народник. Провёл в царских тюрьмах 29 лет. Организатор, первый (и последний) председатель РОЛМ, основатель и первый директор Научного института им. П.Ф. Лесгафта (НИЛ), почётный академик.

лась Эрнсту. Поскольку мои астрономические познания в то время были довольно основательными, мы делили эти вечера с Эрнстом. Рекордные вечера приносили нам доход в несколько рублей. К сожалению, ясных ночей было не так много, а рекордных по посещению публики и того меньше, хотя одна невесть откуда взявшаяся комета нам заметно помогла, подогрев интерес людей к небесным явлениям” [158, с. 140].

В 1916 г. Эпик окончил обучение в университете со степенью кандидата (что соответствует современному диплому с отличием). По решению деканата его оставили при обсерватории в должности ассистента и при университете для подготовки к профессорскому званию (это соответствует современной аспирантуре).

25 октября (ст. ст.) 1917 г. разразилась Октябрьская революция. Директор Астрономической обсерватории профессор П.К. Штернберг принял самое непосредственное участие в октябрьских боях в Москве, руководя артиллерийским обстрелом Кремля с Пресненской набережной (в Кремле в те дни засели юнкера). Принадлежность Штернберга к партии большевиков явилась полной неожиданностью для его коллег, в том числе и для Эпика. Зато они могли не беспокоиться за свою судьбу: они понимали, что никто их не тронет.

Но революция отразилась на судьбе московских астрономов и с другой стороны. В Москве и в Петрограде начался голод. Правда, А.М. Горькому удалось выхлопотать для учёных спецпайки, но для многочисленных их нехватало. Учёные распродавали семейные драгоценности, ценные вещи. Эпик семьи тогда ещё не имел, но и ему приходилось несладко. Сам он, привыкший к лишениям, к сожалению, не оставил письменных воспоминаний об этом периоде своей жизни. Однако фрагменты из биографии Оскара позволяют в немалой степени восполнить этот пробел с момента его переезда в Москву. Жилось братьям в Москве нелегко. Прежде чем им удалось снять комнату, приходилось спать в полуночлежках, где в комнату набивалось по десятку человек, в поисках жилья братья предпочитали ходить пешком: нехватало денег на трамвай. В главе автобиографии, название которой “Военная школа вместо высшей” говорит само за себя, Оскар описывает тяготы их московской жизни, не выдержав которых он, в конце концов, и сделал свой выбор в пользу военной школы: «Как мы пережили сентябрь, я толком не пойму. Помню один день, когда у Эрнста и у меня никакого иного пропитания, кроме кипятка в самоваре, не было. В подавленном настроении сидели мы у этого кипящего самовара, как вдруг перед нами предстала Анна как спасительница или в роли “*deux ex machina*”, принесла с собой пакет, в котором были яйца, булки, масло и колбаса» [158, с. 140].

После того как Оскар подался в военную школу, жизненные пути братьев разошлись. Познав все тяготы первой мировой войны (окопы в Галиции, немецкий плен, лагеря для военнопленных в Австро-Венгрии, а позднее в Дании), Оскар волею судьбы в апреле

1918 г. вновь оказывается в Москве, где, как он знал, Эрнст проживал в комнатухе на обсерватории на Красной Пресне. Предоставим вновь слово Оскару. “Жилище, которое занимал Эрнст, находилось в левом углу одноэтажного дома, обращённом во двор и ограничивалось комнатухой примерно в десять квадратных метров, из которых добрых полтора метра занимала пузатая, выкрашенная белой известкой печь. Меблировка была спартанской: железная кровать, стол да стул. Стол и прилегающая к нему часть пола были заполнены книгами, а также множеством бумаг и рукописей, которые были списаны расчётами. У непосвященного от вороха этих бумаг могло сложиться впечатление полного хаоса, но я знал, что во всем этом была система и безупречный порядок, в которые был посвящён только Эрнст” [158], с. 140]. На столе Оскара ждала записка, содержание которой было предельно коротким: “Масло в печи, вернись домой в пять”. Оскар приготовился ждать: каково же было его удивление, когда вместо Эрнста через некоторое время появился другой его брат – Армин. От брата Оскар узнал, что записка принадлежала ему и была адресована Эрнсту. Армин также сообщил, что Эрнст примкнул к эсерам и уехал в Ярославль, где у него вроде бы была подружка. Как пишет Оскар, “Сердце моё упало. Мятеж эсеров добился наибольших успехов именно в Ярославле, который оказался в их руках. Но он был отдельным островом, и утренние газеты принесли известие о том, что город полностью окружён. А к тому времени я уже достаточно ознакомился с обстановкой и коммунистами, так что я знал, что побеждённым ничего иного кроме расстрела нечего ждать. Ни Армин, ни я в тот вечер от страха, который нами овладел из-за Эрнста, не были в состоянии об этом и обмолвиться. Говорили о чём угодно” [158, с. 140]. Так братья провели в обсерваторском домике на Пресне неделю в ожидании хозяина.

«Наши надежды на то, что Эрнст появится, перечеркнуло опубликованное в газете известие о том, что большевики штурмом овладели Ярославлем и что тем самым мятеж эсеров окончательно подавлен. Помню, как я сидел в комнате Эрнста полон отчаяния, и перед глазами у меня мелькали картины того, как могла выглядет в действительности ликвидация этого мятежа. У меня внутри будто всё оборвалось и взбунтовалось, когда я вообразил себе Эрнста беспомощным в руках отбросов из красногвардейцев, поставленного к стенке*. Я дал себе клятву кровавого отмщения, что было, пожалуй, проявлением отчаяния. На другой день объявился Эрнст с невинным видом, словно бы ничего и не произошло. Понятно, что мы его выпрашивали и от объяснений ему не удалось отвертеться. В последние дни мятежа в Ярославле Эрнст находился на вокзале, захваченном большевика-

* Здесь и ниже нельзя не отметить весьма субъективное, упрощённое и даже искажённое понимание и представление революционных событий в России тех лет. Забавна и типична логика далекого от бурных событий обывателя: те, кто может арестовать примкнувшего к взбунтовавшимся эсерам, – “отбросы”, кого удалось этому эсеру “надуть” – “корректный чекист”! – *Примеч. ред.*

ми. Его направили в Вологду связным, как адъютанта штаба мятежников. Руководитель мятежа был с ним. У того были при себе “фальшивые документы”, а у Эрнста “сверхнастоящие” в отворотах брюк. Для проверки документов Эрнст отправился на железную дорогу, где его спасло от расстрела нахальство: он спросил у “товарищей” дорогу к коменданту, куда его и направили. Вместо этого он спрятался между вагонами, а на станцию вернулся, когда контроль уже миновал. На станции Ярославль–Вологда его всё же арестовали, но здесь он хладнокровно выпутался с помощью “амурного” алиби и благодаря корректности председателя чека оказался идеалистом-революционером.

У неосведомленного читателя порой может сложиться впечатление, что социалисты-революционеры (эсеры) были чем-то вроде отколовшейся от коммунистов секты. Никакими они социалистами не были, а были либералами, проложившими путь коммунистам*. В то время, как их печально известный лидер Керенский тратил время на речи, посвящённые возвышенным, но далёким от жизни темам, к которым изголодавшиеся и измученные войной солдаты оставались равнодушными, большевики действовали реалистичнее. Лозунгами Ленина были: “Грабьте награбленное” или “Мир хижинам, война дворцам”.

Эрнст прошёл и воинскую службу, и войну. Во время правления Керенского он побывал на фронте в Галиции поручиком, а позднее со своей частью попал на берег Черного моря в Анапу, где они основательно познакомились с кавказским красным вином. Из рассказов Эрнста у меня сложилось впечатление, что это было его героическое время, пришедшее на смену длившейся с детства жизни трудяги и учёного мужа, в которой так мало было разнообразия. Его конспирация с эсерами против большевиков стала словно бы заключительным аккордом этой героической эпохи, вслед за которой он с прежней энергией и увлечённостью вернулся к своим научным трудам.

Свои политические убеждения и тем более активную роль в провалившемся мятеже Эрнст должен был тщательно скрывать от своего начальника, директора обсерватории профессора Штернберга. О Штернберге как учёном Эрнст отзывался с почтением; то же, что я услышал о его прочей деятельности, меня поразило. При царе Штернберг был обласканной персоной и параллельно со своей научной карьерой он и в бюрократической табели о рангах стоял на высшей ступеньке. Его никогда не подозревали ни в причастности к какой-либо антигосударственной политической деятельности, ни даже в том, что он вообще мог придерживаться подобных взглядов. Но с приходом большевиков к власти он сбросил с себя эту маску, которую носил всю свою жизнь. Он оказался старым большевиком, хорошо известным всем их руководителям. В то время, когда мы встретились с Эрнстом на обсерватории, Штернберг находился на Волжском фронте в качестве политкомиссара» [158, с. 141–143]**.

* Нет, они были социалистами-террористами. Керенский, кстати, был не эсером, а членом небольшой партии “народных социалистов” (выступавших против террора). Весьма упрощённо представлена здесь и позиция В.И. Ленина. – *Примеч. ред.*

** Совершенно искажённо представлен образ П.К. Штернберга, что свидетельствует о непонимании исторической эпохи в России начала XX в. Павел Карлович Штернберг был одним из самых ярких представителей русской прогрессивной интеллигенции, глубоко преданным идеям коренного преобразования Российского общества

Ещё до своей ярославской “эпопеи”, 28 января 1918 г. Э.Ю. Эпик был избран членом-корреспондентом Русского общества любителей мироведения (РОЛМ) одновременно со своим сверстником М.А. Вильевым*. В дальнейшем этого звания были удостоены такие учёные как В.П. Ветчинкин, А.Д. Дубяго, Н.И. Идельсон, Л.А. Кулик, П.Н. Чирвинский, Г.А. Шайн.

Путешествие из Москвы в Ташкент

Следующий эпизод в жизни Э.Ю. Эпика – его переезд в Ташкентскую обсерваторию – описан им самим в его воспоминаниях в 1977 г., причём описан настолько живо и интересно, что мы предпочитаем привести это описание здесь дословно, ибо, как говорится, лучше не скажешь. Итак – слово Эрнсту Эпику [Э255].

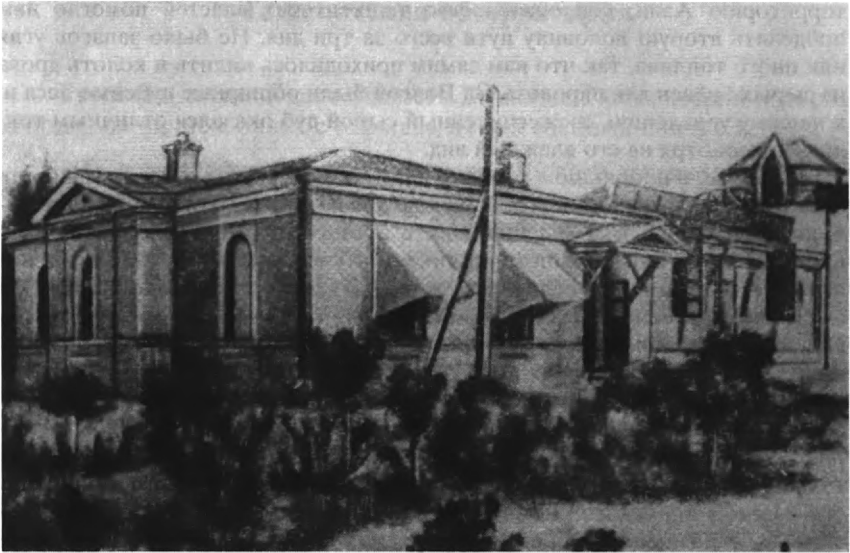
«В начале 1919 г., когда власть большевиков прочно установилась на большей части России, хотя на окраинах страны ещё продолжались бои, новые правители решили основать университет в Ташкенте, столице вновь отвоеванных русских владений в Средней Азии (так её принято называть, хотя она расположена, скорее, на западе материка). Более 100 профессоров и преподавательского состава со своими семьями согласились покинуть голодающую Москву и начать новую жизнь в богатых продовольствием, хотя и небезопасных азиатских землях.

Как единственный астроном в группе, я должен был стать заведующим кафедрой астрономии университета и вдохнуть новую жизнь в Ташкентскую обсерваторию. В прошлом – военная геодезическая обсерватория, она была реорганизована В.В. Стратоновым, но после трёх десятилетий плодотворной исследовательской работы она пришла в полное расстройство в период революции; теперь она должна была войти в состав нового Туркестанского университета**.

и пожертвовал ради этого не только научной карьерой, но и жизнью. Он не был “обласкан” при царе, а имел соответствующий чин (статского советника) как директор крупной астрономической обсерватории и профессор Московского университета. Войдя в революционное движение в 1905 г. (после первой революции в России), он проявил подлинный героизм и даже артистизм деятельности; был одним из самых авторитетных руководителей в дни революционных боёв в Москве, а затем членом Реввоенсовета Восточного фронта во время международной интервенции против России и гражданской войны. В краткие мирные периоды в эти бурные годы он успел внести немалый вклад в создание новой системы высшего образования как глава отдела высшей школы Народного комиссариата просвещения. Нет сомнения, что будучи глубоко идейным и смелым человеком, он не пережил бы 30-х годов, когда в стране воцарился сталинский тоталитаризм и террор (в эти годы погибла его жена – видная деятельница революции, а затем государственный министерский работник). Сам П.К. Штернберг, простудившись при форсировании р. Иртыш, скончался в Москве 31 января 1920 г. – *Примеч. ред.*

* Вильев Михаил Анатольевич (1893–1919), петроградский астроном, небесный механик. См. о нем: *Бронштэн В.А. Михаил Анатольевич Вильев. М.: Наука, 1995.*

** История Ташкентской обсерватории подробно изложена в статьях В.П. Щеглова [83] и Н.Ф. Булаевского [17].



Ташкентская обсерватория в конце XIX века



Группа сотрудников Ташкентской обсерватории. Э. Эпик – крайний справа

Железнодорожные сообщения в России в это время находились в состоянии полного расстройтва, так что неудивительно, что наш легендарный вояж в 3000 км от Москвы до Ташкента продолжался 70 суток, с конца января до начала апреля 1919 г. Препятствия встречались главным образом в первой половине пути; после того как мы за рекой Урал въехали на

территорию Азии, покровительство ташкентских властей помогло нам проделать вторую половину пути всего за три дня. Не было запасов угля или иного топлива, так что нам самим приходилось пилить и колоть дрова из сырых брёвен для паровоза. За Волгой были обширные дубовые леса и, к нашему удивлению, свежеспиленный сырой дуб оказался отличным топливом, несмотря на его влажный вид.

В марте, в небольшом городке на границе Европы и Азии, мы были задержаны местным советом на целые две недели: это был акт явной неблагодарности. Когда мы прибыли в этот городок, совет, узнавший о присутствии столь большого количества учёных людей, попросил нас прочесть лекцию и, если возможно, дать нечто вроде концерта для местного населения; мы согласились. Как раз тогда ночью перед нами и перед жителями города предстала величественная картина полярного сияния, лучи которого доходили до зенита, и уж кем-то распространялись тайные слухи, что это отблески артиллерийских залпов конницы Дутова, приближающейся с севера, чтобы уничтожить коммунистов (которые отнюдь не пользовались симпатиями населения). Поэтому я прочитал лекцию о полярных сияниях, геомагнетизме и солнечной активности, а затем последовал концерт. Среди профессоров нашёлся хороший тенор, я аккомпанировал ему на фортепиано, затем последовали другие номера дивертисмента.

Следствием нашего успеха было письмо от совета, полученное на следующий день, в котором содержалась просьба повторить наше выступление, с угрозой, что нам не будет разрешено продолжить путь, пока мы не выполним эту просьбу. Мы не испугались угрозы и, в виде протеста, отказались иметь какие-либо дела с советом; за это мы были задержаны в наших вагонах вплоть до получения строгого приказа из Ташкента, заставившего местный совет снять наложенное на нас эмбарго. На следующей станции мы снова потеряли три дня: наш паровоз вместе с топливом – плодом нашего многочасового тяжёлого труда – был похищен товарным эшелоном Красного Флота, пока мы спали. Получив другой паровоз и заготовив топливо заново, мы стали выставлять на ночь часовых (я был одним из них), и не напрасно: другая группа переселенцев подкралась к нам ночью, чтобы поживиться плодами нашего труда, но они отступили, не причинив нам вреда. На следующее утро мы отправились в путь без дальнейших приключений – меняя паровозы и заготавливая топливо, уже не из гладких бревен, но из узловатых, покрытых шипами, зато очень сухих кустарников саксаула киргизских* полупустынных степей; “чёрт знает что, а не топливо”, как справедливо выразился кто-то из нас. Но горел саксаул хорошо и довёз нас за три дня через всю Среднюю Азию до цели нашего путешествия. Перед тем как покинуть поезд, на снегу метровой толщины с мёрзлым слоем на поверхности, подвергавшейся попеременно действию лучей весеннего солнца и ночным заморозкам, мы устроили небольшую праздник, и я с исполнил фантастический импровизированный танец с длинными прыжками – я назвал его танцем полярного медведя. Это был единственный мой сольный танец за всю мою жизнь».

* Имеются в виду степи Северного Казахстана. В то время казахов в России называли киргизами.

Ташкентская обсерватория

Рассказ о жизни и деятельности Эпика на Ташкентской обсерватории мы начнём опять с отрывка из его воспоминаний [Э255]:

«После прибытия в Ташкент в апреле 1919 г. я в течение двух лет служил на факультете вновь организованного Туркестанского университета, причём моей основной задачей было оживление научной деятельности Ташкентской обсерватории. Расположенная на окраине Ташкента на высоте лишь 440 м над уровнем моря, но недалеко от среднеазиатских плато и высочайших горных хребтов мира, обсерватория обладала весьма благоприятным астрономическим климатом*. Помимо астрономии и астрофизики она включала также отделы метеорологии и сейсмологии – последняя имела важное местное значение в связи с частыми землетрясениями (однажды ночью я был буквально выброшен из моей трясущейся кровати, но сотрясение прекратилось, и я – довольно легкомысленно – не стал искать опасности на открытом месте, подобно прочим обитателям наших помещений). Зёмли обсерватории занимали большую площадь, и отдельные строения – лаборатории (я один имел жилую комнату при астрофизической лаборатории), башни телескопов, помещения для сейсмических и метеорологических приборов, равно как и жилые кварталы, – были разбросаны на обширной площади за пределами прямой видимости.

Большая часть России уже была под властью большевиков (коммунистов), после второй, или Красной, революции в октябре 1917 г., и в неё входила также Средняя Азия. В переходный период, местный преподаватель физики В.Н. Милованов** согласился принять пост директора обсерватории и после моего прибытия он остался директором, сосредоточив свои усилия на административных вопросах, тогда как я стал вице-директором и занимался научной деятельностью обсерватории. Изменившиеся обстоятельства, а особенно пренебрежение новых властей к законам и порядкам, не давали никаких гарантий на обширной, редко населённой территории Средней Азии, что создавало немало чисто административных проблем.

Сейсмология в обсерватории была представлена одним-единственным сотрудником, Г.В. Поповым***, атлетически сложным бородатым религиозным фанатиком, который жил со своей экономкой, женщиной средних лет, Марией Абрамовной. Она заботилась также и обо мне, например, стирала бельё или готовила отбивные котлеты из баранины; я закупал провизию сам (Ташкент в это время был рогом изобилия по части продуктов, на зависть голодающей России). Попов вызвался принимать посетителей, ока-

* Имеются в виду прозрачность и спокойствие атмосферы, большое число ясных дней и ночей в году.

** Милованов Владимир Николаевич (1882–?), русский советский астроном. Работал в астрономических обсерваториях Казани и Ташкента, затем в Государственном астрофизическом институте (Москва), руководил отделом звёздной статистики. Составил (с группой сотрудников) каталог экваториальных компонент скоростей 1470 звёзд.

*** Попов Гавриил Васильевич (1882–1939), русский сейсмолог. Всю жизнь проработал в Ташкентской обсерватории, где вёл сейсмологическую службу до последних дней жизни.

зав нам тем самым большую помощь; сотни людей приходили слушать его популярные лекции, проводившиеся под открытым небом. О чём он говорил в этих лекциях, мы не знаем – он был достаточно компетентен во всех разделах астрономии, метеорологии и сейсмологии. И вдруг неожиданно мы получили удар: письмо от местного комиссариата по просвещению извещало нас, что Попов проповедует религию под видом научной популяризации и что народ собирается на его лекции в связи с пропагандой в них религиозных суеверий. В письме утверждалось, что это противоречит провозглашенным антирелигиозным принципам правящей партии, а значит, лекции Попова антинаучны. Следовательно, заключалось в письме, Попов недостоин занимать научную должность и должен быть немедленно уволен.

Мы были глубоко обеспокоены этим. Не только потому, что верили в гуманитарные принципы и в свободу слова и мысли, но ещё и потому, что Попов был весьма желательным сотрудником в штате обсерватории, которого мы не хотели потерять. Милованов и я решили идти просить за него в комиссариат. Однако это было опасное предприятие, имея в виду политическую ситуацию и чувствительность представителей новой власти к нарушителям марксистских догм, но мы не побоялись риска, и всё кончилось благополучно. Комиссар, молодой человек моих лет (мне было 26), по фамилии Дволайцкий*, принял нас в вестибюле своей конторы. Мы заявили, что Попов – хороший учёный и единственный имеющийся сейсмолог и что когда наши запасы фотографической регистрирующей бумаги были срезаны революцией, он наладил совершенно забытый механический метод регистрации землетрясений на папиросную бумагу, на которой игла сейсмографа процарапывала линию (с помощью промежуточных рычагов), что позволило продолжить с помощью этого временного устройства непрерывную регистрацию и вести службу землетрясений.

– Хорошо, – сказал комиссар, обращаясь ко мне, – вы астроном и должны знать, что астрономия доказала, что Бога нет.

Наивность этого высказывания была очевидно искренней – отнюдь не официально внушённой партийной позицией – и как будто приглашала к дискуссии. Я рассмеялся и объяснил смущённому комиссару, что вера или неверие в Бога есть дело внутреннего убеждения и личной свободы человека, наука бессильна доказать или опровергнуть существование Бога. Мы имели длительную беседу и, выслушав меня внимательно, Дволайцкий принял решение: хорошо, Попов может остаться в штате обсерватории, но он должен ограничить свою деятельность чисто научными профессиональными обязанностями и не должен впредь выступать с публичными лекциями.

Спустя много лет – я к этому времени уже покинул Ташкент и переехал на свою родину, в Эстонию – я узнал, что Попов проявил неблагодарность и чуть не задушил директора Милованова. Видимо, Попов не оценил того, что для него было нами сделано, и считал Милованова виновным в прекращении его лекций. Однажды, когда Милованов спустился в подвал, чтобы осмотреть сейсмическую лабораторию, он был обвинён в слежке и подвергся нападению со стороны Попова. Прохожий услышал крики и спас директора.

* Дволайцкий Шолом Моисеевич (1893–1937), советский экономист, один из организаторов Комакадемии и Института красной профессуры, редактор отдела экономики 1-го издания БСЭ. В 1937 г. расстрелян. Реабилитирован посмертно.

Ещё через много лет, во время сталинских репрессий на его бывших коллег по партии, среди списков товарищей-большевиков, приговоренных к смерти их господином, я нашел фамилию Дволайцко. Эта фамилия встречается редко – я никогда больше не встречал её ни до, ни после этих событий. Так что почти наверное это была фамилия моего ташкентского комиссара по просвещению, высокопоставленного коммуниста, который прислушался к голосу разума, вопреки партийной догме. Не могло ли это послужить причиной его “ликвидации” Сталиным?»

Прервём здесь изложение мемуаров Эпика. Они, как в зеркале, отражают ситуацию в Ташкентской обсерватории в первые годы советской власти. Обычно авторы подобных мемуаров о таких случаях не пишут (а до 1985 г. это было вообще невозможно). Что касается предположения Эпика о том, что Дволайцкому в 1937 г. припомнили эпизод 18-летней давности, то это маловероятно. Те, кто приговаривал Дволайцко (и многих других) к смертной казни в те годы, не искали реальных фактов – они их придумывали. Чаще всего невинных людей обвиняли в связях с иностранными разведками, в шпионаже. Что именно было вменено Дволайцкому, нам неизвестно.

Вернемся к деятельности Эпика. Вот как характеризует её астроном Н.Ф. Булаевский, работавший в те годы на Ташкентской обсерватории [17]:

“Преподавателем астрономии [Туркестанского университета. – В.Б.] стал Э.Ю. Эпик – человек ещё молодой, энергичный, с большой инициативой как в научной, так и в административной деятельности, но, мне кажется, несколько самонадеянный и, вероятно, не имевший достаточного опыта в обсерваторских работах (одновременно Э.Ю. Эпик занял и должность астронома в обсерватории)...

Под влиянием энергичной деятельности Э.Ю. Эпика работа Астрономической обсерватории оживилась, насколько это вообще было возможно в тогдашних сложных условиях – при нехватке денежных средств, оборудования, полном отсутствии новой литературы и т.п. К сожалению, Эпик пробыл в Ташкенте менее года*, после чего, как эстонец по национальности, он репатриировался на родину и стал сотрудником обсерватории в Тарту”.

Наиболее важным мероприятием, оставившим значительный след в науке о метеорах, были организованные Эпиком визуальные наблюдения метеорного потока Персеид. Здесь он впервые применил разрабатывавшийся им с 1912 г. метод двойного, или квалифицированного счёта. Идея этого метода весьма проста и оригинальна. Она состоит в следующем.

Допустим, что в одной и той же области неба ведут счёт метеоров два наблюдателя. За некоторый период времени первый наблю-

* Здесь Н.Ф. Булаевский ошибается: Э.Ю. Эпик проработал в Ташкенте почти ровно два года – с апреля 1919 до весны 1921 г., а затем ещё полгода работал в Москве, ожидая оформления своего выезда в Эстонию.

датель насчитал 20 метеоров, второй – 30, причем 15 метеоров у них оказались общими. Из этих наблюдений можно установить общее число пролетевших метеоров, в том числе и тех, которых не заметил ни один из наблюдателей.

Рассуждаем так. Первый наблюдатель из 30 метеоров, замеченных вторым наблюдателем, зарегистрировал 15, т.е. половину. Поскольку первый наблюдатель фиксирует половину всех метеоров, их общее количество равно 40.

Посмотрим на эту картину глазами второго наблюдателя. Он из 20 метеоров первого наблюдателя заметил 15, т.е. три четверти. Если его 30 метеоров – это $\frac{3}{4}$ всех, то общее количество метеоров равно 40, как и было подсчитано выше.

Конечно, здесь заложена гипотеза о том, что “коэффициент замечаемости” у этих наблюдателей одинаков для всех рассматриваемых метеоров. Чтобы избежать влияния блеска метеоров (коэффициент замечаемости почти равен единице для ярких метеоров и падает по мере перехода к более слабым), подсчёт ведется отдельно для каждого интервала звёздных величин.

Идею этого метода можно применить и к явлениям, ничего общего с метеорами не имеющим. Заменяем звёздное небо корректурой некоего текста, наблюдателей – двумя независимыми корректорами, читающими текст, а метеоры – опечатками. Тогда можно узнать общее число опечаток, в том числе и не замеченных ни одним из корректоров.

Чтобы избежать неточности метода, рекомендуется использовать не двух, а трёх-четырёх наблюдателей. Тогда числа метеоров данной звёздной величины будут более надёжны.

Кроме двойного счёта, Эпик организовал базисные (корреспондирующие) наблюдения метеоров на базисе Ташкент – Искандер (около 30 км). Из этих наблюдений были вычислены высоты метеоров.

Учтя опыт ташкентских наблюдений, Эпик составил инструкцию к наблюдениям метеоров и опубликовал её в журнале “Мироведение” в 1921 г. В том же году в Ташкенте сотрудники Эпики провели новую серию наблюдений Персеид по предложенной им методике (сам Эпик в это время был в Москве). Наблюдения были пересланы ему, и он опубликовал результаты обеих серий уже в 1922 г. в “Публикациях Тартуской обсерватории” [Э22].

Научный резонанс этой публикации был огромен. Практически все исследователи метеоров 20-х и 30-х годов ссылались на эту работу Эпики. Не менее десятка ссылок на результаты ташкентских наблюдений содержится в капитальных монографиях 50-х годов И.С. Астаповича [5], Б.Ю. Левина [48], Б. Ловелла [51] и других учёных, а также в статьях Н.Н. Сытинской [74], Дж. Портера [163], Дж. Прентиса [164], З. Целлехи [98] и многих других авторов. Методика Эпики была взята на вооружение советскими, английскими,

американскими, чехословацкими наблюдателями. В 1926 и 1927 гг. по ней проводили наблюдения Персеид и ташкентские астрономы П.А. Савицкий, А.Ф. Субботин и Н.Н. Сытинская. В дальнейшем методика Эпика была усовершенствована в работах З. Квиза (Чехословакия), Р.Л. Хотинка, И.Т. Зоткина, В.И. Цветкова, А.Н. Симоненко (СССР). Об этих работах будет рассказано ниже.

Второй Всероссийский астрономический съезд и дело о Главной Российской астрофизической обсерватории

Сразу после завершения наблюдений Персеид 1920 года, Эпик поехал в Петроград, чтобы принять участие во Втором Всероссийском астрономическом съезде. В работе съезда, проходившего 23–27 августа 1920 г., приняли участие 48 астрономов со всей страны. Эпик представлял Ташкентскую обсерваторию и сделал доклад о её работе. Вот текст опубликованного изложения его доклада [77].

“На 13-дюймовом астрографе наблюдались спутники Урана, спектрографом изучалась Новая Орла и делались определения лучевых скоростей звёзд. На 6-дюймовом рефракторе наблюдались солнечные пятна, телескопические переменные звёзды и пр. Меридианным кругом велась служба времени. Велась наблюдения Персеид и зодиакального света, сейсмическая станция за отсутствием фотографической бумаги вела регистрацию землетрясений на закопчённой бумаге. Докладчиком поднимается также вопрос о Чарджуйской международной станции [службы широты. – В.Б.], которая принуждена была прекратить работу из-за неблагоприятных обстоятельств, и высказывает ряд пожеланий, связанных с дальнейшей деятельностью обсерватории”*

Сделаем несколько уточнений. Наблюдения спутников Урана вёл А.Н. Розанов, а в дальнейшем Н.Н. Сытинская, их результаты публиковались и сообщались в Пулковскую обсерваторию С.К. Костинскому для общей сводки и обработки. Кроме наблюдений спектра Новой Орла 1918 г. П.Я. Давидович вёл визуальные и фотографические наблюдения вспыхнувшей как раз в день открытия съезда Новой Лебеда.

Помимо доклада о деятельности Ташкентской обсерватории Э.К. Эпик принял активное участие в обсуждении ряда важных вопросов, поднятых на съезде. Одним из таких вопросов было предложение об организации на юге России большой современной аст-

* Широтная станция была восстановлена в 1930 г. в Китабе. Подробнее о ней см. [17, 45, 83].

рофизической обсерватории. Это предложение выдвинул ещё в феврале 1920 г. московский астрофизик (ранее тоже работавший в Ташкенте) профессор Всеволод Викторович Стратонов (1869–1938) [13]. Хорошо мотивированное, оно было представлено в Народный комиссариат по просвещению. Чтобы подкрепить собственную аргументацию, Стратонов обратился к ряду крупнейших астрономов и физиков, в том числе к академику А.А. Белопольскому, старшему астроному Пулковской обсерватории С.К. Костинскому, астрофизику (в дальнейшем – члену-корреспонденту АН СССР), Г.А. Тихову, физику профессору В.А. Михельсону, профессору Московского университета С.Н. Блажко и к другим. В числе запрошенных был и Э.К. Эпик. Приводим изложение его ответа в статье В.В. Стратонова [72].

“Для всестороннего исследования неба необходимо возможно равномерное распределение наблюдательных пунктов по земной поверхности, и не только по широте, но также и по долготе; при сотрудничестве таких обсерваторий возможно следить за каким-нибудь явлением непрерывно, тогда как единичная обсерватория или обсерватории, мало отличающиеся по долготе, связаны продолжительностью суточной видимости наблюдаемого объекта. Россия, будучи сильно растянута по долготе, могла бы в будущем дать цепь таких наблюдательных пунктов для астрофизических исследований, начиная от побережья Чёрного моря до Владивостока.

Проектируемое учреждение должно быть обеспечено достаточно большим персоналом. Наблюдаемая часто слишком малая использованность инструментов на таких обсерваториях, объясняемая не только климатическими, но и персональными условиями (недостаточностью персонала, перегруженностью его посторонними работами), является весьма печальным фактом, но не менее отрицательным явлением является превышение накапливаемого наблюдательного материала над возможностью его обработки. Последняя всегда занимает во много раз больше времени, чем самые наблюдения, и в случае использования инструмента в полной мере, сами наблюдатели успевают справиться только с частью накапливаемого ими материала. Поэтому при создании проектируемой обсерватории необходимо предусмотреть достаточно большое число измерителей и вычислителей, т.е. лиц, занятых исследованием и измерением пластинок, спектрограмм и т.д. и всякими вспомогательными вычислениями.

В отношении программы работ будущей обсерватории Э.К. Эпик обращает внимание на то, что в деле применения спектроскопа и других новейших методов астрофизического исследования Россия чрезвычайно отстала. Работы А.А. Белопольского стоят почти одиноко в русской астрофизической науке. Поэтому задачей новой астрофизической обсерватории является восполнение этого пробела и создание школы будущих астрофизиков-спектроскопистов.

Из инструментов, в качестве желательных, Э.К. Эпик указывает на следующие:

Для звёздной спектроскопии, т.е. спектральной классификации, определения лучевых скоростей и т.д., необходим рефрактор не менее 12 дюймов отверстия со спектрографами разной дисперсии и с объективной призмой.

Для исследования форм туманностей, чтобы дать что-нибудь новое в этой области, необходим светосильный рефлектор – не менее сорока дюймов.

Для фотографической каталогизации туманностей – вопроса, ещё совсем мало исследованного в науке, – рефлектор мало пригоден из-за ограниченности его поля зрения; в этом случае полезен был бы светосильный астрограф, минимальный размер которого был бы: 30-дюймовый объектив при отношении фокусного расстояния [к диаметру] 8:1. Для полного использования подобного инструмента необходимы пластинки около 60 × 60 см, для обследования же всей доступной области до склонения -15° потребовалось бы 700–800 снимков, эта работа может быть выполнена в течение нескольких лет.

Технические трудности изготовления подобного астрографа должны быть, конечно, велики, но зато этот инструмент дал бы возможность существенно подвинуть наши знания о туманностях. Он оказал бы неоценимые услуги также и в других областях астрономии.

Фотометрия, по предположению Э.К. Эпика, должна бы занять на астрофизической обсерватории одно из первых мест, особенно при применении для изучения переменных звёзд фотоэлектрической камеры. Кроме дифференциальных, должны быть производимы и абсолютные фотометрические исследования. Для текущей работы по фотометрии должна быть отведена особая башня с 6-дюймовым рефрактором и прикреплёнными к нему несколькими фотоэлектрическими камерами; эти последние должны бы приспособляться и к более крупным инструментам обсерватории.

Кроме того, для точных измерений (параллаксы, движения в скоплениях и туманностях) можно было бы пожелать присоединения ещё крупного длиннофокусного рефрактора.

Для спектроскопического исследования Солнца образцом могут служить, по мнению Э.К. Эпика, инструменты солнечной обсерватории с неподвижным спектрографом (башенный телескоп, Сноу-телескоп), а равно – особенно по тонкости и продуманности спектрогелиографического метода – работы Медонской обсерватории.

Свойства местности – в отдельности качества ночных и дневных изображений – должны быть предварительно изучены”.

Таковы были пожелания Эпика к проекту Главной Российской астрофизической обсерватории (ГРАФО). Сделаем некоторые пояснения. В конце своих пожеланий Эпик приводит как пример солнечную обсерваторию Маунт Вилсон (Калифорния, США) и французскую обсерваторию в Медоне, близ Парижа. В башенном телескопе специальная система плоских зеркал (целостат) направляет луч Солнца вертикально вниз, а в горизонтальном Сноу-телескопе (назван так по фамилии спонсора, давшего деньги на его постройку) – горизонтально. Лучи попадают на главное вогнутое зеркало, которое строит изображение Солнца, и далее – на регистрирующие приборы (спектрограф, спектрогелиограф и др.). Теперь телескопы обеих систем имеются на многих обсерваториях России и некоторых стран СНГ (Украина, Казахстан, Узбекистан, Азербайджан и др.).

Обратим внимание на объективную оценку состояния астрофизики в России в те годы, содержащуюся в письме Эпика. Но уже в 1925 г. наша страна получила из-за границы 40-дюймовый рефлектор, установленный на Симеизской обсерватории, а в 1933 г. – 13-дюймовый рефлектор, первенец нашей оптической промышленности. В 50-е годы наши обсерватории были оснащены менисковыми телескопами системы Д.Д. Максутова, мощными светосильными инструментами с большим полем зрения, позже появились камеры Шмидта и большие (2 ÷ 2,6 м) рефлекторы и, наконец, в то время крупнейший в мире 6-метровый рефлектор.

Между тем, 11 июня 1920 г. Государственный учёный совет при Наркомпросе утвердил временный оргкомитет новой обсерватории и совещательный орган при нём – Астрофизическое совещание в составе 25 учёных – астрономов и физиков. В их число вошёл и Э.К. Эпик. Кроме него, от Ташкентской обсерватории был включён А.Н. Розанов [72].

На астрономическом съезде с докладом о проекте ГРАФО выступил профессор В.А. Костицын. Эпик принял участие в обсуждении доклада. Вот запись его выступления в протоколах съезда [77]: “Э.К. Эпик, указывая на трудности приискания места [для новой обсерватории. – В.Б.], предлагает образовать комиссию для исследования России в этом отношении, причём к работе должно привлечь широкие массы любителей астрономии”.

Такая комиссия была создана и проработала (с перерывами) несколько десятков лет, пока не было выбрано на Северном Кавказе (в Карачаево-Черкесской республике) место для строительства Специальной астрофизической обсерватории, главным прибором которой явился 6-метровый рефлектор. Эта обсерватория была построена в 1967 г., а телескоп был установлен в 1975 г.

Но кроме этой обсерватории были построены: Крымская астрофизическая обсерватория с 2,6-метровым телескопом им. академика Г.А. Шайна (открыта в 1955 г.) – в Центральном Крыму, близ Бахчисарая; Абастуманская астрофизическая обсерватория на горе Канобили в Грузии (1932 г.); Бюраканская астрофизическая обсерватория на горе Арагац в Армении (1943 г., крупнейший телескоп – 2,6-метровый рефлектор); Шемахинская астрофизическая обсерватория (плато Пиркули, Азербайджан, 2-метровый рефлектор, 1960 г.); обсерватория Института астрофизики АН Казахстана (Каменское плато близ Алма-Аты, а затем Асса-Тургень, три 1-метровых рефлектора (1950 г.). При активном содействии российских учёных построены новые обсерватории на горах Майданак в Узбекистане (1995 г., 1,5-метровый рефлектор) и Санглок в Таджикистане (1982 г., 1-метровый рефлектор). В Туркмении, на горе Душак, построена обсерватория, оснащённая телескопами производства мастерской Одесской обсерватории, до 70 см в диаметре.

Распад СССР привёл к тому, что большинство этих обсерваторий, построенных в лучших по астроклиматическим условиям районах Крыма, Кавказа и Средней Азии, оказались на территориях новых независимых государств: Украины, Грузии, Армении, Азербайджана, Казахстана, Узбекистана, Таджикистана, Туркмении. Правительства этих государств национализировали построенные там при содействии российских учёных и на средства Академии наук СССР обсерватории. В России осталась одна Специальная астрофизическая обсерватория.

Вернёмся в 1920 год. По докладу В.А. Костицына Второй Всероссийский астрономический съезд принял следующую резолюцию [72, 77]: “Второй Всероссийский астрономический съезд, заслушав доклад о проекте учреждения Главной астрофизической обсерватории в России, признал необходимым и своевременным открытие такой обсерватории и желательным приступить тотчас же к осуществлению этой задачи; и сейчас же, по мнению съезда, следует приступить к подысканию места для обсерватории, к подготовке учёных сотрудников для этой обсерватории и к подготовительным работам по выработке программы деятельности и оборудованию инструментами обсерватории и состоящего при ней физического института”.

Идея организации астрофизической обсерватории получила одобрение также съезда физиков и ряда других организаций. Постановление о её организации было принято Государственным учёным советом при Наркомпросе 25 марта 1921 г. 1 апреля того же года были утверждены положение об обсерватории, состав Оргкомитета и Астрофизического совещания (куда вошёл и Э.К. Эпик) [72].

В 1922 г. Оргкомитет ГРАФО был преобразован в Государственный астрофизический институт (ГАФИ), который возглавил В.Г. Фесенков (будущий академик). А в 1931 г. ГАФИ вошёл в состав вновь созданного (на базе университетской обсерватории, ГАФИ и АГНИИ*) Объединённого государственного астрономического института им. П.К. Штернберга (ОГАИШ, впоследствии ГАИШ).

В 1922 г. вышел первый том “Трудов ГРАФО”, в котором напечатана и статья Эпика “Фотометрические свойства воздуха и облаков и приложение к объяснению изменения яркости планеты Венеры с фазой” на английском языке (25 страниц) с русским резюме (на 4-х страницах) [Э25]. Эта работа была закончена Эпиком в Москве в ноябре 1916 г., но её негде было печатать (лишь с 1924 г. благодаря усилиям В.Г. Фесенкова начал издаваться “Русский астрономический журнал”).

* АГНИИ – Астрономо-геодезический научно-исследовательский институт, основан в 1922 г.

Отсутствие в России в эти годы постоянного научного астрономического журнала прослеживается и на примере шести (!) статей В.Г. Фесенкова, опубликованных в этом же первом томе “Трудов ГРАФО”. Они были написаны их автором между октябрём 1919 г. (Харьков) и октябрём 1921 г. (Москва) и тоже ждали возможности публикации.

Тот же том сообщает нам ещё об одной работе Эпика. В статье В.А. Костицына “Строение шарообразных звёздных куч” (т.е. по современной терминологии – шаровых звёздных скоплений) говорится: “В настоящее время Э.К. Эпиком производится измерение нового снимка звёздной кучи Месье 11, измеренной в 1836–1839 гг. Ламонтом, в 1869–1870 гг. Гельмертом и в 1896 г. В.В. Стратоновым. Несмотря на полвека, отделяющие работу В.В. Стратонова от работы Ламонта, ему не удалось обнаружить никаких перемещений звёзд, и мало надежды, чтобы двадцать пять лет, отделяющих работу Э.К. Эпика от работы В.В. Стратонова, тут что-либо прибавили”.

Итак, примерно в 1921 г. Эпик измерял положения звёзд в шаровом скоплении М 11 в созвездии Щита по полученным им фотографиям. Где они были получены? На 13-дюймовом рефракторе в Ташкенте или на 15-дюймовом рефракторе в Москве? Сам Эпик не опубликовал результаты этой своей работы, вероятно, именно потому, что за 25 лет (1896–1921) его измерения “мало что прибавили” к данным предыдущих исследований.

“Труды ГРАФО” стали началом издания “Трудов ГАФИ”, а затем и “Трудов ГАИШ”. Оно продолжается и сейчас.

Снова в Москве

2 февраля 1920 г. Эстонская республика заключила мирный договор с РСФСР. Для Эпика стало возможным вернуться на родину. К тому же он получил приглашение от директора Тартуской обсерватории профессора Таавега Роотсмязэ занять должность астронома-обсерватора (т.е. наблюдателя). Но на оформление выездных документов требовалось время. И Эпик возвращается из Ташкента в Москву.

Пока его документы путешествовали по советским бюрократическим инстанциям, Эпик не терял времени. Он работал. Он был зачислен астрономом-наблюдателем на Астрономическую обсерваторию МГУ.

В это время, в 1921 г., в Москву приехал один 17-летний юноша, страстно желавший стать астрономом. Много позже, будучи заслуженным учёным-астрономом, он так описывал свою встречу с Эпи-

ком [21]: “Из публикаций Общества любителей мироведения за 1912 год я знал, что в Москве был активный астроном-наблюдатель, мой тогдашний идеал, Эрнст Карлович Эпик”. После долгих поисков юноша нашёл Эпика. “Сам Эпик, – продолжает он, – оказался худощавым человеком среднего роста. На его лице особенно выделялся один глаз, сплошь покрытый бельмом*. И этот человек избрал наблюдательную астрономию! Последнее несколько ободрило меня, поскольку я также страдал плохим зрением – сильной близорукостью”.

Близорукого юношу звали Борис Александрович Воронцов-Вельяминов. Эпик подробно рассказал ему о требованиях, предъявляемых к астрономической специальности и, в частности, о необходимости хорошего знания математики. “С некоторым сомнением в душе, выдержу ли я математику, в которой был слаб, я заверил своего собеседника, что твёрдо хочу стать астрономом”, – продолжает Воронцов-Вельяминов. В ноябре того же 1921 г. он был принят в Московский университет. Впоследствии он стал выдающимся астрофизиком-практиком, автором многочисленных монографий, учебников и научно-популярных книг и статей.

Из научных работ Эпика этого периода отметим статью “Вероятное расстояние большой туманности Андромеды (NGC 224) в связи с природой спиральных туманностей вообще”, опубликованную в 1921 г. в журнале “Мироведение” [Э20]. В этой работе Эпик применил весьма оригинальный метод к оценке массы и расстояния до галактики в Андромеде. Он сравнивал наблюдаемую скорость вращения галактики с центростремительным ускорением при различных предположениях о её массе. В работе 1921 года расстояние было оценено в 785 000 парсеков.

Но годом позже Эпик опубликовал в “Astrophysical Journal” новую работу, в которой расстояние до галактики в Андромеде было уменьшено до 450 000 парсеков [Э24]. Это изменение явилось следствием работ Каптейна и ван Рийна, в которых была получена иная зависимость масса–светимость для звёзд нашей Галактики [114]. Принятое в настоящее время значение расстояния до галактики в Андромеде – 670 000 парсеков.

Таким образом, обе оценки Эпика как бы зажимают истинное значение расстояния “в клещи”. Важно, что во второй из указанных работ Эпик прямо пишет, что “...туманность есть звёздная Вселенная, сравнимая с нашей Галактикой”. В этом важнейшем заключении Эпик на 15–20 лет опередил многих астрономов.

Не забыл он и о метеорной тематике. Помимо публикации инструкции в “Мироведении”, о чём мы уже упоминали выше, он представил в “Известия Научного института им. Лесгафта” (директором этого института был Н.А. Морозов) статью под названием «Результы-

* Позже Эпику сделали операцию на глазу и бельмо убрали.

таты наблюдений Персеид способом “квалифицированного счёта” в 1920 г.» [Э27]. Организовав заочно наблюдения Персеид в Ташкенте в августе 1921 г., он проводит наблюдения этого потока в Москве, но наблюдает не просто глазом, а в светосильный телескоп с большим полем зрения – кометоискатель. Это было вообще первое применение кометоискателя для наблюдений метеоров. Метеоры, наблюденные в кометоискатель (или в светосильный бинокль), более слабые, чем может различить глаз, стали называть телескопическими. Их изучению Эпик посвятил несколько работ. Они послужили примером для других наблюдателей (И.С. Астаповича, В.Е. Штепана, Р.Л. Хотинка и др.).

Эпик решил попробовать себя и на ниве популяризации астрономии. Он написал научно-популярную книгу “Солнце по новейшим исследованиям” (118 страниц), которую издало уже в 1922 г. издательство “Книжная помощь” [Э28]. Успех книги привёл к появлению в 1927 г. второго её издания, дополненного автором (153 страницы) и изданного Госиздатом [Э44]. В 1928 г. книга была переведена на эстонский язык и издана в Таллине [Э45].

На Тартуской обсерватории

Город Тарту, куда приехал Эпик в конце 1921 г., Тартуский университет и астрономическая обсерватория при нём имеют славную историю.

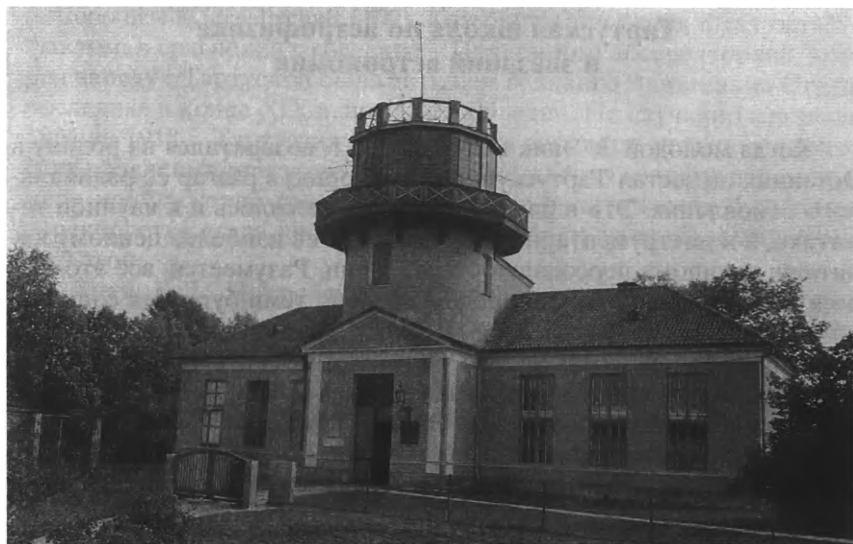
Эту область издавна населяли племена эстов, родственных финнам. Ещё в V в. они построили крепость Тартату, от названия которой происходят и современное название Тарту и немецкое Dorpat (Дерпт).

Сам город был основан в 1030 г. великим князем киевским Ярославом Мудрым и получил наименование Юрьев. Это название город носил всё время, пока он входил в состав Руси.

В XIII в. область нынешней Эстонии была захвачена немецкими рыцарями из Ливонского ордена. Они переименовали его в Дерпт (Dorpat). В 60-х годах XVI в. русский царь Иван Грозный разгромил Ливонский орден, но Эстония подпала под власть Швеции – вплоть до окончания Северной войны. Шведы по-прежнему именовали город Дерптом.

В 1721 г. по Ништадскому миру Эстляндия, как она тогда называлась, отошла к Российской империи, но Дерпт сохранил своё немецкое название. С 1918 г. город носит название Тарту.

Дерптский университет был основан шведским королем Густавом II Адольфом в 1632 г. Он получил тогда название Academia Gustaviana. В 1688 г. он был закрыт в связи с военными действиями,



Тартуская обсерватория в 1920–1940 гг.

восстановлен в 1690 г., но спустя 9 лет был эвакуирован из Дерпта в Пярну, а в 1710 г. закрыт окончательно.

В 1802 г. император Александр I открыл вновь университет, который стал называться “Дерптский императорский университет”. Преподавание в нём в XIX в. велось на немецком языке. В 1809 г. при университете была построена обсерватория.

Первым её директором был Иоганн Сигизмунд Гут (1763–1818), прибывший в Дерпт из Харькова, где он построил небольшую временную обсерваторию. В 1824 г. директором Дерптской обсерватории был утверждён немецкий астроном Фридрих Георг Вильгельм Струве, будущий основатель Пулковской обсерватории (в России получивший имя Василий Яковлевич, 1793–1864). После смерти Гута он фактически руководил работой университетской обсерватории вплоть до 1839 г., когда переехал в Пулково. После Струве директорами обсерватории были последовательно И.Г. Медлер (1840–1866), Ф. Клаузен (1866–1872), Л. Шварц (1872–1894), Г.В. Левицкий (1894–1908), К.Д. Покровский (1908–1918). В 1919 г. должность директора занял Таавет Янович Роотсмяэ (1885–1959), первый эстонец на этом посту.

Подробно об истории Тартуской обсерватории, жизни и деятельности её директоров и сотрудников можно прочитать в прекрасном обзоре Г.А. Желнина [24]. Хорошим дополнением к нему может служить брошюра “Тартуская астрономическая обсерватория”, составленная коллективом сотрудников обсерватории (Ч. Виллманом, Я. Эйнасто, Г. Желниным, Р. Юргенсоном).

Тартуская школа по астрофизике и звёздной астрономии

Когда молодой Э. Эпик в конце 1921 г. возвратился на родину в Эстонию, он застал Тартускую обсерваторию в разгар её радикального обновления. Это в равной степени относилось и к научной тематике, и к инструментарию, и, наконец, к её наиболее ценному капиталу: научному персоналу обсерватории. Разумеется, всё это было в значительной степени предопределено теми бурными социально-политическими потрясениями эпохи, которые никак не могли обойти стороной и маленькую Эстонию: конец Первой мировой войны, революция в России и гражданская война, наконец, мирное соглашение, подписанное между Эстонией и Россией, благодаря которому Эстония впервые за свою историю сумела обрести государственную самостоятельность. Ещё в 1915 г., когда театр военных действий стал неотвратимо приближаться к Эстонии, тогдашний директор обсерватории К.Д. Покровский приложил недюжинные усилия по организации эвакуации самого ценного инструментария, аксессуаров и библиотеки в Россию (в основном, в Воронеж и Пермь), куда они были благополучно доставлены и пролежали вплоть до воссоздания Тартуского университета в качестве первого в истории Эстонии национального университета.

В 1919 г. на должность заведующего Тартуской астрономической обсерватории и профессора астрономии был утвержден Т. Роотсмязэ (Д. Роотсман). На плечи молодого, неискущённого в организационных делах профессора легла нелегкая ноша приведения в порядок как имевшегося, так и возвращённых по соглашению с Россией из эвакуации инструментария и библиотеки, а главное – по полному укомплектованию научно-технического персонала обсерватории. Дело в том, что в 1918 г. Тартуская обсерватория по существу прекратила свою деятельность, так как все её сотрудники, включая директора, только-только занявшего этот пост – известного польского астронома Тадеуша Банахевича, покинули её.

Хотя по мнению известного историка астрономии, заведовавшего отделом геодезии Тартуской обсерватории Г.А. Желнина, период, предшествовавший началу Первой мировой войны, был в творческом отношении плодотворным (см. монографию Г. Желнина [24]), кажется вполне очевидным, что в исторической перспективе спад Тартуской обсерватории наметился достаточно давно, по сути дела с уходом Й. Медлера, а вслед за ним и Ф. Клаузена. По мнению другого эстонского историка, специалиста в области звёздной статистики – недавно скончавшегося Х. Ээлсалу, это было в первую очередь предопределено тем, что в 70-х годах XIX столетия Тартуская обсерватория оказалась неспособной провести в Дерптской зоне престижные астрометрические измерения для общего каталога звёзд

Astronomische Gesellschaft [109]. Как бы там ни было, факт остаётся фактом: в сравнении с соседкой – Пулковской обсерваторией, которая наряду с Тартуской была детищем великого Вильгельма Струве, последняя в конце XIX в. выглядела бледно. Не случайно в период с 1894 по 1918 г. Тартуская обсерватория пережила четыре директорских правления, при этом, как и водится в эпоху великих перемен, по мере приближения грядущих социально-политических бурь, смена директорства стала происходить прямо-таки с калейдоскопической частотой.

Хотя К.Д. Покровский формально и числился директором вплоть до 1917 г., фактически он передал бразды правления выпускнику Тартуского университета Э. Шёнбергу ещё в 1915 г., а последний руководитель обсерватории военного времени – Т. Банахевич и вовсе не успел вкушать кислых плодов директорства и по сути дела, толком не успев принять дела, уехал к себе на родину в Польшу. Директорская чехарда не могла не внести сумятицы и пестроты в научную тематику Тартуской обсерватории.

Трудно, оглядываясь сегодня назад из только что завершившегося второго тысячелетия в 1921 год, с уверенностью сказать, было ли принятое Эпиком решение именно тогда возвратиться на родину подсказано голосом его совести (а в том, что он был подлинным патриотом своего отечества, не приходится сомневаться) или просто стихийно так уж удачно сложились для него жизненные обстоятельства. Тем не менее факт остаётся фактом: молодой Э. Эпик оказался в нужном месте в нужный час. 1 декабря 1921 г. он был назначен на должность астронома-обсерватора. То обстоятельство, что к моменту его возвращения место профессора было уже занято Т. Роотсмяз (1885–1959), скорее сослужило Эпику добрую службу: ведь именно на плечи Т. Роотсмяз легла большая лекционная нагрузка, да и организационные дела отнимали много времени. Наряду с уже упоминавшейся задачей по обновлению имеющегося инструментария, доукомплектования штата, налаживанию библиотечного дела, издательской деятельности, появились и новые заботы. Так, в том же самом 1921 г. на Тартускую обсерваторию была возложена обязанность по обеспечению Эстонской республики точным временем (до того служба времени находилась в ведении Таллинской морской обсерватории). Другим “госзаказом” было участие обсерватории в астрономо-геодезических работах (что явилось следствием вступления Эстонии в 1924 г. в Балтийскую геодезическую комиссию, созданную для исследования фигуры геоида в регионе Балтийского моря). На посту же астронома-обсерватора Э. Эпик мог посвятить себя главному, к чему так стремилась его душа: научным изысканиям. По меткому замечанию М. Йёзвеера [134], “изголодавшийся за годы гражданской войны в прямом и переносном смысле этого слова, Эпик просто упивался работой”. Поражает фантастическая работоспо-



Э.Ю. Эпик (фотография 1922 года)

способность и научная плодотворность замечательного эстонского астронома в этот период: из 106 статей, опубликованных с 1922 по 1940 г. в Публикациях Тартуской обсерватории, перу Эпика принадлежат 65 работ и каких работ! Дадим здесь лишь краткую характеристику творческих достижений Э. Эпика за 22 года его работы в Тартуской обсерватории. Более развёрнутый анализ по отдельным отраслям астрономии, в которые внёс весомый вклад выдающийся эстонский исследователь (физика комет и планет, статистические исследования двойных звёзд, внутреннее строение звёзд, космологическая шкала расстояний – пожалуй, про-

ще было бы перечислить те отрасли астрофизики, которыми не занимался Э. Эпик) будет дан в соответствующих главах этой книги.

Разные авторы неоднократно обращали внимание на энциклопедичность знаний Э. Эпика (см., например, [105, 146, 154]), которую М. Йёзевеер даже вынес в заголовок своей статьи: “Последний великий всеведающий” [134]. Мы же здесь хотим обратить внимание на разницу между близкими, но отнюдь не однозначными понятиями: знать и уметь. В свои неполные 30 лет, когда Эпик только приступил к работе в Тартуской обсерватории, он не только многое знал, но и уже поразительно много умел. Для астрофизика мирового класса, в которого он вырос уже в самом начале 20-х годов, он прекрасно разбирался в тонкостях астрономического приборостроения и в методике наблюдений. Не обладая этими качествами, он попросту не мог бы стать ключевой фигурой в знаменитой Аризонской метеорной экспедиции и поставить соответствующие наблюдения в Тарту (о чём подробнее будет идти речь ниже). Об этом же красноречиво свидетельствует и упоминавшаяся выше объяснительная записка, подготовленная Эпиком по заказу комиссии по подготовке проекта создания новой обсерватории России (см. с. 25–27). Отсюда же прослеживается уважительно-бережное отношение Эпика к любительской астрономии, а также самое серьёзное внимание к популяризации достижений астрономии (об этом также см. ниже). В 1976 г., выступая

с речью по случаю вручения ему медали американского Тихоокеанского астрономического общества, Э. Эпик так выразил своё отношение к любительской астрономии: «Понятие “любитель” происходит от латинского “amare” (любить), оно предполагает любовь к предмету. Он ценит её подлинную красоту, наполнен радостью от познания истины. В “идеальном” учёном тоже должно быть что-то от любителя в этом плане, чтобы он был наделён стремлением к беспристрастной истине и пониманию красоты Вселенной. Он не должен только испытывать привязанность к своим данным и числам, даже к своему компьютеру. Занимаясь изучением структуры, происхождения и эволюции Вселенной,... он может доверяться своему воображению, но не должен становиться его пленником...» [Э250]. Так мог писать человек, который знал астрономические наблюдения не понаслышке. Как будет видно из дальнейшего, в Тартуской обсерватории Эпик сам много наблюдал: в первую очередь, звёзды, метеоры, кометы и планеты, а также шаровые скопления и туманности (см. [Э24, 30, 31, 32, 34, 35, 37, 39, 40, 43]).

Перечислим здесь основные достижения Эпики из этого периода, которые красноречиво свидетельствуют о широте его диапазона увлечений в наблюдательной астрономии и изобретательности. В начале 20-х годов Эпик всерьёз заинтересовался проблемой многоцветной фотометрии. Судя по имеющимся литературным данным (см., например, [138]), его внимание привлекли новые наблюдательные возможности разделения звёзд по классам светимости на основе спектроскопии, полученные в те годы на обсерватории Маунт Вилсон. Нетрудно догадаться, что тут у Эпики был свой расчёт. Прекрасно понимая, что массовые определения классов светимости как в отношении одиночных, так и в особенности двойных звёзд (возраст компонентов которых один и тот же, а степень продвинутости в эволюционном отношении может быть заметно различной!) могут стать ключом к наблюдательной проверке закладывавшейся в те годы теории эволюции звёзд, он искал методику, которую можно было бы реализовать и на малом телескопе. Тартуская обсерватория располагала в ту пору для этой цели лишь скромным 20-сантиметровым рефлектором Цейсса. Именно на нём Эпик производил наблюдения двойных систем, которые использовались в каталогах двойных звезд [155, Э36].

Совместно с Р. Ливлендером Э. Эпик на астрографе Петцваля пытался решать методом Тихова задачу по измерению ультрафиолетовых колор-индексов* различных звёзд [Э41], [35]. “Сущность метода состоит в использовании хроматической аберрации объектива для определения цвета звезды. 16-сантиметровый объектив астрографа Петцваля исправлен за хроматическую аберрацию для из-

* Колор-индексом, или показателем цвета, в астрономии называют разность звёздных величин звезды в различных длинах волн.

лучения в фотографической области спектра. В ультрафиолетовой и красной областях спектра абберация исправлена не полностью. Особенно сильно сказывается хроматическая абберация на внефокальных изображениях. Если снимки делать таким образом, чтобы фотопластинка находилась несколько за фокусом, то получится изображение тёмного кружка со светлым пятном в центре. Кружок возникает под действием фотографических, т.е. синих лучей, тогда как появление пятна вызывается в основном ультрафиолетовым излучением звезды. Перед объективом помещается диафрагма, которая закрывает центральную часть и ещё более усиливает эффект. Изображения звёзд на снимках, полученных по методу Тихова (называемому также методом продольного спектрографа), зависят от их цвета, и опытный исследователь способен по виду изображения определить колор-индекс. Этот метод применим для массовых работ. В результате работы были составлены каталоги колор-индексов 428 звёзд и блеска 819 звёзд в фотографической области. Определение сине-фиолетовых колор-индексов было единственным в своём роде в те годы и в некотором отношении опередило своё время – лишь позднее выявилась их научная ценность” [35]. Использовались два вида фотоэмульсий: сенсibilизированных к синим лучам и ортохроматических. Как отметил много лет спустя известный специалист в области звёздной электрофотометрии Дж. Крон [138], по существу в этих работах была реализована цветовая система, близкая по своим характеристикам к современной стандартной трёхцветной фотометрии. К сожалению, многие из оригинальных наблюдений колор-индексов были утеряны, что, по мнению Дж. Крона, вызвало такое разочарование у Эпика, что последний более не возобновлял попыток определения колор-индексов звёзд.

Но особую известность принесли Эпику, конечно же, исследования метеоров. Именно он был зачинателем этих наблюдений в Тарту, где шлифовался в практических наблюдениях впервые применённый им, а затем ставший общепризнанным метод двойного счёта метеоров. Сущность метода подробно описана на с. 23–24, поэтому мы не будем здесь на них подробно останавливаться. Отметим только, что наблюдения велись в 1928–1930 гг. телескопически из двух пунктов, расположенных в пределах Тарту, расстояние между которыми составляло 1,76 км. Один из пунктов находился в домике Струве, здесь же находился кометоискатель Штейнгеля, установленный в прорези крыши и направленный в полюс мира. Поле зрения кометоискателя составляло около 2 градусов и в нём просматривались звёзды до 9,5 звёздной величины.

Сперва наблюдения проводились А. Киппером и О. Сильде, а с 1929 г. к ним присоединился и сам Э. Эпик [Э49]. Гораздо позднее, уже после знаменитой Аризонской экспедиции, в 1938 г. база метеорных наблюдений была заметно расширена – наблюдения метеоров велись из трёх пунктов: Тарту, Валги, Петсеры, находящихся

друг от друга на расстоянии 80–90 км. Программа, рассчитанная на 5 лет, была опять-таки составлена Э. Эпиком. В 1934–1938 гг. Эпик определял скорости метеоров, используя им же самим сконструированное “качающееся зеркало”. Этим отнюдь не ограничивалось участие Э. Эпика в наблюдательных программах обсерватории. В 1922–1923 гг. он совместно с Р. Ливлендером проводил на астрографе Петцваля определение изменчивости блеска Нептуна с целью измерения периода его вращения [Э31, 37], с 1922 по 1926 г. определял блеск шаровых скоплений и туманностей [Э40, 47]. Наконец, на рефракторе Цейсса в период с 1924 по 1930 г. Эпик проводил наблюдения молодых и кратных звёзд [Э48]. То обстоятельство, что хронологически эти наблюдения совпадают с фундаментальными теоретическими исследованиями по эволюции звёзд и определению шкалы космологических расстояний, разумеется, не случайно. Они красноречиво свидетельствуют как о поразительной монументальности подхода Э. Эпика к исследованию изучаемых им явлений и процессов во Вселенной, так и о его воистину фанатичной преданности избранному делу и увлечённости.

Ещё в 1921 г. Э. Эпик публикует в издававшемся в Петрограде журнале “Мироведение” статью под названием “Вероятное расстояние до Большой туманности Андромеды (M 31 или NGC 224) в связи с природой спиральных туманностей вообще” [Э20]. Статья Эпика была инспирирована опубликованной в 1918 г. работой Пиза [161], в которой была приведена кривая вращения M 31, т.е. изменение лучевой скорости вращения по мере удаления от центра туманности. Приняв соотношение масса–светимость звёзд в туманности Андромеды таким же, как и в нашей Галактике, он предложил простой динамический метод оценки расстояния до спиральных туманностей, основанный на скорости вращения Галактики на расстоянии r от центра, и её суммарной видимой величины m в пределах области радиуса r . Через год в Тарту Эпик заново возвращается к вопросу определения расстояния до туманности Андромеды на более полном материале. В итоге в статье, опубликованной в *Astrophysical Journal* [Э24], он приходит к оценке расстояния до M 31 в 450 000 парсеков, что почти вдвое превышало полученное Э. Хабблом в 1924 г. значение, основанное на соотношении период–светимость для цефеид. Статья Эпика не прошла незамеченной и удостоилась похвальной оценки самого Хаббла (см., например, [135, 177]). Однако сам количественный более точный результат Эпика на долгие годы был предан забвению. Почему? По меткому замечанию известного английского историка астрономии М. Хоскина, “...слишком много было вложено в достижение точности определения расстояний по методу цефеид, так что это воспринималось астрономами едва ли не на веру, и хаббловские значения устояли” [127]. Если со шкалой космологических расстояний Эпик “разобрался” довольно быстро (однажды уяснив для себя суть проблемы и решив её, он уже более не ви-

дел необходимости к ней возвращаться), то к своему основополагающему исследованию внутреннего строения красных гигантов он подбирался примерно 15 лет. В начале 20-х годов он выполняет целую серию исследований по определению функции светимости двойных звёзд [Э26, 35, 36], которые приводят его к заключению о неправомерности первоначальной эволюционной схемы, предложенной Г. Ресселом, для интерпретации ранее открытой им же и Э. Герцшпрунгом диаграммы цвет–светимость звёзд. Как показал Эпик, рассчитанная им функция светимости (т.е. распределение звёзд по светимостям в предположении, что источником энергии звёзд является гравитация) не согласуется с наблюдениями, и тем самым вывод о том, что две наблюдаемые ветви – звёзд гигантов и карликов (звёзд главной последовательности) – являются эволюционными последовательностями, несостоятелен. Хотя уже тогда Эпик получил качественный результат, свидетельствующий о том, что при учёте внутриатомных сил рассчитанная функция светимости звёзд гораздо лучше согласуется с наблюдениями, ему пришлось отложить детальное количественное рассмотрение вопроса до лучших времён, когда в тридцатых годах стали известны конкретные ядерные реакции синтеза тяжелых элементов в недрах звёзд. Вышедшее в свет в 30-м томе “Публикаций Тартуской обсерватории” фундаментальное исследование внутреннего строения звёзд-гигантов опередило на целые 12 лет аналогичную работу англичанина Ф. Хойла и американца М. Шмидта [10, Э79, 80]. Как видно из предшествующего изложения, этот блестящий результат Эпика был подготовлен многолетней, целенаправленной и разносторонней программой исследований звёзд-гигантов разных типов как им самим, так и его последователями и учениками.

К концу 20-х годов имя Эпика становится широко известным в астрономических кругах. В 1928 г. он принимает участие в работе конгресса Международного астрономического союза в Лейдене, где завязывается его знакомство с рядом ведущих астрономов мира и, в частности, с директором Гарвардской обсерватории Х. Шепли. Последний в 1930 г. приглашает Эпика в Гарвардскую обсерваторию. Здесь Эпик проработал четыре года, наезжая летом в Эстонию, чтобы направлять работу в родной обсерватории. В Гарварде Эпик работал в качестве лектора в университете и занимался исследовательской деятельностью в обсерватории. В эти годы в гарвардских и других изданиях публикуются его многочисленные работы по астрофизике, звёздной статистике. Наконец, самым крупным событием этого периода в жизни Эпика стало участие в знаменитой Аризонской экспедиции, в которой он по общему признанию, был центральной фигурой (см., например, прекрасную обзорную статью Дозла [106]).

Вернувшись на родину и обогащённый опытом наблюдений метеоров (участниками экспедиции был собран богатейший наблюдательный материал по 26 тыс. метеоров: неудивительно, что его об-



Э. Эпик (в середине) в экспедиции по наблюдению полного солнечного затмения 29 июня 1927 г. (Гальвар, Швеция)

работка растянулась на многие годы и была подытожена только в 1958 г.), Эпик разрабатывает теорию физических процессов, сопровождающих полёт метеора в атмосфере. Подробное изложение выдающегося вклада Эпика в понимание природы таких процессов дано на с. 83–85.

Необходимо отметить научно-организационную деятельность Эпика и другого плана. Так, в 1927 г. он руководит экспедицией от Тартуской обсерватории в Швецию для наблюдения полного солнечного затмения. В 1935 г., в связи с общим проектом проведения реконструкции и строительства новых университетских зданий, был предложен план перестройки и расширения Тартуской обсерватории. Эпик и тут не мог остаться в стороне: предложенный первоначальный план реконструкции был им в 1936 г. основательно пересмотрен (подробнее см. в [24, с. 131–133], [35, с. 14–15, 20–21]). Между прочим, в планы перестройки входило создание наблюдательной базы с павильоном для астрографа Петцваля (а в последующем и для нового 40-сантиметрового телескопа), которую намечалось построить в районе Вапраяги (совсем неподалеку от нынешней обсерватории в Тыравере). Кстати, Эпик предлагал старый рефрактор Струве вновь поставить в главную башню здания Тартуской обсерватории. Всем этим планам, намеченным в предвоенные годы, так и не суждено было осуществиться, но в этом Эпик никоим образом не виноват: надвигалась вторая мировая война ([24, с. 133–134], [35, с. 14–15]).



**Сотрудники Тартуской обсерватории в 1929 г. Сидят (слева направо)
О. Сильде, Т. Роотсмяэ, Э. Эпик, Р. Ливлендер, стоят А. Пийри,
П. Симберг, Р. Паллав, Х. Юхансон**

Теперь обратимся к преподавательской деятельности Эпика в Тартуской обсерватории и его выдающемуся вкладу в формирование тартуской школы по астрофизике и звёздной астрономии. Предметом особой гордости обсерватории стали вошедшие в историю под скромным названием “Астрофизические методы исследований” (1934–1935) и “Исследовательские работы по астрономии” (1936–1941) семинары, проводившиеся под руководством Эпика [24, 35]. На слушателей не могла не производить впечатление личность самого лектора, который был не намного старше своей аудитории, но был уже учёным с мировым именем. Вот как описывает в своих воспоминаниях А. Кипшер эти “тяготы семинарской жизни”:

“...нельзя обойти молчанием лекции и в особенности семинары, которые устраивал Э. Эпик для студентов, изучающих астрономию. Нельзя сказать, чтобы Эпик был выдающимся педагогом в общепринятом понимании этого слова. Словесная формулировка лекций была тяжеловесной, а главное, Эпик ожидал от слушателей большего, чем можно было бы требовать от начинающих. Уровень руководимых им семинаров был столь высоким, что представлявшиеся и обсуждавшиеся на них работы можно было признать достойными публикации исследованиями. Большинство учёных, связавших впоследствии свою деятельность с астрономией, такие как Р. Ливлендер, Г. Кузмин, В. Рийвес, Я. Габович и автор этих строк прошли через эту интересную, но нелёгкую школу. Лучшим своим учеником в Тартуской астрономической обсерватории Э. Эпик считал студента Г. Кузмина, который стал известен в научных кругах в

1940 г. Его статьи о рассеянной материи Млечного Пути, опубликованные в календаре Тартуской астрономической обсерватории в 1940 г., послужили введением в исследования звёздных систем. Выдающихся результатов Г. Кузмин добился в звёздной динамике. Развив теорию так называемого третьего интеграла движения звёзд, он внёс существенный вклад в решение проблемы распределения скоростей звезд” [35].

Со скромностью, присущей подлинному учёному, А. Киппер отдал пальму первенства Г. Кузмину. Между прочим, как раз Киппер унаследовал от Э. Эпика философию “примата наблюдений над теорией”, которую неуклонно исповедовал в годы своего директорства в новой обсерватории в Тыравере. Да и сам он, во многом явно осознанно, старался подражать своему учителю. Так, в середине 30-х годов А. Киппер увлекся исследованием пульсаций цефеид и Миры Кита как теоретически, так и по их наблюдениям. Одновременно под его руководством и при непосредственном участии на обсерватории были изготовлены саморегистрирующий электрофотометр и объективная призма. И здесь тоже явно чувствовалась руководящая рука Эпика, который в те же самые годы весьма активно изучал звёзды-гиганты разных типов как путём наблюдений, так и теоретически. В 1938 г. А. Киппер защитил докторскую диссертацию на тему “О движении газов в атмосфере пульсирующих звёзд”. Ещё раньше по настоятельному совету Эпика он приналеж на овладение методами квантовой механики в применении к астрофизическим объектам. В центре внимания астрофизиков оказались планетарные туманности, в спектрах которых удалось отождествить, в частности, ряд линий двукратно ионизованных азота и кислорода, которые возникают с метастабильных уровней при температурах порядка 30 000–50 000 К и крайне низких плотностях плазмы (так называемые запрещённые линии). Объяснение природы свечения планетарных туманностей стало одним из наиболее впечатляющих достижений астрофизики 20–30-х гг. Однако характер распределения энергии в непрерывном спектре этих объектов не согласовывался с рассчитанными моделями. В начале 40-х годов А. Кипперу удалось показать, что наблюдающееся расхождение теории и наблюдений удаётся устранить, если принять во внимание возможность дробления кванта при переходах между подуровнями метастабильного уровня атома водорода (см. [33, 34, 64]). Соответствующая статья была подготовлена к печати в 1943 г., но в самый разгар войны непонятно было, где и как её публиковать. Годом спустя, при приближении советских войск к Эстонии, Эпик принимает решение уехать на Запад. Понимая фундаментальную значимость исследования, выполненного Киппером, и справедливо опасаясь, что статья может быть утеряна при любых непредвиденных обстоятельствах, всегда сопутствующих военным действиям такого масштаба, Эпик уговаривает

Киппера передать ему на хранение экземпляр рукописи. Интуиция и тут не обманула Эпика. Через несколько лет по окончании второй мировой войны, в 1950 г., известные американские астрофизики Дж. Гринстайн и Л. Спитцер, ничего не подозревавшие о выполненном Киппером исследовании, заново “пересооткрыли” двухфотонный механизм свечения в континууме планетарных туманностей. Понадобились немалые усилия Эпика для того, чтобы много лет спустя справедливость восторжествовала и заслуженный приоритет А. Киппера в открытии двухфотонного механизма свечения планетарных туманностей стал общепризнанным. Пользуясь общеизвестным методом “доказательства от противного”, нетрудно установить, что общую направленность тематики научных исследований в Тартуской обсерватории Эпик “задал” на десятилетия вперед. Так, хорошо известно, что будучи в обсерватории Арма, Эпик много и плодотворно занимался изучением планет и Луны. Хотя в довоенные годы наблюдения планет и проводились в Тарту (как уже отмечалось выше), однако их углубленными физическими исследованиями Эпик в эти годы не занимался (это видно уже из одного беглого взгляда на список его трудов того периода). И по сегодняшний день в тематике научных работ Тартуской обсерватории исследований планет, мы, увы, не находим.

Наш рассказ о жизни и деятельности Эпика в годы, проведённые у себя на родине, будет неполным, если мы не упомянем популяризаторскую деятельность Эпика. С 1924 г. по сегодняшний день с завидной регулярностью издаётся на эстонском языке календарь Тартуской обсерватории “Tähetorni Kalender”. Э. Эпик не только собственноручно подготовил компоновку постоянной части (включающей в себя данные о восходе и заходе Солнца и Луны, звёздном времени, времени восхода, кульминации и захода больших планет Солнечной системы и многое другое), но и составил детальные таблицы для пересчёта этих данных на широты Таллина и Тарту, а также полуэмпирические критерии, применяемые для оценки видимости планет в ежемесячных обозрениях. Вплоть до эры повсеместного распространения компьютеров как компоновка календаря, так и инструкции, составленные Эпиком, на протяжении полувека использовались без каких-либо изменений. Автору этих строк (*И.П.*) приходилось заниматься составлением постоянной части “Tähetorni Kalender” около 20 лет, вспоминаются беседы с учеником Эпика Г. Кузминым, к которому частенько приходилось обращаться за консультацией. Во всех сомнительных случаях (скажем, при решении вопроса о видимости планеты Меркурий вблизи горизонта) авторитет Эпика для Г. Кузмина был непререкаем. Эпик много и охотно писал для этого календаря. Ещё за год до того, как он покинул Эстонию, в этом издании вышла его обширная обзорная статья “Звёздные систе-



Обложка астрономического календаря Тартуской обсерватории

мы”. Интересную, на наш взгляд, оценку, подытоживающую весь тартуский период в жизни Э. Эпика, даёт видный эстонский историк астрономии и специалист в области звёздной статистики Х. Ээлсалу:

«К тому времени, когда Эпик принял решение покинуть свою родину, он уже, похоже, успел выполнить свою главную жизненную миссию. Это будет проще всего объяснить, если вновь обратиться к выводам, сделанным Херманном (речь идет о статистическом исследовании немецкого историка Дитера Херманна “Астрономия в 20 столетии”, “Astronomie im 20 Jahrhundert” [120], изданном в 1984 г. – *И.П.*). Выстроив во временной ряд главные открытия в астрономии в период с 1900 по 1975 г., он сумел выделить шесть значимых пиков. Пик 1938–1942 гг. четко отождествлялся с промежутком времени, когда внутреннее строение звёзд и, в частности, Солнца было объяснено при помощи ядерных реакций. Х. Бете, Г. Гамов и

Э. Эпик (вместе с С. Фрайхерром, К. фон Вейцзеккером и Р. Оппенгеймером) были главными действующими лицами, ответственными за прорыв в астрофизике и в физике в целом. Эпик публиковал свои исследования по внутреннему строению звёзд, источникам энергии и эволюции в серии «Публикаций Тартуской астрономической обсерватории». Похоже, что доступ к престижным международным журналам не относился к числу его жизненно важных приоритетов, тогда как в Тарту он располагал неограниченным объёмом публикаций. Отметим, что в предшественнике справочного издания по астрономии Ланга и Гингерича, изданном Х. Шепли в 1960 г., имя Эпика всё ещё не упоминается... За этим могли скрываться и политические мотивы. В самом деле, нескрываемая неприязнь Эпика к коммунистам, несомненно, была известна Шепли, до 1952 г. возглавлявшему Гарвардскую обсерваторию. Политические взгляды Шепли рассматривались как левые его современниками и соотечественниками: он отстаивал позиции в пользу более конструктивного отношения к Советскому Союзу в начале холодной войны.

Останься Эпик в Тарту вместо того, чтобы уехать на Запад, он, вероятно, и далее оставался бы эдаким чудачком в глазах западных астрономов. Ещё в 1934 г. он отклонил предложение Шепли занять должность профессора в Гарварде. Так, парадоксальным образом, демонические силы (*bête noire*), каковыми были для Эпика Советы, оказали ему услугу, заставив его эмигрировать, что в конечном счёте вызволило его из провинциального застоя. С другой стороны, Эпик в период между двумя мировыми войнами спас Тартускую обсерваторию от повторного упадка, прежде всего как главный автор её публикаций и единственный член Международного астрономического союза от Эстонии. В Тарту он вёл астрономические классы, где обучалось новое поколение астрономов. Те сумели продолжить начатое Эпиком после его отбытия. Тем не менее после его отъезда обсерватория вновь вернулась в состояние почти полной безвестности, в котором пребывала задолго до него.

И опять-таки парадоксальным образом в Тарту Эпик не был директором обсерватории – должность, которой сопутствовало профессорское звание, а занимал скромный пост наблюдателя. Впрочем, бытовало мнение, что по своему складу характера он не подходил для директорской должности. И всё же его заслуги были признаны эстонским государством в 1938 г., когда он с дюжиной других ведущих учёных был приглашён для создания (увы, недолго здравствовавшей) Эстонской Академии наук» [109].

Трудно не согласиться с только что приведённой обобщённой оценкой Тартуского периода в жизни Эпика. Что же касается сурового приговора в адрес Тартуской обсерватории, покинутой Эпиком, то тут Х. Ээлсалу определённо имел в виду именно ту обсерваторию в Тарту, на которой работал Эпик. После второй мировой войны она и вправду уже быстро стала терять свои позиции, так как подавляющее большинство эстонских астрономов нового поколения связало свою жизнь и научную деятельность с новой обсерваторией в Тыравере.

Возвращаясь к вопросу о явном равнодушии Эпика к публикации результатов своих исследований в престижных международных астрономических изданиях, следует отметить, что тут Х. Ээлсалу,

что называется, “ломился в открытую дверь”. Задолго до публикации его статьи сам Эпик более чем недвусмысленно выразил свою позицию в этом вопросе. Мы позволим себе привести здесь с некоторыми купюрами две длинные цитаты из широко известной статьи Эпика “Догма в науке” [Э255], поскольку они со всей очевидностью отражают жизненное кредо этого выдающегося астрофизика XX века.

«Когда в 1938 г. мои статьи ... “Строение и эволюция звёзд” (с вычисленими моделей звёзд без учёта перемешивания и звёзд-гигантов) [Э79, 80] были опубликованы в *Публикациях Тартуской (Дерптской) обсерватории* (выделено



Э.Ю. Эпик (фотография 1938 года)

Эпиком! – И.П.), я получил вскоре письмо от Джорджа Гамова, в котором подчеркивалась важность моей работы, но содержались упреки в мой адрес за опубликование её в таком “незаметном” месте, что это – по его мнению – приведёт к ненужной задержке в прогрессе в деле изучения внутреннего строения звёзд. Точка зрения, согласно которой во чтобы то ни стало надо добиваться публикации в международно признанных “важных” журналах, возобладала и по-прежнему довлеет над астрономическим истеблишментом, в особенности среди молодежи; у последней, конечно, по вполне понятным прозаическим причинам. Тем не менее сам тот факт, что Гамов – в течение одного года – добрался до моих статей, а вскоре и другие последовали за ним (порой ссылаясь на них, а порой не деляя этого), служит наилучшим ответом. Тартуская обсерватория в духе веками складывавшейся традиции обмена публикациями (возможно, объяснимой тем фактом, что мы имеем дело с одной и той же космической лабораторией под названием Вселенная) обменивалась с астрономическими учреждениями всего мира, так, что работа не оставалась неизвестной для тех, кому это было интересно (физика и многие другие отрасли науки не имеют таких традиций). А что до экономической стороны дела, то издательские расходы в Эстонии очень низкие (точно так же обстоит дело и в обсерватории Арма, где следуют той же традиции обмена изданиями). И хотя, к примеру, редакторский набор в *Astrophysical Journal* шёл навстречу моим пожеланиям, постраничная оплата и стоимость репринтов для печатного материала страниц на двести с математическими формулами и таблицами были бы просто немислимыми. Ясно также, что публикация в полном объёме таких объёмистых трудов

была бы невозможной. У меня уже имелся предшествующий опыт работы с редакторами и рецензентами, которые настаивали на больших урезаниях в размере в ущерб деталям, которые существенны в пионерских работах.

Я бы хотел здесь подчеркнуть важность традиционного обмена публикациями. Не все обсерватории (в особенности маленькие) в состоянии подписываться на все “важные” журналы... Учреждения, которые не следуют этой традиции обмена изданиями, обычно рассылают списки оттисков, доступные по требованию. Но подобная процедура игнорирует тот факт, что любое представляющее ценность исследование не служит целям удовлетворения интересов отдельных лиц сегодня, но должно быть также устремлено в будущее. Никому не дано наперёд знать, чей труд будет востребован десятилетия спустя (или даже через сотни лет). Выборка, сделанная в интересах сегодняшнего дня, может и определённо упустит работы, обращённые в завтрашний день. Библиотека всегда содержит больше трудов, чем те, которые когда-либо могут понадобиться или будут прочтены: но невозможно предсказать интересы будущего и собрания непременно должны быть куда более полными, нежели те, что диктуются реальными потребностями. В деле обмена дающая должна брать на себя инициативу. Моральный и профессиональный долг обязывает творца духовных ценностей (в оригинале creative spirit) делать свои результаты достоянием по крайней мере там, где подобная же работа выполняется или, возможно, будет выполнена. Это как посев. Малая толика семян может попасть на плодородную почву, но тем не менее никто не может предсказать наверняка, какие из них дадут всходы. Но где не сеют, там не будет и всходов» [Э255] (здесь курсив наш. – И.П.).

Немного ниже в той же статье, вспоминая злосчастную историю с отвергнутой редакцией журнала Icarus его статьей “Оптическая сплюснутость Марса”, Эпик пишет следующее:

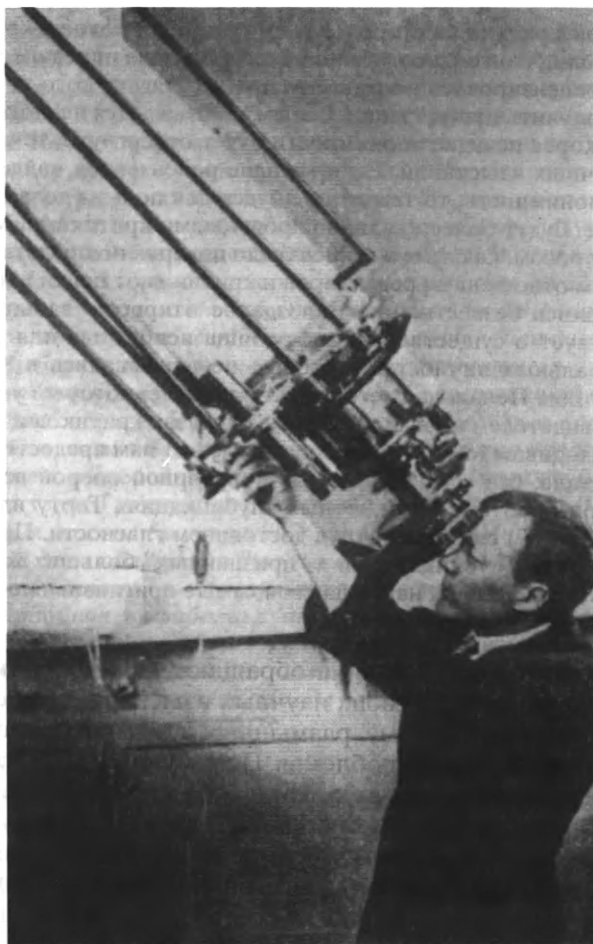
«На основании моего опыта, касающегося как моих собственных статей, так и тех, которые мне присылались на рецензирование, у меня сложилось ощущение, что “признанные” журналы обычно без труда пропускают статьи, которые находятся “посредине” – содержат полезный вклад в уже сложившееся направление исследований или же пополняют накопленный материал. Работы бездарные, как правило, отвергаются, но некоторые из них проскальзывают. Что же касается пионерских исследований, то работы этого толка зачастую рискуют быть отвергнутыми или подвергаться чрезмерному сокращению.

Практика анонимного реферирования в значительной мере ответственна за прорехи в редакторском деле. Рецензент научного журнала – учёный, морально несущий ответственность за поиски и открытое провозглашение истины, – такой, какой она ему видится, и он никогда не должен укрываться за завесой анонимности. Будучи рецензентом, я всегда отправляю автору точную, под копирку, копию моего письма редактору со всеми своими комментариями. В ответ на примерно 150 таких отзывов я получил много благодарственных писем (за мои предложения) и только одно, которое по сути сводилось к брани; в большинстве случаев, однако, ответной реакции не было. Было несколько случаев, в которых я выступал в роли третейского судьи в ответ на неблагоприятный отзыв рецензента и мне удалось реабилитировать нескольких авторов от не-

справедливой критики со стороны тех анонимных коллег, которые, видимо, полагали, что только им дано право писать на определённую тему. Анонимно рецензировать – это всё равно, что лягать кого-то в темноте без риска получить сдачу; “защищённым” оказывается не автор, а рецензент. Чем скорее исчадие анонимности будет отвергнуто, тем лучше будет для научных изысканий. Если меньше рецензентов найдется, когда пропадет анонимность, то тем лучше будет для пользы дела: те, кто дадут согласие, будут более квалифицированными критиками. Мы можем задаться вопросом, как много гениев было повержено предвзятым и бесчувственным отношением редакторов и критиков от науки и искусства и навеки остались неизвестными? Запоздалое открытие забытых гениев свидетельствует о существовании кладбища непонятых или затравленных оригинальных личностей, которые не вписывались в “истэблшмент” критиков. Печальная история Жоржа Бизе, который умер в отчаянии, став свидетелем провала “Кармен” в глазах критиков и парижской публики, находившейся под их влиянием, служит нам предостережением: “Кармен” стала, без сомнения, самой популярной оперой всех времен. Издавая свои работы в “незаметных” публикациях Тарту или Арма, я сделал в конечном счёте свой труд достоянием гласности. Принудив себя к ограничению публикациями в “признанных” больших журналах, я, возможно, похоронил бы навсегда свои самые оригинальные исследования» [Э255].

В высказываниях Э. Эпика обращают на себя внимание два обстоятельства. Как и в своих научных изысканиях, он стремится к поискам истины, а потому, размышляя и о делах околонучных, всегда смотрит в корень проблемы. Потому-то абсолютно всё им сказанное звучит злободневно, как будто эти строки были написаны вчера.

Не может не вызывать глубокого уважения позиция Эпика в вопросе публикации результатов своих научных исследований в трудах обсерваторий – Тартуской (а в послевоенные годы Арма). Будучи тонкой, деликатной натурой, сам Эпик не мог в обосновании своей позиции в этом вопросе прямо упомянуть ещё один немаловажный аргумент (который, скорее всего, при выборе им места публикации работ был определяющим): его творческое наследие, нашедшее *полное* отражение в трудах этих двух обсерваторий, одновременно подняло их в глазах современников до уровня крупных европейских астрономических центров. Но от внимательного читателя эта немного завуалированная мысль Эпика не должна была ускользнуть: в самом деле, кто сегодня возьмется предсказать, сколько поколений будут прорастать семена, посеянные Э. Эпиком на родине в Эстонии и в Северной Ирландии? По свидетельству Д. Маллана [154], Эпик “сам в одной из наших бесед сравнивал себя с первопроходцем, который планомерно пробивает себе дорогу в гуще леса, прокладывая тропу, которую последующие поколения смогут расширить при помощи более современных орудий исследования (таких, как компьютеры)”.



Э. Эпик у окуляра телескопа Тартуской обсерватории (1929 г.)

Конечно же, сам Эпик, должно быть, осознавал, что в своих фундаментальных работах он соприкоснулся с вечностью и потому мирские почести, вопросы приоритета, и всё то, что нынче принято вкладывать в такое расхожее и ёмкое понятие, как имидж, столь важное для многих учёных мужей современности, насколько можно судить по собственным трудам Эпика и воспоминаниям его современников и учеников, никогда не занимало его пытливым ум.

Нашей целью было по возможности во всей полноте отразить научную деятельность Э. Эпика в период его работы в Тарту. Однако, когда речь идёт о такой одухотворенной и разносторонне одарённой личности, то по неизбежности многое из того, что яв-



Сотрудники вычислительного бюро Тартуской астрономической обсерватории. Руководитель – Э. Эпик (слева)

лялось увлечениями Э. Эпика, не нашло здесь отражения. Мы уже рассказывали о неподдельном интересе Эпика в гимназические годы к проведению химических опытов. Он и в зрелые годы не забывал об этом юношеском увлечении. Будучи патриотом Эстонии, он приложил свои знания о свойствах испаряющихся жидкостей для нужд самообороны государства на случай военных действий с применением газовых отравляющих средств (проблемой испарения в астрономическом контексте Эпик занимался при исследовании полёта метеоров в атмосфере). Об этой сфере своей деятельности Эпик сам рассказал в мемуарах [Э211] в 1967 г. Но, как справедливо подмечает М. Йыэвеер, “не одна только наука заполняла жизнь Эпика. Кроме науки должно быть ещё что-то” – это слова, сказанные им по поводу картины, нарисованной углём на печке сотрудником обсерватории Г. Кузминым в момент посетившего его вдохновения. В автобиографии Эпик пишет: “Моим всегдашним увлечением была музыка, в которой я, между прочим, занимался и композицией; это были не какие-то преднамеренные пробы, нет, произведения рождались сами, поднимались из глубины душевных переживаний”. Несколько его фортепианных произведений были опубликованы. Эпик и сам был искусным пианистом; поэтому в стенах обсерватории, кроме научных разговоров, часто звучали прекрасные фортепианные сонаты Бетховена [31].

Практика в Гарварде

Как уже говорилось, в 1928 г. на III конгрессе Международного астрономического союза в Лейдене (Голландия) Эпик мог познакомиться с ведущими астрономами мира, в том числе с директором Гарвардской астрономической обсерватории Харлоу Шепли (1885–1972). Гарвардская обсерватория, основанная в 1844 г., расположена в небольшом городке Кембридже (штат Массачусетс; надо иметь в виду, что в США есть ещё два Кембриджа: в штатах Мэриленд и Огайо).

Эпик произвёл на Шепли благоприятное впечатление. Весной 1930 г. Шепли направил в Тарту телеграмму с приглашением доктору Эпику приехать в Гарвард для стажировки. Эпик принял столь лестное приглашение и в октябре 1930 г. приехал в Гарвард, где был зачислен приглашённым профессором Гарвардского университета и научным сотрудником обсерватории.

В университете Эпик читал курс звёздной статистики. По отзыву одного из его слушателей, Эрика Мервина Линдси (будущего директора обсерватории Арма), этот курс содержал новые концепции, введённые Эпиком и требовавшие широкого распространения [146]. Но курс Эпика под названием “Астрономическая статистика” был размножен только на мимеографе – для немногих слушателей – и никогда не был издан. В нем 55 страниц. Одним из первых слушателей этого курса был будущий профессор и выдающийся исследователь метеоров Питер Миллман (1906–1990) [118].

Линдси признаётся, что он сам в своих работах по звёздной статистике использовал многие идеи Эпика, почёрпнутые из этого курса, не ссылаясь на него, поскольку считал эти идеи общеизвестными. Эпик был одним из экзаменаторов Линдси при экзамене на докторскую степень вместе с такими корифеями как Харлоу Шепли, Дональд Мензел, Барт Бок и Цецилия Пейн-Гапошкина [118].

Уже в первый год пребывания Эпика в Гарварде директор обсерватории Х. Шепли задумал провести под его руководством большую экспедицию в Аризону для разносторонних квалифицированных наблюдений метеоров. Такая экспедиция была проведена и дала отличные результаты. О ней будет подробно рассказано в следующем разделе.

Научные исследования Эпика в Гарварде шли по нескольким направлениям. Часть его работ относилась к организации и обработке материалов Аризонской экспедиции. Другая часть – к проблемам, так или иначе связанным со звёздной статистикой. Совместно с астрономом Гарвардской обсерватории Маргарет Олмстед Эпик определяет по интенсивности водородных линий в спектре абсолютные звёздные величины 792 звёзд ранних спектральных классов: от О до А5 (голубые и белые). Для этой работы они специально скон-



Э. Эпик за рабочим столом (30-е гг.)

струировали шкалу лабораторных спектральных линий, с которыми сравнивали линии звезд [Э60]. В 1931 г. Эпик опубликовал исследование колор-эксцессов (избытков цвета) звезд ранних классов*. В 1933 г. совместно с М. Олмстед и двумя другими гарвардскими астрономами он изучил видимое распределение светимостей звезд ярче 6-й звездной величины. Тогда же он опубликовал работу “Некоторые статистические аспекты в изучении переменных звезд” [Э64].

На этот же период приходятся две важные работы Эпика, не связанные с проблемами звездной статистики.

Одна из них – его классическое исследование “Атомные столкновения и излучение метеоров” [Э62], – работа, заложившая основы теории излучения метеоров и получившая полное подтверждение и дальнейшее развитие в последующих исследованиях как самого Эпика, так и других астрономов. Она явилась существенным вкладом в создание современной физической теории метеоров. Подробнее о ней будет рассказано в разделе “Теория метеорного излучения”. Несомненно, для выполнения этой работы Эпику пригодилась богатая гарвардская библиотека – ведь надо было “залезть” глубоко в вопросы атомной физики. А теория атомных столкновений тогда только начинала развиваться.

* Имеется в виду “покраснение” звезд по сравнению с типичными звездами данного спектрального класса.

Другая работа – это обзор “Метеориты и возраст Вселенной” [Э61], опубликованная в весьма престижном в те годы журнале Popular Astronomy (“Популярная астрономия”), издававшемся с 1893 по 1951 г. в США. В этой статье Эпик приходит к оригинальным выводам относительно звёздной эволюции, опираясь на анализ состава и строения метеоритов. По его мнению, различные спектральные классы звёзд не могут рассматриваться как последовательные стадии эволюции одинаковых однородных объектов. В силу этого звёзды малой массы не могли эволюционировать из звёзд большой массы.

Эта статья Эпика привлекла внимание астрономов многих стран. В частности, её перевод на русский язык был опубликован в 1934 г. в журнале “Мироведение”.

В период своей стажировки в Гарварде Эпик не забывал и Тарту, по несколько месяцев он проводил на Тартуской обсерватории, сообщая коллегам о достижениях американской астрономии.

Командировки Эпика в Гарвард продолжались с 1 октября 1930 г. по 20 сентября 1932 г., с 1 апреля по 20 сентября 1933 г. и с 1 февраля по 1 июня 1934 г. [24].

В 1932 г. в Кембридже (в том, где и размещается Гарвардская обсерватория), проходил очередной IV конгресс Международного астрономического союза (МАС). Эпик и на этот раз принял в нём участие. В следующий раз он участвовал в VI конгрессе МАС в 1938 г. в Стокгольме.

Аризонская метеорная экспедиция

Несмотря на начавшееся развитие фотографических методов исследования метеоров, в начале 30-х годов основу их изучения составляли визуальные методы. Нужно было только применять их наиболее рационально, с тем чтобы извлечь из них максимальную научную информацию, стремясь к возможно большей надёжности результатов.

Как мы знаем, в начале 30-х годов Эпик проходил практику в Гарвардском университете (США). Поэтому не случайно, что идею организации специальной экспедиции в район с отличными атмосферными условиями для наблюдений метеоров высказал Харлоу Шепли. Профессор Корнельского университета С.Л. Бутройд от имени своего университета выразил готовность принять участие в мероприятии. Они пригласили Э.Ю. Эпика составить программу наблюдений, разработать их методику и проинструктировать наблюдателей. Он с радостью принял приглашение. Экспедиция начала работу в 1931 г. и работала два года [Э57].

В качестве места работы экспедиции было выбрано плато Флагстафф в штате Аризона (широта 35°) на высоте 2100 м над уровнем



**Участники Гарвардской метеорной экспедиции в Аризоне (1931).
Сидят (слева направо) Уилсон, Бутройд, Харрис,
стоят Мюссен, Петерс, Эпик**

моря. Там была расположена знаменитая обсерватория, основанная в 1894 г. Персивалем Ловеллом для наблюдений планет. Место это отличается хорошей прозрачностью и спокойствием атмосферы и большим числом ясных ночей.

Основными научными задачами экспедиции были: изучение распределения метеоров по направлениям движения; вывод функции светимости, т.е. зависимости числа метеоров от их блеска; определение радиантов метеорных потоков; получение соотношения потоковых и спорадических метеоров (не принадлежащих к потокам); определение высот возгорания и затухания метеоров; определение скоростей метеоров методом качающегося зеркала.

Для решения всех этих задач требовались три группы наблюдателей. Одна из них вела счёт метеоров методом многократного счёта, разработанного Эпиком 10 лет назад и успешно опробованного ещё в Ташкенте. При этом наблюдатели не просто считали метеоры в заданной области неба, указывая их блеск в звёздных величинах, но и отмечали направление полета.

Вторая группа наносила метеоры на звёздную карту для определения радиантов; она разделялась на две подгруппы, располагавшиеся на концах базиса длиной в 30 км, – это было нужно для определения высот метеоров.



**Профессор Э.Ю. Эпик (справа) и доктор Э.Б. Армстронг
у метеорной камеры с качающимся зеркалом
(начало 50-х гг., фото “Ириш Таймс”)**

Третья группа работала с качающимся зеркалом. Конструкция его была предложена Эпиком и подробно описана в совместной статье Шепли, Эпика и Бутройда [Э57], а на русском языке – в переводе книги Б. Ловелла [51]. Эта конструкция состояла из 6-дюймового плоского зеркала, свободно лежащего на трёх подставках, образующих равнобедренный прямоугольный треугольник. Подставка при прямом угле была неподвижной, а две другие перемещались в вертикальном направлении, совершая гармонические колебания с разностью фаз 90° . Таким образом, нормаль к плоскости зеркала описывала конус с малым углом раствора. Отражённые изображения звёзд при этом описывали окружность, если звезда была в зените, и эллипс, если она

была на некотором расстоянии от зенита. Отражение метеора зависит от его скорости и имеет, вообще говоря, форму псевдоциклоиды. Эти кривые имеют замкнутые петли, если метеор движется медленно, и разомкнутые, если он движется быстро. По форме кривых и определяют угловую скорость метеора, а зная расстояние до него (из наблюдений второй группы), и линейную скорость.

Наблюдения с качающимся зеркалом были распространены на телескопические метеоры, что потребовало некоторого усложнения конструкции и введения в неё небольшого телескопа, направленного на зеркало, но и они были успешно проведены и обработаны Бутройдом.

Сам Эпик проработал в экспедиции первые два месяца. Убедившись в том, что наблюдатели полностью освоили методику наблюдений, он вернулся в Гарвард.

Обработка материалов Аризонской экспедиции заняла четверть века. Сначала Эпик вёл её в Гарварде, затем в Тарту. Война и переезды прервали эту работу на целых 10 лет. В 1950 г., уже будучи в Арма, в Ирландии, Эпик вернулся к обработке аризонских наблюдений и завершил эту работу в 1958 г. Результаты Аризонской экспедиции изложены им в нескольких публикациях [Э57, 66, 73, 75, 136, 144].

Каковы же были основные результаты Аризонской экспедиции? Всего было зарегистрировано 26 000 метеоров. По наблюдениям 5000 метеоров были выведены координаты 280 радиантов метеорных потоков, причём для каждого была вычислена “вероятность реальности”. Определены 3500 высот метеоров и изучена их зависимость от направления, геоцентрической скорости метеора, угла входа и звёздной величины. С помощью качающегося зеркала определены 1400 скоростей метеоров, проведено обсуждение результатов. Изучено распределение движений метеоров в пространстве. Важнейшим результатом этого исследования, как отмечает сам Эпик [Э82], был вывод о существенном преобладании прямых движений метеорных тел, а это означало, что они движутся вокруг Солнца в том же направлении, что Земля и планеты. Предшественники Эпика, в частности, выдающийся астроном XIX в. Джованни Скиапарелли (1835–1910) и современник Эпика немецкий астроном Куно Хофмейстер (1892–1968) считали все направления движения метеоров в Солнечной системе равновероятными. Чтобы получить такой вывод, были изучены суточная и годовая вариации числа спорадических метеоров (т.е. не принадлежащих потокам).

По наблюдениям методом двойного счёта была определена функция светимости метеоров, т.е. зависимость их числа от блеска. Количество спорадических метеоров составило 80% от общего числа метеоров.

Наблюдения Аризонской экспедиции по полноте охвата различных проблем метеорной астрономии ещё долго оставались непревзойденными.

Между Сциллой и Харибдой

Летом 1940 г. в Эстонии, как и во всей Прибалтике, происходили важные политические события. В середине июня, в соответствии с пактом Молотова–Риббентропа, Советский Союз ввёл свои танки на территории прибалтийских республик. Прежние правительства были свергнуты. 21 июня 1940 г., в один и тот же день, во всех трёх республиках была провозглашена советская власть. 6 августа 1940 г. Эстония была принята в состав СССР и стала Эстонской Советской Социалистической Республикой.

Так Эпик вторично в своей жизни попал под власть коммунистического режима.

Он продолжал работать, как и прежде. В структуре университета и обсерватории произошли некоторые изменения. Так, Э. Эпик, числившийся до этого астрономом-обсерватором, стал доцентом Тартуского университета. Была организована кафедра астрономии во главе с профессором Т. Роотсмая, куда вошли доцент Э. Эпик, ассистенты А. Киппер и В. Рийвес и др. [24].

Вот как описывает этот короткий период своей жизни сам Эпик [Э255]:

«В 1940–1941 гг., на Тартуской обсерватории, во время первой коммунистической оккупации Эстонии, я имел другое испытание, со сходным сюжетом, хотя и не столь драматическое по последствиям (Эпик сравнивает описываемый ниже случай с тем, что был в 1919 г. между ним и комиссаром Дволайцким в Ташкенте. – В.Б.). Я читал курс популярных лекций для населения в Тартуской обсерватории, с философскими отступлениями в тайны существования и значение целесообразности во Вселенной. Народ собирался на мои лекции и демонстрации таким же образом, как на лекции Попова в Ташкенте, и когда я закончил курс, меня специально поблагодарили представители аудитории за то, что я идеалистически оторвал их от Земли и приблизил к небу. Хотя религия никогда с определённой ясностью не обсуждалась в моих лекциях, кто-то видимо сообщил о моем идеалистическом подходе, и однажды вечером, когда я на открытом воздухе объяснял созвездия моим слушателям, приятно выглядевший молодой человек подошёл и предостерег меня, что я вступил на скользкий путь и что я должен избегать тем, касающихся Бога и религии. Иначе лекции будут прекращены. “Вы знаете, – сказал он, – много лет назад в Тарту жил старый профессор, который заявил, что, осматривая небо в свой телескоп, он никогда не видел ни ангелов, ни Бога”. На этот раз я не смеялся (как в споре с Дволайцким. – В.Б.) – за этой наивной фразой скрывалась зловещая угроза. Так был прерван курс моих лекций».

К этой “наивной фразе” и к скрытой угрозе мы ещё вернёмся в главе о борьбе Эпика с догмой в науке.

Быстро пролетел год и наступило второе “горячее лето” в жизни Эстонии. 22 июня 1941 г. германские войска вторглись на территорию Советского Союза. Началась Великая Отечественная война.

Красная Армия не смогла оказать серьёзного сопротивления германским войскам в южной Эстонии – оно проявилось лишь на подступах к Таллину, который советские войска обороняли до ноября (в Таллине располагалась база Балтийского военно-морского флота). В Тарту немецкие войска вступили уже в июле 1941 г.

Город Тарту стал снова называться Дерпт (Dorpat), университет и обсерватория – Дерптскими. В университете были восстановлены старые порядки, кафедры упразднены. Жизнь обсерватории постепенно вошла в старое русло. Научные исследования продолжались. В частности, Эпик, работая над темой “Составные звёздные модели”, опубликовал в 1943 г. статью на эту тему в “Публикациях” обсерватории [Э85]. Многие исследования эстонских астрономов этого периода публиковались в “Календаре” обсерватории, объём которого значительно возрос (с 50–60 до 100–120 страниц), содержание стало более глубоким.

В 1941–1942 гг. сотрудники обсерватории В. Рийвес и Г. Кузмин защитили магистерские диссертации. Профессор Т. Роотсмяз продолжал статистическое изучение связи между кинематическими и физическими характеристиками звёзд. Доктор А. Киппер продолжал свои исследования в области астрофизики.

Наступила осень 1944 г. Всё ближе к Эстонии подходили советские войска. Стало ясно, что близится конец немецкой оккупации. И действительно, 17 сентября 1944 г. советские войска вошли в Тарту.

Но Эпик не стал дожидаться этого дня. Он не хотел в третий раз оказаться под властью коммунистического режима. К тому же теперь ему грозило обвинение в “сотрудничестве” с немецкими оккупантами, а значит, скорее всего, ссылка в Сибирь*.

И Эпик принимает решение. Он запрягает в повозку единственную лошадь, сажает туда жену, двух дочерей, сына и свояченицу и едет в Таллин (180 км пути), где вся семья садится на пароход и отплывает в Гамбург (Гамбург был в американской зоне оккупации).

В Гамбурге Эпика приветливо встретил и помог устроиться профессор Отто Хекман, директор Гамбургской обсерватории. Он хорошо знал Эпика по его работам, они не раз встречались.

Между тем Тартуская обсерватория оказалась вблизи линии фронта. После некоторого затишья советские войска сделали рывок на север к Таллину. Немцы оказывали упорное сопротивление. В результате пострадали и здание обсерватории, и некоторые приборы. Был изрешечен снарядами купол обсерватории, пострадал находившийся в нём частично демонтированный рефрактор Цейсса, крыша и стены обсерватории пострадали от осколков снарядов и пуль. Благодаря самоотверженной работе сотрудников обсерватории здание обсерватории удалось отстоять от пожара.

* Так думал Эпик. В действительности никто из эстонских астрономов репрессиям подвергнут не был, так что, вероятно, не тронули бы и Эпика.



Новая обсерватория АН Эстонии в Тыравере

Часть приборов (например, все хронометры) вообще пропала, некоторая часть приборов была потом найдена (так, окулярная часть рефрактора Фраунгофера была обнаружена в 1945 г. в кустах парка), часть инструментов (например, электрофотометр Киппера) была приведена в негодность.

17 сентября 1944 г. город Тарту был полностью освобожден от немецких войск. Город начал залечивать раны, нанесённые войной.

Восстановил свою деятельность и Тартуский университет. Была восстановлена кафедра астрономии. В октябре 1944 г. доктор А. Киппер занял должность профессора физики и проректора университета по учебной работе. В апреле 1946 г. он был избран вице-президентом Академии наук Эстонской ССР [35]. В июне 1948 г. обсерватория была передана в систему Академии наук и включена в состав Института физики, математики и механики АН ЭстССР. Научные работы постепенно развивались, росло число публикаций. Старая университетская обсерватория осталась на положении учебной и демонстрационной. Научная работа была перенесена в новую обсерваторию в Тыравере.

Балтийский университет

Учёные-эмигранты из трёх прибалтийских республик решили организовать в Гамбурге Балтийский университет, где могли бы продолжить образование студенты-эмигранты из этих республик.

При финансовой поддержке американской администрации такой университет был организован. Он состоял из трёх отделений: эстонского, латвийского и литовского. В дальнейшем университет был переведён под Гамбург в Пиннеберг.

Эпик принял деятельное участие в организации и работе Балтийского университета. В 1945–1947 гг. он был профессором астрономии и ректором эстонского отделения университета. В этот период он занимался источниками энергии звёзд, их внутренним строением, но не только этим. В 1947 г. был издан на мимеографе курс его лекций по математической статистике (для нематематиков) в записи студента А. Кескула, объёмом 142 страницы. Этот курс составил 82-ю тетрадь трудов Балтийского университета [Э87].

Однако уже в 1947 г. стало ясно, что Балтийский университет стоит накануне закрытия ввиду исчерпания финансовых фондов. Некоторое время обсуждался план его перевода в город Куодди в штате Мэн (США), но трудности с оформлением большого числа иммигрантов заставили отказаться от этого плана. Большая часть студентов переехала в Англию, где им, чтобы прокормиться, пришлось заняться физическим трудом.

В декабре 1947 г. Балтийский университет закрылся. Эпик должен был подумать о своей дальнейшей судьбе. Его судьбою стала работа в Ирландии, на обсерватории Арма.

Обсерватория Арма

В южной части Северной Ирландии, примерно в 70 км к юго-западу от Белфаста, в небольшом городке Арма расположена астрономическая обсерватория, которая тоже называется Арма. Она была основана в 1790 г. архиепископом Робинсоном, а её первым директором был Джеймс Гамильтон. В числе директоров обсерватории Арма были Ромни Робинсон (1792–1882), однофамилец архиепископа, управлявший обсерваторией почти 60 лет (1823–1882) и Йохан Людвиг (Джон Луис) Дрейпер (1852–1926), выходец из Дании, руководивший обсерваторией 34 года (1882–1916) и составивший Новый генеральный каталог (NGC) звёздных скоплений и туманностей, которые и по сей день обозначают номерами этого каталога. Р. Робинсон, со своей стороны, составил каталог положений 5345 звёзд [153].

С 1937 г. директором обсерватории (седьмым за полтора года) был Эрик Мервин Линдси (1907–1974), известный своими работами по звёздной статистике и исследованию Магеллановых Облаков. Он знал Эпика ещё по Гарварду, сдавал ему докторский экзамен, слушал его курс звёздной статистики. Прослышав в декабре 1947 г. о его бедственном положении (Балтийский университет, как уже сказано, закрылся из-за финансовых трудностей), Линдси пригласил



Обсерватория Арма (1964 г.)

Эпика переехать в Арма. Эпик тут же дал согласие, но предупредил, что на оформление переезда уйдет примерно полгода. Он оказался прав. Понадобилась длительная переписка с Министерством иностранных дел Великобритании и с Международной организацией по делам перемещённых лиц, прежде чем, наконец, в июне 1948 г. Эпик смог прибыть в Арма со всей семьей: женой Алидой, сыном Уно, дочерьми Хельгой и Тийю и свояченицей (сестрой жены) Альмой Партс. Линдси выхлопотал для него должность “прикреплённого исследователя” (Research Associate).

На обсерватории Арма Эпик проработал треть века. Этот период был для него весьма плодотворным. Он опубликовал здесь 236 научных работ (из общего числа 307), 465 сообщений о новостях астрономии со своими комментариями, 75 биографических статей и некрологов, 169 рецензий и обзоров книг, а всего 709 мелких заметок (из общего числа 716). В сумме на ирландский период его деятельности приходится 945 из общего числа 1023 его публикаций.

Перед Эпиком сразу встал тот же вопрос, который беспокоил российских астрономов в начале 20-х годов: где публиковать результаты своих исследований? И Эпик решил последовать примеру В.Г. Фесенкова, организовавшего в 1924 г. “Русский астрономический журнал”. Эпик организует в 1950 г. “Ирландский астрономический журнал” и становится его первым редактором. Этот журнал издается и поныне.

Надо сказать, что кроме обсерватории Арма в Ирландии существовала другая обсерватория – Дунсинк на окраине Дублина

(Ирландская республика), основанная немного раньше, чем Арма, – в 1785 г. Проблема “двух Ирландий” не стояла перед ирландскими астрономами: ежегодные отчёты обсерватории Дунсинк печатались в “Ирландском астрономическом журнале” рядом с отчётами обсерватории Арма, равно как и труды их сотрудников. Некоторые сотрудники и директор обсерватории Дунсинк входили в состав редколлегии журнала.

Тематика работ Эпика в период его работы в Арма с самого начала была весьма разнообразна. Мы уже говорили, что до 1958 г. он должен был завершать обработку материалов Аризонской экспедиции. Он выполнил в 1955 г. важную работу по физике метеорных явлений, подтвердившую и уточнившую его исследования 30-х годов. А в 1958 г. Эпик выпустил монографию “Физика полета метеора в атмосфере”, изданную в Нью-Йорке и сразу завоевавшую признание специалистов [Э147].

В те же 50-е годы Эпик разрабатывает проблему вероятности столкновений астероидов и комет с планетами, проблему образования кратеров в результате метеоритных ударов. В этот же период он изучает звёздные модели при переменном (по глубине) составе вещества звезды, исследует проблему звёздной эволюции. Отдельно он изучает строение белых карликов. Его интересует эволюция звёздных скоплений. И почти одновременно он изучает условия на Венере, судьбу лунной атмосферы, строение поверхности и атмосферы Марса. Каждое новое открытие не оставляет его равнодушным. Тут и открытие в 1965 г. кратеров на Марсе (предсказанных им ещё в 1950 г.), и крупномасштабные фотографии лунной поверхности, подтверждающие метеоритную теорию формирования лунных кратеров, и многое другое. Но его интересуют и такие проблемы, как происхождение ледниковых периодов, их климатологическая и астрономическая интерпретация, проблемы изменения климата на Земле, проблема палеомагнетизма.

Из этого краткого перечня можно видеть, насколько широки были научные интересы Эрнста Юлиуса Эпика. А ведь многие из его статей – это не беглые заметки, а солидные исследования в десятки страниц.

Начиная с 1956 г., Эпик читал ежегодные курсы лекций по астрономии студентам Мэрилендского университета (США) в качестве приглашённого профессора. Эти курсы были рассчитаны иногда на 20, иногда на 40 часов. Кроме лекций, Эпик проводил специальные семинары по проблемам, представлявшим в то время для него интерес. Астроном Д.Дж. Маллан, посещавший эти семинары, отмечает, что Эпик никогда не говорил об общеизвестных вещах. Он и в учебном зале был на переднем крае познания. Во время своего пребывания в США Эпик выступал с публичными лекциями и научными докладами [147].



Э. Эпик в очередной поездке за океан

Поскольку Мэрилендский университет участвовал в программе космических исследований США, большинство последующих работ Эпика прямо или косвенно были связаны с освоением Космоса. В 1957 г. в большой статье об искусственных спутниках Земли он в специальном добавлении проанализировал полёт первого советского спутника.

Эпик продолжал свои поездки за океан до 1974 г., когда ему уже было более 80 лет.

Когда Эпик читал лекцию или научный доклад, он порой так увлекался, что возникали курьёзные ситуации. Одну из них описывает известный английский астроном Уильям Мак-Кри [149].

В 1957 г. в Дублине проходила сессия Британской астрономической ассоциации. Эпик выступал с докладом на секции А (математика и физика). Это было заключительное заседание перед закрытием сессии.

Председательствовал на заседании президент секции известный английский астроном и физик, член Лондонского Королевского общества (т.е. Академии наук Великобритании) Томас Каулинг (1908–1990). Сессия должна была закончиться ровно в 12 ч 30 мин, потому что на этот час было назначено совещание всех председателей секций. В 12 ч 25 мин Каулинг вежливо прервал докладчика и напомнил ему, что в его распоряжении осталось всего две минуты. “Хорошо”, – ответил Эпик и продолжал говорить. В 12 ч 30 мин Каулинг поднялся с председательского

кресла и сказал: “Извините, но я непременно должен вас покинуть, меня ждут председатели других секций”. “Да, да”, – ответил Эпик и... продолжал свой доклад. Каулинг покинул зал заседания, передав председательские функции вице-президенту секции Мак-Кри. В полной растерянности Мак-Кри промолвил: “Председатель поручил мне закрыть заседание и выразить доктору Эпику благодарность”. Эпик не реагировал. Тогда Мак-Кри взял его за плечо и в буквальном смысле вытолкнул за кулисы сцены, с которой он выступал. Эпик не показал ни малейшего следа обиды – возможно, полагал Мак-Кри, он был даже облегчен сознанием, что Мак-Кри решил задачу, которую он сам не мог решить, а именно, завершить его выступление.

Эпик был очень внимателен к любителям астрономии. Он часто выступал перед ними с научными докладами, давал консультации. Он старался давать подробные ответы на любые вопросы, даже весьма наивные. Однажды Эпик и Линдси сидели в кругу любителей и кто-то задал вопрос, существуют ли НЛО*? Профессор Линдси объяснил, что за всю долгую наблюдательную практику он ни разу не видел подобных объектов. Взоры любителей устремились на Эпика: что-то он скажет? Но он ничего не сказал, а только молча пожал плечами.

Дэвид Бизли, один из организаторов движения любителей астрономии в Северной Ирландии, впоследствии директор планетария в Арма и сотрудник обсерватории, вспоминает следующий забавный эпизод [92]. Как-то он зашёл по делам к Эпику в сопровождении маленькой дочки, которой было всего полтора года. Дочка обратила внимание на рабочий стол Эпика, заваленный рукописями и книгами, и заявила, что его надо привести в порядок. Отец вовремя помешал ей выполнить своё намерение и шутя сказал, что, быть может, в один прекрасный день она представит статью в “Ирландский астрономический журнал”. Эпик улыбнулся и добавил: “Как знать, может быть в другой прекрасный день она станет редактором этого журнала?” Эпик любил юмор, что не раз отмечали его коллеги и ученики.

Прочная дружба связала его с Эриком Мервином Линдси. И дело было не только в том, что именно Линдси пригласил Эпика в Арма, или в совпадении научных интересов. Они сошлись характерами, хотя Эпик был на 14 лет старше своего друга. Кроме того, их связывала любовь к музыке. Линдси, как и Эпик, отлично играл на фортепиано, и свой рояль завещал Эпику. Этот рояль получил название “мемориальный рояль Эрика Мервина Линдси”. Эпик, в свою очередь, подарил его обсерватории.

Так уже получилось, что эти два человека писали биографии друг друга. В 1972 г. Линдси опубликовал в “Ирландском астрономи-

* Неопознанные летающие объекты.



Э. Эпик (справа) и Э.М. Ливдси (1955 г.)



Э. Эпик за роялем (1978 г.)



**Э. Эпик после вручения ему золотой медали
Американского астрономического общества.
Слева профессор Фред Сингер,
вручивший медаль (1972 г.)**

ческом журнале” биографию Эпика и список его опубликованных работ. Когда же Линдси неожиданно скончался в 1974 г. в возрасте 67 лет, уже Эпик опубликовал в том же журнале его некролог. Он пережил своего друга на 11 лет.

Эпик весьма отрицательно относился к советскому режиму и не скрывал этого. Но уровень образования в России и достижения советской науки оценивал по достоинству. Он только один раз посетил СССР: для наблюдений полного солнечного затмения 15 февраля 1961 г. Но с советскими учёными охотно вёл переписку. Он знал, что его труды высоко ценятся астрономами Советского Союза.

После смерти Линдси Эпик как старейший из научных сотрудников обсерватории был временно назначен действующим директором – вплоть до избрания нового директора. Выбор пал на Марта де Гроота, который, как и Линдси, изучал спектры и движения звёзд в Магеллановых Облаках, а также пекулярные (необычные) звёзды типа Р Лебеда [104].

Избрание де Гроота прошло не совсем гладко. Некоторые сотрудники опасались, что он проявит нетерпимость в вопросах ре-

лигии (де Гроот был протестант, а среди сотрудников многие были католиками). Известно, что в Ольстере (Северной Ирландии) и по сей день противоречия на религиозной почве приводят порой к бурным манифестациям и столкновениям на улицах Белфаста, Лондондерри и других городов. Но в тихой Арма всё было спокойно. Эпик убедил своих коллег, что религия – дело совести каждого и на работу обсерватории влиять не должна. Де Гроот был избран и стал, таким образом, восьмым директором обсерватории и редактором “Ирландского астрономического журнала”. Он руководил обсерваторией около 20 лет. После его отставки во второй половине 1995 г., на должность директора был приглашён профессор Ливерпульского университета Марк Бэйли, который руководит обсерваторией и по сей день.

Де Гроот оставил теплые воспоминания об Эпике и как об учёном, и как о человеке [104]. Его коллеги поражались широте его научных взглядов. К тому же память у него была исключительная. Он помнил авторов работ по данной теме, их содержание, числовые оценки, даты и многое другое. Порой его идеи напоминали искры, освещавшие новые направления, методы, подходы. Де Гроот отмечает его колоссальную работоспособность. А ведь ему приходилось, помимо чисто научной работы, редактировать “Ирландский астрономический журнал”, писать рецензии, ответы на письма.

Для облегчения последней работы он имел блокнот, куда заносил в алфавитном порядке имена своих корреспондентов, отмечая, какие оттиски его работ кому посланы. Если у него просили оттиск некоторой работы, а у него были и другие работы на ту же тему, он посылал и их. Работал он нередко допоздна.

Среди его чудачеств была неприязнь к компьютерам. Все свои вычисления он делал по-старому, с арифмометром. Компьютеры появились на обсерватории в середине 70-х годов, стоили дорого. Эпик ссылаясь на их дороговизну и замечал: “Что даст вам компьютер? Тот же результат, только с большим числом значащих цифр, знаков после запятой. Но в астрофизике мы не можем чаще всего ручаться даже за третий знак, а то и за второй”. Скоро компьютеры подешевели, и на столе у каждого сотрудника обсерватории стоял компьютер. У всех, кроме Эпика. Он оставался твёрд в своей неприязни к ним.

Когда Эпик в 1981 г. подал в отставку, его решили оставить в штате обсерватории, присвоив ему звание “почетный астроном” (*astronomer emeritus*). С этим званием он и значится во всех годовых отчетах обсерватории Арма вплоть до 1985 г.

“Ирландский астрономический журнал”

Этот журнал – ещё одно из детищ Эрнста Юлиуса Эпика. Как уже говорилось, он был основан в 1950 г. Первые 10 лет (1950–1959) его издавало Ирландское астрономическое общество. Затем у общества возникли финансовые трудности, и в 1960–1962 гг. журнал не выходил. До 1959 г. удалось выпустить 5 томов журнала. Каждый том охватывал два года. В год выходило два номера журнала.

В 1963 г. выпуск журнала удалось восстановить. На этот раз издателями выступили совместно обсерватории Арма и Дунсинк, которые и издают журнал до сих пор. Главным редактором его после Эпика был Март де Гроот, а в настоящее время его редактирует Марк Бэйли.

Об отношении Эпика к научным публикациям вообще и к изданию научных журналов, в частности, уже говорилось. Но был у него и ещё один аргумент.

Отвечая на упрёк одного из лидеров теоретической астрофизики 30-х годов Джорджа Гамова, почему Эпик опубликовал в 1938 г. свою статью о строении и эволюции звёзд [Э79], работу важную и интересную, в “Публикациях Тартуской обсерватории” (непрестижном, по мнению Гамова, журнале), Эпик заметил, что публикация в “престижных” журналах не всем доступна, потому что их редакции требуют с авторов деньги (в частности, на изготовление оттисков) и порой в довольно больших размерах. Если же обсерватория или институт рассылает свои издания другим обсерваториям бесплатно, в порядке обмена, её публикации становятся известны всем заинтересованным специалистам. Такой порядок был заведён в Тартуской обсерватории, такой же порядок установился и в обсерватории Арма. Поэтому почти все публикации Эпика стали известны большинству астрономов Советского Союза (и, разумеется, других стран).

Эпик горячо призывал все астрономические учреждения к бесплатному обмену своими изданиями (включая оттиски публикаций их сотрудников в научных журналах), ибо прекращение или ограничение обмена информацией может привести к упадку в науке.

Астрономические учреждения нашей страны много лет тоже широко практиковали обмен изданиями и оттисками с отечественными и зарубежными обсерваториями. Позднее оно было прервано из-за финансовых трудностей. С недавних пор выпуск оттисков был восстановлен, хотя и в ограниченном количестве.

Эпика не раз приглашали быть рецензентом различных статей, направленных в серьёзные научные журналы. Выше уже приводились его крайне отрицательные высказывания о принятой анонимности рецензирования. Сам он направлял свои замеча-



Э. Эпик в планетарии Арма с профессором Бартом Боком и мисс Ш. Грю – секретарем обсерватории Арма и редактором-распорядителем “Ирландского астрономического журнала” (1981 г.)

ния непосредственно автору статьи (конечно, за своей подписью), причём порой список литературы к его замечаниям превосходил по числу названий аналогичный список в рецензируемой статье.

В своих воспоминаниях Эпик приводит немало примеров, когда анонимные рецензенты его собственных работ (или работ его учеников) проявляли непонимание сути этих работ или приписывали их авторам идеи, которых в них вовсе не было. В целом ряде случаев статьи отклонялись потому, что они противоречили некоторой догме [Э255].

Наоборот, будучи сам редактором “Ирландского астрономического журнала”, Эпик предоставлял его страницы и таким авторам, мнения которых он не разделял. Так, он публиковал статьи известного астронома-популяризатора Патрика Мура о вулканической природе лунных кратеров, хотя, как мы знаем, Эпик был решительным противником этой гипотезы.

По отзывам знавших его людей, Эпик был более требователен к опытным, квалифицированным специалистам и несколько либеральнее относился к начинающим, молодым учёным. Если это было возможно, он лично встречался с автором статьи и в беседе давал ему свои советы и рекомендации, указывал на ошибки.

Противник догмы в науке

Одну из своих статей, написанных уже на склоне лет (в 1977 г.), Эпик так и озаглавил: “О догме в науке и другие воспоминания астронома” [Э255]. В ней он приводит ряд ярких примеров вмешательства и даже диктата догмы в науке. Один из этих примеров мы уже приводили. Речь идет о дискуссии между Эпиком и народным комиссаром по просвещению Туркестана Ш.М. Дволайцким о религии и её отношении к науке (см. с. 22).

Другой случай вмешательства догмы, имеющей власть, мы также описывали (с. 58). Тот молодой человек, который порицал Эпика в 1940 г. в Тарту за проявления идеализма в его лекциях, не нашёл ничего умнее, как заявить ему: “Несколько лет тому назад в Тарту жил старый профессор, который говорил, что наблюдая небо в свой телескоп, он никогда не видел ни ангелов, ни Бога”.

Это – типичный пример наивной, вульгаризаторской атеистической пропаганды. После первых полетов советских космонавтов такую “пропаганду” в несколько ином варианте вели некоторые лекторы Московского планетария: “Гагарин летал в Космосе, иначе говоря, он был на небе, и ни Бога, ни ангелов он там не видел”.

Вернёмся к Эпику, к его борьбе с догмами в науке. Помимо догм, основанных на господстве некоторой идеологии (в эпоху инквизиции – религиозной, в эпоху тоталитаризма в нашей и некоторых других странах – антирелигиозной), есть и чисто научные догмы. Обычно они основываются на авторитете какого-нибудь крупного учёного, вокруг которого образуется своего рода мини-сообщество, круг его единомышленников, которые “с порога” отрицают любые взгляды, не согласующиеся с установленной ими догмой.

Типичным примером такой догмы явилась в свое время лысенковщина в биологии. Используя авторитет И.В. Мичурина (который был отнюдь не теоретиком, а лишь селекционером-практиком), Т.Д. Лысенко и его школа, поддержанные сталинским режимом, буквально разгромили научную генетику в нашей стране.

Таких примеров наша отечественная наука видела немало. Можно назвать господство (правда, временное) школы М.Н. Покровского в исторических дисциплинах, чуть ли не принудительное введение травопольной системы севооборота, рекомендованной школой В.Р. Вильямса, отрицание (и поругание) релятивистской космологии как “проникнутой идеализмом”, и многие другие весьма печальные факты.

Этих примеров Э.Ю. Эпик не приводит. Он фиксирует внимание на случаях, в которых он сам стал жертвой догматического подхода к тем или иным проблемам. Вот несколько примеров.

Внутреннее строение звёзд. Ещё в 1907 г. немецкий физик Роберт Эмден построил чисто гидростатические модели строения звёзд как газовых шаров. Но лишь в 20-х годах XX в. замечательный

английский астрофизик Артур Эддингтон вдохнул в них жизнь, разработав концепцию переноса энергии в звёздах (в основном за счёт излучения) и генерации энергии в их недрах (лет за десять до установления внутриядерного источника этой энергии) [108].

Заслуги Эддингтона неоченимы. И всё-таки в его работах был один недостаток: все его модели звёзд были основаны на предположении об однородности внутреннего состава звезды, иначе говоря, о его постоянстве по глубине. Между тем в ходе превращения водорода в гелий в ядре звезды доля более тяжёлого гелия растёт и, значит, однородность состава не должна соблюдаться. Чтобы устранить это противоречие между исходным (догматическим) предположением и “утяжелением” внутренних частей звезды, Эддингтон выдвинул гипотезу о радиальной конвекции, которая должна была перемешивать звёздное вещество. Но он не подставил в свои уравнения числовые данные, а когда Эпик спустя 22 года (в 1951 г.) сделал это, выяснилось, что шкала времени для конвективного перемешивания имеет порядок 10^{14} – 10^{15} лет, что на 4–5 порядков превышает возраст звёзд. Догма об однородности состава звёзд рухнула*.

Вулканы на Луне и Марсе. Как известно, более ста лет в астрономии шла дискуссия о происхождении лунных кратеров: являются ли они гигантскими потухшими вулканами или результатом ударов огромных метеоритов? Когда из статистических исследований стало ясно, что число метеоритов и небольших астероидов, а также вероятность их выпадения на Луну вполне достаточны, чтобы объяснить наблюдаемое число лунных кратеров, метеоритная гипотеза получила перевес, а после открытия кратеров на Марсе, Меркурии, спутниках Марса Фобосе и Деймосе восторжествовала окончательно.

Тем не менее “вулканисты” не сдавались. К ним принадлежали, с одной стороны, любители астрономии, а с другой – геологи. (В нашей стране можно назвать Г.Н. Каттерфельда, Ю.А. Ходака и ряд других.) Потерпев поражение “на Луне”, “вулканисты” “перешли” на Марс, где целый ряд структур действительно напоминал вулканы.

Здесь мы должны оторваться от рассуждений Э.Ю. Эпика. В некоторых вопросах он, отойдя от одной догмы, увы, впадал в другую. Хотя погасшие вулканы на Марсе (притом высочайшие в Солнечной системе) действительно существуют, а на Венере и особенно на спутнике Юпитера Ио вулканическая активность сейчас в полном

* Вряд ли это можно назвать “догмой”, скорее – *общепринятым* устоявшимся представлением, прочным элементом “картины мира” и для самого Эддингтона. Но, в отличие от “догм”, оно не навязывалось как обязательное. Ведь работа самого Эпика не была запрещена! В данном случае Эпик не был “жертвой”. Сравнение этой ситуации в астрофизике с “лысенковщиной” поэтому представляется неправомерным. Такое сравнение возвысило бы то страшное политическое гонение до... научных разногласий. – *Примеч. ред.*

разгаре, Эпик упорно не желал признавать реальность (пусть даже в прошлом) вулканизма на Марсе. Не будем его за это строго судить. Лучше рассмотрим ещё один пример.

Теория кратерообразования. Эрнст Юлиус Эпик был одним из пионеров в развитии теории кратерообразования при ударе метеоритов (астероидов, ядер комет) о поверхность планеты или спутника. Как уже говорилось, первая его публикация по этому вопросу появилась в журнале “Мироведение” на русском языке в 1916 г. [Э16]. Более серьёзное исследование было опубликовано в Тарту в 1936 г. [Э72].

В большинстве работ по теории кратерообразования, в том числе и в работах советского физика и астронома К.П. Станюковича, разрабатывавшего эту проблему начиная с 1937 г. [3, 68–71], принимается, что объём кратера пропорционален *кинетической энергии* ударяющего тела.

Эпик считает это предположение догмой и стремится показать, что объём кратера пропорционален не энергии, а *количеству движения* ударяющего тела. Согласно приводимым им экспериментальным данным, при скоростях удара от 2 м/с до 20 км/с его теория подтверждается. Правда, этим данным ближе соответствует пропорциональность величине $V^{4/3}$ вместо V по Эпику и V^2 по общепринятой (с точки зрения Эпика, догматической) теории. Эпик объясняет это действием вторичной ударной волны, образованной расширением облака пара (при ударе с космической скоростью само тело и часть вещества мишени испаряются).

Переход к теории Эпика приведёт к довольно кардинальному пересмотру шкалы масс метеоритов и астероидов. Если скорость удара “работает” не “в квадрате”, а лишь “в первой степени” (или даже в степени $4/3$), для формирования данного кратера понадобится тело существенно большей массы. Так, оценка массы Аризонского метеорита будет в 40 раз больше, чем принято сейчас. Доля крупных астероидальных тел в межпланетном пространстве (по крайней мере для прошлых эпох) существенно возрастет.

Автор этих строк (В.А. Бронштэн), сам “приложивший руку” к теории кратерообразования, не был убеждён доводами Эпика. Не имеем ли мы в данном случае противопоставление одной догме некоей другой – контр-догмы?

Изучение литературы последних лет по этой проблеме показало, что истина лежит между двумя крайними точками зрения. Российский исследователь Б.А. Иванов (Институт физики Земли РАН) показал в 1993 г. (уже после смерти Эпика), что показатель степени при скорости удара зависит от свойств пород мишени, в частности, от её пористости [28]. Для плотных пород этот показатель равен 1,74, при объёме пор 15% от общего объёма он равен 1,5. Первое из этих чисел лежит ближе к общепринятому значению показателя (2), второе – посередине между ним и значением Эпика (1).

Конец пути

Последняя публикация Эпика появилась в печати в 1979 г. Уже в 1980 г. он почувствовал, что силы его на исходе. Но только в 1981 г. он формально заявил об уходе в отставку. За ним сохранили звание почетного астронома.

Эпик поселился в собственном доме в Бангоре, на берегу Северного пролива, отделяющего Ирландию от Англии, в 25 км от Белфаста. Здесь он и провёл последние 4 года своей жизни. Он скончался 10 сентября 1985 г., не дожив месяц до 92 лет.

Памяти Эпика был посвящён специальный номер “Ирландского астрономического журнала”, вышедший в сентябре 1986 г. Здесь помещены воспоминания о нём его коллег и учеников: Марта де Гроота [105], Уильяма Мак-Кри [149], Раймонда Уилсона [196], Фреда Сингера [175], Дэвида Маллана [154], Дэвида Бизли [92]. Элеонор Хелин, открывшая астероид 2099, получивший имя Эпика, рассказывает об этом открытии и приводит элементы его орбиты и звёздную величину. Вот они [119]:

большая полуось	$a = 2,30 \text{ а.е.}$,
эксцентриситет	$e = 0,36$,
наклонение	$i = 26,92^\circ$,
расстояние в перигелии	$q = 1,468 \text{ а.е.}$,
звёздная величина с 1,0 а.е.	$v = 15,6^m$.

Она очень маленькая, эта планетка – не больше 10 км. Но это – памятник Эрнсту Юлиусу Эпику, расположенный не на Земле, а в Космосе. В перигелии малая планета Эпик может приближаться к Земле (в период великих противостояний) до 70 млн км. Период её обращения вокруг Солнца составляет примерно 3,5 г., поэтому те же условия видимости астероида повторяются каждые 7 лет. Ближайшее удобное положение астероида Эпик осуществится в 2005 году.

Но памятником Эпику останется не только “его” астероид. Это и тысяча его публикаций, и итоги его плодотворной научной деятельности, и знания, которые он передал своим коллегам и ученикам.

И ещё о земном наследии выдающегося эстонского учёного. Эрнст Эпик был дважды женат (первую супругу звали Вера, вторую – Алида). В первом браке родились трое детей: Майя, Инна и Элина, все они здравствуют и поныне и уже в пенсионном возрасте. Первые две проживают в США, Майя многие годы проработала в библиотеке Конгресса США. Элина активно работала этнографом и археологом и является автором многих трудов в этих областях знания, она живет в Таллине. И от второго брака в семье Эрнста Эпика родились трое детей, которые все ныне прожи-

вают в Великобритании: сын Уно и две дочери – Хельга и Тийю-Имби. Уно – физик-теоретик, много лет проработавший преподавателем университета (ныне на пенсии), Хельга – по специальности ботаник, также много лет отдавшая преподаванию в университете (ныне пенсионер), Тийю-Имби по образованию психолог. Наконец, не лишне будет упомянуть, что внук Эпика – Лембит является активным членом английского парламента от партии либералов [58].

Часть II

Научные свершения

В первой части нашей книги мы проследили жизненный путь Эрнста Юлиуса Эпика. В этой, второй части, мы расскажем читателям о его научных достижениях, о том научном наследии, которое он оставил.

Метеоры. Метод многократного счёта

Мы уже рассказывали о принципе этого метода визуального счёта метеоров. Впервые его основы были опубликованы Эпиком ещё в 1914 г. [Э5]. Но только в Ташкенте он был применён в полном объёме в период действия метеорного потока Персеид в 1920 г. [Э27, 32].

К этому времени Эпик развил свой метод и обобщил его на случай участия в наблюдениях трёх, четырёх и большего числа наблюдателей. Он пришёл к выводу, что пять независимых наблюдателей позволяют найти часовые числа метеоров, близкие к истинным.

Каковы же были основные результаты ташкентских наблюдений? Это было, во-первых, определение так называемой *функции светимости* [Э33].

По какому закону изменяется численность метеоров в зависимости от их блеска, т.е. от звёздной величины? Здесь надо прежде всего сделать некоторые уточнения.

Примерно до 40-х годов XX в. интенсивность видимого света звёзд и метеоров астрономы называли “яркостью”. Мы привыкли к таким выражениям, как “яркая звезда”, “яркий метеор”. Впрочем, они употребляются и поныне. А вот со словом “яркость” астрономам не повезло. Этот термин узурпировали физики, определив, что яркость – это количество света, приходящее от светила (источника света) *в единице телесного угла* (например, с квадратной минуты дуги). Эту величину астрономы раньше называли *поверхностной яркостью* в отличие от *интегральной яркости*, обозначавшей количество света, приходящее от всего светила. Теперь термином “яркость” называется то, что ранее называли *поверхностной яркостью*, а для *интегральной яркости* надо было придумывать новое название. Так был введён термин *блеск*. Блеск – это мгновенная освещённость, создаваемая светилами на пло-

скости, перпендикулярной к лучу зрения. Он измеряется люксами. Точечные источники света (звёзды) имеют блеск, но не имеют яркости. Метеор имеет длину, но не имеет ширины, поэтому термин “яркость” к нему неприменим и следует употреблять термин “блеск”.

Обычно блеск метеоров (как и звёзд) измеряется звёздными величинами. Звёздная величина – это логарифмическая мера блеска. Если обозначить её буквой m , а блеск в обычных единицах (люксах) буквой J , то связь между ними выразится формулой [6]

$$m = -14,00 - 2,5 \lg J.$$

Солнце, Луна и планеты тоже имеют блеск (хотя у них есть и яркость). Например, блеск Солнца вне атмосферы равен 137 000 люксов, откуда его звёздная величина $m = -26,78$. Полная Луна излучает 0,3 люкса, так что её звёздная величина $m = -12,7$.

Функция светимости метеоров определяет зависимость их численности от звёздной величины. Она определяется отдельно для каждого метеорного потока и для “фона” – для спорадических метеоров. Вид этой функции весьма простой:

$$N(m) = N(0)x^m,$$

где $N(m)$ и $N(0)$ – численность метеоров соответственно m -й и нулевой звёздной величины, а буквой x обозначен так называемый показатель функции светимости. Обычно его величина заключена в пределах от 1,5 до 4,5 и в среднем равна 2,5.

Из ташкентских наблюдений метеоров “фона” (спорадических) Эпик получил $x = 3$. Такие же значения получали впоследствии российские астрономы И.С. Астапович, В.А. Бронштэн и сам Эпик для слабых (телескопических) метеоров. Известный немецкий исследователь метеоров К. Хофмейстер для разных метеорных потоков получал значения x от 1,7 до 4,4 [122]. Впоследствии эту величину определяли многие астрономы.

Показательный вид функции светимости приводит к важному выводу о степенной зависимости распределения метеорных тел по массе, имеющей вид

$$f(M) = f(1)M^{-s},$$

где $f(M)$ – число метеорных тел данной массы M , $f(1)$ – число тел единичной массы, s – показатель степени, связанный с величиной x формулой

$$s = 1 + 2,5 \lg x.$$

Так, при $x = 3$ будем иметь $s = 2,2$. Это означает, что в некотором объёме число 10-граммовых метеорных частиц в 160 раз меньше, чем 1-граммовых (2,2 есть логарифм числа 160). Чем больше s , тем большую долю в общий приток метеорной материи на Землю вносят мелкие частицы.

Из ташкентских наблюдений Эпик определил многие другие характеристики метеоров. Так, он установил, что число метеоров из данного радианта зависит от его зенитного расстояния, будучи пропорциональным косинусу этого угла. Он определил размеры “зон видимости” глаза наблюдателя, т.е. зон, внутри которых наблюдатель способен заметить метеор данной звёздной величины. Он нашёл соотношение между блеском и длиной пути метеора, подтверждённое затем другими наблюдениями. Он изучил цвет метеоров и установил, что он близок к цвету яркой звезды α Персея, ему соответствует температура излучения 6300 К. (Напомним, что излучают пары метеорого тела, а не оно само.) Из наблюдений в разные даты он построил кривые хода численности Персеид и метеоров фона за весь период наблюдений. Кроме того, он нашёл, что во время максимума потока средний блеск метеоров возрастает. Это означало, что в области сгущения метеорого роя преобладают более крупные частицы.

Ташкентские наблюдения не раз использовались другими астрономами для дальнейших заключений и обобщений. Их методика была применена самим Эпиком в Москве в 1921 г. и в Тарту в 1930 г. (для наблюдений телескопических метеоров), и наконец, в Аризонской метеороной экспедиции, о которой мы уже рассказывали.

Основной результат Аризонской экспедиции – распределение радиантов спорадических метеоров по небесной сфере – внёс серьёзные коррективы в наши представления о метеороном веществе. Но об этом мы расскажем дальше. А сейчас было бы интересно проследить дальнейшую судьбу метода многократного счёта, предложенного Эпиком.

Во второй половине 50-х годов XX в. этот метод привлёк внимание двух астрономов. Одним из них был российский астроном Роман Львович Хотиник, ученик И.С. Астаповича. В 1953 г. судьба забросила его в Кушку – самый южный город Туркмении и бывшего Советского Союза, где он преподавал в местной средней школе. Другим же был чешский астроном Зденек Квиз, работавший тогда на народной обсерватории в городе Брно. Силами своих учеников Р.Л. Хотиник провёл в 20-х числах апреля 1953 г. наблюдения метеороного потока Лирид по методу Эпика. По разным причинам результаты (и полезные таблицы для вычислений) были опубликованы только в 1958 г. [79]. В том же 1958 г. появились две работы З. Квиза [141, 142], в которых он приводил приближённую, но очень удобную формулу для вероятности регистрации метеоров при любом числе наблюдателей. В начале 60-х годов другой российский астроном, исследователь метеоров и Тунгусского явления И.Т. Зоткин, предложил точную формулу для этого же случая [26]. Правда, её недостатком была трансцендентная форма, требовавшая проведения нескольких итераций (подбора решения). Но введение ЭВМ в вычислительную практику позволило этот недостаток устранить.

Интересный пример использования формулы Зоткина (т.е. обобщенной формулы Эпика) представляет работа И.Т. Зоткина и Р.Л. Хотинка (1978 г.) по определению числа крупных болидов на основании сообщений случайных наблюдателей на территории СССР за 50 лет [27]. Число наблюдателей составляло несколько сотен. Считая, что болид ярче Луны заметит каждый, кто в это время находится вне дома и не спит, авторы, применив методику Эпика, нашли, что на территории СССР регистрируют 23% всех пролетающих над ней ярких болидов. Отсюда они рассчитали их общее количество на единицу площади и привносимую ими массу.

Метод многократного счёта вошёл во всеобщее употребление. Им пользовались многие наблюдатели метеоров в разных странах.

Дискуссия Эпик – Хофмейстер

Немецкий астроном Куно Хофмейстер (1892–1968) много лет занимался визуальными наблюдениями метеоров, накопил громадный наблюдательный материал (несколько десятков тысяч наблюдений метеоров). Его перу принадлежат две капитальные монографии – “Метеоры” (1937) и “Метеорные потоки” (1948) [122] и множество статей.

В 20-х и в начале 30-х годов Хофмейстер считал все направления движения метеорных тел в Солнечной системе (и, в частности, в окрестностях земной орбиты) равновероятными*. Это приводило к заключению, что большинство метеоров обладают гиперболическими скоростями, иначе говоря, имеют межзвёздное происхождение [121].

Хофмейстер полагал, что метеор начинает светиться при достижении им слоя атмосферы с определённой плотностью и пренебрегал зависимостью силы света метеора от скорости.

В 1923 г. Эпик выступил на страницах журнала “Astronomische Nachrichten” с критикой этого положения [Э29]. Эпик доказывал, что сила света метеора пропорциональна квадрату, а может быть, даже кубу его геоцентрической скорости. Но это ещё более усиливало предположение Хофмейстера о преобладании гиперболических скоростей. Считая последнее маловероятным, Эпик заключил, что первоначальное допущение Хофмейстера о равной вероятности направлений движения метеоров неверно. Действительно, большая часть метеоров движется в прямом направлении, в ту же сторону, что и Земля и все планеты.

* Хотя ещё ко времени Хладни (рубеж XVIII и XIX вв.) было замечено преобладание в движениях метеоров (“падающих звёзд”) общего направления СВ–ЮЗ. – *Примеч. ред.*

Завязалась дискуссия. Хофмейстер не сдавался, настаивая на своей правоте [122]. За этой дискуссией внимательно следили другие астрономы, однако, не вмешиваясь в неё. Российский астроном В.А. Мальцев на коллоквиуме метеорного отдела Коллектива наблюдателей Московского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества (КН МОВАГО)* 22 января 1934 г. прямо заявил, что нужно внимательно следить за ходом дискуссии, изучая доводы обеих сторон [53]. И.С. Астапович в статье “Физические явления при полёте метеоров”, написанной в 1934 г. [2], ограничился тем, что изложил точки зрения обоих исследователей, воздержавшись от комментариев. Лишь по поводу предположения Хофмейстера о независимости излучения метеора от скорости он заметил, что “по-видимому, это не так”.

Дискуссия Эпика с Хофмейстером продолжалась почти 25 лет. Каждый из спорщиков приводил данные наблюдений и доказывал, что они говорят в пользу его точки зрения. Лишь в 1948 г. Хофмейстер признал зависимость излучения метеоров от скорости, хотя и не такую сильную, как полагал Эпик [123].

В 1930 г. Эпик опубликовал статью “О фундаментальной проблеме статистики метеоров” [Э50], в которой приводил результаты обработки наблюдений метеоров с учётом физического фактора (т.е. зависимости излучения метеора от скорости). Но эта работа долгое время оставалась единственной, где этот фактор учитывался. Лишь в 1950 г. в сборнике “Метеоритика” появилась статья Б.Ю. Левина [47], в которой приводились убедительные доказательства справедливости точки зрения Эпика. В 1954 г. физический фактор “признал” один из ведущих исследователей метеоров американский астроном Фред Уиппл [193], а за ним и все остальные.

Но ещё значительно раньше, в 30-х годах, Эпик решил произвести инструментальную проверку своей точки зрения. Для этого требовались определения скоростей метеоров. Они и были поставлены Эпиком в Аризонской метеорной экспедиции с помощью изобретённого им прибора – качающегося зеркала.

Дискуссия о скоростях метеоров

Прибор с вибрирующим (качающимся) зеркалом уже был описан в первой части книги (с. 56–57). Эпик и его сотрудники использовали прибор во время Аризонской метеорной экспедиции. Скорости метеоров определялись двумя способами: по форме траекто-

* Организован по инициативе Б.А. Воронцова-Вельяминова осенью 1921 г. и иногда сокращённо назывался “Колнаб” (см. Историко-астрономические исследования, 1986, вып. XVIII, с. 351–354). – *Примеч. ред.*

рии отражения метеора в зеркале и по наблюдаемой длине и продолжительности полёта метеора, определяемой числом петель псевдоциклоиды [51].

Из 1400 определений скоростей этим методом Эпик отобрал наиболее точные: 279 его собственных наблюдений и 580 наблюдений телескопических метеоров, сделанных Бутройдом. Результаты обработки этих наблюдений показывали, что 62% спорадических метеоров имеют гиперболические скорости, а значит, они – межзвёздного происхождения.

Эпик не удовлетворялся аризонскими наблюдениями и, вернувшись в 1934 г. в Тарту, провёл там новую серию наблюдений телескопических метеоров с качающимся зеркалом. По 304 метеорам он пришёл к тем же выводам: большинство (62%) спорадических метеоров приходят к нам из межзвёздного пространства [Э136, 144].

Что тут началось! Вокруг этого вопроса развернулась такая дискуссия, по сравнению с которой полемика Эпика с Хофмейстером – всё равно, что ленивая перебранка двух спорщиков против горячего спора целого десятка участников.

Первым с критикой результатов Эпика по распределению гелиоцентрических скоростей метеоров выступил в 1938 г. американский исследователь Чарльз Оливье [156]. Он считал, что в методе качающегося зеркала кроется какая-то систематическая ошибка. Визуальный наблюдатель может ошибиться в числе петель (особенно когда их много), ошибка может лежать и в визуальном определении длины пути.

Тогда Эпик провёл тщательный анализ возможных ошибок наблюдений и их влияния на результат. Переобработав все аризонские и тартуские наблюдения, он опубликовал в 1940–1941 гг. ещё две статьи [Э82, 83], в которых подтверждал свой первоначальный результат. Во второй из этих статей [Э83] Эпик сообщал, что наблюдения в Тарту продолжались до лета 1941 г., когда они были прерваны войной.

Вторжение гитлеровских армий на территорию Эстонии заставило эти наблюдения прекратить. Станция, где они велись, оказалась на передовой линии военных действий и была повреждена артиллерийским снарядом, а существенные части аппаратуры растащены [24]. Но и те наблюдения, которые были выполнены в период после 1938 г. до лета 1941 г., опубликованы не были. Возможно, они погибли.

Между тем английские астрономы Джон Ги Портер и Джон Филипп Прентис, находясь в более благоприятных условиях (бомбардировки Англии немецкой авиацией резко уменьшились, так как основные её силы были направлены против Советского Союза), опубликовали ряд работ, в которых выводы Эпика о преобладании гиперболических скоростей подвергались сомнению и критике.

Портер собрал 2669 наблюдений, выполненных тринадцатью первоклассными наблюдателями, в частности членами Британской астрономической ассоциации. Из них были отобраны 778 лучших, в том числе 298 метеоров потоков и 480 спорадических. Ни один метеор не превысил параболический барьер. Портер высказал мнение, что “гиперболические” метеоры – результат ошибок наблюдений. Его работы были опубликованы в 1943–1944 гг. [153].

Эпик ответил только в 1950 г. [Э96]. Возражение Портера о том, что гиперболические метеоры начинали бы светиться на больших высотах (благодаря физическому фактору), Эпик преодолевает с помощью несколько произвольного предположения о том, что химический состав спорадических метеороидов* отличается от состава метеороидов потоков.

Чтобы выйти из этого тупика, нужно было использовать менее субъективные методы измерения скоростей. Таковыми стали фотографические методы.

В основе фотографического метода измерения скоростей метеоров лежит применение обтюратора – быстро вращающегося пропеллера, располагаемого перед объективами фотокамер, направленных на небо. Метеор на фотографии, полученной с обтюратором, имеет вид прерывистой линии (объектив фотокамеры периодически закрывается лопастями обтюратора). Зная скорость вращения обтюратора и измеряя на пластинке координаты концов “отрезков” метеора, можно без труда определить его скорость в разных точках пути.

Этот метод впервые применил в 1899–1900 гг. американский астроном У. Элькин из Йельского университета [111], но систематическое его применение началось почти одновременно в конце 30-х годов в СССР, США и Канаде. Всё же статистически пригодный материал был получен лишь в 50-х годах.

Ещё в 1946 г. американский астроном Фред Уиппл сообщил, что из 12 спорадических метеоров, сфотографированных по методу Элькина, не оказалось ни одного гиперболического. Но 12 метеоров – слишком малое число для серьезных выводов. Однако в 1954 г. Уиппл подтвердил свой вывод на основе обработки фотографий 51 спорадического метеора [193]. То же самое получилось при обработке фотографий 308 слабых метеоров, сфотографированных светосильными фотокамерами “супер-Шмидт” [193]. Согласно сообщению Фреда Уиппла и Луиджи Яккиа (1957 г.) доля гиперболических метеоров среди них не превышала одного процента. По данным Л.А. Катасёва (Душанбинская астрономическая обсерватория) процент гиперболических скоростей, с учётом ошибок наблюдений, составляет около 5% [32].

* Метеороидом называется метеорное тело, летящее в космическом пространстве и в атмосфере Земли.

И Эпик сдался. В работах 1950–1951 гг. [Э96] он признал свой вывод о преобладании гиперболических скоростей ошибочным. Несколько раньше (в 1948 г.) отказался от него и Куно Хофмейстер [123]. Внедрение в практику наблюдений метеоров радиолокационных методов в конце 50-х годов окончательно подтвердило, что подавляющее число метеорных тел – члены нашей Солнечной системы.

Теория метеорного излучения

Ещё в начале XX в., когда были получены первые спектры метеоров (С.Н. Блажко, 1904–1907), стало ясно, что излучение метеора – линейчатое и испускают его пары метеорного тела, а не оно само. Это было строго доказано Эпиком в его работе 1922 года [Э22]. Как показал Эпик, свечение метеора создается газовой оболочкой, окружающей метеорное тело, температура которой, по его оценке, может достигать 7000 К. Интенсивность наблюдаемого излучения метеора, по Эпику, пропорциональна скорости испарения метеороида.

Эта работа Эпика была использована впоследствии (в 1934–1935 гг.) российскими астрономами И.С. Астаповичем, Н.Н. Сытинской, С.Г. Натансоном и А.Б. Северным для развития метеорного метода исследования стратосферы [2, 57, 66, 74].

В 1933 г. Эпик сделал важный шаг вперёд в деле разработки теории излучения метеоров. В его работе [Э62] были рассмотрены элементарные процессы, приводящие к излучению метеорной “комы”, т.е. облака паров и нагретого воздуха, окружающего метеороид. Такими процессами были в первую очередь атомные столкновения.

Представим себе испаряющийся метеороид. Даже если его пары вначале состоят из молекул, удары налетающих атомов воздуха быстро заставляют эти молекулы диссоциировать на атомы. Дальнейшие удары атомов воздуха приводят к возбуждению метеорных атомов и даже к их ионизации. Такие столкновения называются неупругими, в отличие от упругих, при которых столкнувшиеся атомы отражаются друг от друга, как бильярдные шары.

Почему возбуждаются преимущественно именно метеорные атомы: железа, кальция, магния, натрия, кремния, алюминия, никеля и других элементов, входящих в состав метеорного тела, а не атомы составляющих воздуха: азота и кислорода? Это происходит потому, что потенциалы возбуждения (и ионизации), т.е. количества энергии, необходимой для перевода внешнего (оптического) электрона с основного уровня на возбуждённый, у метеорных атомов ниже, чем у азота и кислорода, так что для их возбуждения

требуется не столь высокая энергия налетающего атома. Но конечно, возбуждаются также атомы кислорода и азота.

Что же происходит дальше? Чаще всего атом отдаёт энергию возбуждения в виде акта излучения, когда возбуждённый электрон возвращается на основной уровень или переходит на другой уровень с более низкой энергией. При этом испускается излучение в узкой полосе частот, а в спектре метеора появляется яркая спектральная линия.

Но может произойти и другое. На уже возбужденный атом может налететь другой атом воздуха и принять излишек энергии “на себя”. Излучения тогда не будет. Такие удары называются ударами второго рода. Чтобы они были эффективны нужно, чтобы возбуждённый уровень имел достаточное, как говорят, время жизни, иначе произойдет акт излучения и возбуждённый уровень опустеет. Уровни с достаточным временем жизни называются метастабильными. Примером является уровень, которому соответствует линия кислорода с длиной волны 5577 Å, наблюдаемая в спектрах ярких метеоров. Она излучается при самопроизвольном переходе электрона с метастабильного уровня.

В работе 1933 года Эпик развил полуэмпирическую (т.е. основанную частично на экспериментальных данных) теорию переходов при неупругих столкновениях атомов. Эта теория сыграла большую роль в метеорной физике, позволив проследить зависимость светимости метеора от массы и скорости тела и обратить задачу, т.е. по определениям светимости и скорости метеора оценивать массу тела.

В работе 1937 года [Э76] он изложил приближённую теорию нагревания, плавления и испарения метеороида. Он рассмотрел в этой работе случай, когда маленькая метеорная частица способна проплавиться насквозь, исследовал вопросы об устойчивости и дроблении образующихся капель*, а также о сдувании расплавленной пленки с поверхности метеороида. Эпик исследовал загрожающее действие “комы” из метеорных паров и отражённых молекул воздуха, уменьшающих воздействие на тело ударов налетающих молекул, изучил связь излучаемого метеороидом потока энергии с коэффициентом аккомодации и ряд других вопросов.

Теория Эпика была принята и использована всеми исследователями метеоров, как вдруг в 1948 г. в статье, опубликованной в журнале “Observatory” (“Обсерватория”) [Э88], он сам полностью отказался от результатов работы 1933 года. К этому его привёл ошибочный, как мы знаем, вывод о преобладании гиперболических

* Любопытно, что эти вопросы – ещё на чисто качественной основе – рассматривал родоначальник научной метеоритики Хладни в начале XIX в., но... в применении к болидам, т.е. к ярким метеорам, образованным телами совсем иного масштаба! Это было, конечно, ошибочно, но, как видим, оказалось правомерным в мире микромасштабов. – *Примеч. ред.*

скоростей спорадических метеоров. Эпик стал утверждать, что свечение метеоров должно мало зависеть от их скорости вследствие того, что оно создаётся в основном нейтральными атомами, а увеличение скорости должно ускорять процесс ионизации. Поэтому излучение, которое они успевают испустить за время пребывания в нейтральном состоянии, якобы остаётся почти неизменным. Однако эта аргументация не была основана на изучении процессов диссоциации, ионизации и возбуждения испарившихся атомов и молекул, а явилась просто попыткой обосновать идеи, возникшие у Эпика при анализе ошибочных определений метеорных скоростей.

В 1955 г. Эпик в обширной работе [Э131] пересмотрел вопрос об излучении метеоров, используя новые экспериментальные и теоретические данные об атомных столкновениях. В этой работе (как и во всех последующих) он даже не упоминает о своих взглядах 1948 года, потому что приходит практически к подтверждению своей работы 1933 года.

В этой работе Эпик значительно уточнил и развил теорию метеорного излучения. Он показал, что примерно 3% всех столкновений – неупругие и что на возбуждение уходит примерно половина энергии налетающего атома, каждое столкновение характеризуется так называемым эффективным сечением. Это величина с размерностью площади, определяющая вероятность данного процесса. Эпик произвёл кропотливые расчёты сечений возбуждения десятка атомов, свечение которых преобладает в метеорных спектрах, и зависимости этих сечений от скорости столкновения.

Далее он учёл, что данный возбуждённый уровень может заполняться не только путём возбуждения с основного уровня, но и путём каскадных переходов с вышележащих уровней. Такое название эти переходы получили благодаря тому, что перескоки электрона с одного возбуждённого уровня на другой, нижележащий, а потом на третий и т.д. действительно напоминают каскадный водопад.

Эпик принял во внимание и такую возможность. Ионизованные атомы могут рекомбинировать, иначе говоря оторвавшийся электрон может снова “сесть на место”. Но на какое? Эпик рассчитал вероятности заполнения различных уровней за счёт рекомбинации и энергию излучения, которую в этом процессе отдаёт атом. Оказалось, что рекомбинационное излучение в расчёте на один акт захвата электрона отдаёт в шесть раз больше энергии, чем один средний процесс возбуждения. Но в общем излучении вклад возбуждения преобладает, потому что число актов возбуждения намного больше числа актов рекомбинации с излучением.

В 1958–1963 гг. Эпик уточнял и развивал свою теорию, а также опубликовал полезные таблицы, в которых приводились результаты его многочисленных расчётов [Э147, 149, 177].

Работы Эпика по теории метеорного излучения заложили основы метеорной астрономии, т.е. науки об элементарных процессах в

метеорной “коме”. Дальнейшие исследования в этой области выполнили австралийский ученый У. Баггали, немецкий астроном П. Глэде, российский астроном В.А. Бронштэн, украинский астроном И.Н. Ковшун и другие.

В 1937 г. немецкий астроном И. Хоппе [125] вывел основные уравнения движения метеорного тела в атмосфере: уравнение торможения и уравнение потери массы. К ним он добавил третье уравнение: уравнение свечения, согласно которому, интенсивность излучения метеора пропорциональна произведению испарившейся массы (точнее, скорости испарения) на кинетическую энергию этой массы, которая, как известно, равна половине квадрата скорости. Коэффициент пропорциональности в этом уравнении τ Хоппе назвал коэффициентом светимости.

Встал вопрос о величине этого коэффициента и о его зависимости от скорости метеора. Теоретическое исследование коэффициента светимости было выполнено Эпиком в его работе 1933 года [Э62] на основе теории атомных столкновений. Разработав приближённый метод анализа неупругих столкновений, ведущих к возбуждению и ионизации атомов, он применил его к случаю атомов железа и азота и нашёл долю кинетической энергии метеорного тела, переходящую в излучение в видимом участке спектра (точнее, в интервале длин волн 4500–5700 Å). Для различных по своим размерам метеорных тел он нашёл, что эта доля заключена в пределах от 0,0005 до 0,006, изменяясь приблизительно пропорционально скорости.

Эти результаты Эпика в 1938 г. положил в основу обработки гарвардских метеорных фотографий американский астроном Фред Уиппл [191]. В течение длительного времени все использовали как вывод Эпика о том, что у ярких метеоров коэффициент светимости τ приблизительно пропорционален скорости, так и найденное им численное значение τ . Эта модель получила название модели А. В 1965 г. она была подтверждена американским астрономом итальянского происхождения Франко Верниани, на основании обработки 413 фотографических наблюдений метеоров [188].

Однако Э. Эпик ещё в 1955 г. [Э131] пришёл к выводу, что зависимость коэффициента светимости от скорости имеет более сложный вид – с максимумом в области сравнительно низких скоростей и спаданием в сторону больших скоростей по закону, близкому к обратной пропорциональности (иначе говоря, в области больших скоростей коэффициент светимости обратно пропорционален скорости). Эта модель получила название модели В. Эксперименты с искусственными метеорами и лабораторные эксперименты с бомбардировкой метеорных атомов или небольших твёрдых частиц молекулами воздуха, проведённые в 60-х годах несколькими группами американских экспериментаторов, подтвердили модель В.

Переход к модели В требовал пересмотра шкалы масс метеороидов. На необходимость такого пересмотра указывал, начиная с

1963 г., украинский астроном И.Н. Ковшун [36]. Он составил удобные таблицы и построил номограмму для вычисления масс метеороидов по их блеску и скорости [37].

В 1981 г. В.А. Бронштэн [11] привёл простое доказательство справедливости модели В. Как известно из теоретической физики и экспериментальных данных, зависимость от энергии сечений возбуждения атомов за счёт их взаимных столкновений хорошо представляется так называемым приближением Борна. Оно выражается кривой с максимумом. Но, как мы знаем, энергия пропорциональна квадрату скорости, а интенсивность излучения – числу актов возбуждения. Стоит только отложить по осям скорость вместо энергии и интенсивность излучения вместо числа актов возбуждения, и мы получим модель В. Итак, идея Эпика имеет не только экспериментальное, но и теоретическое обоснование.

Гипотеза “пылевых шариков”

В 1950 г., обрабатывая результаты фотографических наблюдений метеорного дождя Драконид 9 октября 1946 г., американские астрономы Луиджи Яккиа (по национальности итальянец), Зденек Копал (по национальности чех) и канадец Питер Миллман [130] обратили внимание на то, что высоты исчезновения большинства метеоров, даже довольно ярких (до минус второй звёздной величины*), расположены на уровне 90 км и выше, и лишь очень яркие метеоры (минус 5-й величины) проникают до 85 км. Короткая длина пути метеоров (7–10 км) свидетельствовала об их быстром испарении. Для этого плотные каменные метеорные частицы должны были иметь радиусы 0,01 см и менее, тогда как фотометрические массы (определённые по блеску метеоров) у частиц из потока Драконид составляли от одного до 10 г.

Это противоречие и привело Эпика [Э133] в 1955 г. к концепции “пылевых шариков” (dustballs), или, как их чаще принято называть в нашей литературе, “пылевых комочков”. Суть этой концепции состоит в том, что многие метеорные тела (в частности, Дракониды) в действительности состоят из множества пылевых зёрен, слабо связанных друг с другом. При начале испарения эти связи разрушаются и дальше каждое зерно испаряется само по себе. Поскольку размеры зёрен малы (по оценке Эпика для Драконид 45–135 мкм), испарение завершается быстро – намного быстрее, чем в случае плотного каменного тела той же массы, что и масса “комка”. Но благодаря большому числу зерен в “комке” (по Эпику, 10^5 – 10^6) суммарный

* Блеск ярких звёзд, планет и болидов выражается отрицательными звёздными величинами. Так, блеск Венеры – минус 4-я величина, блеск полной Луны – минус 12,7 величины, и т.д.

блеск получается большим. Вскоре данные, полученные по Драконидам, нашли подтверждение в результате обработки визуальных наблюдений метеоров Аризонской экспедиции и фотографических наблюдений Леонид.

Введение гипотезы о “пылевых комочках” не только устраняло противоречие между массами и длинами путей у Драконид и других метеоров, но открывало путь к разрешению ещё одного противоречия, тесно связанного с первым: между фотометрическими и динамическими массами. Массы, о которых речь шла выше, определялись фотометрическим методом (по уравнению свечения и блеску), а малая длина пути свидетельствовала о быстром торможении, что на основании уравнения торможения приводило к малым значениям динамических масс. С точки зрения концепции “пылевых комочков” динамические массы – это массы отдельных зёрен, из которых состоит “комочек”, фотометрические же массы дают полную массу “комка”.

После обоснования Фредом Уипплом в 1950 г. ледяной модели кометных ядер* [192] гипотеза “пылевых комочков” получила и некоторое космогоническое обоснование, поскольку и Дракониды, и Леониды, и метеоры других потоков, а также, несомненно, большинство спорадических метеоров имеют кометное происхождение.

В качестве аргумента в пользу своей гипотезы Эпик приводит следующее обстоятельство. Как показали наблюдения метеоров Аризонской экспедиции и фотографии Драконид и Леонид, метеоры появляются (независимо от блеска, скорости и угла входа) в точке, где скоростной напор (произведение плотности воздуха ρ на квадрат скорости V^2 , т.е. величина ρV^2) равен 10^4 дин/см². Как полагает Эпик, это означает, что такой скоростной напор является предельным для прочности “пылевых комочков”; они распадаются на отдельные зёрна; это сразу увеличивает суммарную площадь лобового сечения, и мы наблюдаем появление метеора. Если бы причиной появления метеора было достижение каждым зерном (после распада “комка”) режима интенсивного испарения, то выполнялось бы условие $\rho V^3 = \text{const}$. Однако при этом мы наблюдаем разброс значений ρV^3 в точках появления метеора в шесть раз, тогда как разброс значений ρV^2 – только в два раза.

Что же говорят другие наблюдения, более поздние и многочисленные? Чехословацкий астроном Зденек Цеплеха и его американский коллега Ричард Мак-Кроски [99] из анализа условий разрушения относительно крупных плотных тел получили показатель степени при V равным 2,5. Почти такое же значение (2,6) получили по 315 метеорам, наблюдавшимся в Душанбе и в Одессе, а также по высотам метеоров, сфотографированных в США, таджикский астроном П.Б. Бабаджанов и украинский астроном Е.Н. Крамер [8].

* Идея ледяного состояния тела кометы вдали от Солнца, по-видимому, впервые была высказана петербургским физиком академиком Ф.У.Т. Эпинусом в 1781 г. (см., например, Земля и Вселенная, 1975, № 1). – *Примеч. ред.*

Уже упоминавшийся американский астроном Франко Верниани по 4233 высотам слабых радиометеоров уверенно получил показатель 1,5 [188]. Зато каталог 413 слабых фотографических метеоров Л. Яккиа, Ф. Верниани и Р.Э. Бриггса [131] дал 3,5. Правда, в этом каталоге были собраны метеоры с большой длиной пути, т.е. они соответствовали более прочным телам.

Из всего этого материала Эпик и другие астрономы сделали правильный вывод о том, что среди метеорных тел встречаются разные структуры. Существуют плотные, есть рыхлые и вполне вероятно существование “пылевых комочков”. Дополнительный довод в их пользу дало изучение явления вспышек метеоров, проведённое российскими и украинскими астрономами. При вспышке, как показывает её длительность (сотые доли секунды), метеорное тело дробится на частицы размером в несколько десятков микрометров, которые тут же испаряются. Это и есть зёрна, о которых говорил Эпик.

В 1958 г. вышла большая монография Эпика под названием “Физика полёта метеора в атмосфере” [Э147], изданная в Нью-Йорке и Лондоне на английском языке. В ней были собраны результаты многолетних исследований учёного в этой области. Некоторые из них развивались дальше по сравнению с ранее опубликованными работами. В течение 25 лет эта монография служила основным руководством для западных исследователей, в то время как наши учёные опирались на монографию Б.Ю. Левина “Физическая теория метеоров и метеорное вещество в Солнечной системе” [48], изданную двумя годами раньше. Эпик получил эту книгу незадолго до выхода своей собственной, так что он смог лишь упомянуть о ней в корректуре, но не имел времени её как-либо использовать. Лишь в 1963 г., после выхода немецкого переиздания этой книги, Эпик опубликовал подробную рецензию на неё [Э184].

Вот какую оценку давал книге Эпика один из авторов настоящей книги (В.А. Бронштэн) в 1981 г. в монографии “Физика метеорных явлений” [11, с. 18]:

«В 1958 г. вышла книга Э. Эпика “Физика полета метеора в атмосфере”. В этой монографии были подведены итоги исследованиям её автора в области физики метеорных явлений за 25 лет. В отличие от монографии Б.Ю. Левина книга Э. Эпика уделяет гораздо больше внимания физическому описанию процессов излучения метеора и абляции метеороида, зато процессы нагревания, загорания отлетающими и испаряющимися молекулами, торможения и потери массы описаны в ней гораздо более сжато. Обе монографии довольно удачно дополняют друг друга».

И это было действительно так. В последующих публикациях обоих авторов мы не найдем взаимной критики, а тем более дискуссии, как было у Эпика с Хофмейстером и со сторонниками принадлежности большинства метеорных тел Солнечной системе.

“Космические встречи”

В метеорной астрономии нередко перед исследователем возникает одна из следующих двух задач: 1) как учесть при статистике элементов орбит метеоров и болидов тот факт, что тела, движущиеся по орбитам с одним набором элементов, имеют большую вероятность встречи с Землей, чем тела с другим их набором, и во сколько раз?; 2) какова вероятность падения на Землю более крупных тел, например, небольших астероидов или ядер комет?

Обе эти задачи сводятся к одной: какова вероятность встречи с Землей малых тел Солнечной системы, если элементы их орбит заданы?

Эту задачу впервые поставил и решил Эрнст Эпик в 1951 г. [Э99].

Для того чтобы метеорное тело (комета, астероид) могло упасть на Землю, нужно, разумеется, чтобы орбиты малого тела и Земли пересекались. Но это ещё не всё. Нужно, чтобы Земля и метеорное тело оказались в точке пересечения орбит одновременно. Фактически речь идёт не о точке, так как земной шар имеет определённые размеры, а о некоторой области. Вероятность прохождения Земли через эту область примерно равна отношению диаметра Земли к длине земной орбиты. Это отношение нам известно. Сложнее с вероятностью прохождения через ту же область метеороида (астероида, кометы). Однако, зная элементы его орбиты, эту величину можно подсчитать. Именно такую задачу и решил Эрнст Эпик. Окончательная вероятность встречи равна произведению обеих вероятностей: прохождения через “область встречи” Земли и метеороида.

Формула Эпика вошла во всеобщий обиход. Но в ней было два недостатка. При компланарности орбит Земли и метеороида (т.е. если они обе лежат в одной плоскости), а также в случае их тесного касания 2-го порядка (когда в точке касания нормали к обеим орбитам совпадают*) математическое ожидание встречи стремится к бесконечности, а её вероятность – к единице. Между тем вероятность, равная единице, – это достоверность (иначе говоря, встреча произойдет непременно), тогда как на самом деле даже при соблюдении указанных выше условий встреча может и не произойти. Выражаясь математическим языком, формула Эпика содержала особенности, которых, исходя из существа дела, быть не должно.

Это обстоятельство исследовал в 1980 г. В.А. Бронштэн [12]. Он выявил причину ошибки Эпика. Земной шар в своём движении по орбите описывает фигуру, именуемую тором (такую форму имеют баранка, спасательный круг). Эпик заменял небольшой отрезок тора,

* Это определение неточно. Более точное определение читатель найдет в справочниках и в курсах аналитической геометрии.

где происходит встреча, отрезком цилиндра (для упрощения расчётов), а вот этого как раз делать было нельзя. Когда вместо уравнения цилиндра подставили уравнение тора, все особенности исчезли.

Теперь, зная элементы орбиты метеороида, можно было приписать ему определённый “астрономический вес”, равный обратной величине вероятности встречи. При проведении статистики элементов орбит метеоров и болидов число объектов в данном интервале рассматриваемого элемента орбиты следовало умножать на этот вес. Тем самым мы компенсировали преобладание среди наблюдаемых метеоров объектов, встречи которых с Землёй более вероятны, по сравнению с теми, встречи с которыми менее вероятны. Такой процесс называется учётом астрономической селекции.

Вторая задача аналогична первой, но отличается от неё тем, что мы не знаем точных элементов орбит комет и астероидов, частоту встреч с которыми нам следует ожидать (и опасаться).

Почему мы говорим здесь об опасениях? Всё зависит от размеров угрожающего Земле тела. Тунгусский метеорит, взорвавшийся 30 июня 1908 г. над глухой сибирской тайгой, повалил лес на площади свыше 2000 квадратных километров и стал причиной лесного пожара. Только редкая населённость местности послужила причиной того, что из людей никто не пострадал. Но погибли олени. Если бы такой метеорит упал на город или вообще в густо населённой местности, он вызвал бы страшные разрушения и гибель многих людей. Напомним, что масса Тунгусского метеорита оценивается в два миллиона тонн [16].

А если упадёт ещё более крупное тело? Масса каменного астероида диаметром 10 км составляет 1,5 триллиона ($1,5 \cdot 10^{12}$) тонн, т.е. он примерно в миллион раз массивнее Тунгусского метеорита и несёт во столько же раз больше энергии. Последствия столкновения Земли с астероидом или ядром кометы Эпик проанализировал в работе 1958 года [Э146]. Удар такого тела о поверхность суши вызовет не только образование кратера примерно в 100 км диаметром и колоссальные разрушения на обширной территории, но и выброс в атмосферу громадного количества пыли, которая, окутав Землю плотным покрывалом, вызовет резкое похолодание (“ядерную зиму”). Нарушение озонового слоя в атмосфере может привести к ещё более неприятным для человечества, для животного и растительного мира последствиям.

Вот почему расчёт вероятности встречи Земли с подобными телами приобретал актуальность.

Задача была трудная, и Эпик прекрасно понимал это. И дело было не в математических трудностях (их Эпик преодолел при решении первой задачи). Главное препятствие состояло в том, что нам не были известны все тела, способные сталкиваться с Землей (или хотя бы большинство их). Напротив, известные нам тела (астероиды и кометы) составляли лишь малую долю потенциально опасных тел.

Как известно, бóльшая часть астероидов образует широкий пояс или кольцо между орбитами Марса и Юпитера. Эти астероиды не представляют для нас опасности, так как их орбиты не пересекают земную. Но есть три группы астероидов, с которыми приходится считаться. Это группа Амура – астероиды, заходящие внутрь орбиты Марса, группа Аполлона – пересекающие орбиту Земли, и группа Атона – чьи орбиты лежат внутри земной орбиты. Очевидно, что наибольшую опасность для нас представляют астероиды группы Аполлона.

Что касается комет, то среди них наибольшую опасность представляют короткопериодические кометы с малыми перигельными расстояниями, которые тоже могут пересекать земную орбиту. Впрочем, не исключена возможность пересечения земной орбиты и долгопериодической кометой.

Эпик рассмотрел ансамбль астероидов группы Аполлона, известных к тому времени, и оценил их общее количество, исходя из условий и вероятности их открытия. Аналогичный расчёт он выполнил для ансамбля короткопериодических комет. Это дало ему возможность сделать оценки вероятности столкновения тех и других тел с Землей. И вот что получилось [Э186].

Тела диаметром 130 м и более могут “посещать” Землю в среднем раз в 22 000 лет. Из них 60% – это астероиды группы Аполлона, а 40% – ядра комет. Тело с таким диаметром имеет массу в один миллион тонн, если это ядро небольшой кометы, и три миллиона тонн, если это маленький астероид. В обоих случаях такая масса сравнима с приведённой выше оценкой массы Тунгусского метеорита.

Итак, по Эпику, “тунгусские метеориты” должны падать на Землю в среднем один раз в 20 000 лет. На первый взгляд, так оно и получается. История не сохранила нам сведений о падениях метеоритов такого масштаба. Ничего нельзя извлечь и из старинных легенд. Гибель Атлантиды, разрушение Содома и Гоморры больше напоминают проявления вулканотектонических процессов, чем последствия удара метеорита. Зато знаменитый Аризонский метеоритный кратер диаметром 1200 м, образованный ударом железного метеорита массой около миллиона тонн, в этом смысле подходит. Его возраст, по оценкам геологов, в среднем как раз 20 000 лет.

Но вот сравнительно недавно были обнаружены забытые сообщения о падении 13 августа 1930 г. в Бразилии, в густых джунглях, гигантского метеорита, который тоже, подобно Тунгусскому, взорвался в воздухе [15]. Посланная туда экспедиция не обнаружила осколков метеорита. Но были обнаружены три депрессии, возможно связанные с этим явлением. По сейсмограммам удалось оценить его энергию. Она была хотя и меньше энергии Тунгусского взрыва, но сравнима с ней.

Ещё один гигантский метеорит упал 9 декабря 1997 г. в Гренландии [15]. Льды и снега долго мешали учёным добраться до места па-

дения. И на этот раз метеорит раздробился на мельчайшие осколки, которые удалось собрать. Метеорит был каменным. Его масса опять-таки уступала Тунгусскому, но не более чем на порядок.

Три гигантских метеорита за столетие! За последнее время многие учёные пересмотрели оценку Эпика и пришли к другим результатам. Но об этом мы расскажем ниже. А пока продолжим изложение выводов Эпика.

Тела диаметром в полкилометра и более должны, по оценке Эпика, атаковать Землю раз в 600 тысяч лет; среди них 40% это астероиды, 60% – ядра комет. Для двухкилометровых тел средний интервал между столкновениями составляет уже 14 млн лет, причём кометы должны сталкиваться с Землёй втрое чаще, чем астероиды, и т.д.

В 1976 г. Эпик подытожил свои исследования в этой области в монографии “Космические встречи” объёмом 156 страниц, изданной одновременно в Амстердаме, Лондоне и Нью-Йорке [Э252]. Подзаголовок книги гласит: “Близкие гравитационные взаимодействия”. И действительно, в ней рассматриваются не только вопросы вероятности столкновений, но и небесно-механические проблемы движения малых тел Солнечной системы в поле тяготения Солнца и планет. Основой книги послужили лекции, которые автор читал в Мэрилендском университете в 1970–1973 гг. (не будем забывать, что ему в эти годы было 77–80 лет).

Оценки частоты встреч Земли с ядрами комет и астероидами в этой книге повторяют оценки 1951 года. Однако другие учёные несколькими годами позже пришли к совсем иным оценкам.

В 1981 г. NASA (Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США*) спонсировало специальную программу Spacewatch Workshop (рабочая группа “Космический патруль”), предназначенную для поисков тел менее 1 км, способных столкнуться с Землей [41]. В 1983 г. известный открыватель комет и исследователь малых тел Солнечной системы Юджин Шумейкер (1928–1997)** сделал новую оценку числа астероидов и комет, пересекающих земную орбиту [172]. Согласно его расчёту (получившему подтверждение в работах 90-х годов), тела, подобные Тунгусскому метеориту, должны выпадать на Землю раз в 300 лет, т.е. в 60–70 раз чаще, чем полагал Эпик. Конечно, здесь речь идёт о всей Земле, а примерно 78% её поверхности занимают океаны, а на суше много места приходится на Антарктиду, пустыни и другие малообитаемые районы. В населённые области земного шара метеориты такого масштаба должны падать, по оценке Шумейкера и других учёных последнего времени, раз в одну-две тысячи лет, притом чем

* Организовано 1 января 1958 г. Осуществляет руководство всеми космическими программами США [41].

** Юджин Шумейкер трагически погиб в автокатастрофе 18 июля 1997 г.

меньше тело, тем чаще. Поскольку и Бразильский, и Гренландский метеориты были меньше Тунгусского, факты их падения в пределах одного столетия не противоречат расчётам Шумейкера и его последователей (некоторые из них использовали статистику лунных кратеров, образованных, как теперь уже окончательно выяснено, ударами метеоритов, астероидов и ядер комет).

То, что оценка Эпика подверглась столь значительному “исправлению”, нисколько не преуменьшает его заслуг в постановке и первом решении проблемы. Эта проблема имеет значение не только в астрономии, но и, как ни странно, в палеонтологии. Сейчас учёные всё больше склоняются к тому, что сравнительно быстрая гибель динозавров на границе мела и палеогена (около 65 млн лет назад) была вызвана ударом 10-километрового астероида, причём местом удара мог быть полуостров Юкатан в Южной Америке. Доказательством этой гипотезы является обнаруженный в 1979 г. нобелевским лауреатом Уолтером (Луисом) Альваресом тонкий слой иридия на границе мела и палеогена [87]. (Дальнейшие исследования выявили его не только в предполагаемом месте удара, но, например, и в Туркмении.) Хорошо известно, что иридий практически отсутствует в породах земной коры, но он заметно представлен в метеоритах. Расчёты по иридию и позволили оценить диаметр астероида, полагая его состав подобным составу хондритов (наиболее распространённых каменных метеоритов). Если бы такое тело ударилось о поверхность Земли, должна была бы наступить “ядерная зима” (ввиду ослабления солнечного тепла из-за колоссального запыления атмосферы). Резкое похолодание и могло послужить причиной гибели холонокровных динозавров, тогда как теплокровные млекопитающие выжили.

Эпик тогда же, в 1979 г., сообщил читателям “Ирландского астрономического журнала” об этом открытии, воздержавшись от комментариев.

Интересно, что оценки частоты подобных катастрофических ударов у Эпика и Шумейкера сходятся (в отличие от частот ударов меньших тел), потому что оба учёных приняли несколько различных законы распределения малых тел по массам.

В России в середине 90-х годов был создан Международный институт проблем астероидной опасности (МИПАО), в задачи которого входит как обнаружение потенциально опасных объектов, так и разработка путей предупреждения их удара о Землю. В число этих мер входят изменение орбиты угрожающего тела, “расстрел” его ядерными снарядами с раздроблением на осколки, достаточно малые, чтобы не представлять опасности, и некоторые другие. Работа ведётся в тесном контакте со специалистами США и других стран.

Кометы с различных точек зрения

До 60-х годов Эпик уделял кометам сравнительно мало внимания, публикуя лишь отдельные заметки о наблюдениях некоторых ярких комет. В 1963 г. он опубликовал свою первую серьезную работу о кометах под названием “Фотометрия, размеры и скорость абляции комет” [Э183].

К этому времени был накоплен обширный наблюдательный материал по фотометрии комет, причём большая заслуга в этом принадлежала отечественным учёным. Хуже было с теорией. До 1950 г. не имелось даже чёткого представления о природе ядер комет, пока Фред Уиппл (США) не доказал [192], что они – ледяные, причём основным компонентом является обычный водяной лед H_2O . На втором месте стоит “сухой лёд” CO_2 , и уже потом такие вещества как метан CH_4 , аммиак NH_3 и другие.

Спектроскопия выявила в составе газовой оболочки комет множество сложных молекул. В спектрах комет, проходивших близко от Солнца, наблюдались линии кремния и металлов (железа, магния, натрия и др.). Это означало, что ядра комет содержат пылевые частицы и по виду могут напоминать грязный мартовский снег.

Эпик высказал мнение, что блеск комет изменяется обратно пропорционально первой степени, а не квадрату расстояния от Земли, как было принято всеми. Это мнение Эпика не получило, однако, подтверждения в ходе дальнейших исследований.

Эпик изучил обстоятельства вспышек блеска у некоторых комет и пришёл к выводу, что при этом происходит резкое выбрасывание газов из ядра, причём в их составе наблюдаются вещества со сравнительно низким молекулярным весом (7–8 против 18 у H_2O и 46 у CO_2) и с различной степенью летучести. Вспышка происходит при быстром увеличении площади испарения. Эпик подсчитал скорость испарения и ввёл понятие об эффективном фотометрическом радиусе.

В июле 1965 г. Эпик принял участие в 13-м Международном астрофизическом симпозиуме по физике комет в Льеже (Бельгия), где сделал два доклада. Оба они были опубликованы в 1966 г. в трудах симпозиума [Э201, 202].

Первый доклад называется “Динамические аспекты происхождения комет” и занимает в трудах симпозиума 52 страницы. Это – большое, серьезное исследование [Э201].

По вопросу о происхождении комет в науке существовало несколько точек зрения: межзвёздное происхождение (ранние взгляды В.В. Радзиевского); образование в пределах Солнечной системы в результате извержений из планет-гигантов или их спутников (С.К. Всехсвятский) и некоторые другие.

В 1950 г. голландский астроном Ян Оорт предложил следующую гипотезу происхождения комет [157]. На границах Солнечной системы

на расстояниях около 100–200 тыс. астрономических единиц, существует своеобразный “холодильник” комет – облако Оорта, образовавшееся одновременно с самой Солнечной системой, около 4,6 млрд лет назад. Возмущения от близко проходящих звёзд заставляют некоторые кометы менять орбиты и проникать вглубь Солнечной системы. Так, по Оорту, возникают долгопериодические кометы. Возмущения от Юпитера превращают некоторые из них в короткопериодические.

Эпик в своей работе [Э201] даёт количественный анализ этой схемы. Ещё в 1932 г. он рассмотрел влияние возмущений от звёзд на орбиты почти параболических комет [Э58]. Теперь эта работа пригодились. Эпик преодолел некоторые динамические трудности схемы Оорта – в той её части, где голландский астроном рисовал образование комет в первичном околозвёздном облаке, и предложил свою модель. Он последовательно рассмотрел аккрецию (налипание) частиц на зародыши планет, а затем образование кометных ядер из межзвёздного вещества, избавившись от некоторых произвольных допущений Оорта и заменив их следствиями теоретических расчётов. По его модели, при близких встречах с планетами ядра комет получали ускорение, что выводило их на далёкие орбиты.

Эпик пришёл к выводу, что аккреция в первичном облаке – слишком медленный процесс. Но уже при формировании прото-Юпитера и других планет-гигантов кометные ядра могли возникнуть. Аккреция межзвёздного вещества, даже с учётом гравитационных воздействий, – как показал Эпик, – процесс неэффективный, если мы не предположим наличия локальных сгущений этого вещества. Эпик проследил процесс формирования кометных ядер в протопланетном облаке и их выброс в “облако Оорта” как бы на фоне самого процесса формирования планет. Поэтому его работа по своему значению выходит за пределы только проблемы происхождения комет.

Вот как оценил эту работу Эпика известный российский космогонист В.С. Сафронов в монографии [65] в 1969 г.: “Вывод о том, что выброшенная масса* была мала, сделан в интересной работе Эпика (1965) о динамических аспектах образования комет на основании рассмотрения механизма увеличения скоростей тел при сближениях с планетой. Эпик приходит к заключению, что выброшенными на большие расстояния могли быть только крупные тела величиной порядка ядер комет (от 1 до 100 км в поперечнике). Более мелкие тормозились при столкновениях с другими телами и оставались в [Солнечной] системе”. Далее В.С. Сафронов приводит свои соображения, из которых следует, что найденный Эпиком нижний предел размеров выбрасываемых тел снижается с 1 км до 10 см, а

* Имеется в виду масса, выброшенная за пределы Солнечной системы в процессе роста планет-гигантов по схеме Оорта.

выброшенная планетами масса могла быть значительно большей, чем полагал Эпик. Но эта критика касается лишь количественных оценок, а идея работы Эпика встречает весьма положительную оценку*.

Вторая статья Эпика, опубликованная в трудах льежского симпозиума, называется “Ядра комет как основной источник метеоритов” [Э202]. Эта небольшая статья (6 страниц) представляет собой сокращённый вариант более полного исследования, опубликованного в 1965 г. в сборнике “Успехи астрономии и астрофизики”, изданном престижным издательством Academic Press в Нью-Йорке и Лондоне. Объём полного текста – 36 страниц.

В этой работе Эпик на основе анализа орбитальных критериев и динамики орбит предполагаемых родительских тел метеоритов приходит к выводу, что единственным непротиворечивым источником метеоритов являются “высохшие” и распадающиеся ядра короткопериодических комет. Согласно его оценке, в околоземном пространстве Солнечной системы имеются от 10 до 100 тысяч остатков комет типа кометы Энке. Мы их не видим, так как они уже потеряли все газы и льды, и испарение с их поверхности не происходит. По мнению Эпика, минералогические и кристаллографические характеристики метеоритов отображают условия, существовавшие во время начальных стадий образования планет.

Эту гипотезу Эпик развивал и в ряде последующих публикаций. Но учёный мир отнёсся к ней скептически. Большинство учёных считали (и продолжают считать), что метеориты – это осколки астероидов, а не комет. Книга российской исследовательницы А.Н. Симоненко, вышедшая в 1979 г., так и озаглавлена: “Метеориты – осколки астероидов” [67].

Однако Эпик ещё в 1963 г. [Э183] предложил другую гипотезу, ещё более радикальную. Он предположил, что сами астероиды групп Амура и Аполлона – это не что иное как ядра “высохших” комет. Это заключение он мотивировал тем, что скорость пополнения групп Аполлона и Амура из главного пояса астероидов слишком мала, чтобы обеспечить их наблюдаемое количество (с учётом ещё не открытых, число которых определяется путем экстраполяции и с учётом вероятности открытия).

В пользу этой гипотезы Эпика говорили и некоторые факты. Так, для весьма обильного метеорного потока Геминид, наблюдаемого в декабре, долго не могли подобрать комету-родоначальницу (подобно метеорам потоков Персеид, Леонид, Драконид и многих других). И вдруг оказалось, что орбита потока почти совпадает с орбитой астероида 3200 Фаэтон. Значит, он – родоначальник потока? Неужели он – бывшая комета?

* Согласно Эпику, кометы зарождаются в протопланетном облаке и “додельваются” на его периферии за счёт межзвёздного вещества.

Некоторые кометы с годами утрачивают свой типично кометный вид, лишаются хвоста и комы и выглядят как обычные астероиды.

И всё-таки гипотеза Эпика встретила серьёзную критику. В 1981 г. серьёзные сомнения в её реальности высказал американский астроном Ф. Уиппл [194]. В 1984 г. обоснованную критику её дали российские астрономы Б.Ю. Левин и А.Н. Симоненко [49].

В 70-х гг. группа американских астрономов открыла новый источник пополнения групп Аполлона и Амура из главного пояса астероидов – благодаря эффекту резонанса астероиды “выметаются” с орбит, периоды обращения по которым находятся в простой соизмеримости (например, 2:1, 3:2 и т.д.) с периодами больших планет. Правда, и с учётом резонансов притока из главного пояса нехватало, но разрыв был уже не столь велик. Зато и переход с кометных орбит на метеоритные наталкивался на серьёзные динамические трудности.

Ещё серьёзнее для гипотезы Эпика были трудности астрофизические. Анализ структуры метеоритов показывал, что в прошлом они нагревались до температур в сотни градусов и испытывали сильное давление, т.е. находились внутри тел, по размерам превосходивших известные нам ядра комет. Да и как они могли нагреться до столь высоких температур в ледяном ядре?

Все эти соображения говорили против гипотезы Эпика. К тому же комета Аренда–Риго, которую считали уже “высохшей”, вдруг в 1980 г. “проснулась” и снова приняла свой типично кометный вид.

Гипотеза Эпика, несмотря на её явную неудачу, тем не менее, имела положительное значение для науки. Она пробудила интерес к проблеме, инициировала целую серию новых исследований, как теоретических, так и наблюдательных, и экспериментальных (изучение метеоритов), расшевелила умы.

Между тем сам Эрнст Юлиус Эпик продолжал разрабатывать проблемы космогонии Солнечной системы, перейдя от частных вопросов (происхождение метеоритов и комет) к общим проблемам. Детальное изложение его многосторонней теории было сделано им на научных семинарах университета штата Мэриленд в 1970 г. (20 часов) и в 1973 г. (40 часов). Кроме того, этой проблеме Эпик посвятил свои обзорные лекции в отделе наук о Земле и планетах университета Питтсбурга (США) в мае 1969 г., в Королевской обсерватории Эдинбурга в январе 1970 г., на конференции NASA по космогонии в Пасадене в марте 1970 г., на обсерватории Спроул (штат Пенсильвания, США) в апреле 1973 г. (Не будем забывать, что ему в это время было уже 80 лет.) Основные идеи были им изложены несколькими годами раньше, в 1965 г., в популярной лекции в Вашингтоне, содержание которой было опубликовано в 1968 г. в маленькой заметке “Строительный материал планет” [Э216].

В 1971 г. Эпик опубликовал большое исследование “Семейства комет и занептунные планеты” [Э234], в котором он изучил распределения по долготе афелиев долгопериодических комет и других элементов их орбит. Эпик выявил и составил каталог 97 семейств комет, включающих 274 кометы. Он представил и первичную статистическую обработку каталога. В этой работе исследованы условия гравитационного захвата комет, а также влияния негравитационных эффектов на их орбиты.

Изложение основных теоретических соображений Эпика содержалось в большой работе “Кометы и образование планет” [Э237]. В ней проводится исследование физических и механических процессов, ведущих к образованию планет. Особое внимание уделено промежуточной роли кометных ядер. Хотя рассмотрение и выводы автора основаны на модели эволюции допланетной солнечной туманности, предполагающей замерзание водорода в зоне планет-гигантов, эти выводы имели более широкое значение и были приложимы к другим космогоническим моделям, а также к некоторым фазам процесса образования звёзд. Физическими, механическими и статистическими методами в этой работе были изучены общее число и масса комет в облаке Оорта, диаметры и массы кометных ядер, процесс образования “зародышей” в результате гравитационной и других неустойчивостей в газовой среде и последующего слипания твердых частиц, наконец, условия и времена взаимодействия комет с планетами и последствия распада комет.

Внутренне согласованная модель Эпика предполагает образование комет и планет в допланетных кольцах внутри околосолнечной туманности с последующим выбрасыванием комет планетами-гигантами, главным образом Юпитером, в облако Оорта. Чтобы предотвратить распад комет в ходе их выброса, по Эпику, необходимо учесть экранирование от солнечного излучения комет поглощающим веществом, в основном пылью.

Более сжатое изложение этой работы (с учётом ряда новых публикаций) содержится в статье Эпика “Кометы и планеты: их взаимосвязанное происхождение” [Э246]. Эта работа делится на две части. В первой (12 страниц) кратко излагаются основные результаты; во второй (35 страниц) дается обоснование космогонической модели автора.

“В результате обширного морфологического исследования, – пишет Эпик во второй из упомянутых работ [Э246], ссылаясь при этом на первую [Э237], – которое согласуется с различными наблюдательными, экспериментальными и теоретическими данными, показано, что первичные “планетезимали”, из которых образовались планеты, должны были быть идентичны с современными ядрами комет”. И дальше шаг за шагом прослеживаются все этапы эволюции ансамбля этих планетезималей, о которых говорилось выше, исследуются все факторы, которые влияли или

могли повлиять на процесс эволюции. Все соображения подкрепляются формулами и расчётами.

Несмотря на всё это, данные работы Эпика не привлекли внимания российских космогонистов – В.С. Сафронова и его сотрудников: ни в книге [20], ни в ряде статей последнего времени ссылок на них нет.

Примерно такая же картина с отношением к трудам Эпика наблюдается и на Западе. Как отмечает американский историк науки Стивен Браш (Мэрилендский университет), эстонско-ирландский астроном Э.Ю. Эпик “в частных беседах оценивается учёными как внесший важный вклад в теорию эволюции Солнечной системы, но его работы не цитируются адекватно в опубликованной литературе” [97].

Проблема кратерообразования

Первой задачей, которую Эпик взялся решать в применении к Луне, была проблема происхождения лунных кратеров. Свою первую статью на эту тему он опубликовал ещё в 1916 г. [Э16]. С самого начала Эпик заявил себя как убеждённый сторонник метеоритной гипотезы образования лунных кратеров – в результате ударов о поверхность Луны метеоритов, а также более крупных тел: астероидов и ядер комет. В 1936 г. он вернулся к этой проблеме и предложил уже количественную теорию формирования кратеров при ударах метеоритов, опередив на год российского исследователя К.П. Станюковича.

Судьба работы Станюковича сложилась довольно печально. В то время как Эпик тут же опубликовал своё исследование в “Публикациях Астрономической обсерватории Тартуского университета” [Э72], Станюкович представил свою работу как дипломную при окончании Московского университета (и блестяще защитил её), а затем сделал о ней доклад на II Всесоюзной конференции по кометной и метеорной астрономии, состоявшейся в 1937 г. в Москве. Краткое сообщение о конференции и о докладе Станюковича было опубликовано тогда же И.С. Астаповичем [3]. Но лишь через 10 лет, в 1947 г., появилась первая публикация К.П. Станюковича (совместно с В.В. Федынским) [68], в которой были изложены основы взрывной теории происхождения метеоритных кратеров и сделано важное предсказание о том, что такие кратеры должны существовать на поверхностях Марса, Меркурия, астероидов и спутников планет. И только спустя три года, в 1950 г., аналогичное предсказание сделали Эпик [Э91], а также открыватель Плутона Клайд Томбо [182].

В статье 1947 года [68] К.П. Станюкович и В.В. Федынский ссылаются на обе работы Эпика: и на первую его статью 1916 года [Э16], и на публикацию 1936 года [Э72]. Правда, они никак их не

комментируют, а только упоминают, но для историка науки важно и это: значит, эти работы были им известны. Но уже в публикациях 1950 и 1960 годов [69, 70], в которых К.П. Станюкович даёт развернутое изложение своей теории, ссылок на Эпика мы не найдём. Скорее всего, это связано с начавшейся в советской научной печати тех лет кампанией “борьбы с космополитизмом”. Нет ссылок на работы Эпика по проблеме образования лунных кратеров и в гл. VIII книги “Луна” (авторы главы К.П. Станюкович и В.А. Бронштэн) [71], хотя, в отличие от работ [69, 70], ссылок на зарубежных авторов в этой книге сколько угодно (книга “Луна” печаталась в другом издательстве, куда, по-видимому, кампания борьбы с космополитизмом не запустила свои хищные лапы). В гл. IV той же книги (о лунной атмосфере, автор Н.Н. Сытинская) [76] не только упоминаются, но и подробно разбираются две работы Эпика, о чём мы расскажем ниже.

В чём же было отличие подходов Э. Эпика и К.П. Станюковича в задаче об ударе метеорита о поверхность планеты? Эпик полагал, что при таком ударе и тело-ударник, и наружный слой мишени приобретают свойства жидкости. Дальнейшее подобно падению жидкой капли на слой жидкости и описывается уравнениями гидродинамики.

К.П. Станюкович, весьма известный физик, специалист по газовой динамике и теории взрывных процессов, применил и здесь так называемую “взрывную аналогию”. Он считал, что после некоторого заглубления ударяющего тела в мишень оно мгновенно испаряется и происходит взрыв, равносильный взрыву такого же (или подобного) количества типичного ВВ (взрывчатого вещества). В более поздних работах он более детально рассмотрел весь процесс, начиная от момента первого соприкосновения тела с поверхностью, когда и по тому, и по другой пойдёт сильная ударная волна. Она-то и разрушает тело и часть окружающей породы.

Какая же схема лучше отражает действительность? По этому вопросу много лет велась оживлённая дискуссия. Мы уже приводили некоторые аспекты этой дискуссии в связи с заявлением Эпика [Э255] о проявлении в этом вопросе догматического подхода к научным проблемам (с. 73). Остановимся на этой дискуссии подробнее.

“Пробным камнем” для сравнения теоретических и иных оценок явилась масса Аризонского железного метеорита, оставившего хорошо сохранившийся кратер диаметром 1200 м. Ещё в 1943 г. К. Уайли [198] получил из сравнения Аризонского кратера с воронками от взрывов бризантных (легко взрывающихся) ВВ массу породившего его метеорита $M = 8000$ т, а в 1949 г. Ральф Болдуин [90] – даже 30 000 т. Однако в 1963 г. Болдуин [91] пересмотрел свою оценку и на основе параметров многих кратеров получил соотношение, из которого следовало, что $M = 2 \cdot 10^6$ т. Но метод, использованный Болдуином, крайне неточен. Сам Эпик в работе [Э146] получил для массы Аризонского метеорита $M = 5 \cdot 10^6$ т.

В 1960 г. американский физик Роберт Бьорк [93] выступил с критикой метода Станюковича и провёл расчёты гидродинамики процесса образования кратера. Он пришёл к выводу, что радиус кратера пропорционален корню кубическому из скорости удара, т.е. к тому же соотношению, которое получил Эпик в 1936 г. и которое он уточнил в 1958 г. [Э146]. Массу Аризонского метеорита Бьорк оценил как $M = 2 \cdot 10^6$ т.

В 1963 г. американские учёные Дж. Уолш и Дж. Тиллотсон [190] приняли в качестве критерия гипотезу подобия течения на поздней стадии формирования кратера (начиная с 30 мкс), что позволяло по параметрам одного кратера находить параметры другого. Они получили степенную зависимость радиуса кратера от скорости в виде $R \sim v^\alpha$, где $\alpha = 0,58$. Оценку размеров Аризонского кратера Уолш и Тиллотсон не дают. Между ними и Бьорком возникла полемика, итоги которой подвёл в 1963 г. американский физик Уильям Рае [60]. По его мнению, результаты спорящих сторон можно согласовать. Бьорк в работе 1967 года [94] вообще полагает, что размеры кратеров нельзя представить степенной функцией скорости.

В 1963 г. Юджин Шумейкер [171] попробовал вычислить массу Аризонского метеорита, исходя из параметров кратера и физических свойств горных пород (песчаник) в месте удара. Он тоже применял гидродинамический подход и получил $M = 63\ 000$ т.

В работах Б.А. Иванова (Институт физики Земли РАН) [28, 29] на основе идей Станюковича, но с учётом всех последующих работ была построена модель формирования кратера с учётом гравитации; он получил зависимость между энергией удара и радиусом кратера $E \sim R^{3,4}$, откуда следует $R \sim v^{0,59}$ (как у Уолша). Для Аризонского метеорита Иванов получил $M = 260\ 000$ т.

Итак, разные методы дают для M расхождения в пределах двух порядков. Наиболее реалистической следует признать последнюю оценку, поскольку она основана на теории Уолша, подтверждаемой экспериментами, а также исследованиями У. Рае и самого Б.А. Иванова.

На примере этой проблемы мы видим, как на протяжении десятков лет одни учёные (в частности, Эпик) передают своеобразную эстафету другим (в данном случае Бьорку), и как в научном споре истина оказывается не на той и не на другой стороне, а как бы между ними*.

* Как замечательно написал об этом известный московский астроном П.Н. Холопов:

И вновь летят бессонные часы –
Прозрения иль миражи в пустыне,
И вновь и вновь качаются весы,
А истина таится посредине.

(Холопов П.Н. Звёздные скопления. М.: Наука, 1981, с. 220).

Проблема лунной атмосферы

Во всех книгах и учебниках по астрономии можно прочитать, что Луна лишена атмосферы. Впрочем, что значит “лишена”? Какая-то, пусть очень разреженная атмосфера у Луны может быть. Но какая?

По идее академика В.Г. Фесенкова его аспирант (впоследствии доктор наук) Ю.Н. Липский предпринял в начале 50-х годов попытку обнаружить следы лунной атмосферы методом поляриметрии. Свет, рассеянный даже слабой лунной атмосферой, должен быть поляризован. Липский провёл серию измерений поляризации света вблизи лунного терминатора* и... получил положительный результат. Плотность лунной атмосферы у поверхности, по его определению, составляла 1/12 000 плотности земной атмосферы на уровне моря, а отношение масс атмосфер Луны и Земли оказалось равным 1:2000 [50].

Работа Липского наделала много шума в астрономических кругах и в то же время вызвала у многих учёных естественное недоверие. Уж слишком “велика” оказывалась плотность лунной атмосферы. И среди тех астрономов, кто не поверил оценке Липского, первую скрипку играл Эрнст Эпик.

В работе 1955 года [Э121] Эпик указал, что если бы на Луне существовала столь плотная атмосфера, как считает Липский, то яркость рассеянного в ней света можно было бы легко измерить на участках лимба, примыкающих к терминатору. При плотности газа у поверхности в 10^{-4} плотности земной атмосферы яркость лунной атмосферы была бы в 50 раз выше, чем у пепельного света**. На фоне лунной атмосферы была бы ясно видна тень от лунного шара. Это и ряд других явлений никогда не наблюдались. Тем не менее Эпик повторил детальные наблюдения зоны рогов лунного серпа при фазах, близких к четвертям, но не смог обнаружить никаких признаков освещённой лунной атмосферы. Отсюда он сделал вывод, что яркость последней должна быть не более половины яркости пепельного света. Путём несложных расчётов он нашёл, что отношение масс атмосфер Луны и Земли меньше, чем 1:225 000. Однако и этот предел Эпик считал сильно завышенным, и он оказался прав.

* Граница освещённой и неосвещённой части Луны. В период первой или последней четверти поляризация рассеянного света лунной атмосферы максимальна у терминатора, где солнечные лучи идут под очень малым углом к поверхности планеты. [Это обнаружил впервые родоначальник поляризационных методов в астрономии и создатель первого полярископа (1811 г.) Д.Ф. Араго. – *Доп. ред.*].

** Слабое свечение неосвещённой части Луны, хорошо заметное простым глазом при малых фазах. Объясняется освещением этих частей Луны светом Земли. Впервые это объяснение дал Леонардо да Винчи на рубеже XV–XVI вв.

Годом позже французский астроном Одуэн Дольфюс [107] применил методы фотографической фотометрии, а в качестве прибора – коронограф Лио, в котором свет самбй Луны перекрывался специальной ширмой. Обработка снимков привела к отношению плотностей атмосфер $1 : 2 \cdot 10^8$. Но Дольфюс не удовольствовался этим. Он использовал весьма чувствительный поляриметр, поставив его на коронограф Лио. Оценка плотности лунной атмосферы получилась еще ниже, а именно $1:10^9$ (одна миллиардная земной).

Применение радиоастрономических методов позволило ещё более понизить эти оценки. Английские радиоастрономы выбрали несколько моментов, когда Луна покрывала мощные источники радиоизлучения. Атмосфера Луны вызвала бы отклонение радиолуча. Оно было столь ничтожным, что соответствовало плотности лунной атмосферы $1:10^{12}$ – в тысячу раз ниже верхнего предела, указанного Дольфюсом. Эти работы были опубликованы в 1956–1957 гг. [112, 113].

Между тем Эпик, не удовольствовавшись данными наблюдений, решил подвергнуть вопрос о лунной атмосфере теоретическому анализу. Он рассуждал так. Что может служить источником лунной атмосферы? Вулканические извержения и вообще выход газов из недр Луны. А какие процессы работают на её расхождение? Прежде всего, диссипация (ускользание быстрых молекул в межпланетное пространство), а также поглощение газов горными породами. В целом же, как в хорошей бухгалтерии, должен быть баланс. Если баланс положительный (приход больше, чем расход), то формируется плотная атмосфера, как у Венеры, Земли, на худой конец – как у Марса. Если же баланс отрицательный, то мы будем иметь случай Луны. Только тяжёлые газы, как криптон и ксенон, могут удержаться на Луне, все легкие газы должны улечься. Но криптон и ксенон составляют ничтожную долю земной атмосферы. Поэтому и плотность лунной атмосферы должна быть ничтожной. Эпик пришёл к выводу, что его соображения находятся в хорошем согласии с радиоастрономическими исследованиями.

Спустя пять лет, в 1962 г. Эпик выполнил комплексное исследование проблемы [Э174]. Он учёл не только те источники и стоки предполагаемой лунной атмосферы, которые мы упоминали выше, но ещё и солнечный ветер (поток элементарных частиц, испускаемых Солнцем), межпланетный газ и многие другие. После тщательного анализа он пришёл к выводу, что плотность лунной атмосферы должна составлять от $3 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^5$ молекул в 1 см^3 . Если вспомнить, что в земной атмосфере на уровне моря содержится $2,7 \cdot 10^{19}$ молекул, то отношение плотностей получится примерно $1:10^{14}$, что хорошо согласуется с радиоастрономическими данными.

Итак, атмосферы у Луны практически нет, и Эпик здесь оказался прав. А как же работа Липского? Она была всеми признана как научная ошибка. В том числе и самим Липским. Увы, такое бывает.

Происхождение Луны

Для объяснения происхождения Луны в разное время предлагались три основные гипотезы. Рассмотрим их.

1. Отделение Луны от Земли. Эта гипотеза, самая старая из трёх, была предложена в 1879–1880 гг. английским астрономом Джорджем Дарвином, сыном великого естествоиспытателя [102]. Она имела некоторые основания. Из наблюдений и теоретических соображений следовало, что Луна в нашу эпоху отдаляется от Земли. Но это значит, что в прошлом она была ближе, а ещё раньше могло произойти отделение Луны от Земли, когда они обе были (как тогда предполагали) в огненно-жидком состоянии.

Гидродинамика такого разделения ещё в конце прошлого века подверглась критике со стороны выдающегося русского механика А.М. Ляпунова [52]. Ляпунов показал, что грушевидные фигуры, рассматриваемые Дарвином, которые согласно его гипотезе могли возникать на ранних стадиях формирования планеты и делились затем на протоземлю и протолуну, неустойчивы и вообще существовать не могут. Дискуссия между ним и Дарвином (а также поддерживавшим Дарвина французским математиком и механиком Анри Пуанкаре) продолжалась до 1912 г. – года смерти Дарвина и Пуанкаре. Лишь в 1917 г. английский космогонист Джеймс Джинс [132] доказал, что в этом споре прав был Ляпунов. Со своей стороны, серьёзный удар гипотезе отрыва Луны от Земли нанёс в 1930 г. английский геофизик Гарольд Джеффрис [133]. Тем не менее в разных вариантах гипотезу отрыва защищали до 60-х годов XX в.

2. Совместное образование Луны и Земли. Идея образования Земли и планет из допланетного газово-пылевого облака, окружавшего Солнце, была высказана в 1944 г. академиком О.Ю. Шмидтом [82]. В 50-х и 60-х годах на основе этой идеи начали появляться исследования, относящиеся к образованию Луны. Так, в 1952 г. эту проблему пытался решить российский астроном В.В. Радзиевский [59], а затем его аспирантка Е.П. Разбитная [61]. Но наиболее обоснованную модель образования Луны вместе с Землёй развила в серии работ, начиная с 1960 г., российская исследовательница, сотрудница О.Ю. Шмидта Е.Л. Рускол [62].

Модель Рускол считают наиболее перспективной такие авторитетные учёные, как У. Каула и А.Э. Рингвуд [137, 165, 166].

3. Захват Землёй уже сформировавшейся Луны. Гипотеза захвата была сформулирована впервые в 1955 г. немецким астрономом Г. Герстенкорном [115] на основе приливной эволюции орбиты Луны. Позже эта гипотеза была поддержана американским астрономом Гарольдом Юри (нобелевским лауреатом) на основе геохимических соображений [184]. Согласно этой гипотезе, Земля захватила

уже “готовую” Луну при гравитационном содействии некоего третьего тела, ушедшего в бесконечность.

Гипотеза Эпика относится ко второй группе (совместное образование), но содержит и элементы теории захвата. Она была впервые опубликована в 1961 г. [Э169]. Суть её состоит в следующем.

Когда-то протолуна приблизилась к Земле настолько, что вошла внутрь предела Роша – границы, внутри которой из-за приливного ускорения крупное тело существовать не может. Протолуна распалась и образовался рой спутников в виде кольца наподобие колец Сатурна. Но приливное воздействие привело к тому, что эти кольца отделились от Земли, вышли из предела Роша, и объединение мелких частиц колец в будущую Луну стало возможным. Процесс аккумуляции Луны в этих условиях не должен был занять много времени (несколько тысяч лет, что по космогоническим меркам совсем немного). Австралийский космогонист А.Э. Рингвуд, комментируя гипотезу Эпика, замечает: “Предположение о формировании Луны путем коагуляции (объединения) околоземного кольца планетезималей (зародышей планет) приемлемо объясняет раннюю термическую эволюцию Луны” [166].

На протяжении целого десятилетия Эпик развивал и совершенствовал свою гипотезу, пока она не приняла свой окончательный вид в работе 1971 года [Э235]. “Следует подчеркнуть, – писал в этой работе Эпик, – что прямая конденсация Луны из газового состояния – довольно невероятное предположение. Даже если бы осуществились требуемые условия крайне низкой температуры и высокой плотности газа, Земля воспользовалась бы ими в первую очередь, превратившись в гигантскую планету типа Юпитера. Аккумуляция твёрдых частиц – единственный путь, которым могла образоваться Луна. Скорости падения (частиц) на неё не должны были превышать 11 км/с, иначе получилась бы потеря массы вместо аккреции*, даже при современной массе Луны; для роста меньшей массы следовало бы наложить более низкий предел скоростей (сближения частиц), до 2 км/с и ниже. Отсюда неминуемое требование, чтобы аккумуляция имела место из какого-то кольца твёрдых частиц, в котором относительные скорости были бы малы” [Э235].

Как замечает Е.Л. Рускол [63], “логика рассуждений, которая привела Эпика к данному выводу, была независима от той, которая лежала в основе работ О.Ю. Шмидта и его сотрудников. Эпик всесторонне анализировал современные наблюдательные данные для малых тел Солнечной системы и по ним восстанавливал прошлое Луны. В своих многочисленных и очень детальных работах, посвящённых Луне, он рассматривал строение и эволюцию её поверхности. Он внёс много нового в теорию ударного кратерообразования,

* Аккреция – процесс объединения (слипания) мелких частиц при их столкновениях между собой или с крупным телом.

значительно укрепив её позиции. Необычайная широта исследований тел Солнечной системы – от метеоров до планет-гигантов – дала ему возможность комплексного подхода к изучению Луны на основе всех имеющихся наблюдательных данных. Некоторые его предсказания блестяще подтвердились. Например, Эпик по метеорным исследованиям оценил привнос метеоритного вещества в лунный реголит* в 2–3% [Э167], а химические анализы образцов, доставленных на Землю, дали для этого привноса 1,5–2%”.

В 1961 г. Эпик поставил и решил задачу: по статистике эллиптичностей самых старых кратеров на видимой стороне Луны уловить следы приливной деформации Луны, большей, чем та, которая соответствует нынешнему расстоянию Луны от Земли. После учёта инструментальных эффектов Эпик разделил эллиптичность лунных кратеров на две компоненты: случайную, связанную с наклонным падением метеоритных тел на Луну, и систематическую, связанную с приливной деформацией.

Сделаем некоторое пояснение. В своё время чуть ли не решающим доводом противников метеоритной теории образования лунных кратеров служила их почти круговая форма. По мнению этих учёных, наклонные удары должны были порождать эллипсообразные кратеры, причём их число должно было быть больше, чем круговых. Чтобы обойти этот довод, немецкий учёный Альфред Вегенер вынужден был ввести в 1921 г. предположение, что метеоритные тела сперва образовали кольцо вокруг Луны, из которого и падали на неё почти вертикально [18]. Лишь в 1947 г. К.П. Станюкович и В.В. Федьинский [68] показали, что из-за “взрывной аналогии” при достаточной скорости удара произойдёт симметричный взрыв и все кратеры должны иметь форму, близкую к круговой.

Ну, а если скорость удара невелика? Вот тогда-то проявится некоторая асимметрия кратера. И Эпик рассчитал по полученным им данным, что скорости ударов метеоритов на первой стадии формирования Луны не превышали 3 км/с, а значит, падающие тела приходили с околоземных орбит. По систематической компоненте деформации он рассчитал, что Луна в ту эпоху находилась от Земли на расстоянии 4,5 радиуса Земли (сейчас – в 60 радиусах). Для области вблизи лимба соответствующее расстояние было около 8 радиусов Земли. Значит, формирование Луны закончилось, когда Луна находилась в 5÷8 радиусах Земли от нашей планеты.

Эпик рассмотрел две возможности. Согласно одной из них, имел место отрыв вещества от быстро вращавшейся Земли с образованием спутникового кольца вначале внутри предела Роша, затем происходило приливное отодвигание мелких спутников (числом не менее 1000) за этот предел и постепенная аккумуляция Луны.

* Так называют наружный слой поверхности Луны.

Другая возможность, по мнению Эпика, связана с близким прохождением крупного тела (протолуны) в непосредственной близости около Земли и разрывом этого тела её приливными силами. В этом случае обломки тела радиусом до 200 км могли бы выдержать разрушающее действие приливных сил и, очутившись вначале внутри предела Роша, затем выйти из него и начать собираться в Луну. В обоих случаях не требуется образования околоземного роя за счёт соударений, но обе возможности, рассмотренные Эпиком, иллюстрируют неминуемость образования Луны из околоземного роя частиц (см. Е.Л. Рускол [63]).

Некоторые учёные в последние годы пытались уточнить или развить модели Эпика. В любых современных книгах и обзорах по вопросу происхождения Луны работам Эпика уделяется достойное место.

Венера. Эолосферная модель

Венера с самого начала представляла для астрономов загадку. Плотная атмосфера и густой слой облаков нацело скрывали от нас поверхность планеты. Можно было измерить лишь температуру верхнего слоя облаков. Она составляла 235÷240 К.

Какова же температура поверхности Венеры? Измерить её позволили только радионаблюдения, поскольку и атмосфера, и облачный слой прозрачны для радиоволн.

Первые измерения радиоизлучения Венеры на волне 3,15 см выполнили в 1956 г. американские радиоастрономы К. Майер, Т. МакКаллаф и Р. Слонейкер [148]. Они получили значение яркостной температуры* 560 К. Это означало, что температура поверхности – никак не менее 600 К.

Такое значение было намного больше, чем равновесная температура, которую имела бы Венера, если бы она была подобна Земле. Температура такой воображаемой планеты была бы в среднем 327 К, а в подсолнечной точке (при медленном вращении) 464 К, но никак не 600 К.

В чём же причина такого аномального разогрева поверхности Венеры? Усилия теоретиков, начиная со второй половины 50-х годов, были направлены на объяснение этого эффекта. Были предложены три альтернативные модели строения атмосферы Венеры.

1. Парниковая модель. Одним из механизмов, способствующих нагреву поверхности Земли, является так называемый парниковый эффект**. Он состоит в том, что некоторые газы земной атмосферы

* Яркостная температура – температура абсолютно чёрного тела, испускающего столько же энергии, сколько изучаемый участок поверхности планеты.

** Это название произошло от аналогии с парниками (теплицами), где стекло якобы служит барьером для выходящих с поверхности Земли инфракрасных лучей.

свободно пропускают солнечное излучение, сосредоточенное в основном в видимой части спектра, но поглощают, задерживают обратное излучение земной поверхности, расположенное в инфракрасном диапазоне. Таким свойством обладают углекислый газ (CO₂) и водяной пар (H₂O). Оба газа могли присутствовать в атмосфере Венеры, но в каком количестве, к началу 60-х годов астрономы не знали.

Американский астроном Карл Саган [167], первым предложивший в 1960 г. парниковую модель, и его многочисленные последователи сделали множество расчётов при разных предположениях о составе атмосферы Венеры и о давлении у её поверхности. Атмосферу Венеры они считали азотной с небольшими (хотя и большими, чем в земной атмосфере) добавками углекислого газа и водяного пара. Давление у поверхности они предполагали 5÷10 и никак не больше 20 атмосфер. В этом была их главная ошибка, которая стоила Советскому Союзу трёх межпланетных станций (“Венера-4, -5 и -6”), раздавленных в атмосфере до того, как они достигли поверхности планеты.

Эта история заслуживает того, чтобы о ней рассказать, тем более, что один из авторов этой книги (В.Б.) имеет к этой истории прямое отношение [14].

Когда проектировался полет к Венере автоматической межпланетной станции “Венера-4” (запуск 12 июня 1967 г.), проектировщики обратились к двум группам астрономов с просьбой дать им примерную модель атмосферы Венеры. Первую группу возглавил известный исследователь планет В.И. Мороз, вторую – В.А. Бронштэн. Обе группы выдали несколько моделей, в которых давление у поверхности заключалось в пределах 5÷20 атмосфер. Проектировщики рассчитали станцию на 20 атмосфер. “Венера-4”, войдя 18 октября 1967 г. в атмосферу планеты, исправно сообщала на Землю сведения о её давлении, плотности и температуре, но на высоте примерно 22 км над поверхностью измерения прекратились – станция разрушилась.

Но тут вмешалось высшее руководство нашей страны. Поскольку в первом сообщении ТАСС утверждалось, что станция “Венера-4” достигла поверхности Венеры, учёным было приказано заявить, что станция села на высокую гору. Положение осложнилось тем обстоятельством, что на день позже “Венеры-4” мимо этой планеты пролетел американский “Маринер-5”, также прошедший серию измерений параметров атмосферы Венеры. Согласовать обе серии можно было только в предположении, что “Венера-4” прекратила работу в 22 км от поверхности планеты*.

Это неверно. Нагрев в теплицах (парниках) происходит потому что нагреваемый воздух под стеклом парника не сообщается с окружающей атмосферой и не отдаёт ей накапливаемое тепло.

* И это уже было важным результатом: станция сыграла роль “лота”! Но об этом нельзя было говорить. Так политические амбиции нанесли ущерб престижу отечественной науки. – *Примеч. ред.*

Перед запуском двух следующих станций (“Венера-5, -6”) их рассчитали уже на 30 атмосфер. 16 мая 1969 г. они вошли в атмосферу Венеры. А дальше история повторилась. Обе станции разрушились, достигнув высоты 17 км с уровнем давления 27 атмосфер. Только тогда советские проектировщики поняли, что давление у поверхности Венеры не просто больше, а много больше 20 атмосфер. Станция “Венера-7”, вошедшая в атмосферу планеты 13 декабря 1970 г., была рассчитана уже на 100 атмосфер. И она стала первой, достигшей поверхности планеты. Давление там оказалось равным 90 атмосферам, температура 747 К. Лишь на четыре градуса “прохладнее” оказалось место посадки “Венеры-8” (22 июля 1972 г.) [44].

Химический состав нижней атмосферы Венеры оказался и вовсе неожиданным. 97% его составлял углекислый газ CO_2 , около 3% – азот, остальные компоненты – доли процента. Количество водяного пара было примерно таким же, как в нашей тропосфере ($6 \div 11$ мг/л).

Но вернемся в 1962 год и посмотрим, какие модели атмосферы Венеры строили учёные тогда.

2. Эолосферная модель. Трудности парниковых моделей заставили Эпику разработать в 1961 г. иную, весьма оригинальную модель [Э171]. Да, температура поверхности весьма высока, но нагревает её не парниковый эффект, а *трение*, возникающее при мощных атмосферных течениях, постоянно господствующих в нижних слоях атмосферы планеты. Зона этих ураганных ветров, или эолосфера (по имени бога ветров древних греков Эола) занимает, по Эпику, всё пространство между поверхностью и облачным слоем (его высота – около 50 км). Интенсивная турбулентция поднимает с сухой поверхности тучи пыли; благодаря поглощению в ней солнечное излучение вообще не доходит до поверхности. На Венере всегда темно, жарко, пыльно и ветрено – вот уж суший ад Данте. Источником энергии, поддерживающей эти горячие штормы в эолосфере, являются (по Эпику) средние слои атмосферы, поглощающие солнечную энергию. Поглощение солнечной радиации порождает интенсивную атмосферную циркуляцию, проявлением которой и являются ветры эолосферы. Получается своеобразная тепловая машина, в которой солнечная энергия, поглощённая в средних слоях атмосферы, в форме кинетической энергии движения воздушных масс передается вниз, к поверхности, и там снова за счёт трения превращается в тепло.

И отчасти Эпик оказался прав. Фотографии Венеры в ультрафиолетовых лучах с космических аппаратов показали, что на уровне облачного слоя наблюдается вращение с периодом около 4 суток. Поверхность же Венеры вращается в обратном направлении с периодом, согласно радиоастрономическим измерениям, 248 суток. Это значит, что на уровне облаков дует постоянный ветер в широтном направлении со скоростью около 100 м/с. Каков вклад этого ветра в нагрев поверхности, сказать трудно, но конечно он не столь велик,

как предполагал Эпик. Объяснение 4-суточного вращения на уровне облаков дали в 1969 г. американские учёные Г. Шуберт и Дж. Уайтхед [173]. Они экспериментально доказали, что вращение источника нагрева (в данном случае Солнца) порождает вращение среды в обратном направлении и с большей скоростью. Напомним, что “солнечные сутки” на Венере равны 118 земным.

Модель Эпика была разработана дальше американскими теоретиками Ричардом Гуди и Алланом Робинсоном [116] в 1966 г., всего за год до первых измерений в атмосфере Венеры с помощью автоматических межпланетных станций “Венера-4” и “Маринер-5”. Гуди и Робинсон предложили оригинальную модель глубокой циркуляции в атмосфере Венеры, используя аналогию с океанической циркуляцией на Земле. В этой модели солнечная энергия, поглощаемая верхними слоями освещённой Солнцем атмосферы, переносится на ночную сторону за счёт крупномасштабных движений в атмосфере. Осуществимость такой модели была подтверждена достаточно убедительными расчётами. Как отмечает известный российский учёный, член-корреспондент РАН К.Я. Кондратьев [39], работа Гуди и Робинсона положила начало современным исследованиям атмосферной циркуляции на Венере. Опять налицо ситуация передачи эстафеты в науке.

Правда, расчёты других учёных, в первую очередь американского астронома Джеймса Поллака [162], не подтверждали модель Гуди–Робинсона. Поллак исходил из реальной температуры поверхности Венеры 700 К, задавал различные значения давления у поверхности (в том числе 50 и даже 300 атмосфер) и оптической толщи атмосферы. Его расчёты говорили в пользу парниковой модели. Тем не менее, как отмечают в книге [44] А.Д. Кузьмин и М.Я. Маров: «привлекательная концепция о возможности реализации условий “парниковой” модели продолжала оставаться гипотетичной, наряду с противоположной концепцией, положенной в основу модели Гуди–Робинсона».

3. Ионосферная модель. Кроме парниковой и эолосферной моделей объяснить условия на Венере была призвана ионосферная модель, предложенная в 1961 г. американским учёным Д. Джонсом и независимо от него советскими радиоастрономами А.Д. Кузьминым и А.Е. Саломоновичем в 1963 г. Она состояла в том, что излучение на сантиметровых волнах испускается не поверхностью планеты, а расположенным высоко в атмосфере ионосферным слоем, имеющим температуру около 600 К.

Вокруг ионосферной модели было много дискуссий. Эпик не принимал в них участия. Впрочем, измерения параметров атмосферы Венеры космическими аппаратами в конце 60-х и начале 70-х годов заставили большинство учёных отказаться от этой модели.

Подведём итоги.

Из трёх предложенных моделей атмосферы Венеры наиболее близкой к действительности оказалась парниковая. Но и исследова-

ния Эпика не пропали даром, поскольку они заставили учёных обратить внимание на проблему циркуляции в плотной атмосфере Венеры и на её роль в тепловом балансе планеты. Большую роль в разработке этой проблемы сыграли работы советского геофизика Г.С. Голицына (ныне – академика), начатые в 1968 г. и завершившиеся изданием в 1973 г. монографии “Введение в динамику планетных атмосфер” [22].

Другая монография, составленная коллективом авторов под редакцией С.С. Зилитинкевича и А.С. Моница и изданная в 1974 г., называется “Динамика атмосферы Венеры” [25]. В ней анализируется, в частности, модель Гуди и Робинсона, но, к сожалению, ни слова не говорится о работах Эпика. Что же, бывает и так.

А что делал в эти годы сам Эпик? Он продолжал разрабатывать свою эолосферную модель. В лекции, прочитанной 28 мая 1969 г. в отделе наук о Земле и планетах Питтсбургского университета (США) и опубликованной в 1970 г. [Э230], он заявлял: «Новые данные, полученные космическими аппаратами, такими как русская “Венера-4” и американский “Маринер-5”, вызвали целый поток статей и интерпретаций. В сочетании с более ранними публикациями, всё это представляет собой целый лабиринт, в котором трудно сориентироваться и восстановить общую картину. Многие интерпретации односторонни, пренебрегают теми или иными наблюдательными или физическими фактами, будучи основаны на частных доказательствах – в противоположность морфологическому подходу. Делаются произвольные предположения, которые могут быть оценены только с точки зрения возможности или невозможности. И даже непротиворечивые исследования не выдерживают критики, поскольку содержат математические и арифметические детали, которые из-за ненадёжности исходных данных не гарантируют правдивость результата.

Восемь лет назад я предложил морфологическую модель (атмосферы) Венеры, которая в свете новых данных не только выстояла, но, как мне кажется, “прибавила в весе”. Не претендуя на то, что это единственная и полная интерпретация, в настоящее время она представляется единственной, подтверждённой морфологически, поскольку она не находится в противоречии ни с одним из имеющихся фактов» [Э230]. И далее он вновь описывает свою модель, используя новые результаты радиоастрономических наблюдений и космических экспериментов.

Ничего принципиально нового эта работа не содержит, но в ней дано более тщательное рассмотрение структуры атмосферы Венеры, а главное – циркуляции в ней. Можно только удивляться тому, что Эпик не ссылается на исследование Гуди и Робинсона – он, как говорится, идет своим путем. Эпик знает уже, что атмосфера Венеры более чем на 90% состоит из CO_2 , но принимает (как и все в его время) сильно заниженные значения давления у поверхности: 8, в

крайнем случае 30 атмосфер. Это привело его к занижению парникового эффекта и к усилению критики парниковой модели.

Дальнейшего развития эолосферная модель не получила, но многие соображения Эпика пригодились исследователям этой загадочной планеты.

Сейчас, благодаря радиолокационной технике и советским космическим аппаратам, мы знаем карту рельефа Венеры не хуже, чем нашей Земли. Многократно прозондирована атмосфера Венеры: построена её точная модель, определён состав, изучена динамика [42]. И загадочная планета перестала быть загадочной.

Поверхность и атмосфера Марса

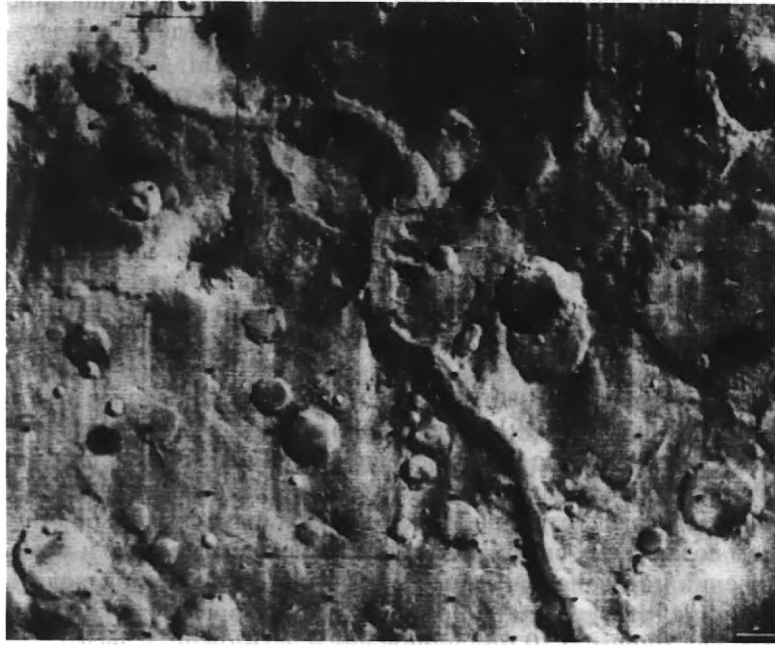
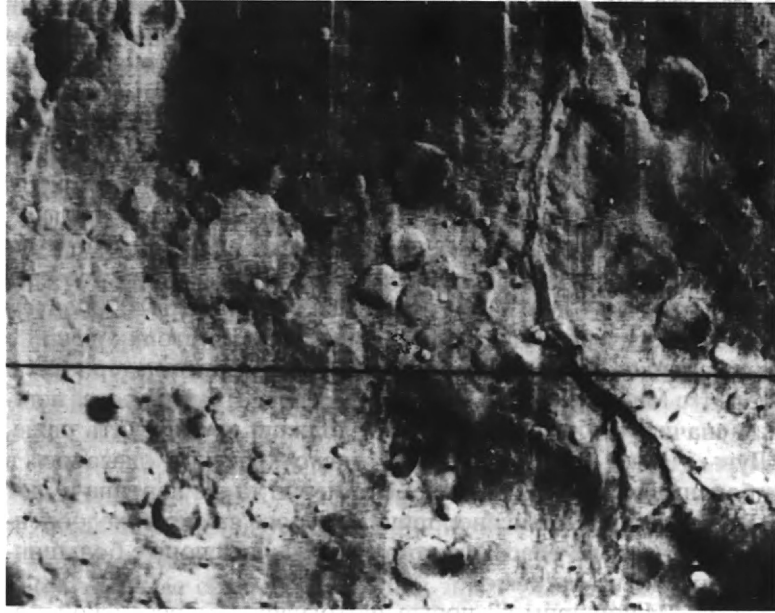
Планету Марс Эпик наблюдал в небольшие телескопы ещё в студенческие годы (1912–1916), регулярно публикуя результаты своих наблюдений в журнале “Мироведение” [Э1, 7, 8, 9, 14].

В 1950 г., разрабатывая проблему кратерообразования на планетах, Эпик предсказал, что и на Марсе должны быть кратеры [Э91].

Годом позже Эпик писал об этом: “При недостатке воды и меньшем давлении марсианской атмосферы эрозия должна происходить там гораздо медленнее, чем на Земле; следы соударений должны сохраняться как минимум 10 миллионов лет и, возможно, в десять раз дольше, так что поверхность Марса должна быть покрыта сотнями и тысячами метеоритных кратеров, превосходящих по размерам Аризонский кратер. Нет ничего невозможного в том, что известные характерные детали марсианской топографии, как например, пятна, называемые *lacus* (озеро), могут иметь отношение к прошедшим ударам астероидов” [Э99].

Открытие в июле 1965 г. американским космическим аппаратом “Маринер-4” кратеров на Марсе не только подтвердило это предсказание Эпика (а также Станюковича с Федынским и Томбо), но и дало материал для новых обобщений. Эпик подсчитал количество кратеров диаметром от 4 до 120 км на снимках “Маринера-4”, а затем оценил их теоретическое число, исходя из частоты столкновений с Марсом астероидов соответствующих размеров, а также ядер комет. Эпик учёл, что Марс находится вблизи внутренней границы пояса астероидов, а значит, столкновения с ними должны происходить чаще, чем у Луны. И всё же наблюдаемое число кратеров оказалось в 4÷5 раз больше, чем теоретическое. Примерно та же картина имеет место в случае Луны. Возможно, причиной этого является недооценка числа потенциально опасных астероидов, подавляющее большинство которых ещё не открыто.

Вслед за “Маринером-4” новые фотографии марсианской поверхности, притом более высокого качества, получили “Маринер-6”



**Извилистая долина на Марсе длиной 700 км, обнаруженная «Маринером-9» 22 января 1972 г.
(фотография составлена из двух снимков)**



**Фотография кратеров на Марсе,
полученная с космического аппарата “Викинг-Орбитер”**

(30 июля 1969 г.) и “Маринер-7” (4 августа 1969 г.). В ноябре-декабре 1971 г. на орбиту искусственных спутников Марса были выведены советские станции “Марс-2” и “Марс-3” и американский “Маринер-9”. Последний проработал около года, до октября 1972 г. В феврале-марте 1974 г. фотографирование красной планеты провели советские станции “Марс-4”, “Марс-5” и “Марс-6”, а в июне-августе 1976 г. американские “Викинг-1” и “Викинг-2”.

Эрнст Эпик внимательно следил за фотографированием Марса из Космоса, имел в своём распоряжении снимки, полученные американскими аппаратами (до их публикации), и публиковал одну за другой статьи с морфологическим анализом марсианских кратеров. Меньшее внимание он уделял другим деталям рельефа.

Получение большого количества снимков марсианского рельефа с большим разрешением дало богатую пищу геологам. Наука о земном рельефе – геология – превратилась в науку о планетарном рельефе – планетологию. Она стала быстро развиваться во всех странах, в том числе в СССР.

Вот характерные заголовки статей Эпика этого времени: «“Маринер-4” и кратеры на Марсе»; “Поверхность Марса”; “Марс: изменяющаяся картина”; “Марс – промежуточный между Землей и Луной”.

В 1970 г. Эпик проанализировал [Э230] с учётом данных наблюдений и теоретических соображений вопрос о природе полярных шапок Марса: состоят ли они из водяного льда и снега, или же из льда CO_2 *. Он пришёл к правильному выводу, что там присутствуют оба льда, постоянная часть из H_2O и стаивающая (скорее – сублимирующая, как и полагал Фесенков) летом часть из CO_2 .

Ещё интереснее оказалась ситуация, сложившаяся вокруг гипотезы о наличии в атмосфере Марса поглощающего высотного слоя, состоящего из каких-то частиц, рассеивающих коротковолновое излучение. Он получил название “фиолетового слоя” или “голубой дымки”. Гипотеза об этом слое основывалась на том, что в фиолетовых лучах Марс казался больше, чем в красных (эффект Райта), и не показывал деталей поверхности, хорошо заметных в красных лучах.

Советские астрономы-фотометристы Н.П. Барабашов [9] и В.В. Шаронов [80] в 1950 г. дали иное объяснение эффекта Райта. Никакого поглощающего слоя нет, а всё дело в фотографической иррадиации** и в законе падения яркости к краю диска. Им возразил американский астроном Жерар де Вокулёр, заявивший, что наблюдаемые иногда просветления в фиолетовых лучах непосредственно доказывают существование поглощающего слоя [186]. Многие учёные предлагали тех или иных “кандидатов” на роль поглощающих частиц. В их числе были и метеорные частицы, и кристаллы углекислоты, и кристаллы льда, и капельки воды.

Включился в эту дискуссию и Эрнст Эпик. Он предложил двухслойную модель такого поглощающего слоя. Нижний слой, обладающий истинным поглощением, создает непрозрачность в фиолетовых лучах, а верхний слой производит рассеяние света, вызывая посветление у лимба и картину ярких облаков [Э161]. В качестве вещества, создающего поглощение, назывались углерод и его полимеры (C_2 , C_3 , ..., C_n), недоокись углерода (C_3O_2), двуокись азота (NO_2) и некоторые другие. Но признаков этих молекул обнаружить спектроскопически не удалось.

В 1969 г. выяснилось, что на снимках “Маринера-6” и “Маринера-7”, полученных в синих лучах, никакой дымки не видно, и поверх-

* Гипотезу о составе полярных шапок из CO_2 высказал и защищал ещё раньше В.Г. Фесенков, критикуя астроботанические выводы Г.А. Тихова о наличии на Марсе, особенно в районах полярных шапок, растительности. Главными для Тихова были наблюдения сезонных изменений размеров и цвета поверхности полярных шапок. – *Примеч. ред.*

** Фотографический эффект, когда более яркое изображение получается на негативе больше из-за рассеяния света в фотоземлюльсии.

ность Марса видна не хуже, чем в красных лучах. Но фиолетовый слой, если он существует, должен быть одинаково непрозрачным для приборов, находящихся и на Земле, и в Космосе.

Сторонники гипотезы фиолетового слоя не сдавались. Эпик, например, заявил, что «всё дело в недоразумении: синий фильтр “Маринеров” имел эффективную длину волны 469 мкм, на которой обычно явление синей дымки не наблюдается: оно становится заметным на более коротких длинах волн». В своей работе 1973 г. [Э236] Эпик продолжал настаивать на истинном поглощении света атмосферой Марса, но приписал его частичкам пыли, поднимаемым и удерживаемым вертикальными токами в атмосфере. Их размеры, по Эпику, не превосходят 1 мкм. Таким образом, речь идёт не о “синей” или “фиолетовой”, а скорее о “красной” или даже “чёрной” дымке, так как её альbedo (отражающая способность) в фиолетовых лучах крайне низкое (0,04).

В 1972 г. проблемой фиолетового слоя занялся американский астроном Д. Томпсон [181]. Изучив всю имеющуюся литературу по этой проблеме (более 120 работ) и использовав фотографическую коллекцию Международного планетного патруля, Томпсон пришёл к простому и неожиданному выводу. Никакого фиолетового слоя, поглощающего или рассеивающего, нет. Вид Марса в фиолетовых лучах – это его нормальный вид, без всякой дымки. Просто в этих лучах контрасты между “морями” и материками Марса слишком малы и мы их не различаем. Более того, из наблюдений в ультрафиолетовых лучах выяснилось, что в этих случаях всё выглядит “наоборот”: “морья” кажутся светлее материков. Эти явления объясняются исключительно цветовыми особенностями пород, слагающих марсианские “морья” и материки, и атмосфера тут не при чём.

А как же “синие просветления”, которые Вокулёр полвека назад считал самым сильным доказательством существования фиолетового слоя? Д. Томпсон и П. Бойс [96] тщательно проанализировали все случаи их наблюдений и пришли к выводу, что и здесь всё обстоит наоборот. Никакого “просветления” не происходит, но в районе материков происходит осаждение чего-то вроде инея или же над ними по метеорологическим причинам образуется слой светлой дымки. Независимо от американских астрономов почти к такому же выводу пришла В.В. Прокофьева (Крымская астрофизическая обсерватория), объяснившая “синие прояснения” подъёмом пыли с поверхности планеты над материками [58]. Мелкие частицы пыли надолго остаются в нижних слоях атмосферы и несколько повышают яркость материков в синей области спектра. Контрасты между “морями” и материками в синих и фиолетовых лучах возрастают, и нам кажется, что атмосфера планеты “просветлела”.

Так неожиданно разрешилась загадка фиолетового слоя и “синих просветлений”, в поисках решения которой сыграл свою роль и Эпик.

Проблемы палеоклиматологии

Одной из больших, глобальных проблем, интересовавших Эпика, была проблема вековых изменений климата на Земле и на Марсе. В 1957 г. он опубликовал большую статью об обстоятельствах и возможных причинах земных оледенений [Э151]. Этим вопросом Эпик занимался с 1952 г. Серьезное исследование в этом направлении он выполнил в 1958 г. [Э153]. В этой работе Эпик утверждает, что колебания климата на протяжении геологической истории Земли можно объяснить только изменением количества тепла, получаемого Землей от Солнца. Он высказал мнение, что в основе механизма этого изменения лежит периодическое сжатие и расширение Солнца. Изменение содержания водорода в солнечном ядре, где протекают реакции превращения водорода в гелий, приводит к тому, что ядро меняет свои размеры. Существенную роль здесь играют примеси тяжелых элементов, а также то, что диффузия металлов в недрах Солнца происходит значительно медленнее, чем диффузия водорода. Тёплый климатический период соответствует сравнительно небольшим размерам солнечного ядра, богатого водородом. Затем в результате диффузии металлы образуют вокруг ядра барьер, задерживающий энергию, излучаемую ядром; это приводит к сжатию Солнца, что в свою очередь способствует возникновению конвекционных токов, увеличивающих размеры ядра. В это время на Земле наступает ледниковый период. Вследствие увеличения ядра за счёт конвекции начинается расширение самого Солнца. Приблизжённые оценки Эпика показали, что при некоторых предположениях о содержании тяжёлых элементов во внутренних слоях Солнца, подобная схема была бы возможной.

Здесь Эпик вторгся в сложные вопросы солнечной физики. Впрочем, он не был новичком в этой области астрофизики. Целый ряд предшествующих его работ были посвящены источникам энергии Солнца и процессам, происходящим в его недрах. Спустя семь лет, в 1965 г., Эпик [Э195], подведя итоги своих исследований по интерпретации длительных климатических изменений на Земле, пришёл к выводу, что прогрессивное изменение климата, происходящее с момента образования Солнечной системы, сводится к постепенному разогреву Солнца и к увеличению средней температуры Земли почти на 100° в течение последнего миллиарда лет.

До работ Эпика общепринятой считалась теория изменений климата Земли, разработанная в первой трети XX в. югославским геофизиком и астрономом Милутином Миланковичем (1879–1958). Согласно этой теории изменения климата Земли в прошлые эпохи объясняются изменениями некоторых элементов её орбиты [152].

Эпик подверг теорию Миланковича серьёзной критике. Он снова утверждал, что в основе всех палеоклиматических измене-

ний лежат колебания светимости Солнца, возникающие благодаря сочетанию превращения водорода в гелий с диффузией газа в солнечных недрах.

Эпик не был первым, кто критиковал теорию Миланковича. Ещё в 1940 г. с такой критикой выступил английский геофизик Дж. Симпсон [174]. Согласно Симпсону, повышение температуры Земли приводило к повышению содержания пара в тёплом воздухе, увеличению выпадения осадков и, как следствие, к накоплению снега и росту ледников.

Эпик не согласился тогда с гипотезой Симпсона, позаимствовав из неё лишь идею о влиянии солнечной инсоляции на климатические изменения на Земле.

С современной точки зрения вариации солнечной инсоляции вполне могли иметь место в прошлые эпохи, но механизм процессов в недрах Солнца требует уточнения. Эпик не учитывал диффузию гелия, в его распоряжении не было данных о притоке солнечных нейтрино. Но сама идея о влиянии прихода солнечного излучения на колебания климата вполне закономерна.

И не случайно эти исследования Эпика излагаются в книгах климатологов (например, у А.С. Мони́на [54]) и планетоведов (у В.И. Мороза [56]). Дело в том, что Эпик исследовал климатические изменения не только на Земле, но и на Марсе. Известно, что много лет назад на Марсе был более тёплый климат и более плотная атмосфера, так что там текли реки, русла которых сохранились (в настоящее время из-за низкого атмосферного давления – 6 миллибар – жидкая вода на Марсе существовать не может). Геологические оценки возраста марсианских рек не очень определённы, но, по-видимому, он близок к 500 млн лет. В это же время потепление было и на Земле. Совпадение возрастов обоих потеплений говорило в пользу гипотезы Эпика о Солнце как основной причине изменений климата на обеих планетах.

Атмосфера Юпитера

Как устроена атмосфера самой большой планеты Солнечной системы – Юпитера? Из каких газов она состоит? Как распределяются в ней по глубине температура, давление, химический состав? Эти вопросы волновали многих астрономов. Начиная с 1952 г. в печати стали появляться различные модели атмосферы Юпитера.

В 1952 г. американский астрофизик Джерард Койпер [139] опубликовал две модели атмосферы гигантской планеты, основанные на разных предположениях о её химическом составе. В одной (модель А) атмосфера состояла на 78% из водорода и на 22% из гелия (на долю остальных компонентов приходились доли процента).

В другой модели (В), наоборот, на долю водорода приходилась меньшая доля (38,5% состава), чем на долю гелия (61%). Модель А приводила к давлению на уровне облачного слоя 24 атм, что не согласовывалось с наблюдательными данными.

Спустя 10 лет после публикации моделей Койпера новую модель опубликовал Эпик [Э173]. Исходным пунктом в ней было предположение об эффективной температуре атмосферы Юпитера 130 К. Эпик произвёл переоценку температуры стратосферы Юпитера и связанной с ней молекулярной массы. В его модели на долю водорода приходилось лишь 2% от общей массы атмосферы, тогда как на долю гелия 97%. Эта аномалия не только не находила себе объяснения, но также приводила к противоречию с наблюдательными данными (давление на уровне слоя облаков получалось 10 атм, что слишком велико). Поэтому член-корреспондент РАН К.Я. Кондратьев [40] считает модель Эпика самой ненадёжной из всех существующих, так как она допускала избыток гелия при очень малом содержании водорода.

После Эпика модели атмосферы Юпитера предлагали Л.М. Трафтон [183], В.И. Мороз [55], Д.С. Хоган, С.И. Расул и Т. Энкреназ [124], М.Б. Макэлрой [150], Ф.У. Тэйлор [180], В.С. Кук [100] и другие. Количество водорода в них колеблется между 38,5% (Койпер, Танака [179]) и 78,4% (Койпер), количество гелия – между 61% и 22%. Как полагает К.Я. Кондратьев [40], предпочтение следует отдать моделям с большим содержанием водорода и с давлением на уровне облачного слоя менее 3 атмосфер.

По современным данным, основанным на лучших наземных спектроскопических наблюдениях (в том числе в инфракрасных лучах) и на различных экспериментах, проведённых с помощью космических аппаратов “Пионер-10” и “Пионер-11”, отношение гелия к водороду в атмосфере Юпитера имеет порядок 0,1 (с разбросом отдельных значений от 0,08 до 0,18) [40]. Следовательно, модель Эпика действительно была неверна в своей основе.

Статистика звёзд и кратных звёздных систем

Методы звёздной статистики получили распространение в астрономии в конце XIX в. Для того чтобы от видимого распределения звёзд перейти к истинному и тем самым установить размеры и строение нашей звёздной системы, астрономам надо было сперва научиться *раздельно* определять два основных фактора, обуславливающих наблюдаемый видимый блеск звезды: её светимость и расстояние до неё. Первоначально за неимением ничего лучшего приходилось довольствоваться предположением о постоянстве пространственной плотности звёзд и равенстве их абсолютных звёздных величин. Однако вскоре стало ясно, что оба эти предположения

чересчур грубы и в конце XIX – начале XX в. были разработаны принципиально новые методологические основы звёздной статистики. Вот как известный историк астрономии А. Паннекук охарактеризовал изменившуюся направленность исследований:

“Существо проблемы изменилось с самим объектом; мы не задаёмся вопросом, *какие* звёзды, а *сколько* звёзд обладают определёнными характеристиками (цвет, спектр, двойственность) или же определёнными значениями параметров (температура, плотность, светимость, звёздная величина). Подсчёты представляют собой измерения. Важны не положения (на небе или в пространстве), а плотности распределения.

Статистические законы распределения являются объектами и рабочими инструментами астронома, который имеет дело с тысячами и миллионами небожителей” [160].

Таким образом, на смену грубым предположениям о постоянстве плотности звёзд и их абсолютной звёздной величины пришли более рафинированные идеи о том, что функция светимости звёзд (т.е. распределение по светимостям для данного диапазона абсолютных звёздных величин) во всей звёздной системе одинакова. Кроме того, для того чтобы получить представление об истинной пространственной плотности звёзд, астроному надо было знать изменения собственного блеска звёзд, точнее говоря, долю звёзд на единичный объём пространства, для которых абсолютная звёздная величина заключена в пределах последовательных равных интервалов. Современному астроному оценить эту величину не составляет большого труда, по крайней мере для относительно близких звёзд, у которых имеются надёжно измеренные параллаксы. В начале же XX в. число звёзд с измеренными параллаксами было ещё невелико. Поэтому в звёздной статистике приходилось прибегать к полуэмпирическим закономерностям, чтобы найти функцию светимости звёзд. Так, голландский астроном Я. Каптейн в своих принесших ему мировую известность исследованиях строения нашей Галактики использовал, в частности, эмпирическое выражение, которое связывало среднее расстояние до группы звёзд как функцию их звёздной величины и собственные движения.

Эпик в первой из цикла работ по звёздной статистике [Э26], выполненных им в 20-х годах в Гарту, воспользовался функцией светимости звёзд для проверки справедливости эволюционной схемы Рессела. Он разработал две альтернативные модели: в одной предполагалось, что звёзды эволюционируют, трансформируя энергию гравитационного сжатия в излучение (в соответствии со схемой Рессела*), в

* И в предположении, что звёзды ветви гигантов находятся в состоянии идеального газа, т.е. при сжатии ещё и разогреваются, и лишь перейдя на главную последовательность, начинают при этом остывать, утратив свойства идеального газа (последнее оказалось ошибочным). – *Примеч. ред.*

другой – что источники энергии внутриатомные (которые Эпик называет радиоактивным охлаждением*). Из рассчитанного вида функции светимости следовало, что гравитационное сжатие, если бы оно являлось единственным источником лучистой энергии, “привело бы к неоправданно быстрому падению числа слабых звёзд с уменьшающейся светимостью, что противоречит наблюдательным свидетельствам”. Напротив, для альтернативной модели Эпик находит, что “при определённом выборе дисперсии начальных светимостей для теоретической кривой при радиоактивном охлаждении удаётся добиться довольно близкого согласия с кривой светимости, данной Каптейном и ван Рийном...”. Эпик делает также важный для понимания эволюции звёзд вывод о том, что атомный источник энергии *не имеет характера радиоактивности* (интенсивность которого не зависит от температуры), а напротив, энерговыделение материи главным образом зависит от температуры. Хотя Эпику и удалось показать в этой работе, что рассчитанная функция светимости в предположении о гравитационном источнике энергии не согласуется с наблюдениями, тогда как предположение о внутриатомном источнике звёздной энергии приводит к удовлетворительному согласию с наблюдаемой функцией светимости, сам он скорее всего не испытывал особого удовлетворения от этих результатов, так как они основывались на косвенных данных. В поисках независимых наблюдательных свидетельств, которые могли бы прояснить картину эволюции звёзд, Эпик обращается к статистике двойных звёзд.

Следует отметить, что интерес Эпика к двойным звёздам наметился ещё в самом начале его научной карьеры. Уже в своей статье “Плотность визуально-двойных звезд” [Э10], увидевший свет в 1915 г., т.е. в пору его учёбы в Московском университете, он предложил метод оценки плотности визуально-двойных звёзд по поверхностным яркостям компонентов. Немного позднее, определив поверхностные яркости по эффективным температурам, он нашёл плотности для 40 двойных систем, а также среднюю плотность для данного спектрального класса. В конце этой работы, опубликованной в 1916 г. [Э17], Эпик делает примечание о том, что он исключил из своего обзора одну систему с известными элементами орбиты – 40 Eri B. Используя значение параллакса $0,17''$ и приняв спектральный класс A0, а также равные значения масс компонентов, Эпик получил по своей формуле плотность для 40 Eri B, в 25 000 раз превышающую солнечную. Опрометчиво усомнившись в точности наблюдательных данных, Эпик таким образом прошёл мимо открытия бе-

* Эта терминология Эпика очень важна с исторической точки зрения, так как подтверждает, что Дж. Джинс, выдвинувший в 1904 г. идею внутриатомной природы звёздного излучения, действительно отождествлял этот процесс излучения с потерей энергии при самопроизвольном радиоактивном распаде (открытом за год до того П. Кюри и А. Лабордом). – *Примеч. ред.*

лого карлика. Это была первая в истории задокументированная попытка оценить плотность звезды, оказавшейся белым карликом, и небезынтересно сравнить этот результат с современными данными. Любопытно, что в мемориальном сборнике, посвящённом 75-летию Эрика, О'Коннел в своей статье [155], подытоживающей многолетние исследования двойных звёзд юбиляром и явно желая сделать тому приятное, подчеркнул, что среднее значение плотности для 40 Eri B, полученное Эпиком ещё в 1916 г., всего примерно вчетверо ниже современного значения, основанного на уточнённых значениях массы и радиуса белого карлика. Забавным образом О'Коннел при этом упустил из виду более позднюю статью, написанную Эпиком в соавторстве с Габовичем в 1935 г. [Э71], в которой учёт температурных эффектов привёл авторов к значению, в 50 000 раз превышающему среднюю плотность для Солнца, т.е. почти не отличающемуся от ныне общепринятого.

Когда в начале 20-х годов Эпик, будучи в Тарту, вновь обратился к изучению двойных звёзд, он имел в виду исследования совсем иного рода. Вот как он сам писал во вступительной части к первой статье из этого цикла [Э35] о намеченных задачах работы и сопутствующих трудностях в их реализации: “Одна из лучших возможностей проникнуть в закономерности звёздной эволюции состоит в изучении двойных звёзд. В случае *тесной системы* (курсив наш. – И.П.), которую образует физическая пара звёзд, мы можем быть уверены в том, что время, протекшее с тех пор, когда звёзды начали свой эволюционный путь как отдельные тела, одинаково для обоих компонентов; следовательно, если выявятся определённые различия в их физических свойствах, мы должны будем приписать их различным условиям эволюции, например, различиям в их массе, внутреннем строении и т.п. ... Занимаясь двойными или кратными звёздами, следует однако помнить, что проведение аналогии между компонентами этих систем и одиночными звёздами требует большой осмотрительности; уже сам тот факт, что в одном случае материя сконденсировалась на два или более примерно эквивалентных центра, а в другом сформировался только один, свидетельствует о том, что на них воздействовали различные факторы.

Взаимное влияние компонентов одного на другой можно *a priori* ожидать в распределении масс и светимостей, и с этой точки зрения можно усомниться, например, в том, законно ли подсчитывать количество компонентов двойных звёзд вместе с одиночными звёздами (которые могут быть неразрешёнными двойными системами – в оригинале это вынесено в сноску. – И.П.) в таких задачах, как вывод функции светимости звёзд в непосредственной близости от нашего Солнца – метод подсчёта, применённый несколькими авторами” [Э35].

Как видно из этого высказывания, Эпик вполне ясно отдавал себе отчёт в том, что как гравитационное и лучистое взаимодействие компонентов, так и начальные условия на самых ранних стади-

ях эволюции двойной системы в принципе способны привести к различиям в эволюционной картине для кратных систем и одиночных звёзд.

Здесь уместно сделать одно небольшое терминологическое уточнение. В современной астрофизике термин “тесная двойная система” однозначно предполагает двойные системы, которые не разрешаются визуально или фотографически на отдельные звёзды и двойственная природа объекта выявляется либо как спектральная двойственность благодаря периодически меняющимся лучевым скоростям компонентов, либо как фотометрическая переменность с орбитальным периодом для затменно-двойных звёзд. Такие системы, конечно же, были хорошо известны Эпику, но в 20-х годах количество изученных объектов этого типа можно было пересчитать по пальцам рук и для статистического исследования материала было совершенно недостаточно. Эпик под *тесной системой* имел в виду достаточно близкие *визуальные* пары (для которых имелись веские основания считать, что они представляли собой физически и генетически связанную пару, а не только оптическую, т.е. пару звёзд, случайно оказавшихся по соседству на луче зрения).

Забегая вперед, отметим также, что хотя не все выводы, полученные Эпиком на основе проведённого им изучения статистики двойных звёзд, выдержали испытание временем (подробнее об этом немного ниже), интуитивная догадка Эпики о взаимном влиянии компонентов в двойной системе на распределение масс компонентов и их светимостей в будущем блестяще подтвердилась. Для экспериментального подтверждения этого понадобилось несколько десятилетий целенаправленных наблюдений тесных двойных систем разных типов и детальные компьютерные расчёты звёздной эволюции. В первой работе из этого цикла [Э35] Эпик изучил распределение 645 близких пар, обнаруживающих собственные движения и с известными спектральными классами, по звёздным величинам, а также частотное распределение по абсолютным звёздным величинам для 121 спутника в таких парах, притом отдельно для звёзд-гигантов и карликов. После тщательного учёта эффектов селекции Эпик пришёл к выводу, что за исключением звёзд спектрального класса В частота распределения по разнице в звёздной величине между спутником и яркой звездой примерно одинакова.

Он нашёл также, что относительная светимость компонентов в близких парах меняется пропорционально 10-й степени отношения масс компонентов, тогда как светимость обычных звёзд-карликов изменяется как третья степень их массы. Часть выводов Эпики, сделанных на основе этого статистического исследования, в дальнейшем получила свое подтверждение, другие – нет. Так, его заключение “компоненты близких пар не могут рассматриваться как представители обычных звёзд; в статистике звёздных светимостей совместную светимость в таких парах следует рассматривать как эк-

вивалентную светимость отдельных звёзд; в особенности же при подсчёте слабых спутников как отдельных индивидов результат может оказаться совершенно искажённым; что же касается ярких компонентов, они, вероятно, куда ближе к нормальным условиям” верно и сегодня. Однако с другим выводом, что “...определённое различие в спектральном типе светимости устанавливается с самого начала и остаётся, вероятно, неизменным, звёзды продвигаются в их эволюции с одинаковым темпом”, Эпик явно поторопился. Из-за существенно различающихся показателей степени в температурной зависимости энерговыделения для ядерных реакций у звёзд, эволюционирующих на основе протон-протонного и азот-углеродного цикла, в некоторых случаях даже десятипроцентное различие в начальных массах может привести к радикально различающимся темпам в эволюции компонентов в паре. В случае упоминавшейся выше системы 40 Eri B мы как раз и являемся свидетелями подобной ситуации. Разумеется, в 1923 г., когда Эпик занимался изучением статистики двойных звёзд, о ядерных реакциях, протекающих в недрах звёзд, ещё ничего по сути не было известно.

При рассмотрении исследований Эпика по статистике двойных звёзд в начале 20-х годов нетрудно впасть в соблазн их оценки с позиций астрофизики конца XX в., так как в этой области багаж фактических знаний как о самих звёздах, так и о газопылевой среде в околосвёздном пространстве неизмеримо возрос за прошедшие три четверти века, и потому узкие места в ранних работах рельефно выделяются. Нетрудно видеть, однако, что по большому счёту Эпика волновали те же самые фундаментальные проблемы, которые занимают умы теоретиков и сегодня: это в первую очередь проблема образования двойных и кратных звёзд из первоначальных гравитационных возмущений в газопылевом облаке. И если за критерий уровня исследований принять прогресс в решении этой проблемы, то надо признать, что она оказалась очень крепким орешком для современной астрофизики. Эпик находит, что статистика спутников в близких визуальных парах свидетельствует в пользу теории образования двойной системы в результате неустойчивости, приводящей к делению быстро вращающегося протооблака. В наши дни эта теория привлекается обычно для обоснования возникновения тесных двойных систем, но полного понимания в картине физических процессов, приводящих к делению ядра, нет и сегодня. Сам Эпик рассматривал эту работу, как введение в более фундаментальное исследование, предпринятое им годом спустя [Э36]. Как отмечал Эпик во вступительной части этой работы, статистические исследования двойных звёзд проводились многими и до него (он ссылается, в частности, на хорошо известную работу Р. Айткена “Статистические исследования визуальных двойных звёзд в северном небе” [86]). Однако в этих работах задача исследования относительных светимостей компонентов обычно не ставилась.

Другой аспект, который выгодно отличал исследование Эпика от предшествующих, заключался в том, что если и изучалось распределение двойных систем по разделению компонентов, то исследовалось *видимое* распределение без учёта эффектов наблюдательной селекции, которые непременно необходимо принимать во внимание. Ясно, например, как пишет Эпик, что при угловом расстоянии между компонентами в $0,3''$ выборка будет полной при различии звёздных величин компонентов на $m = 1,0$, но никак не при $m = 3,0$. Таким образом, Эпик вводит понятие коэффициента селекции или степени полноты выборки, который он называет “коэффициентом восприимчивости”. Он анализирует методы его определения при открытии двойных звёзд. Второе усовершенствование в этой работе состояло в использовании каталога нескольких сотен ярких двойных звёзд с прокалиброванными фотометрически звёздными величинами, составленного в обсерватории Гарвардского колледжа Э. Пиккерингом, С. Уонделлом и др. В каталоге было около 20 тысяч входов. Ясно, что обработка такого огромного материала в эпоху отсутствия компьютеров не представлялась возможной, и Эпик из практических соображений остановился на статистике видимых невооруженным глазом двойных звёзд со склонениями севернее -31° .

Это представлялось обоснованным, так как 1) для ярких звёзд гарантировалась полнота выборки, 2) для большинства наблюдавшихся невооруженным глазом звёзд имелись надёжные промеры собственных движений, что облегчало выбор между физическими и оптическими парами, 3) привязка к фотометрическому стандарту была более надёжной для более ярких звёзд, 4) для ярких звёзд можно было наблюдать самые большие различия в звёздной величине и наименьшие абсолютные разности. В качестве побочного продукта исследования Эпик получил звёздные величины, редуцированные к стандартной шкале для компонентов 1500 двойных систем, которые вошли в его опубликованное исследование. Эпик приходит к заключению, что 1216 систем из его списка обладают физически связанными спутниками, он рассматривает их распределение по относительным разделением компонентов и по звёздным величинам – отдельно для звёзд разных спектральных классов.

Приведём наиболее важные из заключений Эпика.

“Распределения *относительных светимостей* близких спутников (спроектированное расстояние <220 астрономических единиц) или *абсолютных светимостей* удалённых спутников (спроектированное расстояние >220 астрономических единиц) обнаруживают поразительное сходство для звёзд-карликов от В до К, из чего можно сделать вывод о сходстве их происхождения. Близкие спутники, вероятно, образовались в результате деления, тогда как далёкие спутники, по-видимому, представляют собой независимые ядра в космическом облаке, из которого, как полагают, сформировалась сис-

тема. Теория захвата далёких спутников представляется крайне неправдоподобной, для близких спутников – невероятной”.

“Кратные системы, похоже, представляют собой общее правило в нашей звёздной Вселенной, вероятное число спутников ярче чем +8 по абсолютной звёздной величине ($\pi = 1'$) от 3 до 4 для средней звезды. Большинство из них, однако, не может наблюдаться визуально”.

“Кривая распределения по светимостям спутников звёзд-гигантов решительным образом отличается от соответствующей кривой для карликов, у гигантов очень малое число ярких спутников и отнительно большое число слабых”.

Как отмечалось на с. 37, стремясь по возможности расширить базу данных для своих статистических исследований, Эпик систематически наблюдал двойные звёзды в Тарту, получив в период с 1924 по 1930 г. более 2300 измерений для более чем 1200 визуально-двойных систем. Спустя 20 лет после выхода в свет его работы “Определение плотности визуально-двойных звёзд” [Э10] Эпик заново рассмотрел эту проблему в статье под тем же названием, на этот раз совместно с Е. Габовичем [Э71]. На сей раз был привлечён гораздо более полный наблюдательный материал и использован ряд методических новшеств, которыми в пору студенчества Эпик не имел возможности воспользоваться. Так, для звёзд класса М вводилась поправка к цвету для того, чтобы учесть поглощение в полосах окиси титана. Эта процедура предвосхитила получивший десятилетия спустя повсеместное распространение метод учёта влияния наложения спектральных линий на непрерывный спектр звёзд и их эффективных температур. Полученные в 1935 г. значения для плотностей белых карликов привели Эпика к несколько неожиданным выводам:

«Согласно широко распространённому среди астрономов мнению, М-карлики должны обладать наибольшими плотностями на ветви для нормальных карликов. Наши вычисления показывают, что это мнение не является хорошо обоснованным. Поправки на TiO приводят к понижению плотности от аномально высоких значений к уровню нормальных значений других звёзд-карликов. Таким образом, эти звёзды не могут более рассматриваться как плотные или “белые” карлики. Напротив, их плотности оказываются в среднем даже ниже, чем у некоторых других карликовых звёзд» [Э71].

В действительности дискуссия относительно плотностей красных карликов растянулась на несколько десятилетий. Дело в том, что в большие выборки красных карликовых звёзд, как показали в 60-х годах Гринстейн и Эгген [117], попадает и множество красных вырожденных карликов, средние плотности которых, конечно же, много выше, чем у обычных карликовых звёзд. Как видим, с вырожденными карликами Эпику положительно не везло.

В послевоенный период, уже будучи в обсерватории Арма, Эпик не утрачивает интереса к физике вырожденных звёзд. В 1953 г. он пуб-

ликует работу [Э109], посвящённую проблеме химического состава белых карликов. В ней он обращает внимание на то, что при массах формирующегося белого карлика $0,5 \div 0,7$ массы Солнца в его недрах температура повышается до значений порядка пятисот миллионов градусов и выше, при которой становится возможным синтез не только углерода C^{12} , но и более тяжёлых элементов вплоть до Mg^{24} . В принципиальном отношении этот вывод Эпика получил своё подтверждение. Между прочим, по сегодняшний день астрофизики ломают голову над тем, почему подавляющее большинство наблюдаемых белых карликов (на сегодняшний день их обнаружено несколько тысяч) имеют массы именно такого порядка. Однако сама картина эволюции красного гиганта на стадии, непосредственно предшествующей образованию белого карлика, оказалась гораздо сложнее, чем это представлялось в начале 50-х годов. В частности, выяснилось, что реакция образования углерода C^{12} происходит в тонком слоевом источнике, а не в ядре, и на асимптотической ветви гигантов она осуществляется в режиме квазипериодических тепловых пульсаций, попеременно сопровождающихся “гелиевыми вспышками” со сбросом части конвективной оболочки с последующей релаксацией и горением водорода в самых внешних слоях протяжённой оболочки гиганта.

Последняя исследовательская работа по тематике двойных звёзд (“Кратные двойные звёзды и равномерное распределение по энергиям”) в довоенный период была написана Эпиком в сотрудничестве с Е. Габовичем и В. Рийвесом; она была завершена в марте 1939 г. [Э84]. Авторы исследовали корреляции между скоростью звезды и степенью кратности системы, пытаясь пролить свет на природу видимого равномерного распределения энергии во Вселенной. При сравнении двойных или кратных звёзд с одиночными звёздами того же класса и с теми же абсолютными звёздными величинами были введены в рассмотрение новые критерии для тестирования наличия равномерного распределения по энергиям. Результаты основывались на исправленных за собственное движение Солнца лучевых скоростях звёзд, взятых из “Общего предварительного каталога Босса”. Звёзды делились на три основные группы: звёзды главной последовательности (1381 одиночных и 1125 двойных или кратных); гиганты (1238 одиночных, 343 двойных или кратных); сверхгиганты (116 одиночных, 103 двойных или кратных). В каждой группе звёзды рассматривались отдельно для каждого спектрального класса. Различалось четыре типа кратности: а) одиночные, б) визуально-двойные со слабым спутником и различием в $m > 2,5$ и спектрально-двойные с одним видимым спектром, в) визуально-двойные с ярким спутником и различием в $m < 2,4$ и спектрально-двойные с обоими видимыми спектрами, г) кратные системы.

“Возрастающая степень кратности несомненно свидетельствует в пользу возрастающей массы; поэтому с точки зрения равномерного распределения по энергиям мы ожидаем уменьшения скорости по мере возрастания кратности... для кратных систем в целом равномерное распределение по энергиям непол-

ное; изменение скорости с приведённой массой системы достигает лишь половины значения, которое следует из критерия равномерного распределения” [Э84].

Фундаментальные исследования Эпика по звёздной статистике в 20-х гг. [187] принесли ему заслуженную известность, международное признание и, как следствие, приглашение в Гарвардский университет для чтения лекций по этой тематике. Его курсы лекций пользовались большой популярностью и снискали восторженные отзывы ряда его слушателей (см., например, [104, 146]), на которых производила впечатление не только широкая эрудиция Эпика, но и интерес, проявляемый им к студентам. Как и в Тарту, Эпик сочетал лекционную работу с собственной исследовательской работой. Одним из важнейших методических вкладов Эпика в звёздную статистику в работах этого периода стал разработанный им метод изучения распределения “видимая светимость – спектральный класс для звёзд ярче данной видимой величины”.

Много усилий приложил Эпик к изучению эффектов неравномерности в распределении звёзд. До появления его первой работы по данной тематике этой проблеме по существу не уделялось внимания с точки зрения теории вероятностей. Вот как описывает ситуацию А. Вельдтке [187]: “В большинстве случаев применялся один лишь описательный метод исследования, в котором личное впечатление, составленное наблюдателем при визуальном ознакомлении с наблюдательным материалом, являлось единственным критерием отбора. Эпик трактовал проблему в соответствии с основными статистическими принципами. Он применил метод анализа, который позволяет установить, отличается ли наблюдаемое распределение звёзд от случайного до такой степени, что можно доказать наличие значимых отклонений от чисто случайного распределения. Метод вычисления вероятности положительного эксцесса в частотных параметрах звёздной плотности, предложенный Эпиком, отличается выгодными преимуществами, так как задает вероятности, которые могут служить мерой факторов неоднородности – таких, как звёздные пустоты (темные туманности) или же реальные сгущения [Э39, 68]. Позднее Эпик включил в рассмотрение изучение вероятности выявления геометрических конфигураций. Подобным образом можно определить другую характеристику неравномерности, не зависящую от наличия позитивного эксцесса” [187].

Подводя итоги, можно отметить, что в сочетании с прирождённой физической интуицией прекрасное владение методами математической статистики, искусно развитыми и приспособленными для нужд очень широкого круга астрофизических задач в области изучения физики комет, метеоров, Луны и планет, звёзд и звёздных систем, и стало той мощнейшей персональной методической базой Эпика, на основе которой он получил фундаментальные по значимости результаты в столь разных отраслях астрономического знания.

Строение звёзд-гигантов

В 1938 г. Эпик опубликовал в двух выпусках 30 тома “Публикаций Тартуской обсерватории” статьи, посвящённые внутреннему строению звёзд-гигантов [Э79, 80]. Эти статьи как бы подвели итог более чем 15-летним многоплановым исследованиям звёзд-гигантов, проводившихся Эпиком в Тартуской обсерватории, о чём подробно рассказывалось на с. 40. Фундаментальные работы по моделированию внутреннего строения этих звёзд в творческом отношении являются, пожалуй, одним из самых блестящих (а, может быть, даже величайшим) из научных свершений выдающегося эстонского астрофизика за всю его карьеру: он на 15 лет ушёл вперед по сравнению с самыми передовыми достижениями своих современников в этой области астрофизики!

Почти 40 лет спустя в автобиографической статье “О догме в науке и другие воспоминания астронома” [Э255] сам Эпик воссоздает общий научный фон, сложившийся вокруг проблемы звёзд-гигантов, и пытается “расставить точки над *i*”, оценивая и свой собственный вклад в эту проблему:

«Хотя модели газовых шаров, находящиеся в строгом гидростатическом равновесии, были созданы Эмденом, только гений Эддингтона вдохнул в них жизнь, введя в рассмотрение концепцию переноса энергии, главным образом, посредством переноса излучением, а также генерации энергии. Заслуга Эддингтона в расшифровке внутреннего строения звёзд неопределима, а его работа, в особенности закладывающая физические принципы, продолжает оставаться основой для прогресса исследований, несмотря на то, что он потерпел неудачу при попытке объяснить строение звёзд-гигантов. По своей сути эта неудача заключалась не в отсутствии физических или математических методов подхода; всё необходимое уже содержалось в собственных статьях и уравнениях Эддингтона. Однако в моделях Эддингтона из соображений удобства предполагалось наличие однородного химсостава. Они стали доктриной и для него самого и для “миниистэблшмента” его последователей, но, как мы знаем теперь, они не могут привести к “инфляционному”, или гигантским структурам. К хорошо известному факту, что признанный источник энергии – превращение водорода в гелий – создаёт концентрацию вещества с более высоким молекулярным весом вокруг звёздного ядра, Эддингтон присовокупил концепцию фон Цейпеля о наведённой ротационной конвекции, господствующей в гидродинамически стабильных слоях в состоянии теплового равновесия. Он, однако, не догадался подставить числа в свои уравнения и, когда я это проделал, то получилось, что шкала времени предполагаемого перемешивания для Солнца оказывается равной $10^{14} \div 10^{15}$ лет, т.е. в $10\,000 \div 100\,000$ раз более долгая, чем возраст Солнечной системы или временная шкала ядерных реакций. Это относится к самым медленно или умеренно вращающимся звёздам, в особенности к звёздам-гигантам, и предположение, что гелий, возникающий из водорода, каким-то образом перемещается во всем объёме звезды, не выполняется, притом заведомо с большим запасом. Стоит отметить, что я в этом отноше-

нии ни на йоту не прибавил от себя к превосходному творению Эддингтона; я лишь провёл вычисления по предписанным им формулам. Неудачу Эддингтона в извлечении следствий из его собственной теории можно объяснить только наличием “слепого пятна”, догматического момента в его модели – однородного хмисостава. Следующий мой шаг состоял в численном интегрировании “составных” неоднородных моделей, что оказалось значительно более сложным, нежели применение гомологических моделей Эддингтона–Эмдена. Однако они были более реалистичны и принесли объяснение строения звёзд-гигантов с высокой центральной температурой и плотностью, которые адекватны при описании ядерных реакций на продвинутых стадиях эволюции, но при больших значениях радиусов и низких средних плотностях» [Э255].

Думается, что в только что приведённой цитате Эпик со свойственной ему скромностью немного лукавил, столь безоговорочно отдав пальму первенства Эддингтону. Разумеется, Эпик воспользовался при построении моделей звёзд-гигантов системой уравнений, сформулированных Эддингтоном [108]. Но это до него сделал, скажем, и Аткинсон [88, 89], который также, отталкиваясь от пионерских работ Эддингтона, в которых формулировались уравнения теплового и гидростатического равновесия во внутренних слоях звезды, показал, что звёзды главной последовательности должны светиться вследствие термоядерных превращений лёгких ядер в более тяжёлые. Однако поскольку звёзды-гиганты обладают более высокими светимостями при более низких температурах, Аткинсону пришлось сделать вывод о том, что источником энергии в них *не являются* ядерные реакции. Всё дело, однако, в том, что “физическая начинка” моделей Эпики радикально отличалась от той, которую вкладывал в свою модель Эддингтон в середине 20-х годов (или позднее Аткинсон). В кратком резюме к первой статье [Э79], посвящённой внутреннему строению звёзд-гигантов, Эпик, явно полемизируя с Аткинсоном, пишет: “Особый источник энергии у гигантов, который работает при низких температурах и плотностях, представляется невозможным; какие бы предположения о законе генерации энергии ни делались, при условии, что они согласуются с общими физическими принципами, они неизменно приводят к заключению, что температуры в центре звёзд-гигантов должны быть по меньшей мере так же высоки или выше, чем для звёзд главной последовательности”.

В этой работе Эпик уже использовал формулу для темпа энерговыделения, пропорционального температуре в 19-й степени. Уместно напомнить, что ещё в начале 20-х годов, исследуя функцию светимости звёзд, Эпик пришел к выводу о том, что сравнение рассчитанной функции светимости с наблюдаемой свидетельствует о внутреннем источнике звёздной энергии с сильной степенью концентрации к центру звезды (см. [Э35] и обзор работ Эпики по звёздной статистике на с. 120–129).

Таким образом, возвращаясь к приведённой выше цитате, можно предполагать что даже если бы Эддингтон и мог воспользоваться советом Эпика, без знания природы ядерных реакций и, в частности, сильной температурной зависимости энерговыделения, он всё равно не сумел бы решить парадокса, с которым столкнулся, когда последовательно пытался применить выведенное им соотношение масса–светимость к звёздам-гигантам. Трудность возникла, когда Эддингтон попытался применить соотношение масса–светимость к яркому компоненту визуально-двойной звезды Капеллы. По своему спектральному классу Капелла близка к Солнцу (обе они являются звёздами класса G). Но если Солнце карликовая звезда, то Капелла – гигант с радиусом, в 13,74 раза превышающим радиус Солнца. Так как Капелла является двойной системой с известной орбитой, то можно определить и массу яркой компоненты, которая оказывается в 4,18 раз более массивной, чем Солнце. Предположение гомологичности означает, что если масса и радиус звезды известны, то из соотношений гомологии можно по отношению радиусов и масс оценить отношение плотностей и температур (используя уравнение состояния идеального газа и пренебрегая давлением излучения для Капеллы и Солнца). Таким образом, Капелла должна быть значительно менее плотной и более холодной, нежели Солнце. Отношение поверхностей Капеллы и Солнца равно 189. Если бы их температуры в точности равнялись, то их светимости определялись бы отношением радиусов. В действительности поверхностная температура Капеллы гораздо ниже, чем у Солнца, но она излучает в 125 раз больше энергии. Таким образом, парадокс, с которым столкнулся Эддингтон, состоит в том, что Капелла, которая должна согласно соотношениям гомологичности во всех сравнимых точках быть холоднее и менее плотной, чем Солнце, в то же время излучает гораздо больше энергии. Эддингтон пытался найти выход из этого парадокса, справедливо полагая, что энерговыделение в недрах звезды возрастает с ростом плотности и температуры, но так как он одновременно, исходя из соотношений гомологичности, заключил, что Капелла обладает более низкой плотностью и температурой, нежели Солнце, то, стремясь найти какой-то разумный компромисс между этими явно противоречащими друг другу утверждениями, он предположил, что Солнце, в отличие от Капеллы, успело в основном исчерпать водород в ядре. Однако и это ухищрение не позволило разрешить возникший парадокс.

Перейдем к изложению основных физических предпосылок, которые легли в основу моделей звёзд-гигантов, предложенных Эпиком. Вновь предоставим ему слово.

“Строение звёзд – это физическая, а не математическая проблема. Существенны исходные посыпки, а не точные математические дедукции из заданных посылок; мы хотим знать *истинные* физические условия, определяющие внутреннее состояние звезды, и её зво-

люцию; тогда за этим может легко последовать и *точная* математическая теория. Мы верим в то, что чисто качественная картина, учитывающая во всей их сложности условия, царящие в звёздных недрах, всё же является лучшим приближением к истине, нежели точная математическая теория, но основанная на упрощениях, которые не учитывают определённые самые важные факторы в строении и эволюции звезды” [Э79].

Это довольно важный момент для понимания сущности работ, выполненных Эпиком. Сам он прекрасно осознавал, что сделанные им исследования внутреннего строения гигантов только заложили физические принципы – основы и являлись скорее введением в последующее детальное моделирование внутреннего строения и эволюции этих звёзд. Во-первых, Эпик на тот момент не обладал конкретными знаниями о зависимости энерговыделения при ядерных реакциях от температуры, плотности и химического состава; во-вторых, более чем скудны были сведения о непрозрачности звёздных недр, а это был едва ли не ключевой вопрос при решении кардинально важной проблемы; каким будет механизм переноса энергии из недр звезды в оболочку – конвективным или лучистым? Поэтому Эпик, двигаясь как бы на ощупь и доверяясь в первую очередь своей интуиции физика, самое пристальное внимание уделял анализу исходных предположений – так сказать, физической “кухне”; обсуждая результаты и следствия из своих модельных расчётов, он не устал подчёркивать границы их применимости и пытался, насколько возможно, реалистично оценивать, как они могут видоизмениться при более строгом количественном подходе.

Чтобы не быть голословными, поясним это на конкретных выдержках из обсуждаемых статей Эпика. Он, как обычно, исходит из уравнений а) гидростатического равновесия, б) уравнения состояния идеального газа, в) соотношения между газовым и полным давлением, г) уравнения переноса тепла. Последнее, конечно же, играет основную роль в решении проблемы природы светимости гигантов. Светимость складывается из потока, переносимого излучением Q_r и потока S_r , поставляемого конвекцией через слой радиуса r . Поскольку энерговыделение посредством ядерных реакций предполагает очень крутую температурную зависимость и происходит в самом центре звезды, Эпик упрощённо предполагает наличие точечного источника в центре с заданным конвективным потоком, а в качестве аналога точечного источника с лучистым равновесием рассматривает внешнюю сферическую оболочку с заданным потоком излучения $Q_r = \text{const}$ для $r > r_1$.

Так как сведениями о зависимости темпа энерговыделения от физических параметров Эпик тогда не располагал, он обходит эту проблему, рассматривая политропную модель со свободным индексом политропии, изменяющимся в пределах от 1,5 до 3,0. Коэффициент поглощения задается по формуле Крамерса. Для оболочки с вы-

сокой степени ионизации – предполагается чистое рассеяние на свободных электронах. Как подчеркивает Эпик, имеется некоторый нижний предел значения индекса политропии N_a , выше которого господствует лучистое равновесие, а ниже его устанавливаются конвективные потоки, так что значительная доля энергии из недр переносится конвективными движениями. Как показывает Эпик, при этом конвективный перенос энергии становится столь эффективным, что отклонение от строго адиабатического равновесия становится пренебрежимо малым и приближение $N = N_a$ оказывается очень близким к действительности и удобным для практических применений. Кроме того, Эпик пренебрегает влиянием частичной ионизации водорода на отношение удельных теплоёмкостей газа (при постоянном давлении и объёме), принимая значение их отношения равным $\Gamma = 5/3$ (как для одноатомного газа). Поскольку это конкретное значение Γ в свою очередь также связано с соотношением между газовым и полным давлением, Эпик уделяет немало внимания оценке подходящего значения в зависимости от индекса политропии. Как утверждает Эпик,

“в конвективном ядре любая неоднородность в распределении энергии физического источника выравнивается благодаря конвективному переносу тепла. Таким образом, истинное распределение источников энергии в ядре не сказывается на результирующей картине; одно и то же строение возникает и в случае физически точечного источника, и для более однородного распределения источников энергии в ядре. Для простоты мы можем, в частности, предполагать, что все источники энергии находятся в ядре, а за его пределами энергия не генерируется, т.е. вне ядра везде лучистый поток энергии постоянен”.

Таким образом, решение системы уравнений, описывающее структуру звезды, находится методом проб и ошибок, и основным параметром, к которому наиболее чувствительна задача, является переменный индекс политропии N : “характер его изменения, зависящий от принятых начальных условий, определяет характер результирующего решения; индекс политропии служит нам в качестве самого полезного критерия, направляющего наши расчёты по методу проб и ошибок”.

Труднее всего, как подчеркивал сам Эпик, было оценить поток конвективной энергии: “Однако по порядку величины можно получить довольно приличную оценку. Для наших нынешних целей высокая точность не столь уж важна”. И Эпик обосновывает это утверждение: “в тех случаях, когда возникает конвекция, адиабатическое равновесие устанавливается почти строго, так как конвекция оказывается куда более мощным источником переноса тепла в звёздных недрах, нежели излучение; сколь именно более мощным, не так уж важно при нынешних обстоятельствах”.

Используя разработанную им самим методику, в которой преимущества аналитического приближения для адиабатического рас-

пределения температур и плотности, а также отношения газового и лучистого давления умело сочетаются с полуинтуитивными оценками, Эпик на одну и ту же модель ядра “надстраивает” множество различных моделей оболочки. Как он сам пишет в разделе “Составные модели гигантов”, «...можно построить “инфляционные” модели с низкой средней плотностью и высокой степенью концентрации... при удачно подобранном отношении молекулярного веса в ядре и оболочке можно получить звёзды-гиганты, у которых источники энергии сконцентрированы в ядре...». И он приводит образцы вычислений для крайнего случая модели “гиганта”: для крайне высоких значений массы, отчасти соответствующих массам самых больших сверхгигантов, отчасти превосходящих любые наблюдаемые массы звёзд или даже воображаемые. Все они строятся на одной и той же модели ядра. Главная цель заключается в том, чтобы показать, что можно получить любую степень инфляции без привлечения каких-либо предположений *ad hoc* относительно коэффициента поглощения либо других физических законов. В качестве источника непрозрачности принималось рассеяние на свободных электронах и так как это предполагает высокую степень ионизации, то отношение газового и полного давления мало, эффективный индекс политропии примерно равен трём, слегка флуктуируя в обе стороны относительно этого значения. Врубель [197], обсуждая результаты этих модельных расчётов, считает, что именно некоторые наиболее экстремальные модели, рассмотренные Эпиком, вызвали у его современников осторожно-недоверчивое отношение ко всему циклу работ.

Перечислим основные, наиболее далеко идущие следствия из модельных расчётов, в которых Эпик сильно опередил своих коллег, также изучавших строение гигантов: Т. Каулинга [101], Б. Стрёмгрена [178] и др.

“Маловероятно, чтобы все звёзды обладали однородным химическим составом... исчерпание водорода приводит к увеличению молекулярного веса в ядре, так как в центральной области звезды водород постепенно превращается в более тяжёлые элементы, химический состав в этих слоях постепенно изменяется, средний молекулярный вес растёт. Основная проблема заключается в том, будет ли конвекция приводить к постепенному и полному перемешиванию вещества, так что в среднем звезда останется химически однородной с постепенным увеличением среднего молекулярного веса”.

Эпик, изучая следствия из развития неоднородностей химического состава, делает следующий вывод: “Легко показать, что совсем небольшая дифференциация химического состава будет препятствовать дальнейшему конвективному перемешиванию между ядром и оболочкой, приводя ко всё усиливающейся дифференциации, крайним случаем которой будет полное отсутствие водорода в ядре... условия механического равновесия и конечности потока энергии накладывают условия равенства температуры и полного

давления по обе стороны от поверхности; там образуется разрыв в плотности... и в температурном градиенте”. И немного ниже: “...Ядро, лишенное водорода, таким образом, судя по всему, лишённое внутриатомных источников энергии, обречено на коллапс в кельвинской временной шкале, т.е. гравитация служит источником энергии; могут достигаться высокие плотности и образоваться сверхплотное ядро. Сжатие ядра происходит постепенно; вместо взрыва происходит постепенное расширение оболочки и она подстраивается под столь низкое значение плотности и температуры, что высвобожденная внутриатомная энергия остаётся более или менее нормальной... Возникает типичная структура гиганта, состоящая из очень протяжённой и разреженной оболочки в состоянии теплового равновесия, промежуточной зоны в состоянии адиабатического (конвективного) равновесия... и сжимающегося сверхплотного ядра с нулевым содержанием водорода без источников внутриатомной энергии”.

Весьма любопытно, что в этих моделях Эпика просматривается, так сказать, прообраз будущих моделей звёзд, находящихся на асимптотической ветви гигантов со слоевым источником, которые “вошли в обиход” только к концу 60-х гг. В этих моделях Эпик различает три слоя с разными режимами: 1) центральное ядро, лишённое водорода и источников энергии; 2) промежуточная оболочка, лишённая водорода, но содержащая 75% гелия, рассматриваемая как продукт уже завершённого процесса синтеза гелия из водорода; 3) водородная оболочка. Предполагается, что гелий постепенно преобразуется в более тяжёлые элементы, тем самым выделяя некоторое количество внутриатомной энергии (на дне оболочки). Водород, поставляемый внешней оболочкой, можно рассматривать как мощный источник внутриатомной энергии на верхней границе промежуточного слоя, внешняя оболочка на 75% состоит из водорода. Средний молекулярный вес для трёх названных слоев, по Эпику, составляет соответственно 2,26, 1,48 и 0,63. Эпик специально оговаривает, что введение промежуточной оболочки не является обязательным для целей его вычислений. Она вводится исключительно для того, чтобы “избежать гротескного впечатления от водородсодержащего материала, который при температуре порядка 10^9 градусов всё ещё высвобождает внутриатомную энергию вместо того, чтобы израсходовать весь наличный запас водорода задолго до того, как будут достигнуты столь высокие температуры... Численные результаты нашу качественную картину не изменят, если принять определённый закон энерговыделения; только вычисления в этом случае стали бы гораздо более сложными”. Количество энергии, генерируемое при выгорании водорода в гелий, хорошо известно, и Эпик смог определить максимальный возраст звёзд с разной массой. Для очень ярких звёзд ранних спектральных классов время пребывания на главной последовательности очень короткое – около

10 млн лет [Э80]. Эпик заключает: “Таким образом, присутствие массивных и ярких звёзд главной последовательности в Галактической Системе мы приписываем звёздам, которые постоянно зарождаются и приходят на смену тем, что становятся гигантами...” [Э80].

Не лишне будет напомнить, что идея о недавнем происхождении голубых звёзд главной последовательности получила повсеместное распространение только после открытия В.А. Амбарцумяном звёздных ассоциаций в конце 40-х годов [1]. Эпик продолжал свои теоретические изыскания внутреннего строения звёзд-гигантов и главной последовательности и в годы Второй мировой войны. Как сам он пишет в статье 1950 г. [Э97], “основные положения настоящей работы были выдвинуты в 1939–1943 гг. в Тартуской обсерватории [Э85]. Данная работа – одна из серии публикаций, рассматривающих проблемы стратификации и конвекции в звёздах с точки зрения эволюции и долговременной переменности светимости” (см. также [Э97, 101]).

В этой серии публикаций Эпик усовершенствовал рассмотрение конвекции с учётом эффекта осевого вращения звёзд. В частности, в работе [Э98] он показал, что вопреки утверждению Эддингтона эффекты меридиональной циркуляции, по крайней мере для таких медленно вращающихся звезд, как Солнце, пренебрежимо малы (см. высказывание Эпика в самом начале данной главы).

В этом же цикле работ очень важное место занимает работа “Звёздные модели с переменным химическим составом” [Э89]. По словам автора, она была начата в Тартуской обсерватории, продолжена в Гамбургской обсерватории, Бергедорфе, в Балтийском университете в Пиннеберге и завершена в обсерватории Арма. В этой работе Эпик показывает, что при температурах между $4 \cdot 10^8$ и $6 \cdot 10^8$ К в ядре звезды He должен быстро превратиться в C^{12} , а также, что дальнейший захват ядер He – альфа-частиц – должен приводить к образованию последовательно всё более тяжёлых элементов: O^{16} , Ne^{20} , Mg^{24} .

Эпик сопровождает это утверждение следующим комментарием: “...похоже, что прежде, чем стадия белого карлика будет достигнута, произойдёт очень важный процесс создания элементов в духе, отличным от признанных в настоящее время идей статистического равновесия атомных ядер (Т. Штерне, Г. Гамов, С. Чандрасекар, Ф. Хойл, Г.Б. ван Альбада и другие)” [Э89]. Эпик, правда, не смог предложить конкретную цепочку ядерных реакций, ведущих к образованию C^{12} . Это сделал чуть позже Э. Солпитер (который не знал о работах эстонского астрофизика). Солпитер [168] привёл детальные аргументы в пользу образования C^{12} вследствие горения He. Два ядра He могут вступить в реакцию, образуя Be^8 , но так как бериллий нестабилен, то только малая (равновесная) его доля остаётся в любой момент. Как отметил Солпитер, ядро Be^8 может изредка вступать в реакцию с ядром He, образуя C^{12} . Так как Be^8 – крайне редкий элемент, то у

него должно быть очень большое сечение захвата Не для образования заметной концентрации С. Как позднее заметили Ф. Хойл и У. Фаулер, образование C^{12} из Не в значительной степени усиливается благодаря двум обстоятельствам: наличию Be^8 , а также существованию возбуждённого состояния у атома C^{12} (см. [10, 128, 143]).

О том, сколь долгим оказался путь к признанию приоритета исследований Эпика по внутреннему строению красных гигантов, красноречиво свидетельствует фрагмент из статьи Б. Ситтерли [176].

“Фон Вейцеккер выдвинул в 1938 г. гипотезу, что звёзды начинают свой путь как сферы, состоящие из чистого водорода, а все другие элементы в них синтезируются из него. Как подчеркивал Стрёмгрен, новые кривые находятся в хорошем согласии с этой гипотезой. Согласно этой точке зрения последовательности кривых содержания водорода в порядке их уменьшения являются последовательными стадиями от юности к зрелости (а не кривыми равного возраста, так как яркие звёзды выросли быстрее). Отдельные звёзды продвигались вдоль кривой равной массы, сперва становясь всё ярче и расширяясь, затем сохраняя постоянный блеск, но продолжая расширяться до тех пор, пока почти весь водород не истощался. После этого их поведение должно было контролироваться дальнейшими трансмутациями или же они должны были сжиматься, возможно, катастрофически, превращаясь в белых карликов. Каким образом гелий мог трансмутировать при температурах звёздных недр, в 1938 году не было ясно.

Здесь перед нами новый взгляд на значительную часть жизненного пути звезды. Слишком много оставалось вопросов без ответа, чтобы можно было предоставить статус теории. Относительно стадии до главной последовательности можно было строить догадки о гравитационном сжатии, но стадия гиганта, которая следовала за стадией главной последовательности, либо являлась поворотной точкой, как подразумевал Стрёмгрен, либо же зависела от превращения гелия при помощи процессов, о которых можно было только догадываться. Звёздная модель, предложенная Б. Стрёмгrenom, была чересчур простой – Милн, Каулинг и другие уже предложили более рафинированные”.

Работ Эпика здесь нет и в помине! Нам остается только добавить, что приведённый фрагмент взят из солидного издания *Vistas in Astronomy* [176] и относится к 1970 году!

Возвращаясь к вопросу о приоритете Эпика в раскрытии механизма высокой светимости красных гигантов, мы полностью солидарны с мнением Эйнасто и Йёзевеера [84] (см. также более позднюю статью Эйнасто [110]), которые пришли к аргументированному выводу, что Эпик этой серией работ значительно опередил своё время. Мы уже приводили выдержки из переписки Эпика и Гамова на эту тему; пожалуй, каждый из них был по-своему прав.

Вероятно, мы не сильно погрешим против истины, утверждая, что в 1938 г. блестящий результат Эпика прошёл незамеченным в

первую очередь потому, что он *не мог быть востребован наблюдательной астрофизикой*. Знаменитый парадокс Эддингтона был, разумеется, известен специалистам, но с такого рода парадоксами астрофизика 20–30-х годов сталкивалась неоднократно, и их истолкование откладывалось “до лучших времен”. Только в конце 50-х годов, после работ Ф. Хойла и М. Шварцшильда [169] (по существу повторивших работу Эпика 1938 г.), с появлением в США, а затем и в Европе компьютеров, стали систематически рассчитываться детальные модели внутреннего строения и эволюции как одиночных звёзд, так и компонентов в двойных системах, вплоть до стадии красного гиганта. В этих работах принципиальные выводы Эпика получили полное подтверждение. Что не менее важно, в те же годы были обнаружены и детально отнаблюдены десятки звёзд-гигантов, входящих в двойные системы, у которых вследствие благоприятного наклона их орбит к лучу зрения можно наблюдать атмосферные затмения, когда звезда главной последовательности просвечивает сквозь оболочку гиганта или сверхгиганта (звёзды типа ζ Aur или тесные двойные, в которых один из компонентов является звездой типа Вольфа–Райе с протяжённой оболочкой), что позволяет проводить непосредственную диагностику строения протяжённой оболочки гиганта или сверхгиганта (см., например, [19]). Примерно в те же годы применение интерферометров с высоким разрешением позволило для близких сверхгигантов провести измерения их радиусов и оценить параметры их оболочек.

Несомненно одно: будь этот огромный и разнообразный наблюдательный материал доступен астрономам ещё в 30–40-е годы, основополагающие результаты Эпика по внутреннему строению звёзд-гигантов не могли бы остаться незамеченными для его современников, где бы они ни были опубликованы.

Природа спиральных туманностей

По самой своей цели научное исследование всегда стучится в дверь Неведомого. Когда дверь удастся приоткрыть для экспериментального либо теоретического подхода или теории, базирующейся на солидном предшествующем знании, успех гарантируется, а наши фактические познания ширятся. В процессе этого мы сталкиваемся с тайнами, которые нельзя разгадать, пользуясь традиционными средствами. Требуются новые теории, новые интерпретации.

Эпик [Э241]

Открытие природы спиральных туманностей, вошедшее в историю под названием “Великая дискуссия в астрономии XX столетия”,

по сегодняшний день привлекает к себе самое пристальное внимание историков астрономии и историографов всего мира. И не удивительно: в этом одном из самых фундаментальных открытий науки XX века, которое привело в конечном счёте к обнаружению красного смещения галактик и возникновению современной космологии, самым причудливым образом переплелись драма идей, захватившая целый ряд отраслей астрономии и астрофизики и определившая судьбы многих видных учёных той эпохи, и история блестящих достижений в области астрономического приборостроения. Э. Эпику в этой драме идей принадлежит видное место. Данной теме посвящён целый ряд монографий и великое множество обзорных статей (см., например, [7, 73, 126, 127, 177, 195]). Среди них особо следует выделить книгу Р. Смита “Великая дискуссия в астрономии XX столетия” [177], в которой всесторонне и на весьма обширном фактическом материале прослеживаются все перипетии этой увлекательной истории. На эту монографию мы будем часто ссылаться. основополагающие труды самого Э. Эпика по проблематике, связанной с внегалактической шкалой расстояний, подробно освещались в ряде статей М. Йыэвеера [31, 134, 135], а также М. Гроота [104, 105], Я. Эйнасто [110], А. Сапара [64], Г. Желнина [24], М. Хоскина [126] и ряда других авторов. Наша главная цель была по возможности более точно обозначить вклад Эпика в решение этой фундаментальной проблемы в общей канве и контексте многообразных исследований спиральных туманностей в 20-х годах XX века.

Хронологически всю современную историю открытия островных Вселенных и истолкования природы спиральных туманностей можно достаточно чётко подразделить на три временных отрезка. Первый этап, охватывающий период с середины прошлого века до приблизительно 1910 г., – это эпоха изучения структуры Млечного Пути и отдельных его составляющих методами позиционной астрономии и звёздной статистики. Этот этап в изучении спиральных туманностей восходит к пионерским попыткам лорда Росса* в 1845 г. на 72-дюймовом рефлекторе разрешить туманность Андромеды на отдельные облака светящейся материи, а также к наблюдениям директора Казанской обсерватории М.В. Ляпунова**, обнаружившего в 1853 г. изменения яркости и формы М 31. Он завершается серией

* Правильно: “граф Росс”. Эта застарелая ошибка в титуловании В. Парсона в русской литературе “лордом Россом” была выявлена А. Еремеевой (см. Астрономический календарь (АК) на 1975 г.) и подтверждена дополнительной проверкой А.П. Гуляевым (см. АК на 1998 г., с. 316). Ирландский астроном Вильям Парсонс имел титулы “3-й граф Росс, лорд Оксмантаун”. – *Примеч. ред.*

** Если говорить об истоках, то нелишне напомнить, что они восходят к В. Гершелю, который в 1785 г. впервые наблюдательно – методом своих знаменитых звёздных “черпков” выделил нашу звёздную Вселенную (т.е. все видимые звёзды и Млечный Путь) как изолированную целостную систему звёзд – звёздный

работ по звёздной статистике, выполненных Г. фон Зеелигером и Я. Каптейном, которые позволили впервые надёжно выявить наличие уплощения звёздной системы в направлении плоскости Млечного Пути*, оценить относительные размеры звёздной системы и в общих чертах – распределение звёзд как функции звёздной величины и галактической широты.

Второй этап в современной истории изучения спиральных туманностей, продлившийся до 1924 г., знаменуется наступлением на проблему “на всех фронтах”, так как период примерно с 1910 г. – это время бурного развития количественных методов теоретической и наблюдательной астрофизики. Звёздные скопления и спиральные туманности стали как раз тем оселком, на котором оттачивались эти новые методы: определение лучевых скоростей скопления звёзд и туманностей по доплеровскому смещению спектральных линий, поиск и надёжное выявление новых звёзд в этих объектах, установление диаграммы период–светимость для цефеид, позволившее использовать их в качестве индикатора космологических расстояний, – всё это привело к притоку большого числа исследователей в эту область и к быстрому накоплению разнообразного наблюдательного материала.

Будущий директор Гарвардской обсерватории Харлоу Шепли, по-видимому, глубже, а главное быстрее, чем кто-либо другой из его современников осознал, какое необъятное поле деятельности для количественного изучения строения Вселенной сулят переменные звёзды. “Засучив рукава” и проделав огромный объём работы по исследованию шаровых скоплений звёзд, он уже в 1917 г. получил оценки расстояний до примерно 30 скоплений, колебавшиеся от 20 тысяч световых лет до расстояний, на порядок превышавших это значение. Одновременно Шепли “поместил” Солнце на расстояние около пятидесяти тысяч световых лет от центра Галактики. Блестящей является интуитивная догадка Шепли, что шаровые скопления как бы очерчивают контуры нашей Галактики. Предложенные Шепли поистине гигантские масштабы Галактики не могли не поразить воображение его современников, поскольку на другом полюсе находилось немало исследователей, готовых видеть в малоразличимых структурных деталях спиралей прообразы будущих солнечных систем (в духе распространённых тогда в космогонии идей и веяний).

“остров”, предложив называть её Млечным Путём с прописной буквы, в отличие от других таких же звёздных вселенных-островов, за которые он принимал вначале все млечные туманности и даже разложимые звёздные скопления. В. Гершель, как известно, впервые определил и общую уплощённую форму, и величину сжатия Галактики. – *Примеч. ред.*

* Впервые на основе наблюдений это установил, как известно, В.Я. Струве в 1847 г. в Пулковке. – *Примеч. ред.*

Наметившееся противостояние, как известно, кульминировало в вызвавшей большой резонанс в мире науки беспрецедентной публичной дискуссии между Х. Шепли и Х. Кёртисом (“Великий спор”). Этот этап завершился открытием в 1923 и 1924 гг. Хабблом в туманности Андромеды не только что вступившем в строй крупнейшем в мире 100-дюймовом телескопе нескольких цефеид. Как вскоре стало ясно, это открытие поставило проблему определения космологической шкалы расстояний на строго экспериментальную основу.

На конец этого же периода приходится и оригинальные исследования Эпика по определению расстояния до М 31.

Как уже отмечалось, в 1921 г. Э. Эпик опубликовал в издававшемся в Петрограде журнале “Мироведение” свою первую статью [Э20], посвящённую природе спиральных туманностей, в которой он, используя данные о кривой вращения для М 31, полученные Пизом [161] в 1918 г., пришёл к оценке расстояния до туманности Андромеды (М 31) в 785 тыс. парсеков. Как следует из сноски в статье, результаты своего исследования Эпик доложил на заседании Московского общества любителей астрономии ещё в 1918 г. “Длительную задержку с публикацией можно объяснить хаосом, в который погрузилась Россия при большевистском правлении. Начиная с лета 1918 г. связи с западными странами были нарушены и публикация научных трудов стала невозможной, главной целью было выжить” [31]. К счастью для Эпика, четвёртый том трудов Американской академии наук от 1918 г. со статьей Пиза оказался в числе одного из последних изданий, дошедших до Петрограда, прежде чем наступил растянувшийся на несколько лет перерыв в поступлении зарубежных изданий, вызванный международной изоляцией Советской России. Когда Эпик вернулся в конце 1921 г. в Эстонию, он вновь получил возможность ознакомиться с новинками астрономической литературы по проблеме спиральных туманностей и для него не составило большого труда убедиться в том, что с момента опубликования его первой статьи в решении проблемы определения расстояния до спиральных туманностей сколько-нибудь существенного прогресса достигнуто не было.

Остановимся подробнее на рассмотрении общей ситуации в этом вопросе, сложившейся к началу 20-х годов. Это позволит нам яснее понять место и значение выполненных Эпиком исследований. Профессиональным астрономам конца XX века, прослушавшим университетские курсы современной астрофизики, идея метода, применённого Эпиком для оценки расстояния до М 31 [Э20, 24], кажется не только понятной, но и естественной. Не будем, однако, забывать, что если измерения лучевых скоростей звёзд проводились ещё начиная с конца 80-х годов XIX века, то первые уверенные промеры лучевых скоростей спиральных туманностей были получены В. Слайфером только в 1914 г. Когда Слайфер на собрании Американского астрономического общества доложил об измерении лучевых скоро-

стей 15 спиральных туманностей (для двух из которых он получил неслыханные по тем временам скорости в 1100 км/с), его сообщение было встречено овацией. Быть может, наиболее примечательным с точки зрения рассматриваемой здесь проблемы является то обстоятельство, что *сами цели*, которые преследовались при постановке наблюдательной программы по измерению лучевых скоростей спиральных туманностей, не имели ничего общего с выяснением их возможной природы. Как пишет Р. Смит [177, с. 18], тогдашний директор обсерватории во Флагстаффе Персиваль Ловелл “держал небольшой штат сотрудников своей обсерватории на тугом поводке... Ловелла интересовала главным образом Солнечная система и, в частности, Марс. Он надеялся, что спиральные туманности дадут ключ к разгадке происхождения Солнечной системы и именно с этой целью В. Слайфер направил спектрограф на туманность Андромеды”.

Должно быть, как раз “заангажированность” Слайфера привела к тому, что высокой лучевой скоростью М 31 (около 300 км/с) он воспользовался для обоснования гипотезы отражательной природы свечения спиральных туманностей. В частности, он привлёк в обоснование своей интерпретации объяснение Новой 1885 г., вспыхнувшей в туманности Андромеды (в действительности Сверхновой), согласно которому туманность Андромеды, двигаясь с высокой скоростью, натолкнулась на звезду и погружение последней в туманность привело к яркой вспышке неподалеку от её ядра. Таким образом, Слайфер отстаивал точку зрения, согласно которой “туманность Андромеды и подобные ей спиральные туманности могут состоять из центральной звезды, погружённой в клочковатую фрагментарную материю и заслонённой ею от наблюдателя, которая светится благодаря излучению, распространяющемуся от центрального солнца” [177, с. 21].

Это была довольно распространённая в те времена точка зрения. В умах очень многих, если и не всех, естествоиспытателей начала XX века господствовала космогоническая гипотеза Т. Чемберлина и Ф. Мультона с новой идеей – о так называемых планетезималях (в терминологии Ф. Мультона – гипотеза спиральных туманностей (!)).

“Чемберлин и Мултон полагали, что у звёзд проявляются эруптивные тенденции – о чём свидетельствуют вспышки и протуберанцы на Солнце, и что когда две звезды сближаются, то приливные силы могут нейтрализовать силы гравитации, сдерживающие эруптивные тенденции, в двух точках, позволяя материи ускользнуть. Мултон подсчитал, что этот материал может быть рассеян вдоль спиральных рукавов и так как выбросы не непрерывны, то он распадается на сгустки. Затем благодаря постепенной аккреции излучённых частиц, орбиты которых пересекутся, сформируются планетные тела... (проходя через предварительную стадию образования их зародышей – планетезималей). Хотя многие астрономы, в особенности за пределами США, весьма сдержанно восприняли гипотезу планетезималей, спирали тем не менее в целом рассматривались как первое звено в цепочке звёздной эволюции, как очаги зарождения если и не отдельных звёзд, то ма-

лых скоплений. А поскольку астрономы давно уже были привержены эволюционным объяснениям астрономических явлений, было недопустимым отделять спирали от остального процесса творения и вследствие их облачной наружности им отвели место в Космосе, как первой стадии эволюции звезд” [177, с. 8–9].

Как видим, философско-мировоззренческие представления своей эпохи в весьма сильной степени преобладали в умах астрономов-наблюдателей в те времена. И немудрено: скромный багаж классической астрономии в решении вопроса о возможных механизмах свечения спиралей оставлял им очень богатое поле для игры воображения, в то время, как база чисто астрофизических данных была ещё более чем скудной, к тому же её точность не внушала особого доверия. Это со всей отчетливостью проявилось, когда Х. Кёртис, сравнивая фотопластинки спиральных туманностей, полученные им самим и за десять лет до него Килером, задался целью проверить, во-первых, заметны ли какие-либо признаки вращения спиральных туманностей на протяжении десяти лет, разделявших обе экспозиции, и во-вторых, есть ли у них измеримое собственное движение. В 1915 г. Х. Кёртис закончил это исследование. Он не нашёл заметных признаков внутренних движений за этот промежуток времени у исследованных им спиральных туманностей – ни вращательных, ни каких-либо иных. Вместе с тем он нашел, что у 66 больших спиральных туманностей среднегодовое собственное движение составляло $0,033''$.

“Далее, полагая, что спиральные туманности случайным образом распределены в пространстве и используя метод статистического параллакса, Кёртис смог применить значение средней лучевой скорости спиральной туманности, найденной Слайфером, и определил среднее расстояние до них. Он получил в ответе десять тысяч световых лет – расстояние, которое, казалось бы, в сильной степени свидетельствовало против теории островных Вселенных*. Этот ответ определенно явился бы сюрпризом для Кёртиса, посчитай он надёжными данные о собственных движениях, но он им не доверился” [177, с. 30]. На этом Кёртис поставил точку, благоразумно решив, что из-за инструментальных погрешностей (связанных, в частности, с неточностью монтировки телескопа и трудностями точного наведения на фотоцентр размазанного пятнышка диска туманности), подлинные собственные движения туманности маскируются и что посему ему удалось скорее всего получить лишь *минимальную* оценку расстояния до спиральных туманностей.

По-другому рассудил и поступил ван Маанен, который одно время работал с самим Каптейном и защитил в Гронингене диссертацию на тему: “Собственные движения 1418 звёзд внутри и около скоплений h и χ Персея”. В 1915 г. ван Маанен, работая на обсер-

* По измерениям Каптейна диаметр Галактики составлял 30 тыс. световых лет. – *Примеч. ред.*

ватории Маунт Вилсон, получил для промера две фотопластинки гигантской спиральной туманности M 101 – одну за 1910, а другую за 1915 г. Используя блинк-компаратор и накладывая фотопластинки одну на другую, ван Маанен измерял положение определённого объекта на них. Тщательно отбирались звёзды сравнения, которые не должны были принадлежать M 101. Ван Маанен выделил 16 туманных точек внутри туманности и определял изменение их положения за пять лет, разделявших обе экспозиции. В итоге он пришёл к заключению о наличии реальных изменений и даже оценил период вращения M 101 в 85 тыс. лет. Отсюда, используя третий закон Кеплера и приняв приведённое выше значение оценки расстояния до спиральных туманностей по X. Кёртису в десять тысяч световых лет, ван Маанен мог бы получить оценку массы M 101 в $M = 10^8$ солнечных масс – число, лежащее очень близко к нынешнему общепринятому (для нашей галактики) значению (порядка 10^9 масс Солнца).

“Возможно, этот поразительный результат не обескуражил его, поскольку он предпочитал рассматривать эти внутренние движения, как движения вдоль спиральных рукавов, а не как вращательное движение туманности... В 1914 г. Эддингтон сказал, что для него ясно, что материя либо втекает в направлении центра спирали от спиральных рукавов, либо вытекает из центра в спиральные рукава. Измерения ван Маанена в какой-то степени служили подтверждением этой спекуляции и поскольку внутренние движения в M 101, как казалось, были направлены наружу и вдоль рукавов, то возможно, материя переносилась наружу вдоль них. А коли так, рассуждал ван Маанен, обмен веществом должен повлиять на эволюцию спиральной туманности. Ван Маанен составил список группы туманностей, в которых он заметил постепенный переход от одной крайности – туманности с основной долей массы в центре и малой долей в спиральных рукавах, к другой – туманности, у которой подавляющая доля массы была сосредоточена в рукавах” [177, с. 34]. Статья ван Маанена была опубликована в *Astrophysical Journal* в 1916 г.

В ретроспективе представляется довольно очевидным, что ван Маанен, находясь в плену у космогонической гипотезы Чемберлина–Мультона, сильно недооценил возможные подвохи, таившиеся в экстраполяции методов позиционной астрономии точечных источников на спиральные туманности. По иронии судьбы, ван Маанен искал и нашёл союзников в лице Джинса и Эддингтона, но те, будучи блестящими теоретиками, не ориентировались в инструментальных тонкостях юстировки телескопов и великом множестве других методических ухищрений, которые неизбежно должны были возникать при попытках сравнения фотопластинок, полученных на разных телескопах и в разное время. Именно непререкаемый авторитет Джинса среди астрономов и его многолетняя поддержка результатов ван Маанена (в которых Джинс видел прямое наблюдательное

подтверждение своих теоретических моделей возникновения спиральных туманностей в результате сжатия вращающейся массы газа) привели к тому, что ван Маанен на протяжении десятка лет упорно отстаивал реальность полученных им результатов.

Как известно, в конце концов, это привело к затяжному конфликту между ван Мааненом и Хабблом, который лишь в 1935 г. был разрешён и стало ясно, что результаты ван Маанена находятся в непримиримом противоречии со всем накопленным багажом знаний по галактической и внегалактической астрофизике. Но всё это было гораздо позднее, а к 1922 г. налицо было явное противостояние. К этому времени ван Маанен к своим ранним данным по М 101 присовокупил новые и, как он утверждал, им для семи спиральных туманностей было обнаружено вращение с периодами от 60 до 240 тыс. лет. Он с большой тщательностью исследовал все возможные инструментальные источники ошибок, а в туманности М 33 он промерил смещения по не менее чем 399 её точкам. Другие наблюдатели частично повторили измерения ван Маанена, однако можно было говорить скорее лишь о качественном, чем количественном согласии. Всё это привело к вошедшему в историю знаменитому публичному “Великому спору” между Х. Шепли и Х. Кёртисом.

В ретроспективе парадоксальность той части этого спора, которая касалась вопроса об истинной природе спиральных туманностей, кажется очевидной: ведь *оба* её участника *объективно* на тот момент более кого-либо в мире сделали для торжества теории островных Вселенных, но волею обстоятельств один из них оказался её оппонентом*. По меткому замечанию Уитни [195], “вскоре однако стало ясно, что оба выиграла и проиграла дебаты. Кнут Лундмарк, шведский астроном показал, что имелись два вида Новых: один обычный, когда вспышка звезды по блеску в десять тысяч раз превосходит солнечную, а другая – Сверхновая, которая может стать в

* На “тот момент” (т.е. ко времени “Великого спора”) это было не совсем так. Шепли тогда не отрицал существование других звёздных вселенных лишь в принципе, но весь наблюдаемый мир млечных, прежде всего спиральных, туманностей включал в число внутригалактических объектов из-за тройной переоценки размеров Галактики (по причине неучёта межзвёздного поглощения, на что указал уже в 1929 г. молодой тогда Б.А. Воронцов-Вельяминов. А первые реалистические оценки “внегалактического” расстояния М 31 Эпиком не дошли до внимания публики... Как это случилось приблизительно в те же годы по причине нелепой опечатки с аналогичной оценкой расстояния до Магеллановых Облаков Герцшпрунгом). И хотя открытие Хабблом звёздного состава спиралей, по драматическому признанию Шепли, “разрушило его Вселенную”, он вплоть до 1930 г. (до окончательного доказательства реальности и осязательности межзвёздного поглощения Трюмплером) продолжал считать галактики членами нашей Галактики, хотя теперь рассматривал её как гигантское скопление галактик типа скопления таковых в Деве. В последующие годы Шепли действительно, мужественно признав свои заблуждения, стал одним из главных основателей как наблюдательной внегалактической астрономии, так и наблюдательной космологии. – *Примеч. ред.*

десять тысяч раз ярче обычной Новой. Сверхновые на самом деле становятся столь же яркими, как и весь Млечный Путь, и предполагается, что Новая Тихо Браге 1572 г. была Сверхновой. Когда различие стало ясным, отпал главный аргумент против теории островных вселенных*. Позднее измерения ван Маанена оказались ошибочными и другой аргумент Шепли относительно малого размера и близости спиральных туманностей отпал". Таким образом, дискуссия между Кёртисом и Шепли по вопросу о природе спиральных туманностей оказалась сильно преждевременной: аргументы Кёртиса в пользу внегалактической природы спиральных туманностей были близки к действительности, но *количественно* на тот момент их невозможно было обосновать. Напротив, на стороне Шепли был огромный фактический материал, основанный на пятилетнем кропотливом изучении им распределения шаровых скоплений в Галактике. Но так как он был одержим идеей сверхгигантской Галактики, то объективно говоря, ему был выгоден альянс с ван Мааненом. Ведь из измерений последнего следовало, что по своим размерам спиральные туманности несопоставимо малы в сравнении с нашей Галактикой (в терминологии Шепли спиральные туманности и шаровые скопления были островами, а Галактика – континентом).

Из нашего краткого обзора видно, что в начале 20-х годов мнения астрофизиков по вопросу о природе спиральных туманностей радикально разошлись. Таким образом, пионерское исследование по оценке расстояния до туманности Андромеды, выполненное Эпиком [Э24], оказалось блестящей интуитивной догадкой, сильно опередившей своё время. Но оно нуждалось в надёжной экспериментальной проверке, на которую понадобились десятки лет.

Уточнение, которое ввёл Эпик по сравнению со статьей [Э20], в формулу, связывающую квадрат угловой скорости v на расстоянии r от центра туманности и расстояние D до неё,

$$D = \epsilon i^{-1} r v^2$$

(где ϵ – удельная светимость на единицу массы, i – видимый блеск туманности), касалось соотношения масса–светимость**. Кроме того, он оценил по снимкам, полученным на астрографе Петцваля в Тарту, величину сплюснутости центральной части М 31, которая также входит в упомянутую формулу. В итоге Эпик получил расстояние $D = 450\,000$ пк до М 31 и её массу $M = 1,8 \cdot 10^9$ солнечных масс (для

* Здесь следует пояснить: на “правильный” путь в оценках расстояния до М 31 привело то обстоятельство, что уже к моменту “Великого спора” в ней было открыто ещё несколько Новых, но значительно более слабых, чем “Новая 1885 года”. И именно Кёртис первым отбросил при оценках расстояния М 31 “Новую 1885 года”, посчитав её “особой”, отличной от обычных Новых, и получил реалистичскую оценку. – *Примеч. ред.*

** Показатель степени при значении массы он изменил с 2,62 на 1,59. В настоящее время для разных групп звёзд используют различные значения этого показателя.

сравнения: современные данные дают $D = 690\ 000$ пк, в то время, как Хаббл получил в 1929 г. на основе соотношения период–светимость для цефеид $D = 275\ 000$ пк). Эпик делает заключение: “совпадение результатов, полученных несколькими независимыми методами, увеличивает вероятность того, что эта туманность – звёздная вселенная, сравнимая с нашей Галактикой” [Э24]. Один современный комментатор назвал метод Эпика “прекрасным по своей простоте и элегантности”, а Хаббл отозвался о нём в 1936 г. как об очень остроумном. Почти одновременно с Эпиком Луплау-Янсен и Хаарх [147], изучив имевшиеся данные о среднем блеске Новых, открытых в М 31, в статье, опубликованной в *Astronomische Nachrichten* в 1922 г., получили расстояние в $100\ 000$ пк, т.е. заметно менее точное, чем найденное Эпиком, но тем не менее также явно свидетельствующее в пользу внегалактической природы туманности Андромеды. Впоследствии метод, впервые столь успешно опробованный для определения расстояния до туманности Андромеды, неоднократно использовался для оценки масс спиральных галактик (в тех случаях, когда их удалённость от нас удаётся оценить независимыми методами с достаточной точностью). Сошлёмся здесь на авторитетное справочное руководство по астрономии Р. Ланга и О. Гингерича [142]:

“Определяемые спектроскопически скорости вращения имеются для спиралей М 31 и NGC 4594, и по ним можно определить массы в предположении орбитального обращения вокруг ядра. Правда, в формулы входит расстояние, а оно точно известно только для М 31; для NGC 4594 его следует оценить по видимой яркости. Другой метод оценки масс тот, что был предложен Эпиком для оценки расстояния до М 31. Он основывается на допущении, что светящаяся материя в спиралах обладает тем же коэффициентом эмиссии, что и в нашей галактической системе. Эпик рассчитал отношение светимости к массе для нашей собственной системы в солнечных единицах, используя значение Джинса для относительной пропорции светящейся и несветящейся материи. Это соотношение $m = 2,6L$. Применимость этого метода для определения порядков значений масс кажется оправданной, по меньшей мере для спиралей позднего типа и неправильных туманностей ввиду многих аналогий с самой галактической системой. Кроме того, если его применить к М 31, для которой расстояние довольно надёжно установлено, то это приводит к массе того же порядка, что находят из спектроскопических данных о вращении:

спектроскопические данные о вращении – $3,5 \cdot 10^9$ солнечных масс,
метод Эпика – $1,6 \cdot 10^9$ солнечных масс.

Расстояние до NGC 4594 неизвестно, но предположение о том, что это нормальная галактика с абсолютной звёздной величиной $-15,2^m$ приводит к удалённости в $700\ 000$ парсеков. Тогда порядковые оценки масс по этим двум методам таковы:

спектроскопические данные о вращении – $2,0 \cdot 10^9$ солнечных масс,
метод Эпика – $2,6 \cdot 10^8$ солнечных масс.

И вновь получаются массы одного порядка. Можно достичь такой же степени согласования между ними, что и в случае М 31, сделав вполне разум-

ное допущение, что по своей абсолютной светимости туманность на две звёздные величины ярче нормальной.

Метод Эпика приводит к разумным значениям, которые неплохо согласуются с получаемыми по независимым спектроскопическим определениям. Следовательно, при отсутствии других источников данных, его использование для нахождения масс нормальных туманностей представляется допустимым. Результат $2,6 \cdot 10^8$ солнечных масс, соответствующий абсолютной звёздной величине $-15,2^m$, по-видимому, даёт правильный порядок величины. Два пробных случая говорят о том, что это значение может быть слегка заниженным, но имеющихся данных недостаточно для внесения каких-либо эмпирических поправок.

Нам остается лишь добавить, что только что приведённые строки написаны почти 60 лет спустя после выхода в свет статьи Эпика.

В заключение попытаемся ответить на вопрос, почему же подлинного признания столь фундаментального достижения Эпику пришлось ждать целых полвека (мы уже частично затрагивали эту проблему в главе, посвящённой тартускому периоду жизни Эпика). Можно, конечно, встать на точку зрения М. Йёзевеера [135], который пишет:

“Очевидно, трудно было принять решение столь фундаментальной проблемы, которое исходило от: 1) почти неизвестного молодого астронома, 2) из неизвестной школы, 3) использовавшего не общепринятый метод, 4) не имевшего большого телескопа, не говоря уже о самом большом в мире телескопе. Эпик никогда больше не возвращался к проблеме шкалы внегалактических расстояний. Несколько десятилетий спустя он стал знаменитым во многих других областях астрономии, его способность находить нетрадиционные решения стала широко известной. И конечно же, астрономы последующих поколений узнали, что расстояние до М 31 гораздо выше по сравнению с оценкой Хаббла и что оно лучше согласуется с оценками, полученными Эпилом. Только после этого и Эпику воздали по достоинству.

Его пионерские работы по определению расстояния до туманности Андромеды всегда цитировались при вручении ему международных наград. Но учебники с открытиями Хаббла к тому времени уже были написаны, а... очень затруднительно заново переписывать учебники, в особенности самые сокровенные их главы”.

Хотя многое в только что приведённом высказывании представляется и нам справедливым, но это, так сказать, несколько отстранённый взгляд астронома конца XX века. Попробуем, однако, посмотреть на проблему в ретроспективе глазами современников Эпика и участников этой захватывающей драмы идей. Атмосферу острейшего соперничества между двумя крупнейшими обсерваториями – Ликской, располагавшей 60-дюймовым рефлектором, и обсерваторией Маунт Вилсон, которые были неоспоримыми “законодателями мод” в мировой наблюдательной астроно-

мии 20-х годов, красочно передал в своей уже неоднократно выше цитировавшейся монографии Р. Смит [177, с. 41–42]:

«В начале 20-х годов XX столетия центр активности в наблюдательной астрофизике переместился из Европы в США. По мере того, как всё большее количество американских астрономов проникалось интересом к спиральным туманностям, а темп развития исследовательских программ по спиральным туманностям всё нарастал, изоляция их коллег за пределами США становилась всё очевиднее. Эту ситуацию ещё более усугубила Первая мировая война. Научные исследования контролируются и направляются посредством методов и суждений, которые по своему характеру зачастую скорее неформальные и невербальные, нежели явные и публичные и вот как раз к этим “неформальным и невербальным” аспектам научного предприятия у чужака, аутсайдера нет доступа. Любопытно, кто пожелал бы стать полноправным участником дебатов по проблеме островных вселенных в конце 1910-х годов, должен был бы знать, а что по этому поводу думали и что открывали в США, и, в частности, на обсерваториях Маунт Вилсон, Ловелла и Ликской. Одного прочтения соответствующих журналов здесь явно не хватало. Опубликованные работы представляли собой “науку на публику” и по неизбежности чуточку устаревали к моменту их прочтения. Ещё важнее этой задержки было то, что если только географическую удалённость не удавалось частично преодолевать путём регулярных визитов или членством в сети корреспондентов по переписке, астроном за пределами Маунт Вилсон, Ликской и обсерватории Ловелла, скорее всего оказывался в изоляции, его работы игнорировались, так как они устаревали и выполнялись на худших инструментах, его восприятие теорий становилось расплывчатым, так как он не успевал за оценками астрономами трудов других астрономов и их результатов, не будучи также в состоянии отдать себе отчёт в смещении оценочных критериев теории и методов селекции, применяемых ведущими исследователями спиральных туманностей».

Не надо быть великим специалистом в исследовании спиральных туманностей, чтобы в свете приведённой цитаты сделать однозначный вывод: к моменту опубликования его статьи в *Astrophysical Journal* Эпик, конечно же, относился к числу тех самых чужаков-аутсайдеров, о которых пишет Р. Смит, и сам тот факт, что по существу никому неизвестный дотоле молодой астроном из столь же мало кому известной в Америке далекой Эстонии сумел прорваться в самую астрономическую мировую элиту, весьма примечателен. Справедливости ради надо сказать, что не один Эпик был на долгие годы обойдён вниманием. Ещё в 1918 г. Х. Шепли сетовал в переписке с коллегой на свою судьбу: “Если бы не великая радость от подлинного познания нового, я бы почувствовал, что научные усилия совершенно тщетны, ибо тело страдает от неизбежных лишений, а душа от стычек с профессиональными завистниками...” [177, с. 77]. И это писал будущий признанный авторитет в наблюдательной астрофизике 20–30-х годов, человек, приложивший поистине титанические усилия по обработке наблюдений десятков шаровых скоплений.

Находки мастера, или сбывшиеся предсказания

Мы хотим здесь дать краткий обзор наиболее интересных, с нашей точки зрения, идей – научных находок Эпика, которые не нашли отражения в предшествующих главах книги и без упоминания которых, как нам представляется, рассказ о научном наследии Эпика получился бы неполным. Несмотря на выборочность материала, он должен составить у читателя достаточно адекватное представление как о широте диапазона научных интересов Эпика, так и о самобытности его идей. Если принять во внимание музыкальную одарённость Эпика, предлагаемые ниже оригинальные образчики его научного творчества вполне можно было бы назвать “миниатюрами мастера”. При всей непохожести рассматриваемых научных тематик, их объединяет одно: даже в самых смелых своих фантазиях Эпик неуклонно придерживается логики физических законов и твёрдо установленных наблюдательных фактов. Работы, которые он считал спекулятивными, Эпик никогда не жаловал. К числу таких он относил, к примеру, идею мини-чёрных дыр, заполняющих Солнечную систему. Известно, что воспоминания детских лет сопровождают нас всю сознательную жизнь. Вот как Эпик ими распорядился, будучи уже в возрасте за восемьдесят, для того, чтобы выразить свое ироническое отношение к идее мини-чёрных дыр: “Когда я ребёнком безуспешно гонялся за трясогузками, мать посоветовала мне сперва посыпать им соли на хвосты; что до мини-чёрных дыр, то тут не хватает не только соли, но и самих птиц” [Э247].

Астрономия и освоение космического пространства

В 1957 г. в Советском Союзе был выведен на орбиту первый искусственный спутник Земли. Эпик с большим интересом отнёсся к этому эпохальному событию, так как ещё в юношеские годы всерьёз увлекся проблемой межпланетных перелётов. Вот как он сам много лет спустя вспоминал эти свои юношеские увлечения в статье “Искусственные спутники Земли” [Э142] (примечательно, что статья была сдана в печать за два месяца до запуска первого искусственного спутника в СССР):

“В 1909–1912 гг., приблизительно в то самое время, когда К.Э. Циолковский опубликовал свои первые тезисы, автор этих строк, тогда молодой, интересующийся математикой, астрономией и физикой юноша, теоретически исследовал технические возможности космических полётов. Не зная работ Циолковского, он разработал основные принципы до того детально, что найти какие-либо дополнения в работах более поздних авторов, начиная с Оберта и кончая современными специалистами по космическим полётам, было бы трудно. Он вычислил скорость горячей газовой струи в дюзах Лавала; выдвинул предложение об использовании жидкого топлива, накачивая его под гидростатическим давлением; рассчитал отношение масс

отдельных ступеней многоступенчатой ракеты; определил оптимальные орбиты для движения к планетам; предложил использовать силу центробежного ускорения взамен силы гравитации; исследовал возможность переработки остаточных биологических продуктов с помощью солнечной энергии как движущей силы; исследовал возможности поддержания температуры внутри корабля” [Э142].

Выше упоминалось о том, что в 1957 г. Эпик был приглашён в Институт космических исследований и технологий Мэрилендского университета для чтения цикла лекций под общим названием “Астрономические аспекты освоения космического пространства”. Лекции состоялись в ноябре 1958 г., т.е. практически через год после выведения на орбиту первого искусственного спутника Земли в СССР. К тому времени Америка ещё не успела оправиться от шока, вызванного тем, что СССР оказался первой державой, осуществившей прорыв в Космос. В осведомленных кругах было известно, что обе страны заняты интенсивной подготовкой к посылке автоматических зондов к Луне, а также к ближайшим планетам Солнечной системы – Венере и Марсу. В этой обстановке выбор Эпика на роль приглашённого лектора, конечно же, не был случайным. Он был одним из очень немногих астрономов в мире, который в равной степени свободно ориентировался в очень широком круге вопросов, связанных как с изучением физики планет и межпланетного пространства, метеоров и астероидов, так и с особенностями небесно-механических задач, решаемых при запуске и полёте космических аппаратов. Кроме того, для специалистов не прошла незамеченной лекция, прочитанная Эпиком в Дублине 11 сентября 1957 г. (!) на заседании Британской Ассоциации по распространению научных знаний под тем же названием, что и его статья [Э142] (более того, сам он был уверен, что и в СССР она была известной ещё до запуска первого спутника).

Одновременно для самого Эпика это была новая, по-своему совершенно уникальная возможность приложения богатейшего багажа знаний, накопленных им, астрономом с почти полувековым стажем работы. Внимательное ознакомление с лекциями (Эпик опубликовал их в 1963–1964 гг. [Э180], несколько дополнив и осовременив с учётом новейших экспериментальных данных в этой бурно развивающейся области) показывает, что Эпик очень серьёзно отнёсся к этой новой для себя задаче. Он учёл в частности, что на сей раз в рядах его слушателей и читателей будет немало людей, не являющихся специалистами в области астрономии. Поэтому количество формул в его лекциях было сведено до минимума, зато он снабдил лекции наглядными рисунками и большое внимание уделил доходчивому объяснению сути физических процессов, а также вопросам точности. Примечательны уже первые два слова в статье “Астрономические аспекты освоения космического пространства”, одновременно служащие подзаголовком к вступительной части –

“Астроном и инженер”. Эпик всю проблематику разворачивает под несколько необычным углом. По его словам, устремившийся в космическое пространство человек обращается к астроному за руководящим советом. В целом, как пишет Эпик, от астронома ожидается, что он должен снабдить отправляющегося в Космос своего рода инженерным руководством, содержащим прогнозы и технические расчёты, удовлетворяющие определённым критериям надёжности. По словам Эпика, в том, что касается геометрии и динамики Солнечной системы, это условие в полной мере выполнимо, хуже обстоят дела с малыми телами Солнечной системы. Одновременно он предостерегает от чрезмерных ожиданий, когда речь заходит о поверхностном строении планет, так как в силу несовершенства приборов астрономы порой вынуждены чересчур полагаться на собственное воображение при истолковании наблюдаемых явлений.

«Тем не менее, многие планетные исследования выполнены с тщательностью инженера, который осведомлен о последствиях, и подытоживая все имеющиеся наблюдательные данные, можно получить более реалистическую картину особенностей строения поверхностей планет. Может так стать, что и инженер оказывается в фантастическом “астрономическом” положении. Более века тому назад, когда прокладывалась российская железная дорога, соединившая Санкт-Петербург с Москвой, царь Николай I присутствовал лично на испытаниях моста через реку Волхов. Царь распорядился поставить спаренный состав локомотивов на мост, а главного инженера вниз, под мост. Мост выдержал это несправедливое испытание, а инженер вышел из-под него поседевшим, но зато получил в награду от царя золотые часы. Будем надеяться, что астроному никогда не придется прибегать к подобного рода практическим испытаниям прогнозов».

Круг вопросов, рассматривавшихся в лекциях Эпика, очень широк. Здесь и обсуждение различных методов определения астрономической единицы (а.е.) – космического “эталонного метра”, и ограниченная задача трёх тел (в данном случае – планета, Солнце и космический аппарат), и наилучший выбор орбиты с максимальным коэффициентом усиления при данном добавочном импульсе, вопросы метеорной и астероидной опасности, оценочные подсчёты плотности межпланетного газа и корпускулярного излучения от Солнца и многое другое. Отдавая себе отчёт в том, что в аудитории немалую долю составляют специалисты по баллистике, Эпик делает особый упор на количественные оценки. Так, сопоставляя значения величины астрономической единицы и сравнивая между собой результаты, основанные на значении масс системы Земля–Луна, на методах радиолокации Венеры, данных наблюдений оппозиции Эроса 1930–1931 гг., он все их сопровождает оценками точности и приходит в конце концов к заключению, что точность определения а.е. не превышает 0,023%. Эпик обсуждает возможность уточнения а.е.

путём наблюдения галилеевых спутников Юпитера (т.е. “обращённый” вариант метода Рёмера, когда определяется не скорость света по запаздыванию момента покрытия спутника, а наоборот, высокая точность лабораторного определения скорости света используется для определения расстояния). Однако, как показывает Эпик, заметные размеры галилеевых спутников и эффект тени Юпитера сильно обесценивают перспективы практического применения этого метода. Аналогичным образом он анализирует “орбиты ожидания” при выводе космического аппарата на траекторию к планете Венера или Марс и показывает, что дополнительный импульс, который надо придать для вывода на нужную траекторию, составляет всего 0,5 км/с, что дает шестикратный выигрыш при орбитальной скорости аппарата, находящегося в перигее на “орбите ожидания”. Переходя к анализу ограниченной задачи трёх тел, он вводит изящно простое понятие радиуса действия D соотношением

$$D^3 = a^3/(m/2M),$$

(где a – большая полуось планетной орбиты, m – масса планеты, а M – масса Солнца) как расстояния, на котором гравитационное притяжение планеты в точности уравнивается приливной отклоняющей силой притяжения Солнца в момент, когда все три тела – космический аппарат, планета и Солнце – оказываются на одной линии. Основываясь на этом простом соотношении, интеграле Якоби для ограниченной задачи трёх тел, Эпик показывает при помощи наглядных рисунков, что в подавляющем большинстве случаев тело малой массы, оказавшись на курсе сближения с планетой, либо выбрасывается в конечном счёте из Солнечной системы, либо падает на планету или Солнце. Только космические тела, движущиеся по *ретроградным* орбитам относительно планеты примерно “параллельным курсом” с ней, т.е. с малым эксцентриситетом и близким значением наклона орбиты к эклиптике, имеют шанс быть захваченными и стать спутником планеты.

Вторую часть лекций Эпик посвящает анализу ожидаемых физических условий, которые должен встретить космический зонд на пути к планетам. Он начинает её не с самой приятной для себя части, самокритично признавая, что в своих предшествующих исследованиях он заметно переоценил долю метеоров с гиперболическими орбитами, которая по новейшим оценкам не должна была превышать 5–10% от их общего числа. Далее он последовательно анализирует весь спектр масс межпланетной материи, начиная с самых крохотных частичек размером в тысячную долю сантиметра, ответственных за зодиакальный свет, вплоть до обычных метеоритов и астероидов. Здесь он, учитывая специфический интерес аудитории, особое внимание уделяет проблеме метеорной опасности. Вот где, как нельзя лучше, Эпику пригодились результаты его ранее опубликованных расчётов (достаточно подробно описанные в разделе

“Космические встречи”). Подчеркнув, что шанс столкновения космического зонда с крупным осколком в межпланетном пространстве куда меньше вероятности дорожного происшествия на транспорте в современном городе, Эпик концентрирует своё внимание на проблеме влияния эрозии межпланетными микрометеоритами на материал покрытия обшивки космического аппарата. Главный вывод, который здесь делает Эпик, звучит оптимистически для создателей космических аппаратов: метеорная опасность, по его мнению, не так уже страшна. К примеру, согласно оценке Эпика, для алюминиевой обшивки корпуса аппарата в среднем слой толщиной 0,1 мм будет утерян за время около 3 тысяч лет вследствие эрозии межпланетными микрочастицами на околоземной орбите, а для межпланетного зонда промежуток времени ещё примерно на порядок больше этой оценки.

Оглядываясь назад, можно сказать, что Эпик, “проложив мост” между астрономами и специалистами в области баллистики, не менее успешно справился со своей миссией, чем припомнившийся ему инженер-строитель железнодорожного моста через Волхов: большинство его количественных оценок физических параметров межпланетной среды, вполне выдержали испытание временем. Но один из выводов Эпика стоит особняком и заслуживает особого упоминания. Начав во вступлении с весьма сдержанного прогноза относительно предполагаемых особенностей поверхностей планет Солнечной системы, Эпик дерзнул сделать следующий прогноз: “Будучи окружённым столь многими астероидами, среди которых многочисленные (и ненаблюдаемые) меньшие члены можно классифицировать как метеориты, Марс должен стать мишенью для соударений с метеоритами, в 20 раз более частыми, чем с Землей. На протяжении промежутка времени, измеряемого миллионами лет, полноценные астероиды должны были сталкиваться с поверхностью Марса. При подобных катастрофических событиях должны образовываться метеоритные кратеры размером до 200 км в диаметре с трещинами в коре, тянущимися от точек соударения. Система так называемых марсианских кратеров... могла образоваться таким образом”. Здесь Эпик, что называется, “попал в десятку”. Когда в 1976 г. американский спаренный зонд “Викинг” приблизился к планете Марс, предсказание Эпика блестяще подтвердилось, именно благодаря этому предсказанию фамилию Эпика тогда впервые услышали миллионы людей во всем мире.

В 1966 г. Эпик публикует небольшую заметку “Астрономия и космический век” [Э209], которая представляла собой отрывок из его выступления на собрании молодежной гильдии первой пресвитерианской церкви в Бангоре. Мы воспроизводим здесь эту заметку с некоторыми купюрами. В ней, по нашему мнению, красноречиво отражено кредо астронома Эпика в деле освоения Космоса.

«С незапамятных времён астрономы изучали небесные дали, пытались познать законы движения и свойства тел в окружающем пространстве... Обретя независимость в 17 веке, астрономия, мать всех точных наук, превратилась во всеобъемлющую дисциплину *пространства*, протянувшегося от Луны, расстояние до которой свет покрывает за 1,3 секунды, до самых далеких галактик и квазаров, свет от которых начал своё странствие к нам около 5000 миллионов лет тому назад.

Если уподобить лунную орбиту размером в 60 земных радиусов атому, занимающему одну стомиллионную долю дюйма*, то Солнечная система показалась бы нам крошечной пылинкой, подобно плавающим в воздухе в комнате. В этом масштабе ближайшие звёзды оказались бы на расстоянии в один дюйм, вся Галактика Млечного Пути занимала бы 300 футов, тогда как пространство, в котором уместились бы самые далёкие наблюдаемые галактики, охватило бы объём нашего земного шара. Эта величественная концепция астрономического пространства недавно была поколеблена “пространством” другого рода, в которое устремлены современные ракетные аппараты и астронавты. Это ближайшее к нашей планете пространство, которое находится в пределах пылинки или даже атома нашей модели, неизмеримо крохотного в сравнении со Вселенной – “земного шара” в нашей модели.

Человеческие существа устремлены в Космос, хотя до сих пор они держатся поближе к матушке Земле. Следующий намечаемый шаг, проект Аполлон, связан с посылкой людей на Луну; в нашей аналогии расстояние в 240 000 миль – это всего лишь доля крошечного атома по сравнению с земным шаром, как модели *наблюдаемой* Вселенной. Самые дальние полеты космических зондов Маринер II и Маринер IV, которые отправились к Венере и Марсу, достигнув расстояний примерно в тысячу раз больше или около 200 миллионов миль, при нынешних технических средствах невозможно будет продвинуться дальше, чем в пять раз, за пределы Юпитера. В нашей модели этот практический предел космических полетов соответствует расстоянию в 1/100 000 долю дюйма. Таким образом, ожидаемые (но пока не осуществлённые) гордые достижения современного человечества, вершиной которой станут полёты на Луну и планеты – и никогда за их пределы – не более чем странствия микроскопического создания внутри частички табачного дыма, плывущего в воздухе, так как нескончаемые пространства континентов и морей на поверхности Земли навсегда останутся недостижимыми, хотя находясь в пределах этой пылинки, астрономы и могут их измерить, локализовать...

Астрономия имеет дело с большими телами, огромными расстояниями, длительными интервалами времени или вообще говоря, с большими числами. Они характеризуют размеры материального мира, и в сопоставлении с ними наш уголок выгладит неприметно малым. При популяризации астрономических знаний, пожалуй, чрезмерный упор делается на этих больших числах и тем самым создается превратное представление, что гигантизм и составляет само существо астрономии. Нет ничего более далекого от истины. Даже при изучении материального мира, или неживой природы, в абсолютных массах и размерах нет особой доблести. *Законы и взаимодействия* – вот что крайне значимо, неважно, идет ли речь о солнцах и галакти-

* 1 дюйм = 2,5 см; 1 фут = 30 см; 1 миля = 1,6 км.

ках (невообразимо больших по размерам!) или крохотных атомах (невообразимо малых!), и уж тем более – при взаимодействиях между *могущественными* атомами, поскольку там, в сердце атомов, дремлют самые могущественные материальные силы Вселенной. Малость или великость незначимы с точки зрения причины или цели. Материальные предметы и соотношения между ними – всего лишь символы их духовных ценностей. Наша Земля, какой бы незначительной по размеру она ни выглядела в сравнении со Вселенной или какой бы громадной она ни представлялась рядом с атомом, – наиболее важное небесное тело с сугубо нашей точки зрения. Она питает поразительные по своим проявлениям тайны жизни, венцом которых является человеческий ум и душа. Когда мы размышляем только об одном из её аспектов – умственной активности и умению распознавать универсальные истины, законы природы – ну, в какое сравнение количественно это может идти с поддающимися измерению явлениями материального мира?

Устремлённость Человека в пространство знаменует собой начало новой эры, сопоставимой со временами Колумба, Васко да Гама и Магеллана. Но как бы мы ни гордились этими свершениями, не будем забывать о вечных ценностях. Все технические достижения останутся никчемными, если они не станут служить духовному обогащению» [Э209].

Внутреннее строение Юпитера

Как подчеркивалось выше (см. раздел “Атмосфера Юпитера”), Эпик в цикле работ, выполненных в конце 50-х и начале 60-х годов [Э173, 182] пришёл к ошибочному заключению, что атмосфера Юпитера не менее чем на 97% состоит из гелия He. Этот вывод был получен им на основе анализа покрытия планетой-гигантом (и просвечиванием сквозь атмосферу Юпитера) звезды σ Ari, из которого следовало значение среднего молекулярного веса в атмосфере $\mu = 4,3 \pm 0,5$. По времени исчезновения звезды за лимбом Юпитера можно было оценить высоту атмосферы Юпитера, а из предположения об экспоненциальном изменении плотности с высотой найти отношение температуры T к μ . Как это порой бывает в науке, относительной неудаче в одном сопутствует удача в другом. Пытаясь докопаться до причин столь высокого содержания гелия, Эпик, проделав ряд оценок, убедился в том, что простое “испарение”, т.е. улетучивание водорода H не в состоянии обеспечить столь высокого отношения He к H, какими бы неправдоподобно большими размерами прото-Юпитера и его первоначальной температуры он ни задавался. Скорее всего именно в связи с этой трудностью Эпик сделал всё от него зависящее, чтобы как можно точнее определить температуру (ведь непосредственно из анализа наблюдений покрытия находилось отношение T к μ). Сделал он это тремя независимыми методами и получил значение, близкое к 130 K, тогда как температура чернотельного излучения, определяемая по количеству приходящей от Солнца радиации, составляла всего 102 K. Поскольку полный поток излучения пропорционален четвертой степени температуры, из при-

ведённых чисел неопровержимо следует, что в дополнение к каждой калории энергии, приходящей от нашего дневного светила, Юпитер “прибавляет от себя”, т.е. из запасов внутренней энергии ещё около 1,6 калории. Насколько нам известно, Эпику принадлежит приоритет в этом важном заключении. Результат Эпика нетривиален. Сама оценка температуры была получена Д. Мензелом с соавторами и соответствует так называемому “радиометрическому окну”, в диапазоне 8–14 микрометров, где земная атмосфера практически прозрачна. Точность измерений была ± 20 К, поэтому Эпик привлёк в дополнение значения равновесной температуры, следующей из интенсивностей полос аммиака и метана.

В 1973 г. космический зонд “Пионер-10” пролетел на расстоянии 132 тыс. км над облачным покрытием Юпитера, а его близнец “Пионер-11” ровно через год и того ближе, на расстоянии всего 42 тыс. км. Инфракрасные (ИК) радиометры на борту обоих зондов, измерив эффективную температуру Юпитера, получили значение 125 ± 3 К, соответствующее отношению собственного энерговыделения Юпитера к полной энергии, приходящей от Солнца, $0,9 \pm 0,2$. За несколько лет до этого ИК-измерения с борта самолета дали значения соответственно 134 ± 4 К и 1,7. Тем самым предсказание Эпика получило надёжное подтверждение. Отметим попутно, что в этих же работах в противовес идее Х. Альвена, который доказывал, что во внутренних слоях Юпитера могут сохраняться в больших количествах элементы группы CNO (с преобладанием азота), Эпик показал, что примерно 70% массы Юпитера должно быть сосредоточено в пределах трёх четвертей его радиуса и состоять в основном из водорода, который при царящих в этих слоях давлениях порядка 10–100 млн атмосфер должен быть похож по своим свойствам на металл с высокой теплопроводностью. Применяя примерно те же аргументы, что и при расчёте строения протяжённых конвективных оболочек звёзд-гигантов (подробнее см. с. 130–139), Эпик убедительно показывает, что наличие заметного количества элементов группы CNO неизбежно привело бы к высокой температуре поверхности прото-Юпитера и последующему быстрому по космическим меркам остыванию его. Иное дело металлический водород, который при его высокой теплопроводности и умеренной температуре недр обеспечивает необходимое энерговыделение при всё ещё продолжающемся гравитационном сжатии планеты-гиганта. Эти выводы Эпика полностью выдержали испытание временем.

Межзвёздное покраснение

В марте 1931 г. Эпик публикует в “Циркуляре Гарвардской обсерватории” [Э54] статью под названием “О физическом истолковании избытка цвета у звёзд ранних классов”. В ней он рассматривает проблему наличия заметных расхождений между цветовой темпера-

турой у ряда ранних звёзд классов O, B и A и их ионизационной температурой, которая привлекла внимание многих астрономов. Эпик, в частности, ссылается на работу известного советского астронома Б.П. Герасимовича, который провёл обширное исследование 74 звёзд ранних классов с заметными избытками цвета. Для объяснения последних Эпик привлекает два вида гипотез: наличие селективного поглощения в самой атмосфере звезды и в межзвёздной среде. Эпик детально останавливается именно на последней, как наиболее, по его мнению, вероятной. В разделе “Межзвёздное рассеяние частицами всех размеров от нуля до бесконечности” он приводит изящный аналитический вывод формулы и убедительно показывает на её основе, что интегральный эффект рассеяния пылевыми частичками всех размеров сведётся к покраснению с ослаблением излучения звёзд, обратно пропорциональным длине волны λ . Грубо говоря, логика рассуждений Эпика такова: частички размером много меньше λ , как известно, рассеивают по закону Рэлея, т.е. эффективность рассеяния света меняется обратно пропорционально четвёртой степени λ ; для частиц очень больших размеров ослабление света нейтрально, т.е. никак не зависит от λ . Рассматривая индикатрису рассеяния, т.е. угловое распределение рассеянных частиц, Эпик обращает внимание на то, что с точки зрения максимальной эффективности ослабления света в расчёте на единицу массы главную роль должны играть частицы с характерным относительным размером порядка $2\pi r/\lambda$. Они достаточно велики, чтобы на них действовало заметное давление излучения, но не настолько малы, чтобы можно было пренебречь эффектом дифракции, важным при поглощении света. Таким образом, заключает Эпик, ослабление света звёзд на межзвёздных пылинках будет определяться только величиной отношения r/λ . Далее Эпик смело предполагает, что функция распределения по массам межзвёздных пылевых частичек имеет степенной вид в точности такой же, как и для метеоров. Затем, просуммировав и проинтегрировав по всем размерам частиц, Эпик приходит к закону поглощения вида $\sigma = kD\lambda^a$. Как отмечает Эпик, по статистике ярких метеоров $a = -1,5$, а для телескопических $a = 0,3$. Эпик заключает: “Таким образом, у нас есть теоретические основания и наблюдательные данные, свидетельствующие в пользу того, что в пространстве, наполненном частицами с размерами от нуля до бесконечности, наиболее вероятное значение показателя степени $a = -1$ ”. Этот ставший ныне хрестоматийным вывод Эпика, сделанный практически одновременно с первым надёжным эмпирическим определением межзвёздного покраснения Трюмплером в 1930 г., как ни странно, прошёл незамеченным для большинства историков астрономии (но он не ускользнул от внимания такого признанного авторитета в области исследования межзвёздной среды, как ван де Хюлст, который в работе 1949 г. сослался на пионерское исследование Эпика (см. [185])).

Сверхновые и звёздообразование

В 1953 г. Эпик публикует в “Ирландском астрономическом журнале” статью, озаглавленную им “Звёздные ассоциации и Сверхновые” [Э115]. Как явствует из краткого вступления к ней, Эпика побудили на это исследование, в первую очередь, новейшие наблюдательные данные по Крабовидной туманности – остатку Сверхновой, вспыхнувшей в 1054 г., и в особенности обнаружение гигантских кольцевых светящихся структур из водорода в туманности Ориона, а также в Большом Магеллановом Облаке с характерным размером порядка 100 парсеков (на последнюю, судя по всему, обратил внимание Эпика его коллега, позднее ставший директором обсерватории Арма, Э. Линдси [145]). По словам Эпика, трудно интерпретировать эти кольцевые структуры иначе как остатки вспышек Сверхновых. С другой стороны, как видно уже из самого заголовка рассматриваемой статьи, Эпик был хорошо осведомлен о работах В.А. Амбарцумяна по звёздным ассоциациям [1], а также В.Г. Фесенкова [78], на статьи которых он ссылается в своём опубликованном исследовании. Эпику была также известна важная работа Блау [95], который по скоростям рассеяния группы из 16 звёзд, включавших несколько ранних сверхгигантов в созвездии Персея, оценил возраст звёздного скопления в 1,3 млн лет. По признанию Эпика, осмысление этих наблюдений и теоретических работ, “их синтез, который предлагается ниже, возможно, отражает затаённые мысли многих работающих в этой области, хотя, как представляется, они до сих пор не были сформулированы в явном виде. Русские астрофизики, возможно, ближе всего приблизились к этой картине”. Подтекст последней многозначительной фразы, как и логика самой работы Эпика представляются довольно очевидными. Как только Эпик осознал, что наблюдаемые гигантские кольцевые структуры из светящегося водорода являются широко распространённым явлением в пространстве, и сопоставил это с малым по космическим меркам возрастом звёздных ассоциаций, он пришёл к идее, которая выражена им следующим образом: “Итак, смерть одной звезды при взрыве Сверхновой может привести к зарождению большого числа новых звёзд. Несомненно, не весь материал оболочки войдет в состав звёзд, наоборот, его большая часть скорее всего рассеется в пространстве. Несмотря на это, возможно, что взрыв Сверхновой, при благоприятных обстоятельствах может закончиться образованием десятков и сотен новых звёзд. Это будет зависеть, в первую очередь, от плотности окружающей межзвёздной среды”. Здесь были принципиально важны, в первую очередь, сопоставление двух оценок: количества вспышек Сверхновых (в первую очередь в нашей Галактике) с количеством белых карликов (нейтронные звёзды к тому времени ещё не были открыты) и темпом звёздообразования, с одной стороны, а с другой, – характерные рассчитанные параметры оболочек в сравнении

с наблюдаемыми характеристиками гигантских газовых колец – явных остатков Сверхновых. Грубые оценочные прикидки, которые Эпик был в состоянии сделать, что называется, “с ходу”, должны были его убедить в том, что идея жизнеспособна. Остальное, как говорится, было “делом техники”, а это для шестидесятилетнего в ту пору Эпика труда не представляло. Отсюда можно легко “вычитать” смысл приведённой выше цитаты из Эпика: он понимал, что “прямо по пятам” за ним следуют советские исследователи Сверхновых (к примеру, в том же году, когда Эпик опубликовал свою работу, вышла из печати широко известная статья И.С. Шкловского о нетепловой природе излучения Крабовидной туманности [81]). Возможно, это был один из тех редких, несвойственных для Эпика случаев, когда он вынужден был поторопиться с публикацией, а с детальной разработкой идеи можно было и повременить.

Тем не менее массы “нагретаемых” оболочек, их размеры и время, в течение которого скорость оболочки становилась сопоставимой с локальной скоростью звука, полученные в работе Эпика, неплохо согласовались с наблюдаемыми данными для остатков Сверхновых. Собственно говоря, с точки зрения уровня реализации самой идеи эта работа Эпика к настоящему времени устарела, так как по существу по всем составным частям его исходной модели – статистика вспышек Сверхновых, параметры вспышки и расширяющихся оболочек, механизм звёздообразования (не говоря уже о природе самих остатков) – за последние полвека был достигнут разительный прогресс. Тем не менее приоритет Эпика в главном – о роли Сверхновых в звёздообразовании – неоспорим (см., например, ссылки в [144]).

Заключение

Астрономическая общественность достойно отметила 100-летие со дня рождения Эпика, тем более, что год его 100-летней годовщины совпал с двумя другими юбилеями, связанными с Тартуской Обсерваторией: 200-летием со дня рождения её основателя Вильгельма Струве (1793–1864) и второго директора Иоганна Медлера (1794–1874). В 1993 г. в Тарту состоялась международная конференция, посвящённая этим юбилеям. Впрочем, на ней рассматривались и другие вопросы: например, судьба 9-дюймового рефрактора Фраунгофера и сбор материалов по “дуге Струве” – большому геодезическому измерению от Арктики до Дуная, осуществлённому по идее и под руководством В. Струве в 1818–1848 гг.

В ходе выполнения решений конференции директор обсерватории Арма Март де Гроот совместно с сыном Эпика Уно организовали фотокопирование и издание “Собрания работ Эрнста Юлиуса Эпика” в семи томах. Они содержат следующие материалы:

Том 1. Работы 1912–1921 гг., 145 с.

Том 2. Работы 1920–1929 гг., 645 с.

Том 3. Работы 1930–1949 гг., 591 с.

Том 4. Работы 1950–1959 гг., 915 с.

Том 5. Работы 1960–1969 гг., 979 с.

Том 6. Работы 1970–1980 гг., 684 с.

Том 7. Дополнения за 1910–1976 гг., 259 с.

Всего, таким образом, в это собрание вошли публикации Эпика за 70 лет его научной деятельности общим объёмом 4198 страниц, или 262 печатных листа. Не вошла сюда только книга Эпика “Солнце”, изданная в 20-х годах на русском и эстонском языках.

Таков, в количественном выражении, итог научной деятельности этого выдающегося учёного. Его качественной оценке была посвящена бóльшая часть этой книги.

* * *

Авторы выражают благодарность за полезные дискуссии и помощь в подборе литературных источников Ильмару Эпику, Уно Эпику, Д. Дьюхерсту, М. Йыэвееру, А. Сапару, Х. Ээлсалу, У. Вейсману, А. Бэттену, колледжу Корпус Кристи (Кембридж, Коннектикут).

Также они выражают глубокую благодарность рецензентам Г.М. Идлису и Ф.А. Цицину за моральную поддержку и полезные замечания, ответственному редактору книги А.И. Еремеевой за тща-

тельное и вдумчивое редактирование и полезные примечания, уточняющие некоторые вопросы, затрагиваемые в книге, а также Г.С. Куликову за тщательное редактирование текста книги.

Наконец, авторы благодарят А.Ю. Ольховатова, обеспечившего быструю и надёжную электронную связь между авторами, один из которых в Москве, а другой в Тарту. Мы благодарим В.А. Ромейко за помощь в изготовлении фотографий и дирекции обсерватории Арма (Сев. Ирландия) и Тартуской астрономической обсерватории (Эстония) за предоставление оригиналов ряда фотографий.

Текст на с. 5–6, 18–33, 52–120, 162–164 написан В.А. Бронштэном, текст на с. 7–9, 34–51, 120–161 – И.Б. Пустыльником, а текст на с. 10–17 – обоими авторами совместно. Список работ Эпика и список литературы составлены обоими авторами, указатель имён – В.А. Бронштэном.

Основные даты жизни и деятельности Э.Ю. Эпика

- 1893, 22 октября – в семье таможенника Карла Эпика (Кунда, Эстония) родился сын Эрнст Юлиус
- 1900 – переезд в Таллин; поступление в Николаевскую гимназию
- 1912 – поступление в Московский университет на физико-математический факультет, первая научная публикация
- 1916 – окончание университета со степенью кандидата
- 1916–1919 – работа на Московской обсерватории
- 1919 – переезд в Ташкент
- 1919–1921 – работа в Туркестанском университете и на Ташкентской обсерватории
- 1921 – работа на Московской обсерватории
- 1921 – переезд в Эстонию
- 1921–1944 – работа на Тартуской обсерватории
- 1930–1932, 1933, 1939 – практика в Гарварде (США)
- 1931–1933 – организация и участие (1931) в Аризонской метеорной экспедиции
- 1938 – избрание членом АН Эстонии
- 1944 – эмиграция в Гамбург
- 1944–1947 – работа в Балтийском университете (Гамбург–Пиннеберг)
- 1947 – переезд в Северную Ирландию
- 1948–1980 – работа на обсерватории Арма
- 1950 – организация "Ирландского астрономического журнала", его редактирование (1950–1959, 1963–1980)
- 1956–1974 – курсы лекций в Мэрилендском университете (США)
- 1958 – выход монографии "Физика полёта метеора в атмосфере"
- 1976 – издание монографии "Космические встречи"
- 1981 – выход в отставку, переселение в Бангор
- 1985, 10 сентября – смерть в Бангоре на 92-м году жизни

Список основных трудов Э.Ю. Эпика

Некоторые сокращения названий периодических изданий (в этом списке и в разделе “Литература”):

Астрон. вестн. – *Астрономический вестник*,
Астрон. ж. – *Астрономический журнал*,
Астрон. цирк. – *Астрономический циркуляр*,
Бюл. ВАГО – *Бюллетень Всесоюзного астрономо-геодезического общества*,
Бюл. ИТА – *Бюллетень Института теоретической астрономии*,
Бюл. КН ВАГО – *Бюллетень Коллектива наблюдателей ВАГО*,
Изв. РАО – *Известия Русского астрономического общества*,
ИАИ – *Историко-астрономические исследования*,
НИИ – *Научный институт им. П.Ф. Лесгафта*,
Тр. ГАИШ – *Труды Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга*,
Тр. ГРАФО – *Труды Главной Российской астрофизической обсерватории*,
Цирк. ХАО – *Циркуляр Харьковской астрономической обсерватории*,
Acta... – *Acta et commentationes Universitatis Tartuensis (Dorpatensis)*,
AIAA Papers – *American Institute of Aeronautic and Astronautic Papers*,
AJ – *Astronomical Journal*,
AN – *Astronomische Nachrichten*,
ApJ – *Astrophysical Journal*,
Geoph. J. RAS – *Geophysical Journal of Royal Astronomical Society*,
Maan (“Царство мёртвых”) – издававшийся в Швеции журнал на эстонском языке,
MN RAS – *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*.

В других названиях применяются сокращения Ann(ales), Brit(annic), Bull(etin), Circ(ular), Contr(ibutions), Harv(ard), Lett(ers), Mag(azine), Mém(oires), Obs(ervatory), Phil(osophical), Phys(ical), Proc(eedings), Rep(orts), Rev(ue), Roy(al), Sci(ence), Soc(iety), Trans(actions), Univ(ersity).

Данный список охватывает лишь основные работы Эпика. В распоряжении авторов имеется список 455 его публикаций. Всего же, по подсчётам Э.М. Линдси и Дж. Макфарлана [146, 151], им опубликовано более тысячи статей и заметок. Кроме того, ему принадлежат 20 музыкальных произведений.

1. Наблюдения Марса и Венеры в 1911 г. // *Мироведение*. 1912. Т. 1, № 1. С. 30–31.
2. Наблюдения падающих звёзд во время потока Персеид 1912 г. // Там же. 1913. Т. 2, № 5. С. 21–22.
3. Наблюдения Персеид в 1913 г. в Ревеле // *Мироведение*. 1913. Т. 2, № 8. С. 162–167.
4. Zur Theorie der Sonnenstrahlung // AN. 1914. Bd. 198, N 4732. P. 49–64.
5. Способ определения числа падающих звёзд в связи с зависимостью этого числа от яркости // *Мироведение*. 1914. Т. 3, № 11. С. 144–148.

6. Наблюдения полного солнечного затмения 8(21) августа 1914 г. // Там же. С. 148–150.
7. Определение фотографической яркости Марса // Там же. С. 157.
8. Наблюдения Марса в оппозиции 1913–1914 г. // Там же. 1915. Т. 4, № 14. С. 49–59.
9. Определение фотографической яркости Марса и вопрос об изменении её в зависимости от долготы центрального меридиана // Там же. № 15. С. 110–121.
10. Определение плотности визуальных двойных звёзд по спектральному типу // Изв. РАО. 1915. № 3. С. 49–60.
11. Определение сферической аберрации зеркала // Мироведение. 1915. Т. 4, № 17. С. 224–225.
12. Вопрос об избирательном поглощении света в пространстве, рассматриваемый с точки зрения динамики Вселенной // Изв. РАО. 1915. № 11. С. 150–158.
13. Успехи астрономии в 1915 г. // Русский астроном. календарь на 1917 г. Н.-Новгород. 1916 (совм. с К.Л. Баевым).
14. Зарисовки Юпитера, Марса и Сатурна // Мироведение. 1916. Т. 5, № 19. С. 39–40.
15. Персеиды в 1914 г. // Там же. С. 41–42.
16. Замечание по поводу метеоритной теории лунных цирков // Там же. № 21. С. 125–134.
17. The densities of visual binary stars // *ApJ*. 1916. V. 44. P. 292–302.
18. Наблюдения Венеры во время нижнего соединения // Мироведение. 1917. Т. 6, № 3 (27). С. 150–159 (совм. с Г.Г. Войцицким).
19. Наблюдения Марса в 1915–1916 гг. // Там же, № 29. С. 238–245 (совм. с Г.Г. Войцицким).
20. Вероятное расстояние большой туманности Андромеды (NGC 224) в связи с природой спиральных туманностей вообще // Там же. 1921. Т. 10, № 1 (40). С. 12–20.
21. Инструкция для наблюдений падающих звёзд. Квалифицированный счёт // Там же. С. 23–36.
22. A statistical method of counting shooting stars and its application to the Perseid shower of 1920, with physical theory and instructions // *Acta...* 1922. V. 3, N 5. P. 1–56.
23. Zum Lichtwechsel des Planeten Mars // *AN*. 1922. Bd. 216. S. 17–24.
24. An estimate of the distance of the Andromeda nebula // *ApJ*. 1922. V. 55. P. 406–410.
25. Cloud reflection and atmospherical scattering; the variation of the brightness of Venus with phase angle // *Тр. ГРАФО*. 1922. Т. 1. С. 237–265.
26. Notes on stellar statistics and stellar evolution // *Acta...* 1922. V. 4, N 3. P. 1–46.
27. Результаты наблюдений Персеид способом квалифицированного счёта в 1920 г. // Изв. Науч. ин-та им. П.Ф. Лесгафта. 1922. Т. 5.
28. Солнце по новейшим исследованиям. М.: Книжная помощь, 1922, 118 с.
29. Teleskopische Beobachtung der Perseiden // *AN*. 1923. Bd. 217. S. 41–46.
30. Photographic observations of comet Baade and other observational notes // *AN*. 1923. Bd. 217. S. 175.
31. Photographic observations of the brightness of Neptune: Method and preliminary results // *Acta...* 1923. V. 5, N. 1. P. 1–38.

32. Results of double-count observations of the Perseid in 1921 // Tartu obs. publ. 1923. V. 25, N 4. P. 1–70.
33. Radiants of meteors observed in August, 1920 and 1921, at Tashkent // Ibid. P. 71–76.
34. On the planes of spiral nebulae // Observatory. 1923. V. 46. P. 51–52, 165–168.
35. On the luminosity curve of components of double stars // Tartu obs. publ. 1923. V. 25, N 5. P. 1–29.
36. Statistical studies of double stars. Second paper: On the distribution of relative luminosities and distances of double stars in the Harvard revised photometry north of declination -31° // Ibid. 1924. V. 25, N 6. P. 1–167.
37. Photographic observations of the brightness of Neptune. Second paper: Variability and period of rotation // Ibid., N 7. P. 1–60 (with R. Livländer).
38. Photometric measures on the Moon and the Earthshine // Acta... 1924. V. 6, N 5. P. 1–68.
39. Stellar distribution and the law of chance, with a special discussion of the Paris Carte-du-Ciel zone $\delta = +24^\circ$ // Tartu obs. publ. 1924. V. 26, N 2. P. 1–176.
40. Weitere Bemerkungen zur Statistik der Sternschnuppen // AN. 1924. Bd. 223. S. 73–80.
41. Determination of colour equivalents of stars according to Tikhoff's method with some considerations concerning the relation of colour to absolute magnitude and spectrum // Tartu obs. publ. 1925. V. 26, N 3. P. 1–32 (with R. Livländer).
42. On the frequency of proper motions of stars as derived from the Johannesburg and Helsingfors blinkmicroscope observations // Ibid., N 4. P. 1–52.
43. Measures of double stars (1924–1926) // Ibid. 1927. V. 26, N 5. P. 1–55.
44. Солнце по новейшим исследованиям. 2-е изд. М.; Л.: ГИЗ, 1927, 153 с.
45. Päike uemate uurimuste valguses. (Пер. на эст. яз. книги [28]). Tartu, 1928, 143 pp.
46. The solar eclipse of June 29, 1927 (Total) // Tartu obs. publ. 1928. V. 26, N 6. P. 1–2.
47. Zur Theorie der Variation der Sternschnuppen häufigkeit // AN. 1929. Bd. 235. P. 265–268.
48. On the relation of absolute magnitude to colour, spectrum and proper motion // Tartu obs publ. 1929. V. 27, N 1. P. 1–165.
49. Telescopic observations of meteors at the Tartu observatory // Ibid. 1930. V. 27, N 2. P. 1–8.
50. On the fundamental problem of meteor statistics // Harv. circ. 1930. N 355. P. 1–12.
51. I. On the visual and photographic study of meteors. II. On the overlapping of images in extrafocal photometry // Harv. bull. 1930. N 879. P. 5–10.
52. Astronomical statistics. Harvard lectures 1930–1931. Harv. coll. obs., 1930 (mimeo).
53. On the choice of plates and exposures in meteor photography // Harv. bull. 1931. N 881. P. 20–23 (with Margaret Olmsted).
54. On the physical interpretation of colour-excess in early type stars // Harv. circ. 1931. N 359. P. 1–17.
55. The construction and use of a scale of artificial spectral lines, with application to absolute magnitudes of early type stars // Ibid., N 369. P. 1–19 (with M. Olmsted).

56. On the frequency of stellar colours // *Harv. bull.* 1931. N 885. P. 1–8.
57. The Arizona expedition for the study of meteors // *Proc. Nat. Acad. Sci.* 1932. V. 18, N 1. P. 16–23 (with H. Shapley and S.L. Boothroyd).
58. Note on stellar perturbations of nearly parabolic orbits // *Proc. Amer. Acad. Arts and Sci.* 1932. V. 67. P. 169–183.
59. Measures of double stars (1926–1930) // *Tartu obs. publ.* 1932. V. 27, N 5. P. 1–29.
60. Absolute magnitudes of 792 stars of spectra O to A5 derived from the intensities of the hydrogen lines // *Harv. circ.* 1932. N 380. P. 1–19 (with M. Olmsted).
61. Meteorites and the age of the Universe // *Popular astronomy.* 1933. V. 41. P. 79–87. *Рус. пер.: Метеориты и возраст Вселенной // Мироведение.* 1934. T. 23, № 3. С. 216–224.
62. Atomic collisions and radiation of meteors // *Acta...* 1933. V. 26, N 2. P. 1–39.
63. Apparent distribution of luminosities of stars brighter than 6th magnitude // *Harv. circ.* 1933. N 381. P. 1–13 (with M. Olmsted, G. Maulbetsch, L. Barnes).
64. Some statistical aspects of the study of variable stars // *Ibid.* N 383. P. 1–12.
65. Statistical analysis of group radiants (Arizona) // *Ibid.* 1934. N 388. P. 1–38.
66. Velocities of meteors observed visually (Arizona) // *Ibid.*, N 389. P. 1–9.
67. On the distribution of heliocentric velocities of meteors // *Ibid.* N 391. P. 1–9.
68. Stellar distribution and the law of chance. Second paper. Probabilities of geometrical configurations and the irregularity of stellar distribution in the Paris Carte-du-Ciel zone $\delta = +24^\circ$ // *Tartu obs. publ.* 1934. V. 27, N 7. P. 1–28. III. The Algiers Carte-du-Ciel zone $\delta = +1^\circ$ // *Ibid.* 1935. V. 28, N 1. P. 1–20 (with Miss L. Pitka).
69. The degree of variability of calcium content in the stellar atmospheres // *ApJ.* 1935. V. 81. P. 177–186.
70. Determination of colour equivalents of stars according to Tikhoff's method. Second paper. Violet-blue colour indices of 428 stars, and photographic magnitudes of 819 stars // *Tartu obs. publ.* 1935. V. 28, N 2. P. 1–26 (with R. Livländer and O. Silde).
71. The densities of visual binary stars // *Ibid.* N 3. P. 1–16 (with J. Gabovits).
72. I. Theory of formation of meteor craters. II. The possible consequences of the collisions of meteors in space // *Acta...* 1936. V. 30. P. 1–27.
73. Meteor heights from the Arizona expedition // *Proc. Nat. Acad. Sci.* 1936. V. 22. P. 525–530.
74. The degree of variability of calcium content in atmospheres of A-Type stars // *ApJ.* 1937. V. 86. P. 203–211 (with J.W. Abrams).
75. Results of the Arizona expedition for the study of meteors. VI. Analysis of meteor heights (Arizona) // *Harv. Ann.* 1937. V. 105. P. 549–600.
76. Basis of the physical theory of meteor phenomena // *Acta...* 1937. V. 33. P. 1–67.
77. On the upper limit of stellar masses // *Tartu obs. publ.* 1938. V. 30, N 1. P. 42–46.
78. The density of the white dwarf AC + 70°8247 // *Ibid.* P. 47–49.
79. Stellar structure, source of energy, and evolution // *Acta...* 1938. V. 33, N 9. P. 1–118.
80. Composite stellar models // *Ibid.* V. 34, N 5. P. 1–48.
81. Meteors // *MN RAS.* 1940. V. 100. P. 315–326.

82. Analysis of 1436 meteor velocities // *An. Acad. Sci. Estonicae*. 1940. V. 1. P. 87–170.
83. Observations of meteor velocities 1931–1938 // *Acta...* 1940. V. 37, N 3. P. 1–113.
84. Multiple stars and equipartition of energy // *Tartu obs. publ.* 1941. V. 30, N 7. P. 5–14 (with J. Gabovits and V. Riives).
85. Zusammengesetzte Sternmodelle. II // *Acta...* 1943. V. 38, N 10. P. 1–51.
86. Gravitational source of energy and convectional instability // *Contr. Baltic Univ.* 1947. N 35. P. 1–5.
87. Vorlesungen über mathematische Statistik (für Non-Mathematiker) // *Baltic Univ. Textbook (mimeo)*. Pinneberg–Hamburg. 1947. N 82. P. 1–142.
88. Meteor astronomy // *Observatory*. 1948. V. 68, N. 847. P. 228–230.
89. Stellar models with variable composition.: I. Models with a discontinuity of molecular weight. II. Sequences of models with energy generation proportional to the 15th power of temperature // *Proc. Roy. Irish Acad.* 1949. V. 53A, N 1. P. 1–16; 1951. V. 54A, N 4. P. 49–77.
90. Secular changes of stellar structure and the Ice Ages // *MN RAS*. 1950. V. 110. P. 49–68.
91. Mars and the asteroids // *Irish AJ*. 1950. V. 1. P. 22–24.
92. News and comments: Roche's limit; Rings of Saturn; Noise in stars // *Ibid.* P. 25–28.
93. Book review: "Meteor Radiants" by C. Hoffmeister // *Observatory*. 1950. V. 70. P. 81–82.
94. Dust and the planets // *Irish AJ*. 1950. V. 1. P. 37–47.
95. Dark matter in Praesepe and its cosmogonic implications // *Ibid.* P. 59–69.
96. Interstellar meteors and related problems // *Ibid.* P. 80–96.
97. Transport of heat and matter by convection in stars // *MN RAS*. 1950. V. 110. P. 559–589.
98. Rotational currents // *Ibid.* 1951. V. 111. P. 278–288.
99. Collision probabilities with the planets and the distribution of interplanetary matter // *Proc. Roy. Irish Acad.* 1951. V. 54A. P. 165–199.
100. Astronomy and the bottom of the sea // *Irish AJ*. 1951. V. 1. P. 145–158.
101. Stellar evolution // *Ibid.* P. 195–196.
102. The motions of the Sun and stars, and stellar evolution // *Irish AJ*. 1951. V. 1. P. 243–244.
103. Life and its evolution from an astronomical viewpoint // *Ibid.* 1952. V. 2. P. 9–20.
104. Galaxies and stellar evolution // *Irish AJ*. 1952. V. 2. P. 50–53.
105. The destiny of life // *Ibid.* P. 65–70.
106. The Ice ages // *Ibid.* P. 71–74.
107. Liberation of gases from comets // *Ibid.* P. 85–86.
108. Collisions with heavenly bodies // *Ibid.* P. 95–98.
109. The chemical composition of white dwarfs // *Mém. Soc. Sci. Liège*. 1953. Ser. 4. V. 14. P. 131–138.
110. Disturbances in dwarf stars caused by nuclear reactions and gas diffusion // *Ibid.* P. 187–199.
111. A vibrating camera for meteor photography // *Irish AJ*. 1953. V. 2. P. 193–202.
112. On the causes of palaeoclimatic variations and of the Ice ages in particular // *J. Glaciology*. 1953. V. 2, N 13. P. 213–218.

113. A climatological and astronomical interpretation of the Ice ages and of the past variations of terrestrial climate // *Armagh obs. contr.* 1953. N 9. P. 1–79.
114. Convective transfer in the problem of climate // *Geophys. Bull.* 1953. N 8. P. 1–14.
115. Stellar associations and supernovae // *Irish AJ.* 1953. V. 2. P. 219–233.
116. The age of the Universe // *Brit. J. Phil. Sci.* 1954. V. 5. P. 203–214.
117. The time-scale of our Universe // *Irish AJ.* 1954. V. 3. P. 89–108.
118. Interplanetary gas // *Zeitschr. Astrophys.* 1954. V. 35. P. 43–60.
119. Comet Abell (1953 g) // *Irish AJ.* 1954. V. 3. P. 115.
120. Identification of meteorite craters. The Ungava crater // *Ibid.* P. 129–131.
121. The density of the lunar atmosphere // *Ibid.* 1955. V. 3. P. 137–143.
122. Meteors and the upper atmosphere // *Ibid.* P. 165–181.
123. Impending revolution in meteor astronomy // *Ibid.* P. 185–186.
124. The space-reddening of galaxies // *Ibid.* P. 187–190.
125. The masses of meteors // *Mém. Soc. Sci. Liège.* 1955. Ser. 4. V. 15. P. 125–146.
126. The distribution of meteor stream intensity over the celestial sphere // *Ibid.* P. 147–173.
127. The origin of meteorites and the constitution of the terrestrial planets // *Irish AJ.* 1955. V. 3. P. 206–225.
128. The origin of the Moon // *Ibid.* P. 245–248.
129. The time-scale of our Universe // *Smithsonian Inst. Ann. Rep.* 1955. P. 203–226.
130. Cosmic sources of deep-sea deposits // *Nature.* 1955. V. 176. P. 926–927.
131. Meteor radiation, ionization, and atomic luminous efficiency // *Proc. Roy. Soc.* 1955. V. 230A. P. 463–501.
132. Meteor excitation, ionization and atomic luminous efficiency // *J. Atm. Terr. Phys., Spec. Suppl.* 1955. V. 2. P. 29–32.
133. The masses and structure of meteors // *Ibid.* P. 33–35.
134. The cosmic rhythm // *The Pen in Exile. II.* London. 1956. P. 48–56.
135. The surface conditions on Venus // *Irish AJ.* 1956. V. 4. P. 37–48.
136. Concluding results from the Arizona expedition for the study of meteors // *Ibid.* P. 49–59.
137. Interplanetary dust and terrestrial accretion of meteoric matter // *Ibid.* P. 84–135.
138. The density of the lunar atmosphere // *Irish AJ.* 1957. V. 4. P. 186–189.
139. Artificial satellites // *World Sci. Rev.* 1957, Nov. P. 3–6.
140. Reinterpretation of the Uranium-Helium ages of iron meteorites // *Trans. Amer. Geophys. Union.* 1957. V. 38. P. 566–568.
141. The age of the Earth and of the Universe // *Discovery.* 1957. V. 18. P. 487.
142. Artificial satellites // *Irish AJ.* 1957. V. 4. P. 201–251.
143. Comments on satellites // *Ibid.* P. 252–256.
144. Statistical results from the Arizona expedition on the study of meteors // *Contr. Armagh obs.* 1957. N 26. P. 1–82.
145. Teiste maailmade külastamisest (Посещая иные миры. – эст. яз.). Lund (Sweden): Tulimuld. 1957. No. 8. P. 227–231.
146. Meteor impact on solid surface // *Irish AJ.* 1958. V. 5. P. 14–33.
147. Physics of meteor flight in the atmosphere... N.Y.: Interscience Wiley, 1958, 174 p.

148. On the catastrophic effects of collisions with celestial bodies // *Irish AJ.* 1958. V. 5. P. 34–36.
149. Problems in the physics of meteors // *Amer. J. Phys.* 1958. V. 26. No. 2. P. 70–80.
150. The spike of comet Arend–Roland 1956 h // *Irish AJ.* 1958. V. 5. P. 37–50.
151. Climate and the changing Sun // *Sci. Amer.* 1958. V. 198. No. 6. P. 85–92.
152. Perturbations of a satellite by an oblate planet // *Irish AJ.* 1958. V. 5. P. 79–95.
153. Solar variability and palaeoclimatic changes // *Ibid.* P. 97–109.
154. Surface conditions on the nearest planets // *Space Sci.* 1959. V. 8. P. 2–6, 8.
155. Introduction to astronomy and geophysics // *Univ. of Mariland. Lecture Notes.* 1959. P. 1–233.
156. Distribution of density in a planetary exosphere // *Phys. Fluids.* 1959. V. 2, No. 6; 1960. V. 3, No. 3. P. 486–488; 1961. V. 4, No. 2. P. 221–233 (with S.F. Singer).
157. The oscillating Universe. A Mentor Book. 1960, p. 1–44.
158. The frequency of crater diameters. Mare Imbrium (Abstract) // *AJ.* 1960. V. 65. P. 55.
159. Interstellar space // *McGraw-Hill Encyclopedia of Sci. and Technol.* 1960. P. 251–252.
160. Meteorite impact and life on the Earth // *Space Sci.* 1960. V. 9. P. 2–6; V. 10. P. 2–7.
161. The atmosphere and haze of Mars // *J. Geophys. Res.* 1960. V. 65, No. 10. P. 3057–3063.
162. Escape of gases from the Moon // *Ibid.* P. 3065–3070 (with S.F. Singer).
163. Surface conditions on the nearest planets // *Amer. J. Phys.* 1960. V. 28, No. 7. P. 618–622.
164. The lunar surface as an impact counter / *MN RAS.* 1960. V. 120. P. 404–411.
165. Comets // *Collier's Encyclopedia.* 1961. P. 47–52.
166. Notes on the theory of impact craters // *Proc. Cratering Symposium, Laurence Radiation Laboratory.* 1961. Paper S. P. 1–28.
167. Tidal deformations and the origin of the Moon // *AJ.* 1961. V. 66. No. 2. P. 60–67.
168. The survival of stray bodies in the Solar System // *Ann. Acad. Sci. Fennicae. Series A, III, Geologica–Geographica.* 1961. V. 61. P. 185–195.
169. The origin of the Moon // *Space Sci.* 1961. V. 10. P. 2–7; II. 1961. V. 11. P. 2–8.
170. Density of the lunar atmosphere // *Science.* 1961. V. 133. P. 1419–1420.
171. The aeolosphere and atmosphere of Venus // *J. Geophys. Res.* 1961. V. 66. No. 9. P. 2807–2819.
172. The survival of comets and cometary material // *AJ.* 1961. V. 66, No. 8. P. 381–382.
173. Jupiter: chemical composition, structure and origin of a giant planet // *Mém. Soc. Sci. Liège.* 1962. Ser. 5. V. 7. P. 47–50; *Icarus.* 1962. V. 1, No. 3. P. 200–257.
174. The lunar atmosphere // *Planet. Space Sci.* 1962. V. 9. P. 211–244.
175. Surface properties of the Moon // *Progr. Astronaut. Sci.* 1962. V. 1. P. 215–260.

176. Atmosphere and surface properties of Mars and Venus // *Ibid.* P. 261–342.
177. Tables of meteor luminosities // *Irish AJ.* 1963. V. 6, No. 1. P. 3–11.
178. Selective escape of gases // *Geoph. J RAS.* 1963. V. 7, No. 4. P. 490–509.
179. Dissipation of the solar nebula // *Origin of the Solar System.* Acad. Press. 1963. P. 73–75.
180. Astronomical aspects of the exploration of space. I // *Irish AJ.* 1963. V. 6, No. 1. P. 14–28; II // *Ibid.* 1964. V. 6. P. 260–272.
181. Venus and the Mariner // *Ibid.* 1963. V. 6. P. 59–67.
182. A Jupiter mystery resolved // *Ibid.* P. 68–73.
183. Photometry, dimensions and ablation rate of comets // *Ibid.* No. 3. P. 93–112.
184. Book review: “Physikalische Theorie der Meteore und die meteorische Substanz im Sonnensystem” by B.J. Lewin // *Ibid.* P. 113–116.
185. Jupiter // *Ibid.* P. 135–149.
186. The stray bodies in the Solar System.
Part 1. Survival of cometary nuclei and the asteroids // *Adv. Astron. Astrophys.* 1963. V. 2. P. 219–262.
Part 2. The cometary origin of meteorites // *Comet. Symp. Liège.* 1966. P. 301–336.
187. Microvariability of Sun and stars // *Irish AJ.* 1964. V. 6. P. 174–182.
188. Jupiter and the origin of the Solar System // *Mana.* 1964. V. 1, No. 4–5. P. 292–299.
189. Clusters of Galaxies // *Irish AJ.* 1964. V. 6. P. 273–279.
190. Stellar planets and little dark stars as possible seats of life // *Ibid.* P. 290–296.
191. Is interstellar travel possible? // *Ibid.* P. 299–302.
192. The motion of the condensation in the tail of Halley’s comet June 5–8, 1910 // *Zeitschr. Astrophys.* 1964. V. 58. P. 192–201.
193. Ice ages // *The planet Earth.* Pergamon Press, 1964, p. 2–32.
194. Notes on cometary physics // *Irish AJ.* 1965. V. 7. P. 31–46.
195. Climatic change in cosmic perspective // *Icarus.* 1965. V. 4, No. 3. P. 289–307.
196. Particle distribution and motion in a field of force // *Interaction of Space vehicles with a ionized atmosphere.* Pergamon Press, 1965. P. 3–60.
197. Is the Sun habitable? // *Irish AJ.* 1965. V. 7. P. 87–90.
198. Comments: Mariner IV and craters on Mars // *Ibid.* P. 92–104.
199. Sun-grazing comets and tidal disruption // *Ibid.* 1966. V. 7. P. 141–161.
200. More on climatic change // *Icarus.* 1966. V. 5. P. 215–217.
201. The dynamical aspects of the origin of comets // *Proc. of the 13th Internat. Astrophys. Symposium.* Liège. 1966. Paper No. 53. P. 523–574.
202. Comet nuclei as the principal source of meteorites // *Ibid.* Paper No. 54. P. 575–580.
203. The nature of the lunar surface // 1965 IAU-NASA Symposium. Baltimore: John Hopkins, 1966. P. 287–291.
204. Interaction of meteoroids with the atmosphere. I. Stony micrometeorites // *Univ. Maryland. Techn. Rep.* 1966. No. 577. P. 1–37 (with E.G. Stolarik).
205. The Martian surface // *Science.* 1966. V. 153, No. 3733. P. 255–265.
206. Martian craters // *Ibid.* 1967. V. 155, No. 3760. P. 355–356.
207. Evolution of the Moon’s surface. I // *Irish AJ.* 1967. V. 8. P. 38–52.

208. Interaction of meteoric bodies with the terrestrial atmosphere // *Ibid.* P. 53–62.
209. Astronomy and Space age // *Ibid.* P. 65–66.
210. A study in microturbulence. In channeled flow of air near the ground // *Ibid.* P. 76–89.
211. An outsider's participation in research // *Ibid.* P. 108–109.
212. Life and intelligence in the Universe: Bottomless speculations // *Ibid.* P. 128–139.
213. Climatic change and the onset of the Ice ages // *Ibid.* P. 153–157.
214. Climatic changes // *International Dictionary of Geophysics.* Pergamon Press, 1968. P. 1–15.
215. The Man-on-the Moon programme // *Irish AJ.* 1968. V. 8. P. 158–159.
216. The building material of the planets // *Ibid.* P. 159–160.
217. A new look at the old Moon // *Ibid.* P. 160–161.
218. Mars: Fantasy and reality // *Ibid.* P. 162–174.
219. The cometary origin of meteorites // *Ibid.* P. 185–208.
220. Mars // *McGraw-Hill Yearbook of Science and Technology,* 1968. P. 243–245.
221. Star chains around Eta Carinae // *Irish AJ.* 1968. V. 8. P. 249–273 (with H.H.R. Grossie).
222. Stellar interiors: The source of life and death // *Ibid.* 1969. V. 9. P. 15–31.
223. The lunar environment // *Science J.* 1969. P. 67–72.
224. Rilles and water on the Moon? // *Irish AJ.* 1969. V. 9. P. 79–80.
225. Comments on cosmic physics // *Ibid.* P. 81–87.
226. Comments on cosmic physics. Tidal evolution of the Earth-Moon system // *Ibid.* P. 120–135.
227. Mars: The changing picture // *Ibid.* P. 136–148.
228. The Moon's surface // *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* 1969. V. 1. P. 473–526.
229. Comets and the formation of planets (Abstract) // *The Moon.* 1970. V. 1. P. 487–493.
230. Comments on cosmic physics. Convective heat exchange: planetary climatology; polar caps on Venus (?) and Mars; surface conditions on Venus // *Irish AJ.* 1970. V. 9. P. 173–210.
231. Comments on cosmic physics. Preferential orientation of galaxies: On the possibility of detection // *Ibid.* P. 211–219.
232. The sonic boom of the Boveedy meteorite // *Ibid.* P. 308–310.
233. Cratering and the Moon's surface // *Adv. Astron. Astrophys.* 1971. V. 8. P. 107–337.
234. Comet families and transneptunian planets // *Irish AJ.* 1971. V. 10. P. 35–92.
235. Comments on lunar origin // *Ibid.* 1972. V. 10. P. 190–238.
236. The optical oblateness of Mars // *Ibid.* 1973. V. 11. P. 1–23.
237. Comets and the formation of the planets // *Astrophys. Space Sci.* 1973. V. 21. P. 307–398.
238. Mars – the intermediate between Earth and Moon // *Irish AJ.* 1973. V. 11. P. 85–99.
239. Our cosmic destiny // *Ibid.* P. 113–124.
240. Stellar perturbations and Monte Carlo experiments // *Ibid.* P. 125–132.
241. Limits of cosmos versus limits of knowledge // *Ibid.* P. 147–152.

242. A meteorite that got away // *Ibid.* 1974. V. 11. P. 165–172.
243. The densities of fireball meteoroids // *Ibid.* P. 207–208.
244. Armagh observatory in 1973 and 1974 // *Ibid.* P. 212–217.
245. Space travel and life beyond Earth and our cosmic destiny as seen in 1919 // *Ibid.* 220–238.
246. Comets and planets: their interrelated origin // *Ibid.* 1975. V. 12. P. 1–48.
247. Nuclear fusion: Atomic clocks and relativity // *Ibid.* P. 61–64.
248. Memories of work and play // *Ibid.* P. 154–155.
249. Armagh observatory in 1975 // *Ibid.* P. 233–238.
250. Reply to the citation // *Ibid.* 1976. V. 12. P. 242–243.
251. Solar structure, variability and the Ice ages (Solar variability and climate) // *Ibid.* P. 253–276.
252. Interplanetary Encounters. Close-range Gravitational Interactions. Amsterdam–Oxford–New York: Elsevier Sci. Publ. Co., 1976, 155 p.
253. Magnetic damping of rotation // *Irish AJ.* 1977. V. 13. P. 14–21.
254. Origin of the asteroids and the missing planet // *Ibid.* P. 22–39.
255. About dogma in science and other recollections of an astronomer // *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* 1977. V. 15. P. 1–17. Сокр. рус. пер.: *Природа.* 1993. № 7. С. 126–128.
256. On predicting the brightness of comets // *Irish AJ.* 1977. V. 13. P. 92–94.
257. The morphological method in research with astrophysical, climatological and meteorological applications // *Ibid.* P. 95–108.
258. Black holes – a myth? // *Ibid.* P. 125–127.
259. The missing planet // *The Moon and the planets.* 1978. V. 18. P. 327–337.
260. Mars: the favourite of wishful thanking // *Irish AJ.* 1978. V. 13. P. 179–180.
261. Interstellar travel – by hibernation? // *Ibid.* P. 261–263.
262. Dust and interstellar absorption // *Ibid.* 1979. V. 14. P. 70–72; *Sterne,* 1980. V. 56. P. 268.
263. Kometen – Einführung und Rehabilitation // *Sterne.* 1985. V. 61. P. 267–269.

Литература

1. *Амбарцумян В.А.* Расширяющиеся звёздные ассоциации // *Астрон. ж.*, 1949. Т. 26, № 1. С. 1–9.
2. *Астапович И.С.* Физические явления при полете метеоров // *Мироведение*. 1934. Т. 23, № 3. С. 196–215.
3. *Астапович И.С.* Вторая конференция по кометной и метеорной астрономии // *Астрон. ж.* 1937. Т. 14, № 3. С. 249.
4. *Астапович И.С.* О некоторых метеорных методах исследования стратосферы // Там же. 1939. Т. 16, № 1. С. 28–41.
5. *Астапович И.С.* Метеорные явления в атмосфере Земли. М.: Физматгиз, 1958.
6. *Астрономический календарь: Постоянная часть.* 7-е изд. М.: Наука, 1981. С. 200, 238, 554, 555.
7. *Бааде В.* Вступление. Исторический очерк // *Эволюция звёзд и галактик*. М.: Наука, 1986. С. 9–16.
8. *Бабаджанов П.Б., Крамер Е.Н.* Методы и некоторые результаты фотографического изучения метеоров. М.: Изд-во АН СССР, 1963.
9. *Барабашов Н.П.* К вопросу о разности диаметров фотографического изображения Марса в синих и красных лучах // *Цирк. ХАО*. 1950. № 6. С. 1–3.
10. *Бербидж Дж., Бербидж Э.М.* Звёздная эволюция // *Происхождение и эволюция звёзд*. М.: ИЛ, 1962. С. 161, 163.
11. *Бронштэн В.А.* Физика метеорных явлений. М.: Наука, 1981, 384 с.
12. *Бронштэн В.А.* К вопросу об учёте астрономической селекции при обработке наблюдений метеоров // *Астрон. вестн.* 1983. Т. 17, № 3. С. 175–182.
13. *Бронштэн В.А.* Всеволод Викторович Стратонов (биографическая справка) // *На рубежах познания Вселенной (ИАИ)*. М.: Наука, 1992. Вып. XXIII. С. 403–410.
14. *Бронштэн В.А.* Неприятности с “Венерой” // *Природа*. 1997. № 2. С. 127–128.
15. *Бронштэн В.А.* Гигантские метеориты XX века // Там же. 1999. № 3. С. 62–68.
16. *Бронштэн В.А.* Тунгусский метеорит: История исследования. М.: А.Д. Сельянов, 2000.
17. *Булаевский Н.Ф.* Заметки из истории Ташкентской астрономической и физической обсерватории // *ИАИ*. 1987. Вып. XIX. С. 325–340.
18. *Вегенер А.* Происхождение Луны и ее кратеров. М.; Пг.: Госиздат, 1923.
19. *Вильсон О.* Затмения протяжёнными атмосферами // *Звёздные атмосферы*. М.: ИЛ, 1963. С. 433–459.
20. *Витязев А.В., Печерникова Г.В., Сафронов В.С.* Планеты земной группы: Происхождение и ранняя эволюция. М.: Наука, 1990.
21. *Воронцов-Вельяминов Б.А.* Астрономическая Москва в двадцатые годы // *ИАИ*. 1988. Вып. XXVIII. С. 345–370.

22. Голицын Г.С. Введение в динамику планетных атмосфер. Л.: Гидрометиздат, 1973.
23. Дадаев А.Н. Десяносто лет жизни академика А.А. Михайлова // Астрометрия и небесная механика. М.; Л.: ВАГО-ГАО-ИТА, 1978. С. 9–45.
24. Желнин Г.А. Астрономическая обсерватория Тартуского (Дерптского, Юрьевского) университета 1805–1948. Исторический очерк // Публ. Тартуской астрофиз. обсерватории им. В. Струве. 1969. Т. 37. С. 5–169.
25. Зилитинкевич С.С., Монин А.С. (ред.). Динамика атмосферы Венеры. М.: Наука, 1974.
26. Зоткин И.Т., Чигорин А.Н. Применение счётной машины для обработки визуальной статистики метеоров // Бюл. ВАГО. 1961. № 30. С. 45–52.
27. Зоткин И.Т., Хотинюк Р.Л. Число крупных болидов по наблюдениям за 50 лет // Метеоритика. 1978. Вып. 37. С. 37–43.
28. Иванов Б.А. Некоторые вопросы механики образования ударных и взрывных кратеров // Метеоритные структуры на поверхностях планет. М.: Наука, 1979. С. 31–45.
29. Иванов Б.А. Успехи механики кратерообразования // Удар, взрыв и разрушение. М.: Мир, 1981. С. 204–238.
30. Игошин В.И. Михаил Яковлевич Суслин. М.: Наука, 1996.
31. Йъзвеев М. Жизнь и деятельность Эрнста Эпика // Астрономическая обсерватория Тартуского (Дерптского, Юрьевского) университета 1805–1948 // Публ. Тартуской астрофиз. обсерватории им. В. Струве. 1969. Т. 37. С. 212–226.
32. Катасев Л.А. Исследование метеоров в атмосфере Земли фотографическим методом. Л.: Гидрометиздат, 1966.
33. Кинпер А. Теория двойного излучения световых квантов для атома водорода // Публ. Тартуской астрофиз. обсерватории им. В. Струве. 1952. Т. 32. С. 63–93.
34. Кинпер А. О непрерывном спектре галактических туманностей // Там же. 1953. Т. 32. С. 327–331.
35. Кинпер А. Из истории Тартуской обсерватории // Публ. Тартуской астрофиз. обсерватории им. В. Струве. 1984. Т. 50. С. 8.
36. Ковшун И.Н. О дилуции метеорной комы и эффективности излучения метеорной материи // Астрон. цирк. 1970. № 568. С. 6–7.
37. Ковшун И.Н. Номограмма для определения эффективности излучения метеорного тела // Там же. 1971. № 658. С. 6–8.
38. Колчинский И.Г., Корсунь А.А., Родригес М.Г. Астрономы. Киев: Наукова Думка, 2-е изд., 1986.
39. Кондратьев К.Я. Сравнительная метеорология планет. Л.: Гидрометиздат, 1975.
40. Кондратьев К.Я., Москаленко И.Н. Метеорология Юпитера // Исследование космического пространства. М.: ВИНТИ, 1976. Т. 7. С. 99–153.
41. Космонавтика: Маленькая энциклопедия. М.: Сов. энцикл., 1968. С. 276.
42. Ксанфомалити Л.В. Планета Венера. М.: Наука, 1986.
43. Кузьмин А.Д., Саломонович А.Е. Радиоизлучение Венеры в 8-мм диапазоне волн // Астрон. ж. 1960. Т. 37, № 2. С. 297–300.
44. Кузьмин А.Д., Маров М.Я. Планета Венера. М.: Наука, 1974.
45. Куликов К.А. Изменяемость широт и долгот. М.: Наука, 1962. С. 93–96.
46. Куликовский П.Г. Павел Карлович Штернберг. М.: Наука, 1965.

47. *Левин Б.Ю.* Некоторые вопросы движения метеорных тел в атмосфере Земли // Метеоритика. 1950. Вып. 7. С. 113–123.
48. *Левин Б.Ю.* Физическая теория метеоров и метеорное вещество в Солнечной системе. М.: АН СССР, 1956.
49. *Левин Б.Ю., Симоненко А.Н.* О неправдоподобности кометного происхождения большинства астероидов групп Аполлона и Амура // Бюл. ИТА. 1984. Т. 15, № 6 (161). С. 320–323.
50. *Липский Ю.Н.* Оценка массы лунной атмосферы на основании полярных наблюдений // Тр. ГАИШ. 1953. Т. 22. С. 66–123.
51. *Ловелл Б.* Метеорная астрономия. М.: Физматгиз, 1958.
52. *Ляпунов А.М.* Sur un problème de Tchebycheff // Зап. АН по физ.-мат. отд.-нию. 1905. Т. 17, № 3. С. 1–32.
53. *Мальцев В.А.* Выступление. Коллоквиум 22 января 1934 г. (Метеорный отдел Колл. набл. МОВАГО) // Бюл. КН ВАГО. 1934. № 28. С. 125.
54. *Монин А.С.* Вращение Земли и климат. Л.: Гидрометиздат, 1972.
55. *Мороз В.И.* Спектры Юпитера и Сатурна в области 1,0–2,5 мкм // Астрон. ж. 1966. Т. 43. С. 457–468.
56. *Мороз В.И.* Физика планеты Марс. М.: Наука, 1978.
57. *Натансон С.Г., Сытинская Н.Н.* Метеоры и стратосфера // Тр. Всес. конф. по изучению стратосферы. Л.; М., 1935. С. 465–480.
58. *Прокофьева В.В., Чупракова Т.А.* О связи между “синими прояснениями” и пылевыми облаками на Марсе // Астрон. цирк. 1973. № 801. С. 3.
59. *Радзиевский В.В.* О неконсервативности фотогравитационного поля и о возможном механизме захвата Солнцем космической пыли // Доклады АН СССР. 1950. Т. 72. С. 861–864.
60. *Рае У.* Аналитическое исследование распространения ударных волн, порождённых ударом (обзор и новые результаты) // Высокоскоростные ударные явления. М.: Мир, 1963. Гл. 10. С. 220–296.
61. *Разбитная Е.П.* О происхождении Луны. Автореф. канд. дисс. ЛГПИ им. Герцена, 1954.
62. *Рускол Е.Л.* О происхождении Луны. I. Образование околоземного роя тел // Астрон. ж. 1960. Т. 37, № 4. С. 690–702; II. Рост Луны в околоземном спутниковом рое // Там же. 1963. Т. 40, № 2. С. 288–296.
63. *Рускол Е.Л.* Происхождение Луны. М.: Наука, 1975.
64. *Сапар А., Феклистова Т.* Астрономия в Тартуской обсерватории до, во время и после Второй мировой войны // Астрономия на крутых поворотах XX века. Дубна: Феникс, 1997. С. 254–262.
65. *Сафронов В.С.* Эволюция допланетного облака и образование Земли и планет. М.: Наука, 1969.
66. *Северный А.Б.* Абсолютная яркость метеоров и верхние слои атмосферы // Тр. Всес. конф. по изучению стратосферы. Л.; М., 1935. С. 489–496.
67. *Симоненко А.Н.* Метеориты – осколки астероидов. М.: Наука, 1979.
68. *Станюкович К.П., Федынский В.В.* О разрушительном действии метеоритных ударов // Доклады АН СССР. 1947. Т. 57, № 2. С. 129–132.
69. *Станюкович К.П.* Элементы физической теории метеоров и кратерообразующих метеоритов // Метеоритика. 1950. Вып. 7. С. 39–62.
70. *Станюкович К.П.* Элементы теории удара твёрдых тел с большими (космическими) скоростями // Искусств. спутники Земли. М.: Изд-во АН СССР, 1960. Вып. 4. С. 86–117.

71. *Станюкович К.П., Бронштэн В.А.* Роль космических факторов в эволюции Луны // *Барабаиов Н.П., Бронштэн В.А. и др.* Луна. М.: Физматгиз, 1960. Гл. IX. С. 331–364.
72. *Стратонов В.В.* Главная Российская астрофизическая обсерватория // *Тр. ГРАФО.* 1922. Т. 1. С. 1–25.
73. *Струве О., Зебергс В.* Астрономия XX века. М.: Мир, 1968.
74. *Сытинская Н.Н.* Фотографические методы метеорной астрономии // *Тр. Всес. конф. по изучению стратосферы.* Л.; М., 1935. С. 497–503.
75. *Сытинская Н.Н.* Абсолютная фотометрия протяженных небесных объектов. Л.: ЛГУ, 1948. С. 16–17.
76. *Сытинская Н.Н.* Природа лунной поверхности // *Барабаиов Н.П., Бронштэн В.А. и др.* Луна. М.: Физматгиз, 1960. Гл. IV. С. 103–124.
77. Труды II, III и IV астрономических съездов 1920–1928 гг. Л., 1929. С. 7, 14, 16.
78. *Фесенков В.Г.* О некоторых структурных особенностях газовых туманностей и их связи со звёздами // *Астрон. ж.* 1951. Т. 28, № 4. С. 215–218.
79. *Хотинок Р.Л.* О наблюдениях численности метеоров // *Астрон. календарь на 1958 г.* М.: Гостехиздат, 1957. С. 237–241.
80. *Шаронов В.В.* Фотографическая иррадиация и её влияние на снимки планетных дисков // *Астрон. ж.* 1950. Т. 27, № 2. С. 116–122.
81. *Шкловский И.С.* О природе свечения Крабовидной туманности // *Доклады АН СССР.* 1953. Т. 90, № 6. С. 983–986.
82. *Шмидт О.Ю.* Метеоритная теория происхождения Земли и планет // *Там же.* 1944. Т. 45. С. 245–249.
83. *Щеглов В.П.* Избранные труды. Ташкент: ФАН, 1989. С. 217–365.
84. *Эйнасто Я., Йъзвеев М.* Развитие теории эволюции звёзд // *Земля и Вселенная.* 1975. № 2. С. 77–81.
85. *Эпик У.* Частное сообщение, 2001.
86. *Aitken R.G.* Statistical study of the visual double stars in the Northern Sky. 1923.
87. *Alvarez L.W., Alvarez W., Asars F., Michel H.* Extraterrestrial cause for the Cretaceous – Tertiary extinction // *Science.* 1980. V. 208. P. 1095–1108.
88. *Atkinson R.E.* Atomic synthesis and stellar energy. I // *ApJ.* 1931. V. 73. P. 250–295; II // *Ibid.* P. 309–347.
89. *Atkinson R.E.* Atomic synthesis and stellar energy. III // *Ibid.* 1936. V. 84. P. 73–84.
90. *Baldwin R.B.* The face of the Moon. Chicago: Univ. Press, 1949.
91. *Baldwin R.B.* The measure of the Moon. Chicago: Univ. Press, 1963.
92. *Beesley D.E.* E.J. Öpik – an amateur remembers // *Irish AJ.* 1986. V. 17, No. 4. P. 432–436.
93. *Bjork R.L.* Analysis of the formation of meteor crater, Arizona: A preliminary report // *J. Geophys. Res.* 1961. V. 66, No. 10. P. 3379–3387.
94. *Bjork R.L., Kreienhagen K.N., Wagner M.N.* Analytical study of impact effects as applied to the meteoroid hazard // *Report of hydrodynamics inc. NASA, CR-757.* Sherman Oaks, 1967, 156 p.
95. *Blaaw A.* On the origin of the O- and B-type-stars with high velocities (the “run-away stars”) and some related problems // *Bull. Astron. Inst. Netherlands.* 1961. V. 15. P. 265–290.
96. *Boyce P.B., Thompson D.T.* A new look at the Martian “violet haze” problem. Syrtis Major–Arabia, 1969 // *Icarus.* 1972. V. 16. P. 291–303.

97. *Bruch S.G.* Fruitful encounters: The origin of the Solar System and of the Moon from Chamberlin to Apollo. Cambridge Univ. Press, 1996.
98. *Cepplecha Z.* On the visibility of meteors // *Bull. Astr. Inst. Czech.* 1951. V. 2, No. 19. P. 145–148.
99. *Cepplecha Z., McCrosky R.E.* Fireball end heights: A diagnostic for the structure of meteoric material // *J. Geophys. Res.* 1976. V. 81. P. 6257–6275.
100. *Cook W.S.* Engineering models for Jupiter's troposphere and NH₃–H₂O cloud systems // *AIAA Papers*, 1973, No. 129, 7 p.
101. *Cowling T.G.* The stability of gaseous spheres // *MN RAS.* 1935. V. 94. P. 768–782.
102. *Darwin G.N.* On the precession of a viscous spheroid and on the remote history of the Earth // *Philos. Trans. Roy. Soc. London.* 1879. V. 170. P. 447–530; V. 171. P. 713–891.
103. *Degewij J.* Spectroscopy of faint asteroids, satellites, and comets // *AJ.* 1980. V. 85, No. 10. P. 1403–1412.
104. *De Groot M.* My recollections of Ernst J. Öpik // *Irish AJ.* 1986. V. 17, No. 4. P. 437–440.
105. *De Groot M.* Ernst Julius Öpik, 1893–1985. Reflections on the life, works and personality of Estonia's greatest astronomer // *Geodeet.* 1994, No. 30. P. 11–14.
106. *Doel R.E.* Solar System astronomy in America // Cambridge Univ. Press, 1996.
107. *Dollfus A.* Recherche d'une atmosphère autour de la Lune // *Ann. d'Astrophysique.* 1956. V. 19, No. 2. P. 71–82.
108. *Eddington A.S.* The internal constitution of the stars. Cambridge, 1926.
109. *Eelsalu H.* The rise and fall of small astronomical observatories: a case study Dorpat/Tartu observatory // *J. Astron. Hist. Heritage.* 1999. No. 2. P. 111–123.
110. *Einasto J.* Öpik as a pioneer in the theory of stellar evolution // *Geodeet.* 1994. No. 30. P. 17–19.
111. *Elkin W.L.* The velocity of the meteors as deduced from photographs at the Yale observatory // *ApJ.* 1900. V. 12, No. 1. P. 4–7.
112. *Elsmore B., Whitefield G.B.* Lunar occultation of a radio star and the derivation of an upper limit for the density of the lunar atmosphere // *Nature.* 1955. V. 176, No. 4479. P. 457–458; *J. Brit. Interplanet. Soc.* 1956. V. 15, No. 1. P. 37–39.
113. *Elsmore B.* Radio observations of the lunar atmosphere // *Philos. Mag.* 1957. V. 2, No. 20. P. 1040–1043.
114. Ernst Julius Öpik (1893–1985): The man and the scientist // *Irish AJ.* 1986. V. 17, No. 4. P. 411–414.
115. *Gerstenkorn H.* The earliest past of the Earth–Moon system // *Icarus.* 1969. V. 11. P. 189–207.
116. *Goody R.M., Robinson A.R.* A discussion of the deep circulation of the atmosphere of Venus // *ApJ.* 1966. V. 146, No. 2. P. 339–355. (Рус. пер.: Гуду Р. Робинсон Э. Новое о Марсе и Венере. М.: Мир, 1968. С. 228–258).
117. *Greenstein J.L., Eggen O.J.* The calibration of the Hertzsprung–Russell diagram for sub-luminous stars // *Vistas in Astronomy.* 1966. V. 8. P. 63–73.
118. *Halliday I.* Peter Mackenzie Millman, 1906–1990 // *J. Roy. Astron. Soc. Canada.* 1991. V. 85, No. 2. P. 67–78.
119. *Helin E.F.* Professor Ernst Öpik and his asteroid (2099) Öpik // *Irish AJ.* 1986. V. 17, No. 4. P. 428–431.

120. *Herrmann D.B.* *Astronomie in 20. Jahrhundert. Eine quantitative Analyse des "Source Book of Astronomy and Astrophysics" // Die Sterne.* 1984. H. 5. S. 294–290.
121. *Hoffmeister C.* *Zur Theorie der Variation der Sternschnuppenhäufigkeit // Veröff. d. Sternwarte Berlin–Babelsberg.* 1931. V. 9. No. 1.
122. *Hoffmeister C.* *Meteorströme.* Leipzig: J.A. Barth Verlag, 1948.
123. *Hoffmeister C.* *Die interstellare System der Kleinkörper.* Weimar u. Wirken, 1948.
124. *Hogan J., Rasool S.I., Encrenaz Th.* *The thermal structure of the Jovian atmosphere // J. Atmos. Sci.* 1969. V. 26. P. 898–905.
125. *Hoppe J.* *Die physikalischen Vorgänge beim eindingen meteorischen Körper in die Erdatmosphäre // AN.* 1937. Bd. 262. S. 169–198.
126. *Hoskin M.* *The "Great Debate": What really happened // J. Hist. Astron.* 1976. V. 7. P. 169–182.
127. *Hoskin M.* *The rise of astrophysics // Cambridge Illustrated History of Astronomy.* Cambridge Univ. Press, 1997. P. 234.
128. *Hoyle F.* *On the nuclear reactions occurring in very hot stars. I. The synthesis of elements from carbon to nickel // Astrophys. J. Suppl.* 1954. V. 1, No. 5. P. 121–146.
129. *Huyghe P.* *Anecdotal evidence // Sciences.* 1996. March–April. P. 14.
130. *Jacchia L.G., Kopal Z., Millman P.M.* *A photographic study of the Draconid (Giacobinid) meteor shower of 1946 // ApJ.* 1960. V. 111. P. 104–133.
131. *Jacchia L.G., Verniani F., Briggs R.E.* *An analysis of the atmospheric trajectories of 413 precisely reduced photographic meteors // Smithsonian Astrophys. obs. Spec. Rep.* 1965. No. 175.
132. *J Jeans J.H.* *The motion of tidally distorted bodies with special reference to theories of cosmogony // Mem. Roy. Astron. Soc.* 1917. V. 62. P. 1–48.
133. *Jeffreys H.* *The resonant theory of the origin of the Moon // MN RAS.* 1930. V. 91. P. 169–173.
134. *Jõeveer M.* *Viimane suur kõiketeadja.* Tallinn, 1993. C. 2051–2061. (Йыэвьер М. Последний великий всеведающий; эстон. яз.).
135. *Jõeveer M.* *Õpik and the nature of spiral nebulae // Geodeet.* 1994. No. 30. P. 11–14.
136. *Jones D.E.* *The microwave temperature of Venus // Planet. a. Space Sci.* 1961. V. 5, No. 2. P. 166–167.
137. *Kaula W.M., Harris A.W.* *Dynamics of lunar origin and orbital evolution // Rev. Geophys. Space Phys.* 1975. V. 13. P. 363–371.
138. *Kron G.E.* *Õpik and multiple stellar photometry // Irish AJ.* 1972. V. 10. P. 43–45.
139. *Kuiper G.P.* *Planetary atmospheres and their origin // The atmospheres of the Earth and planets.* Chicago: Univ. Chicago Press, 1952. P. 306–405. Рус. пер. 1-го изд.: *Куйпер Дж.* Атмосферы Земли и планет. М.: ИЛ, 1951. С. 341–385.
140. *Kviz Z.* *Probability of the perceptibility of a meteor and the independent counting method // Bull. Astron. inst. Czech.* 1958. V. 9, No. 2. P. 70–76.
141. *Kviz Z., Mikušek J.* *Funkce svitivosti teleskopických meteorů // Zpravý ofl. lid. hvězdarny Brně.* 1988. No. 6. P. 1–16 (чешск. яз.).
142. *Lang K., Gingerich O.* *Stellar structure, source of energy and evolution // Source Book in Astronomy and Astrophysics.* Harv. Univ. Press, 1979. P. 342–343.

143. *Lang K., Gingerich O.*, Nuclear reactions in stars without hydrogen // *Ibid.* P. 349–350.
144. *Lang K., Gingerich O.* Cepheids in spiral nebulae // *Ibid.* P. 713–714.
145. *Lindsay E.M.* A possible old supernova in the Large Magellanic Cloud // *Irish AJ.* 1953. V. 2, No. 7. P. 210–214.
146. *Lindsay E.M.* Ernst Julius Öpik – biographical // *Ibid.* 1972. V. 10. P. 1–22.
147. *Luplau-Janssen C., Haarrh G.E.H.* Die Parallaxe des Andromedanebels // *Astron. Nachr.* 1922. Bd. 215. S. 285.
148. *Mayer C.H., McCullough T.P., Sloanaker R.M.* Observation of Venus at 3,15 cm wavelength // *ApJ.* 1958. V. 127, No. 1. P. 1–10.
149. *Mc Crea W.* Glimpses of Öpik // *Irish AJ.* 1986. V. 17. No. 4. P. 419–421.
150. *Mc Elroy M.B.* Ionisation processes in the atmospheres of Venus and Mars // *Ann. Geophys.* 1970. V. 26, No. 2. P. 643–652.
151. *McFarland J. E.J.* Öpik – bibliography 1972–1985 // *Irish AJ.* 1986. V. 17, No. 4. P. 441–442.
152. *Milankovich M.* Matematische Climalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen. Leipzig, 1930 (рус. пер.: *Миланкович М.* Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. М.; Л.: ГОНТИ, 1939).
153. *Moore P.* The Sky at Night. London: Eyre a. Spottiswood, 1969. P. 195–201.
154. *Mullan D.J. E.J.* Öpik – an astronomers' astronomer // *Irish AJ.* 1986. V. 17, No. 4. P. 425–427.
155. *O'Connell S.J.* Ernst Öpik's double star researches // *Ibid.* 1972. V. 10. Spec. Issue. P. 50–55.
156. *Olivier Ch.P.* Meteors. Baltimore, 1925, 276 p.
157. *Oort J.H.* The structure of the cometary cloud surrounding the Solar System and a hypothesis concerning its origin // *Bull. Astron. Soc. Netherlands.* 1950. V. 11, No. 409. P. 91–110.
158. *Öpik O. (Mamers O.).* Teekond, mis algas Kundas // *Oil Shale.* 1997. P. 1–208 (эст. яз.: Эпик О. (Мамерс О.) Путь, который начинался в Кунде).
159. *Öpik U.* Reminiscences of Ernst Öpik // *Geodeet,* 1994. No. 30. P. 16.
160. *Pannekoek A.* History of Astronomy. London: Allen a. Unwin, 1961. Рус. пер.: *Паннекук А.* История астрономии. М.: Наука, 1966.
161. *Pease F.* The rotation and radial velocity of the spiral nebula 4594 // *Proc. Nat. Acad. Sci.* 1918. V. 4. P. 21–24.
162. *Pollack J.B.* A non-gray CO₂–H₂O greenhouse model of Venus // *Icarus.* 1969. V. 10. P. 314–341.
163. *Porter J.G.* An analysis of British meteor data. Pt. 1 // *MN RAS.* 1943. V. 103. P. 139–153; Pt. 2 // 1944. V. 104. P. 257–272.
164. *Prentice J.P.M.* Meteors // *Rep. Phys. Soc. Progr. Phys.* 1948. V. 11. P. 389.
165. *Ringwood A.E.* Origin of the Moon The precipitation hypothesis // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1970. V. 8. P. 131–140.
166. *Ringwood A.E.* Origin of the Earth and Moon. Springer Verlag, 1979. Рус. пер.: *Рингвуд А.Е.* Происхождение Земли и Луны. М.: Недра, 1982.
167. *Sagan C.* The surface temperature of Venus // *AJ.* 1960. V. 65, No. 6. P. 352–353.
168. *Salpeter E.E.* Nuclear reactions in stars without hydrogen // *ApJ.* 1952. V. 115. P. 326–328.

169. *Schwarzschild M.* Structure and evolution of stars. Dover: Princeton, 1958. (Рус. пер.: *Шварцшильд М.* Строение и эволюция звёзд. М.: ИЛ, 1961).
170. *Shapley H.* (ed.). Source book in Astronomy 1900–1950. Cambridge, Mass: Harv. Univ. Press, 1960.
171. *Shoemaker E.M.* Impact mechanics at meteor crater, Arizona // The Moon, meteorites and comets. The Solar System. Chicago: Univ. Press. 1963. V. 4. P. 301–336.
172. *Shoemaker E.M.* Asteroid and comet bombardment of the Earth // Ann. Rev. Earth and Planet. Sci. 1983. V. 11. P. 461–494.
173. *Shubert G., Whitehead J.A.* The moving flame experiment with liquid mercury: possible implications for the Venus atmosphere // Science. 1969. V. 163. No. 3862. P. 71–72.
174. *Simpson G.C.* Proc. Linnean Soc., London, 1940. P. 190–219.
175. *Singer S.F.* Ernst J. Öpik // Irish AJ. 1986. V. 17, No. 4. P. 424.
176. *Sitterly D.W.* Changing interpretations of the Hertzsprung–Russell diagram // Vistas in Astronomy. 1968. V. 10. P. 357–368.
177. *Smith R.W.* The expanding Universe: Astronomy “Great Debate”. Cambridge Univ. Press, 1982.
178. *Strömgen B.* On the interpretation of the Hertzsprung–Russell diagram, 1910–1940 // Zeitschr. f. Astrophysik. 1933. Bd. 7. S. 222–248.
179. *Tanaka W.* H₂-abundance in Jupiter’s atmosphere // Publs Astron. Soc. Japan. 1966. V. 18, No. 4. P. 339–344.
180. *Taylor F.W.* Temperature sounding experiments for the Jovian planets // J. Atmos. Sci. 1972. V. 29. P. 950–958.
181. *Thompson D.T.* A new look at the Martian “violet haze” problem. II. “Blue clearing” in 1969 // Icarus. 1973. V. 18. P. 164–170.
182. *Tombaugh C.W.* American astronomers report // Sky and Telescope. 1950. V. 9. P. 272.
183. *Trafton L.M.* Model atmospheres of the major planets // ApJ. 1967. V. 147. P. 765–781.
184. *Urey H.C.* Origin and history of the Moon // Phys. a. Astron. of the Moon. New York–London: Acad. Press, 1962. P. 481–523.
185. *Van de Hulst H.C.* The solid particles of interstellar space // Recherches astron. de l’observatoire d’Utrecht, 1949. Pt. 2. P. 1–50.
186. *Vaucouleurs G. de.* La physique de la planète Mars. Introduction à l’aérophysique. Paris, 1951. (Рус. пер.: *Вокулёр Ж.* Физика планеты Марс. Введение в аэрофизику. М.: ИЛ, 1956).
187. *Velghe A.G.* Stellar statistics // Irish AJ. 1972. V. 10. P. 77–81.
188. *Verniani F.* An analysis of the physical parameters of 5759 faint meteors // J. Geophys. Res. 1973. V. 78, No. 35. P. 8429–8462.
189. *Villmann Ch.* 350 aastat (amatöörastronomiat) Eestis // Tähetorni Kalender, 67 aastakäik. 1990. P. 70–77. (*Виллман Ч.* 350 лет (любительской) астрономии в Эстонии; эст. яз.).
190. *Walsh J.M., Tillotson J.H.* General Atomic Div. General Dynamics Corp. Rept. Ne CA 3827. AD 40123. 1963, Jan. 22.
191. *Whipple F.L.* Photographic meteor studies // Proc. Amer. Phil. Soc. 1938. V. 79. P. 499–548.
192. *Whipple F.L.* A comet model. I. The acceleration of comet Encke // ApJ. 1950. V. 111, No. 2. P. 375–394.

193. *Whipple F.L.* Photographic meteor orbits and their distribution in space // *AJ.* 1954. V. 59, No. 5. P. 202–217.
194. *Whipple F.L.* The nature of comets // *Comets and the origin of life.* Dordrecht: Reidel Publ. Co, 1981. P. 1–20.
195. *Whitney C.A.* The discovery of our Galaxy. New York: A.A. Knop, 1971, 308 p.
196. *Wilson R.H. Jr.* How Dr. Ernst. J. Öpik affected my career // *Irish AJ.* 1986. V. 17, No. 4. P. 422–423.
197. *Wrubel M.H.* Ernst Öpik and the structure of red giants // *Ibid.* 1972. V. 10. P. 77–81.
198. *Wylie C.C.* Calculations on the probable mass of the object which formed Meteor Crater // *Popular Astronomy.* 1943. V. 51. P. 97–99, 158–161.

Указатель имён

- Айткен Р. 125
Александр I 33
Александров П.С. 13
Альбада Г.Б. ван 137
Альварец У.Л. 94
Альвен Х. 158
Амбарцумян В.А. 5, 137
Андреев К.А. 13
Араго Д.Ф. 103
Армстронг Э.Б. 56
Астапович И.С. 24, 32, 77, 78, 80, 83, 100
- Бабаджанов П.Б. 89
Баггали У. 86
Баев К.Л. 14
Банахевич Т. 34
Барабашов Н.П. 116
Белопольский А.А. 26
Бете Х. 45
Бетховен Л. ван 51
Бизе Ж. 49
Бизли Д. 65, 74
Блаау А. 160
Блажко С.Н. 11, 26
Бойс П. 117
Бок Б. 52, 70
Болдуин Р. 101
Браш С. 100
Бриггс Р.Э. 89
Бронштэн В.А. 18, 73, 77, 86, 87, 90, 101, 163
Булаевский Н.Ф. 18, 23
Бутройд С.Л. 54–56, 81
Бьорк Р. 102
Бэйли М. 68, 69
Бэттен А. 162
Бюшгенс С.С. 13
- Ван де Хюлст Х. 159
Ван Маанен А. 144–147
Ван Райн П. 31, 122
Васко да Гама 157
- Вегенер А. 107
Вейсман О. 162
Вейцеккер К. фон 46, 138
Вельдтке А. 129
Вери Ф. 13
Вернадский В.И. 10
Верниани Ф. 86, 89
Ветчинкин В.П. 18
Виллманн Ч. 33
Вильев М.А. 18
Вильямс В.Р. 71
Войцицкий Г.Г. 14
Вокулёр Ж. де 116
Воронцов-Вельяминов Б.А. 31, 80, 146
Всехсвятский С.К. 95
- Габович Е. 42, 123, 127, 128
Гамильтон Дж. 61
Гамов Дж. (Г.А.) 45, 47, 69, 137, 138
Гельмерт Ф.Р. 30
Герасимович Б.П. 159
Герстенкорн Г. 105
Герцшпрунг Э. 40
Гершель В. 140, 141
Гингерич О. 46, 148
Голицын Г.С. 112
Горький А.М. 15
Гринстайн Дж. 44, 127
Гроот М. де 67–69, 74, 140, 162
Грю Ш. 70
Гуди Р. 111, 112
Гуляев А.П. 140
Густав II Адольф 9, 32
Гут И.С. 33
- Давидович П.Я. 25
Дарвин Дж. 105
Дволайцкий Ш.М. 22, 23, 58, 71
Джефрис Г. 105
Джинс Дж. 5, 105, 122, 145, 148
Джонсон Д. 111
Дольфюс О. 104

- Доэл Р.Э. 40
 Дрейпер И.Л. (Дж.Л.) 61
 Дубяго А.Д. 18
 Дьюхерст Д. 162
- Егоров Д.Ф. 13
 Еремеева А.И. 162
- Желнин Г.А. 33, 34, 140
- Зеелигер Г. фон 13, 141
 Зелинский Н.Д. 10
 Зилитинкевич С.С. 112
 Зоткин И.Т. 25, 78, 79
- Иван Грозный 32
 Иванов Б.А. 73, 102
 Идельсон Н.И. 18
 Идлис Г.М. 162
- Йёзвееер М. 35, 36, 51, 138, 140, 149, 162
- Каблуков И.А. 13
 Казаков С.А. 11
 Каптейн Я. 31, 121, 122, 141, 144
 Кассо Л.А. 10
 Катасёв Л.А. 82
 Катгерфельд Г.Н. 72
 Каула У. 105
 Каулинг Т. 64, 65, 135, 138
 Квиз З. 25, 78
 Керенский А.Ф. 17
 Кертис Х. 142, 144–147
 Кескул А. 61
 Киппер А. 38, 42–44, 58–60
 Клаузен Ф. 33, 34
 Ковшун И.Н. 83, 87
 Койпер Дж. 119, 120
 Колмогоров А.Н. 13
 Колумб Х. 157
 Копал З. 87
 Костинский С.К. 25, 26
 Костицын В.А. 28–30
 Крамер Е.Н. 81
 Крон Дж. 38
 Кузмин Г.Г. 42–44, 51, 59
 Кузьмин А.Д. 111
 Кук В.С. 120
 Кулик Л.А. 18
- Куликов Г.С. 163
 Кюри П. 122
- Лаборд А. 122
 Ламонт И. 30
 Ланг Р. 40, 148
 Лахтин Л.К. 13
 Лебедев П.Н. 10
 Левин Б.Ю. 24, 89, 98
 Левицкий Г.В. 33
 Ленин В.И. 17
 Леонардо да Винчи 103
 Ливлендер Р. 37, 39, 42
 Линдси Э.М. 52, 61, 62, 65–67
 Липский Ю.Н. 103, 104
 Ловелл Б. 24, 56
 Ловелл П. 55, 145
 Лузин Н.Н. 13
 Лундмарк К. 146
 Луплау-Янсен К. 142
 Лысенко Т.Д. 71
 Ляпунов А.М. 105
 Ляпунов М.В. 140
- Магеллан Ф. 157
 Майер К. 108
 Мак-Каллаф Т. 108
 Мак-Кри У. 64, 65, 74
 Мак-Кроски Р. 88
 Максutow Д.Д. 88
 Макэлрой М.Б. 120
 Маллан Д.Дж. 49, 63, 74
 Мальцев В.А. 80
 Маров М.Я. 111
 Медлер И.Г. 33, 34, 162
 Мензбир П.А. 10
 Мензел Д. 52, 158
 Меньшов Д.Е. 13
 Миланкович М. 118
 Миллман П. 52, 87
 Милин Э.А. 138
 Милованов В.Н. 21, 22
 Михайлов А.А. 11
 Михельсон В.А. 26
 Мичурин И.В. 71
 Млодзеевский Б.К. 10
 Монин А.С. 112, 119
 Мороз В.И. 109, 119, 120
 Морозов Н.А. 14, 31
 Мультон Ф. 143

Мур П. 70

Мюссен 55

Натансон С.Г. 83

Николай I 9, 153

Оберт Г. 151

О'Коннел С.Дж. 123

Оливье Ч. 81

Олмстед М. 52, 53

Оорт Я. 95, 96

Оппенгеймер Р. 46

Паллав Р. 42

Паннекук А. 121

Парсонс В. см. Росс, лорд

Партс А. (свояченица Эпика) 62

Пейн-Гапошкина Ц. 52

Петерс Х.А.Ф. 55

Пиз Ф.Г. 142

Пийри А. 42

Пикеринг Э. 126

Покровский К.Д. 33–35

Покровский М.Н. 71

Поллак Дж. 111

Попов Г.В. 21, 22

Портер Дж.Г. 24, 81, 82

Прентис Дж. 24, 81

Привалов И.И. 13

Прокофьева В.В. 117

Пуанкаре А. 105

Пустьльник И.Б. 163

Радзиевский В.В. 95, 105

Рае У. 102

Разбитная Е.П. 105

Расул С.И. 120

Рейнберг К. 9

Рессел Г.Н. 5, 40, 121

Рёмер О.К. 154

Рийвес В. 42, 58, 59, 128

Рингвуд А.Э. 105, 106

Робинсон А. 111, 112

Робинсон, архиепископ 61

Робинсон Р. 61

Розанов А.Н. 25, 28

Ромейко В.А. 163

Роотсмязэ Т.Я. 30, 33–35, 42, 58, 59

Росс, лорд (В. Парсонс) 140

Рускол Е.Л. 105, 106, 108

Савицкий П.А. 25

Саган К. 109

Саломонович А.Е. 111

Сапар А. 140, 162

Сафронов В.С. 46, 100

Северный А.Б. 83

Сильде О. 38, 42

Симберг П. 42

Симоненко А.Н. 25, 97, 98

Симпсон Дж. 119

Сингер Ф. 67, 74

Ситгерли Б. 138

Скиапарелли Дж. 57

Слайфер В. 142–144

Слонейкер Р. 108

Смит Р. 140, 143

Солпитер Э. 137

Спитцер Л. 44

Сталин И.В. 23

Станкевич Б.В. 13

Станюкович К.П. 73, 100, 101, 107, 113

Стратонов В.В. 18, 26

Стрёмгрен Б. 135, 138

Струве Ф.Г.В. (В.Я.) 33, 35, 141, 162

Субботин А.Ф. 25

Сытинская Н.Н. 24, 25, 83, 101

Танака В. 120

Тиллотсон Дж. 102

Тимирязев К.А. 10

Тихов Г.А. 26, 38

Томбо К. 100, 113

Томпсон Д. 117

Трафтон Л.М. 120

Трюмплер Р.Дж. 159

Тэйлор Ф.У. 120

Уайли К. 101

Уайтхед Дж. 111

Уилсон Р. 55, 74

Уиппл Ф.Л. 80, 82, 86, 88, 95, 98

Уитни К.А. 146

Умов Н.А. 10

Уолш Дж. 102

Уонделл С. 126

Фаулер У. 138

Федынский В.В. 100, 107, 113

Фесенков В.Г. 5, 29, 30, 62, 103, 116, 160

Фрайхерр С. 46

Фрейвальдт Л. (мать Э. Эпика) 7

Хаарх Дж.Э.Х. 148

Хаббл Э. 5, 39, 146, 148, 149

Харрас 55

Хекман О. 59

Хелин Э. 6, 74

Херрман Д. 45

Хинчин А.Я. 13

Хладни Э.Ф.Ф. 79

Хоган Д.С. 120

Ходак Ю.А. 72

Хойл Ф. 40, 137–139

Холопов П.Н. 102

Хоппе И. 86

Хоскин М. 39, 140

Хотинок Р.Л. 25, 32, 78, 79

Хофмейстер К. 57, 77, 79–81, 83, 89

Цветков В.И. 25

Цейпель Х. фон 132

Цеплеха Зд. 29, 88

Цераская Л.П. 11

Цераский В.К. 10, 11

Цюлковский К.Э. 151

Цицин Ф.А. 162

Чандрасекар С. 137

Чапльгин С.А. 10

Чемберлин Т. 143

Чирвинский П.Н. 18

Шайн Г.А. 18

Шаронов В.В. 116

Шварц Л. 33

Шварцшильд М. 139

Шепли Х. 5, 40, 46, 52, 55, 56, 141, 142, 146, 147, 150

Шёнберг Э. 35

Шмидт М. 40

Шмидт О.Ю. 105, 106

Штепан В.Е. 32

Штернберг П.К. 11, 15, 17, 18

Штерне Т. 137

Шуберт Т. 111

Шумейкер Ю. 6, 93, 94, 102

Щеглов В.П. 18

Эгген О.Дж. 127

Эддингтон А.С. 5, 72, 130–132, 139, 145

Эйнасто Я. 33, 138, 140

Элькин У. 82

Эмден Р. 71, 130

Энкреназ Т. 120

Эпики: Алида (вторая жена) 62, 74

Анна (сестра) 7, 9, 10, 15

Армин (брат) 7, 16

Артур (брат) 7

Вера (первая жена) 74

Ильмар (племянник) 7, 62

Карл (отец) 7, 164

Лембит (внук) 75

Леонтина (мать) – см.

Фрейвальдт Л.

Майа (дочь) 74

Оскар (брат) 7–9, 14–16

Пауль (брат) 7

Тийю-Имби (дочь) 62, 75

Уно (сын) 62, 75, 162

Хельга (дочь) 62

Хенрик (брат) 7

Элина (дочь) 74

Эпинус Ф.У.Т. 88

Ээлсалу Х. 34, 45, 46, 162

Юргенсон Р. 33

Юри Г. 105

Юхансон Х. 42

Яккиа Л. 82, 87, 89

Ярослав Мудрый 32

Оглавление

Эрнст Юлиус Эпик – учёный-эрудит	5
--	---

ЧАСТЬ I. ЖИЗНЕННЫЙ ПУТЬ

Детство и юношеские годы	7
Московский университет	10
Путешествие из Москвы в Ташкент	18
Ташкентская обсерватория	21
Второй Всероссийский астрономический съезд и дело о Главной Российской астрофизической обсерватории	25
Снова в Москве	30
На Тартуской обсерватории	32
Тартуская школа по астрофизике и звёздной астрономии	34
Практика в Гарварде	52
Аризонская метеорная экспедиция	54
Между Сциллой и Харибдой	58
Балтийский университет	60
Обсерватория Арма	61
“Ирландский астрономический журнал”	69
Противник догмы в науке	71
Конец пути	74

ЧАСТЬ II. НАУЧНЫЕ СВЕРШЕНИЯ

Метеоры. Метод многократного счёта	76
Дискуссия Эпик – Хофмейстер	79
Дискуссия о скоростях метеоров	80
Теория метеорного излучения	83
Гипотеза “пылевых шариков”	87
“Космические встречи”	90
Кометы с различных точек зрения	95
Проблема кратерообразования	100
Проблема лунной атмосферы	103
Происхождение Луны	105
Венера. Эолосферная модель	108
Поверхность и атмосфера Марса	113
Проблемы палеоклиматологии	118
Атмосфера Юпитера	119
Статистика звёзд и кратных звёздных систем	120
Строение звёзд-гигантов	130
Природа спиральных туманностей	139
Находки мастера, или сбывшиеся предсказания	151

Астрономия и освоение космического пространства	151
Внутреннее строение Юпитера	157
Межзвёздное покраснение	158
Сверхновые и звездообразование	160
Заключение	162
Основные даты жизни и деятельности Э.Ю. Эпика	164
Список основных трудов Э.Ю. Эпика	165
Литература	175
Указатель имён	184

Научное издание

**Бронштэн Виталий Александрович
Пустыльник Изольд Бенционович**

**Эрнст Юлиус Эпик
1893–1985**

*Утверждено к печати
Редколлегией серии
“Научно-биографическая литература”
Российской академии наук*

Зав. редакцией *Н.А. Степанова*
Редактор *Г.С. Куликов*
Художник *Е.А. Быкова*
Художественный редактор *В.Ю. Яковлев*
Технический редактор *О.В. Ардова*
Корректор *Р.В. Молоканова*

ЛР № 020297 от 23.06.1997

Подписано к печати 04.06.2002

Формат 60 × 90¹/₁₆. Гарнитура Таймс

Печать офсетная

Усл.печ.л. 12,0. Усл.кр.-отг. 12,3. Уч.-изд.л. 13,3

Тип. зак. 3358

Издательство “Наука”

117997 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., 90

E-mail: secret@naukaran.ru

Internet: www.naukaran.ru

Санкт-Петербургская типография “Наука”

199034 Санкт-Петербург В-34, 9-я линия, 12

**АДРЕСА КНИГОТОРГОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
ТОРГОВОЙ ФИРМЫ “АКАДЕМКНИГА”**

Магазины “Книга–почтой”

121009 Москва, Шубинский пер., 6; 241-02-52
197345 Санкт-Петербург, ул. Петрозаводская, 75; (код 812) 235-05-67

Магазины “Академкнига” с указанием отделов “Книга–почтой”

690088 Владивосток, Океанский пр-т, 140 (“Книга–почтой”); (код 4232) 5-27-91
620151 Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 137 (“Книга–почтой”); (код 3432)
55-10-03
664033 Иркутск, ул. Лермонтова, 298 (“Книга–почтой”); (код 3952) 46-56-20
660049 Красноярск, ул. Сурикова, 45; (код 3912) 27-03-90
220012 Минск, проспект Ф.Скорины, 72; (код 10375-17) 232-00-52, 232-46-52
117312 Москва, ул. Вавилова, 55/7; 124-55-00
117192 Москва, Мичуринский пр-т, 12; 932-74-79
103054 Москва, Цветной бульвар, 21, строение 2; 921-55-96
103624 Москва, Б. Черкасский пер., 4; 298-33-73
630091 Новосибирск, Красный пр-т, 51; (код 3832) 21-15-60
630090 Новосибирск, Морской пр-т, 22 (“Книга–почтой”); (код 3832) 35-09-22
142292 Пушкино Московской обл., МКР “В”, 1 (“Книга–почтой”); (13) 3-38-60
443022 Самара, проспект Ленина, 2 (“Книга–почтой”); (код 8462) 37-10-60
191104 Санкт-Петербург, Литейный пр-т, 57; (код 812) 272-36-65
199164 Санкт-Петербург, Таможенный пер., 2; (код 812) 328-32-11
194064 Санкт-Петербург, Тихорецкий пр-т, 4; (код 812) 247-70-39
199034 Санкт-Петербург, Васильевский остров, 9-я линия, 16;
(код 812) 323-34-62
634050 Томск, Набережная р. Ушайки, 18; (код 3822) 22-60-36
450059 Уфа, ул. Р. Зорге, 10 (“Книга–почтой”); (код 3472) 24-47-74
450025 Уфа, ул. Коммунистическая, 49; (код 3472) 22-91-85

Коммерческий отдел, г. Москва

Телефон 241-03-09

E-mail: AKADEM. KNIGA @ g. 23. relcom. ru

Склад, телефон 291-58-87

Факс 241-94-64

*По вопросам приобретения книг
просим обращаться также
в Издательство по адресу:
117997 Москва, ул. Профсоюзная,
90*

тел. факс (095) 334-98-59

E-mail: initsiat @ naukaran.ru

Эрнст Юлиус Эшик

И. Б. Пустыльник

В. А. Бронштэн

НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ
ЛИТЕРАТУРА



В. А. Бронштэн
И. Б. Пустыльник

**Эрнст
Юлиус
ЭШИК**

НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

Эрнст Юлиус Эпик (1893-1985) – выдающийся астрофизик 20 века. Уроженец Эстонии (тогда это была провинция России Эстляндия), он получил образование в Московском университете, после чего работал на обсерваториях в Москве, Ташкенте, Тарту (с 1921 по 1944), Германии, Северной Ирландии (с 1944 до конца жизни).

Описывается разносторонность интересов Эпика: звёздная астрономия и астрофизика, проблемы космогонии Солнечной системы, метеорная и кометная астрономия и многие другие. Эпик является автором около 1000 публикаций. Многие из полученных им результатов до сих пор сохраняют свое значение.

Не забыли авторы и его «гражданскую» деятельность – в частности, «вхождение» в революцию: летом 1918 года он оказался в руководстве эсеровского мятежа в Ярославле, что чуть не стоило ему жизни. Образ Эпика дополняется воспоминаниями многих из окружавших его людей. Эмигрировал он в 1944 г. из-за своего отношения к коммунизму, но эта антипатия не распространялась на советских астрономов, с которыми он встречался на различных международных астрономических съездах и поддерживал творческие контакты.



ISBN 5-02-022761-7



9 785020 227613