

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ
«НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ
ДЕЯТЕЛЕЙ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров,
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Купцов,
Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,
З. К. Соколовская (ученый секретарь),
В. Н. Сокольский, Ю. И. Соловьев,
А. С. Федоров (зам. председателя),
И. А. Федосеев (зам. председателя),
Н. А. Фигуровский (зам. председателя),
А. А. Чеканов, С. В. Шухардин, А. П. Юшкевич,
А. Л. Яншин (председатель), М. Г. Ярошевский*

А. К. Суслов

**Гавриил Адрианович
ТИХОВ**

1875—1960



ЛЕНИНГРАД
«НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1980

УДК 92 Тихов: «19» 52+535+550.3+551.5+576.1

Гавриил Адрианович Тихов. Суслов А. К. Л.,
«Наука», 1980, 120 с.

Книга посвящена жизни, научной и общественной деятельности выдающегося советского астронома члена-корреспондента АН СССР Г. А. Тихова (1875—1960). Основное внимание в ней уделено рассмотрению различных отраслей астрономии и тому вкладу, который Г. А. Тихов внес в развитие прежде всего астрофизики, фотометрии, в исследование атмосферы Земли с целью изучения астроклимата, в создание аэрофотометрии. Особо выделена история создания и развития астроботаники.

Книга представляет интерес не только для историков науки, но и для специалистов по астрономии и метеорологическим наукам. Библ. — 237 назв., ил. — 12.

Ответственный редактор

проф. Г. М. ИДЛИС

С $\frac{20601-204}{054(02)-80}$ БЗ-94-5-79. 1705010000

© Издательство «Наука»,
1980 г.

Детство, годы учения и первые шаги в астрономии

В местечке Смолевичи Минской губернии Смолевического уезда 1 мая (19 апреля) 1875 г. в семье железнодорожного служащего родился Гавриил Адрианович Тихов. В то время Смолевичи входили в обширные владения князей Витгенштейнов. Имеются обширные сведения об этом семействе. Известно, например, что граф Петр Христианович Витгенштейн был фельдмаршалом, принимал участие в войнах России с Наполеоном 1805—1814 гг. В 1812 г. во главе 20-тысячной армии он закрыл маршалу Удино путь в Петербург.

Ныне Смолевичи сильно разрослись и стали поселком городского типа, районным центром, находящимся в 35 км к северо-востоку от Минска. В Смолевичах действуют две средние школы, училище механизации сельского хозяйства, кинотеатр, библиотека. В Смолевичах хорошо знают своего земляка, и при жизни Г. А. Тихова школьники постоянно с ним переписывались. Их письма и фотографии хранятся в Ленинградском отделении Архива АН СССР.

Отец Г. А. Тихова, Адриан Гаврилович, родился в Петербурге. Однако благодаря родственным связям часто бывал в Смолевичах, а впоследствии даже служил начальником железнодорожной станции Витгенштейнская (ныне Смолевичи). Он получил хорошее домашнее образование. Это определило уклад семьи, в которой, наряду с религиозными веяниями, большое значение в воспитании детей придавалось наукам и искусству. Дедушка, Гавриил Михайлович Зубкович, имел духовный сан и в то же время был талантливым живописцем. Он учился в Академии художеств, но окончить ее ему не удалось из-за недостатка средств. Именно Г. М. Зубковичу мы

обязаны объемистыми альбомами* с прекрасно выполненными портретами родных и рисунками окрестностей Смолевичей, где проживали Тиховы и Зубковичи.

Большую роль в воспитании и даже в образовании маленького Гавриила играла его мать, Анна Гаврииловна, которая уже с пятилетнего возраста стала обучать своего сына сначала грамоте, а позднее и другим наукам. Адриан Гаврилович также не стоял в стороне от воспитания сына и занимался с ним арифметикой. Служба А. Г. Тихова на железной дороге принуждала семью часто переезжать с одного места на другое. К моменту поступления мальчика в гимназию Тиховы жили на маленькой станции Зайцево Лозово-Севастопольской железной дороги. Именно здесь помощник Адриана Гавриловича отставной офицер Ланге занимался с Гавриилом и его сестрой Марусей, готовя их в первый класс гимназии. Тогда для поступления в гимназию необходимо было иметь хорошую подготовку по ряду предметов и сдать настоящий вступительный экзамен. Поэтому в государственную гимназию попадали далеко не все, кто хотел, а лишь те, кто имел возможность хорошо подготовиться.

В качестве преподавателей нанимали, как правило, отставных офицеров или студентов. В Зайцеве в то время не было гимназии, и мать вместе с сыном и дочерью переехала в Павлоград. В этом небольшом городке дети успешно учились в гимназии, а на каникулы обычно ездили отдыхать к дедушке в Смолевичи. Вероятно, под влиянием Гавриила Михайловича, окончившего духовную семинарию, Гавриил Адрианович в раннем детстве был очень религиозным. Однако гораздо в большей степени он унаследовал от деда способности к рисованию с натуры. В дальнейшем это очень помогало ему в научной работе, как при проектировании приборов, так и при подготовке иллюстраций к его печатным работам. Знание православной религии, особенно истории религии, оказалось для Г. А. Тихова также небесполезным и пригодилось при пропаганде научных знаний среди населения. Популяризацией науки Г. А. Тихов занимался всю жизнь, и его лекции и брошюры всегда носили очень точную

* ЛО А. АН СССР, ф. 971, оп. 2, ед. хр. 1.

материалистическую направленность, в которой он никогда не допускал никакого вульгаризма или упрощенчества.

Ученье в Павлоградской гимназии Гавриилу давалось легко, и из класса в класс он всегда переходил с наградой: либо с похвальным листом, либо с дарственной книгой. Однако семья Тиховых была все же мало обеспеченной, и уже с двенадцатилетнего возраста мальчику приходилось зарабатывать деньги, готовя младших учеников к сдаче экзаменов при переходе в следующий класс. Это был весьма распространенный в то время труд, который давал заработок до двух рублей в месяц, а при подготовке гимназистов более старших классов заработок достигал даже пятнадцати рублей. Это было уже ощутимым подспорьем для семьи.

Из Павлограда Гавриил Тихов мог ездить в Симферополь, где была публичная библиотека, в которой он брал необходимую ему литературу. Особую роль в жизни гимназиста сыграли две книги, взятые в Симферопольской библиотеке. Это были книги известного французского астронома и писателя Камилла Фламмарiona «История неба» и «Популярная астрономия» [Л. 19, 30], переведенные на русский язык и изданные в России. Прочитав эти книги весной 1892 г., Гавриил бесповоротно решил стать профессиональным астрономом. В этом нет ничего удивительного, так как такой была в то время реакция многих читателей книг К. Фламмарiona, настолько они увлекали ясностью изложения сложнейших вопросов и в то же время почти фантастическим оптимизмом их автора. Немало способствовало развитию у Тихова страстного увлечения астрономией и то, что в его гимназии была оборудована специальная метеорологическая вышка, откуда гимназисты могли наблюдать небесные явления. Кроме метеорологических приборов, на этой вышке был установлен трехдюймовый телескоп и телескоп-кометоискатель с очень светосильным объективом, в который можно было видеть туманности. Г. А. Тихов имел доступ к этим инструментам и мог детально изучать все небесные объекты, рекомендованные начинающим наблюдателям в «Популярной астрономии» и других руководствах, а также в учебнике по космографии для гимназий. В более поздних изданиях эта книга Фламмарiona была названа в переводе на русский язык

«Живописной астрономией», что гораздо лучше отражает ее содержание.

Чтобы иметь возможность и дальше заниматься наукой, нужно было поступить на физико-математический факультет университета. В 1893 г. Гавриил Тихов успешно закончил гимназию и твердо решил «готовиться» в Московский университет. Если для поступления в гимназию в те времена нужно было сдавать вступительный экзамен, то поступавшие в университет были освобождены от такой необходимости. В значительной степени это объяснялось тем, что в гимназии давалась солидная подготовка по некоторым теоретическим дисциплинам, тщательно изучалось, например, шесть языков, а также логика и другие предметы, которые уже не повторяли на большинстве факультетов университета. Поэтому, по словам Г. А. Тихова, подготовка в университет в значительной мере заключалась в добывании денег на переезд в Москву или Петербург, а также на экипировку студента, в основном на заказ форменного обмундирования. Все это было целым событием для провинциальной семьи А. Г. Тихова. Тем не менее все трудности были преодолены, и Г. А. Тихов был сразу же принят в Московский университет, где ему довелось учиться у самых знаменитых в то время ученых России. Уже на первом курсе он слушал лекции замечательного физика Александра Григорьевича Столетова, а на втором — крупного московского астронома профессора Витольда Карловича Церацкого, открывшего серебристые облака и опубликовавшего первое сочинение по фотометрии на русском языке. Среди лекторов Московского университета того периода следует упомянуть отца русской авиации Николая Егоровича Жуковского и, конечно, Петра Николаевича Лебедева, открывшего световое давление и впоследствии много дискутировавшего с молодым ученым Г. А. Тиховым по вопросам космической дисперсии света. Третьим крупнейшим физиком в Московском университете следует назвать Николая Алексеевича Умова, именем которого назван вектор Умова—Пойнтинга. В числе преподавателей университета Г. А. Тихов застал и астронома Павла Карловича Штернберга, именем которого назван Государственный астрономический институт (ГАИШ) при Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова. Помимо аккуратного посещения лек-

ций, присутствие на которых тогда было необязательным, у Тихова очень много времени уходило на активное участие в регулярно проходивших собраниях Общества испытателей природы и Общества любителей естествознания. Там ему довелось слушать доклады К. А. Тимирязева, посвященные роли света в фотосинтезе растений. Это сыграло очень большую роль в научной деятельности Гавриила Адриановича по оптике и спектроскопии растений. В этих научных обществах выступал с докладами крупнейший русский физиолог И. М. Сеченов. Слушание последних, а также многих других докладов непосредственно не относилось к избранной Г. А. Тиховым профессии, но чрезвычайно расширяло его научный кругозор. Упомянутые выше научные общества существуют и поныне, и на них по-прежнему ставятся доклады выдающихся ученых, а иногда просто любителей, для которых наука стала неотъемлемой частью их существования.

Переехав в Москву, Г. А. Тихов первым делом на сэкономленные деньги купил астрономическую трубу, изготовленную оптической фирмой Эртелей. Диаметр ее объектива был всего лишь 54 мм, т. е. меньше, чем у телескопа в гимназии, но объектив был очень высокого качества. Летом Г. А. Тихов отвез трубу в Смолевичи и на крыше сарая собственноручно построил астрономическую башню, которая после установки трубы Эртеля стала его первой астрономической обсерваторией.

Если книги К. Фламариона возбудили у Г. А. Тихова жгучий интерес к астрономической науке, то такую же роль по отношению к ботанике в его жизни сыграли доклады и книги К. А. Тимирязева. С лета 1895 г. до последних дней жизни Гавриил Адрианович изучал ботанику. Это привело к созданию новой науки — астроботаники, в которой Г. А. Тихов пытался объединить обе, казалось бы, совершенно различные науки.

Продолжительность обучения в Московском университете составляла в те времена четыре года. По окончании университета в 1897 г. Г. А. Тихов через год женился на Людмиле Евграфовне Поповой, девушке из очень обеспеченной семьи. Л. Е. Попова мечтала стать врачом. Однако в России она не могла получить высшее медицинское образование, так как Женский медицинский институт открылся в Петербурге значительно позднее. Оставалась только одна возможность — учиться за границей. Л. Е. По-



Гавриил Адрианович Тихов. 1899 г.

пова решила поступить на медицинский факультет Бернского университета в Швейцарии, а для этого необходимо было иметь диплом об окончании мужской гимназии, так как диплом об окончании женской гимназии не давал права поступления в университет. Программы женских и мужских гимназий были разными, поскольку выпускники и выпускницы готовились к разным профессиям в будущем. Единственной возможностью для женщин было окончить экстерном мужскую гимназию. В качестве учителя Поповы пригласили студента Г. А. Тихова. В апреле 1898 г. в Москве состоялось бракосочетание Людмилы Евграфовны и Гавриила Адриановича, после чего последовала длительная разлука, так как тотчас после



Людмила Евграфовна Тихова. 1899 г.

свадьбы Л. Е. Тихова уехала в Берн, а ее молодой супруг — в Париж для продолжения образования. 6 (19) февраля 1902 г. в Цюрихе у Людмилы Евграфовны родилась дочь Татьяна.*

В Париже Г. А. Тихов встретился с другим русским астрономом Алексеем Павловичем Ганским. Это был единственный и по-настоящему большой друг и коллега Г. А. Тихова, к сожалению, рано трагически погибший.

* Т. Г. Тихова окончила геологический факультет Ленинградского государственного университета и до ухода на пенсию в 1955 г. работала в одном из проектных институтов Ленинграда. Она была известна также как писательница, перу которой принадлежат три книги.

Директором обсерваторий в Париже и Медоне был один из отцов современной астрофизики Жюль Жансен. По предложению Ж. Жансена Г. А. Тихов вместе с французскими исследователями графом де ла Во, химиком Леслио и графом де Сен-Виктором в ноябре 1899 г. с воздушного шара «Аэроклуб» наблюдал метеоры, или, как их тогда называли, падающие звезды метеорного потока Леонид. Это был первый подъем молодого астронома в атмосферу на летательном аппарате, но он предопределил целый цикл полетов с исследовательскими целями. Г. А. Тихов очень хорошо переносил подъемы в атмосферу и спуски, и это помогало ему жить и работать высоко в горах. В 1899 г. он совершил восхождение на Монблан совместно с А. П. Ганским. Монблан имеет высоту 4810 м, а метеорологическая обсерватория расположена на высоте 4359 м над уровнем моря. Это одна из высочайших вершин в Европе, первое восхождение на которую было совершено в 1786 г.

А. П. Ганский занимался на Монблане исследованиями Солнца, а Г. А. Тихов получил на метеорологической обсерватории много хороших снимков спектров теллурических линий солнечного спектра, которые принадлежат атмосферному кислороду и другим газам земной атмосферы, что было установлено Ж. Жансеном и Н. Е. Егоровым. Так, первые шаги в науке Г. А. Тихова явились своеобразным началом использования астрофизических методов в метеорологии.

На основании диплома об окончании Московского университета в 1898 г. Г. А. Тихов был принят на физико-математический факультет в Парижский университет — Сорбонну. Благодаря блестящему знанию современной ему астрономии и французского языка Г. А. Тихов успешно окончил Сорбонну в 1901 г. Г. А. Тихов знал несколько языков, но свободно говорил, читал и писал по-французски. В дальнейшем своим ученикам и сотрудникам он не уставал повторять, что для ученого совершенно необходимо свободно владеть французским и некоторыми другими языками, так как без знания языков невозможно прямое общение с учеными других стран.

По окончании Сорбонны Г. А. Тихов вернулся в Москву и в 1902 г. сдал магистерские экзамены. Это было необходимо ему для получения постоянной работы в качестве преподавателя гимназии. Диссертацию же на

степень магистра астрономии Г. А. Тихов защитил только в 1913 г., спустя 11 лет после сдачи экзаменов. Поработав некоторое время преподавателем математики шестой московской гимназии, весной 1903 г. Г. А. Тихов был избран по конкурсу на должность старшего преподавателя высшей математики в Екатеринославском высшем горном училище.

Уже тогда нельзя было стать квалифицированным астрономом, не владея всесторонне математическими методами. Преподавание высшей математики явилось прекрасной практикой для Г. А. Тихова. Во всех последующих астрофизических и физико-теоретических разработках Гавриил Адрианович использовал весьма совершенные математические расчеты. Свои наблюдения он также сопровождал применением математических методов обработки. Первые публикации Г. А. Тихова были сделаны на французском и итальянском языках [1—3]. Несколько последующих обширных исследований [6, 10] было опубликовано в Екатеринославе (ныне Днепропетровск).

Еще в студенческие годы Г. А. Тихов начал научную переписку с профессором Пулковской обсерватории будущим академиком Аристархом Аполлоновичем Белопольским, который в одном из писем посоветовал ему при первой же возможности перебраться в Пулково. Г. А. Тихов последовал совету крупнейшего спектроскописта и с 1906 г. стал работать в Пулкове. Одну из работ того периода Гавриил Адрианович проводил совместно с А. П. Ганским, вплоть до гибели своего друга. Она относилась к исследованиям зодиакального света [8, 16]. Тогда существовала космогоническая теория, объяснявшая явление зодиакального света результатом свечения остатков газово-пылевой материи, из которой когда-то образовалась вся Солнечная система.

1906 год можно считать началом многолетней профессиональной научной деятельности Г. А. Тихова, которая всегда была связана с Пулковом.

Уже через 6 лет в справочной книге «Весь Петербург» за 1912 г. значилось: «Тихов Гавр. Адр. коллежский советник. Пулково. Николаевская главная астрономическая обсерватория».

Астрофизические исследования и их значение в развитии науки о планетах

Разнообразные научные исследования Г. А. Тихова всегда были подчинены его интересу к изучению планет Солнечной системы и самого Солнца, а также к вопросу обитаемости планет. Применение астрофизических методов при изучении физики планет привело к развитию планетофизики. Однако жизнь не раз ставила перед Г. А. Тиховым множество других задач, которые ему приходилось решать параллельно с основными. Так, например, в периоды с 1916 по 1924 и с 1931 по 1946 гг. ему приходилось на десятки лет оставлять астрофизическую тематику и концентрировать свое внимание на совершенно земных проблемах, а затем снова возвращаться к прежним исследованиям. Наличие таких перерывов затрудняет изложение его творчества в строго хронологическом порядке. Поэтому в книге принят тематический принцип расположения материала [Л. 22].

Пожалуй, наиболее длительным и фундаментальным исследованием Г. А. Тихова и его сотрудников было массовое измерение цвета звезд в избранных площадках Каптейна методом продольного спектрографа. Публикации по этому вопросу охватывают период с 1916 по 1957 гг. Площадки Каптейна явились развитием метода черпков Ф. В. Гершеля, позволившего определить структуру нашей Галактики — Млечного Пути. Я. К. Каптейн (1906 г.) выбрал участки неба с целью изучения распространенности звезд различных спектральных типов, используя по возможности наименьшее количество объектов. Это было необходимо, чтобы проследить основные возможности пути эволюции звезд, в том числе и Солнца. Так как измерение спектров и показателей цвета у всех звезд невозможно по причине их громадного количества,

то было разумно выбрать большое число случайно расположенных площадок и в каждой из них исследовать проецирующиеся туда звезды. Так как и эта задача оказалась очень трудоемкой, то была согласована специальная международная программа, согласно которой на долю Пулковской обсерватории выпало измерение характеристик звезд в площадках, доступных фотографированию в северных широтах. Возглавить работу по определению цвета звезд поручили Г. А. Тихову незадолго до начала первой мировой войны. Надо сказать, что почти всегда Гавриилу Адриановичу поручали самые трудные научные задачи, в возможности решения которых другие ученые вообще сомневались, а само выполнение их требовало не одно десятилетие напряженного труда и не сулило быстрого успеха. Г. А. Тихов никогда не отказывался от предложенной темы и почти ни одного исследования не оставил недоконченным.

Абсолютное определение цвета большого количества звезд, от самых ярких до весьма слабых, представляет и сейчас сложную фотометрическую задачу. Чтобы выполнить ее с наибольшей точностью и наименьшими затратами человеческого труда хотя бы в течение одной человеческой жизни, Г. А. Тихов разработал оригинальный прием [56] исходя из свойства астрономических объектов, называемого хроматической аберрацией. Наблюдая звезды в телескоп, мы почти всегда видим их окруженными радужными кольцами, так как ни один хроматический объектив не сводит лучи всех цветов спектра в одну и ту же фокальную плоскость. Наилучшие многолинзовые анастигматы сводят в одну и ту же плоскость лучи только двух-трех длин волны. Поэтому если фотографировать звезды на цветную пленку, то они будут окружены цветными кольцами. Фокусируя по-разному звезды, т. е. передвигая плоскость кассеты вдоль оптической оси, мы получим разные комбинации цветных колец, поэтому такое явление называется продольной хроматической аберрацией, или хроматизмом. Чтобы наилучшим образом использовать хроматизм, Г. А. Тихов заказал для бредихинского астрографа специальный объектив очень высокого качества, но с большой хроматической аберрацией. Поскольку в творчестве Федора Александровича Бредихина (1831—1904) большое место занимали исследования комет, то и его астрограф был

построен с широкоугольной камерой, служащей для обнаружения комет. Кстати, этот астрограф был построен на личные деньги ученого. Так как на каждом негативе фотографировалась область площадью $4^\circ \times 4^\circ$, то такая широкоугольная камера как нельзя лучше подходила для фотографирования площадок Каптейна. В связи с тем, что метод Г. А. Тихова основан на продольной хроматической аберрации, автор назвал его «методом продольного спектрографа». Иногда это название неправильно переводят на другие языки как «метод долготного спектрографа».

Если сфотографировать звезду на обыкновенную фотопластинку, то фотографическое изображение ее получится в виде черного пятна, окруженного серым диском. Конечно, это пятно не вполне свободно от влияния лучей, которые фокусируются ближе или дальше плоскости эмульсии по отношению к объективу телескопа. Чтобы ослабить погрешность, вносимую этими внефокальными лучами, Г. А. Тихов поместил перед центральной частью объектива непрозрачный круг. Тогда внефокальные изображения звезд преобразовались в кольца, и это очистило основное пятно изображения от засветок лучами других длин волн. Распределение плотности почернения в ядре и во внефокальном диске зависит от распределения интенсивности излучения в спектре самой звезды, а это может служить средством определения ее цвета. Меняя диафрагмы перед объективом астрографа и применяя фотопластинки, чувствительные к красным лучам, можно таким способом в поле звезд быстро и безошибочно выявить все красные звезды, у которых кольца будут тем интенсивнее, чем краснее звезда, а центральные пятна будут заметно ослабленными. Голубые звезды, наоборот, дадут более слабые изображения колец, но зато интенсивность центрального пятна окажется значительно выше, чем у красных звезд. По стандартным звездам была разработана шкала оценок цвета по виду колец, и это дало возможность сформулировать строгую инструкцию, по которой малоквалифицированный сотрудник за короткий срок может обработать запланированное число площадок Каптейна. Программа Г. А. Тихова была применена также на астрономической обсерватории на острове Ява. Она оказалась весьма перспективной, и в 1937 и 1951 гг. было опубликовано два каталога цветов звезд, содержащих около 17 000 звезд [141, 186]. В 1952 г.

была опубликована статья Г. А. Тихова о субкарликах спектральных классов $G4=K1$, найденных способом продольного спектрографа [190]. Г. А. Тиховым была построена шкала оценок по цветовому баллу эффективной температуры звезды, которая оказалась настолько точной, что дала возможность судить о принадлежности к гигантам, карликам и промежуточным типам гораздо более слабых звезд поля, чем это делалось по параллаксам. Г. А. Тихов сделал вывод, что найденные им субкарлики принадлежат к самым близким к Солнцу звездам.

В 1913 г. Г. А. Тихов опубликовал первую статью из цикла работ, посвященных исследованию мерцания звезд [42]. Сама по себе эта тема относится к атмосферной оптике, как и была задумана и развивалась впоследствии, потому что мерцание возникает от взаимодействия излучения с атмосферой Земли. На Луне звезды не мерцают! Однако она имеет и прямое астрофизическое применение, что видно из статьи Г. А. Тихова [72], опубликованной уже в 1920 г., где предложен оригинальный метод оценки угловых диаметров светил по быстроте их мерцания. Общеизвестно, что планеты, имеющие большой угловой диаметр, мерцают медленнее, но никто не исследовал количественно зависимость скорости мерцания от диаметра светила. Мысль о зависимости параметров мерцания звезд от их углового диаметра была высказана Ш. Дюфуром в 1856 г.,* но тогда диаметры большинства звезд не были известны.

Г. А. Тихов в своем исследовании исходил из того, что яркость зависит от угловых размеров и температуры звезды, определяемой обычно по ее цвету и называемой цветовой температурой. Это дает возможность получить статистическое распределение угловых диаметров большого количества звезд по их видимой яркости и цвету. На основании обработки многочисленных наблюдений мерцания звезд Г. А. Тихов вывел формулу, связывающую угловой диаметр звезды D с быстротой мерцания S (c^{-1}):

$$S = \frac{550.36}{6.07 + D \cdot 0.01} \cdot$$

* *Dufour Ch.* Sur la scintillation des étoiles. — Bull. séances Soc. Vaudoise sci. natur., 1858, 5, 17—26, Lausanne.

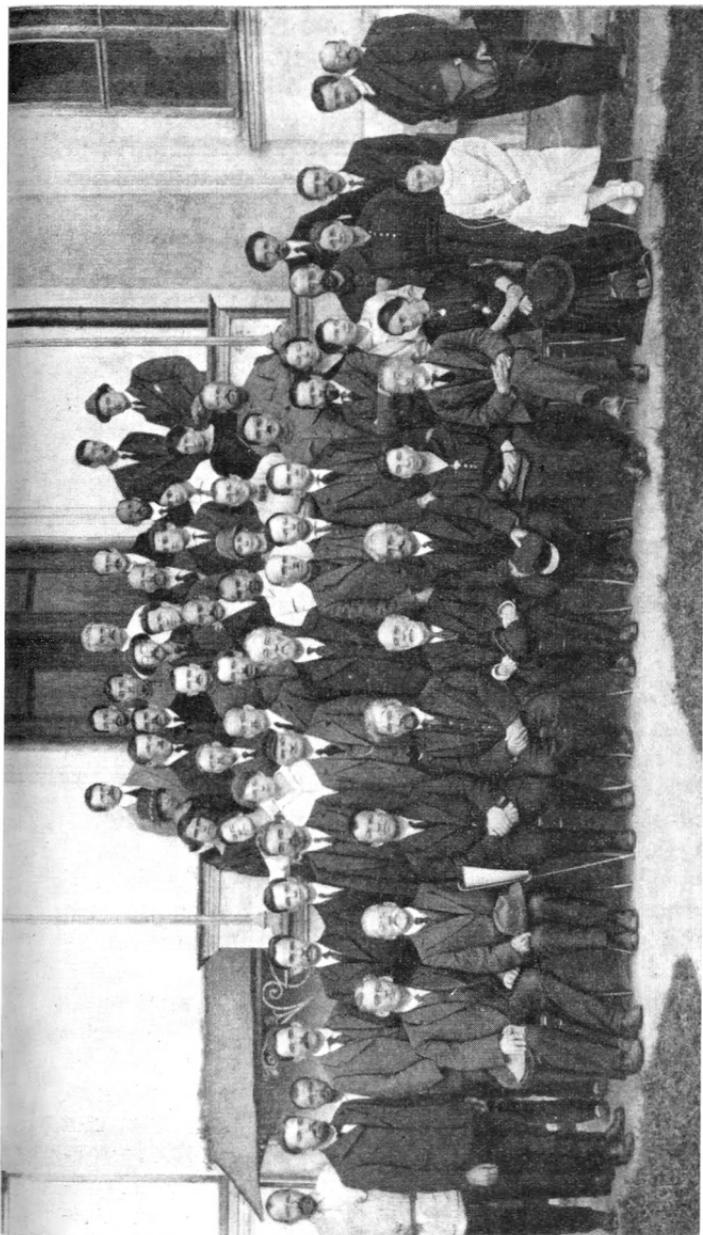
Оказалось, что наблюдения мерцания звезд дают чрезвычайно чувствительный способ определения их диаметров с погрешностью $\Delta D = \mp 0''.005$.

Как же складывалась судьба Г. А. Тихова после Октябрьской революции? В начале 1917 г. он был мобилизован в армию и служил под Киевом в Центральной аэронавигационной станции военной школы летчиков-наблюдателей, где и получил чин ефрейтора. По заданию командования он занимался изучением видимости далеких предметов с самолета и при аэрофотосъемке: гор, полей, лесов, водной поверхности и пльвущих по ней и под ней объектов. В 1914 г. там служил и русский летчик П. Н. Нестеров, впервые осуществивший мертвую петлю и геройски погибший в годы первой мировой войны в результате тарана своего противника в воздухе. В армии Г. А. Тихов значительно усовершенствовал аэрофотосъемку, используя астрофизические методы, и придал ей современный вид. Он опубликовал первую в мире монографию, которой широко пользовались летчики союзных армий [60]. Так появилась новая наука — аэрофотометрия, разработка основных положений которой надолго отвлекла Г. А. Тихова от астрономии.

В тяжелом 1919 г. Г. А. Тихов вместе с другими передовыми учеными приступил к чтению лекций в Петроградском университете. Он преподавал астрофизику. В эту голодную и холодную зиму Гавриилу Адриановичу из Пулкова приходилось пешком ходить на Васильевский остров. Среди его слушателей были будущий академик В. А. Амбарцумян, член-корреспондент АН УССР В. П. Цесевич, профессор Н. А. Козырев, В. Б. Никонов, Н. И. Кучеров — впоследствии заведующий Сектором астроботаники АН КазССР.

Период с 1919 по 1931 гг. связан с деятельностью Г. А. Тихова в астрономической обсерватории Ленинградского государственного университета, помещавшейся тогда на 10 линии в доме № 33. Ранее эта обсерватория (АОЛГУ) входила в состав Высших женских бестужевских курсов, ее директором был профессор Сергей Павлович Глазенап.

Фотометрическая лаборатория, в которой бережно хранятся фотометр К. Р. Граффа и многие другие приборы, демонстрировавшиеся на лекциях Г. А. Тихова по



Участники III астрономического съезда. Москва, сентябрь 1924 г.

Сидят слева направо: В. П. Остащенко-Кудрявцев, А. Н. Розанов, П. М. Горшков, Н. Н. Евдокимов, С. П. Глазенап, С. И. Бельский, И. Н. Леман-Балановская, С. Н. Блячко, Н. М. Субботина, А. С. Миротубова; 2-й ряд: С. В. Орлов, Н. П. Барабашев, Б. М. Шиголев, И. Ф. Полак, К. Д. Покровский, А. Д. Дубляго, С. Д. Черный, М. А. Грачев, С. В. Щербатов, Н. Д. Павлов, И. А. Казанский, Я. И. Бельев, С. А. Казак (в песне), М. Н. Абрамова-Неуймина, Н. М. Штауде, Г. А. Тихов, Л. И. Терентьева, И. А. Балановский, Н. И. Днепровский, А. А. Михайлов; 3-й ряд: Н. С. Яхонтова-Самойлова, В. Ф. Газе, А. Дюков, Д. В. Шяковский, Я. И. Алексеев, С. В. Романская, М. Е. Набоков, Н. И. Шельсок, М. К. Венцель, С. А. Шарф; 4-й ряд: Н. Ф. Боева, Л. И. Семенов, Б. И. Рак, Л. И. Миткевич, Л. В. Сорokin; 5-й ряд: Г. А. Шайн (третий слева), П. И. Яшнов (в шляпе), В. В. Шаронов (седьмой), М. А. Смирнов; 6-й ряд: А. Я. Орлов, Н. Н. Горячев, Г. М. Баженов, И. И. Ильинский (третий справа), А. В. Марков, П. Я. Давидович.

астрофизике, находилась на втором этаже математико-механического факультета ЛГУ.

Несмотря на то, что родоначальником русской фотометрической школы следует считать учителя Гавриила Адриановича В. К. Цераского, следует отметить, что до Г. А. Тихова единственным печатным курсом фотометрии, если не считать отдельных разделов в курсах оптики разных авторов, была переведенная с французского книга Ш. Фабри [Л. 29]. Читая в университете в течение ряда лет курс астрофотометрии, Г. А. Тихов переработал «Фотометрию» Ш. Фабри в соответствии с потребностями развивавшейся астрофизики. В курс лекций он включил описания изобретенных им самим фотометрических приборов и установок, учел также и свой многолетний опыт по фотометрированию небесных тел. До появления в 1934 г. курса астрофизики под редакцией профессора В. П. Герасимовича университетский курс астрофотометрии Г. А. Тихова под редакцией академика А. А. Белопольского был единственным на русском языке доступным руководством по этому разделу астрофизики, а позднее и аэрофотометрии [87].

За успехи, достигнутые в области астрофизики, в 1927 г. Г. А. Тихов был избран членом-корреспондентом АН СССР, т. е. за семь лет до того, как в 1934 г. ему была присвоена без защиты степень доктора астрономии. Кандидатских степеней тогда вообще не было. Следует отметить, что Гавриил Адрианович никогда не стремился к получению ученых степеней и званий. Впоследствии своим поведением и высказываниями он неоднократно подтверждал полное пренебрежение и равнодушие к служебной карьере. Вот его характерное высказывание, относящееся к аспирантам: «Защищайте поскорее Вашу дурацкую диссертацию и начинайте заниматься наукой!».

Вскоре Г. А. Тихов возглавил работу по аэрофотометрии, и присвоенное ему звание члена-корреспондента несомненно очень помогло в организационной работе. Одной из первых работ Г. А. Тихова по фотометрии была опубликованная в 1927 г. статья [114], посвященная сложению фотографических плотностей. В астрофотометрии нужно было решить следующую задачу: два источника излучения при одинаковой фотографической выдержке дают плотности D_1 , D_2 . Требуется вычислить

плотность D , которая получилась бы на эмульсии в результате одновременного действия обоих источников. Задача решалась путем фотографирования внефокально Плеяд камерой бредихинского астрографа. В результате Г. А. Тихов пришел к практически важному выводу: если полусумма складываемых плотностей за вычетом вуали негатива $\frac{D_1 + D_2}{2} \leq 0.25$, то можно удовлетвориться про-

стым арифметическим сложением. Ошибка этого упрощения намного меньше других случайных ошибок фотографической фотометрии. Попутно Г. А. Тихов исследовал возможность применения характеристической кривой одной пластинки к пластинке другого сорта. Ученый пришел к выводу, что можно сохранить удовлетворительную точность, если общая и спектральная чувствительности обеих пластинок почти одинаковы при одном и том же способе проявления. К этой же серии относится исследование о выдержках большой продолжительности светил переменной яркости [118]. Во всех рассмотренных случаях оказывалось, что полученная по снимку звездная величина меньше той, которая соответствовала бы середине выдержки. При получасовой выдержке и при изменении блеска звезды на $0.^m50$ звездной величины смещение может достигать 1.8 мин.

В 1931 г. вследствие территориальной отдаленности Пулковской обсерватории, где жил Гавриил Адрианович, от университета, а главное в связи с тем, что появились достаточно подготовленные преподаватели, живущие в Ленинграде, Г. А. Тихов перестал читать лекции по астрофизике. По записям своих слушателей он еще в 1922 г. подготовил курс лекций [87], впоследствии переизданный в 1950 г. [182]. Курс состоит из трех разделов. В первом из них излагаются основы физической фотометрии, перечисляются основные световые величины и единицы измерения, закон Ламберта и фотометрические свойства тел, а также приборы, служащие для измерения световых потоков. В особый параграф выделена наука о цвете — колориметрия и ее методы. Во втором разделе курса изложены основы фотографической фотометрии, где Г. А. Тихов подчеркивает, что «единственный правильный способ использования фотографии для фотометрии есть следующий: стараются получить на одной и той же фотопластинке с одинаковыми

выдержками два фотометрически равных результата: один от источника света более слабого, другой — от источника более яркого, ослабленного в хорошо известном отношении» [226, с. 215]. Это важное указание Гавриил Адрианович постоянно повторял, так как современные фотометристы часто им пренебрегают. Благодаря строгому соблюдению основных правил фотометрии Г. А. Тихову удалось получить данные, до сих пор не превзойденные по точности. В специальном параграфе он останавливается на способах изменения освещенности в известном отношении, так как от этого зависит точность последующих результатов исследований, связанных с применением фотографической фотометрии. Вопросы спектрофотометрии также изложены кратко и последовательно. Третий раздел посвящен применению фотографической фотометрии в астрофизике. Если в физике и технической оптике фотографические методы позднее будут вытеснены более чувствительными и точными фотоэлектрическими, то в некоторых разделах астрофизики и атмосферной оптике фотографией будут пользоваться еще долго.

В 1941 г. разразилась Великая Отечественная война. Гавриилу Адриановичу шел тогда 67-й год. Ему пришлось расстаться с Астрофизической лабораторией и со многими научными планами. Как раз в этот период полным ходом шла подготовка к наблюдениям полного солнечного затмения, полоса которого проходила близ Алма-Аты, и это в значительной мере предопределило место эвакуации астрономов. Г. А. Тихову было поручено организовать отправку оборудования в Алма-Ату, и он это сделал с величайшей добросовестностью, тщательно упаковав не только необходимые приборы и запасные части к ним, но и некоторые особенно ценные архивные материалы и книги.

В 1945 г. Г. А. Тихов предложил новый фотометрический метод определения цветовой температуры звезд вообще без помощи земных источников сравнения [155]. Он воспользовался тем, что у звезд с достаточно высокой температурой T показатель цвета (CI) перестает изменяться при дальнейшем повышении температуры. У звезд с $T=70000\text{K}$ CI отличается только на 0.05 от CI гипотетической звезды с бесконечно большой T_{∞} . Получаемые таким способом температуры звезд совсем не зависят от

поглощающих свойств атмосферы Земли, если сравниваемые звезды расположены в одном и том же участке неба.

В 1950 г. Г. А. Тихов публикует работу о фотографическом определении больших отношений яркости i/I [185], в которой он использует формулу Шварцшильда:

$$iI^p = It^p, \quad i < I, \quad t < T,$$

где i — интенсивность светового потока от слабого источника; I — то же от сильного источника; и показывает, что ею можно пользоваться без существенного снижения фотометрической точности, если каждый раз определять показатель Шварцшильда p при помощи такой же фотопластинки и с теми же выдержками t и близким почернением, как и при выдержке T . Эта работа всегда будет иметь практическое значение, так как при фотометрической стандартизации приходится сталкиваться с большими различиями яркости эталона и сравниваемого объекта. Например, при исследованиях планет, Луны, солнечной короны и земной поверхности эталоном считается Солнце, что приводит к отношению сравниваемых потоков лучистой энергии порядка 10^6 . Когда появились первые статьи по фотометрии, методы спектроскопии почти не применялись при исследовании планет, так как считалось, что спектральный анализ эффективен при изучении самосветящихся или газообразных тел, в то время как планеты излучают свет, в спектре которого очень мало атмосферных линий. Для изучения поверхности планет и рассеивающих свойств атмосферы больше всего применялись чисто фотометрические методы и теория переноса излучения.

Отсюда становится понятным то внимание, которое в течение многих лет уделял Г. А. Тихов фотометрии как части астрофизики, которую он считал необходимой при исследовании планет. Чисто астрофизические исследования звезд привлекали его внимание скорее всего с позиций исследования звездной эволюции, без которой нельзя было составить научное представление о происхождении планет. Хотя многие разработанные тогда методики имеют в настоящее время лишь историческое значение, тем не менее исследования Г. А. Тихова привели к значительному повышению точности астрофотометрических исследований и позволили ему сделать важный шаг в развитии фильтровой фотометрии.

Теоретическая астрофизика

Вопросами теории распространения электромагнитных волн, а также некоторыми смежными исследованиями и разработкой оригинальных гипотез Г. А. Тихов начал заниматься на заре своей научной деятельности. Самая первая публикация его появилась в 1897 г. на итальянском языке и была посвящена результатам обработки спектрограмм β Лиры. В ней приводилось одно из доказательств двойственности звезды и были вычислены точные параметры орбит [1].

Переменные звезды интересовали Г. А. Тихова лишь как средство изучения дисперсии электромагнитных волн. В статье 1898 г. [2] Г. А. Тихов указал на то, что если дисперсия в межзвездном пространстве существует, то периодически с изменением блеска переменной звезды должно изменяться распределение яркости в спектре. Так, дисперсия была положена в основу нового способа определения расстояний. В 1905 г. Г. А. Тихов публикует обширное исследование спектрально-двойной β Возничего [6].

В 1883 г. Дж. Стокс обратил внимание на то, что точность астрономических наблюдений не позволяет определить разность скоростей распространения электромагнитных волн разной длины в межзвездном пространстве, откуда и постулируется постоянство скорости света.* Это фундаментальное положение физики Г. А. Тихов предложил проверить экспериментально, используя наиболее точные наблюдения переменной β Возничего. Он обработал наблюдения А. А. Белопольского и других авторов,

* *Stokes G. G. Mathematical and Physical Papers, 2. Cambridge, 1883, p. 282.*

а также произвел новые наблюдения. По мнению А. А. Белопольского, β Возничего для этой цели подходит лучше всего, так как почти за четверо суток наблюдаемые лучевые скорости изменяются в пределах $-220 < V_r < +220$ км·с⁻¹. После обработки Г. А. Тихов нашел разность ΔT [6]: $\Delta T = +14$ мин ± 8 мин. Знак «+» означает, что фиолетовые лучи запаздывают относительно синих. При вычислении этой разности кривые лучевых скоростей были построены для $\lambda = 402$ и 452 мкм.

Расчет показал, что полученная разность фаз, приписываемая космической дисперсии света, меньше, чем в воздухе при нормальных условиях. Этого следовало ожидать, так как плотность межзвездной среды очень мала. Г. А. Тихов оставляет открытым вопрос о влиянии на дисперсию межзвездной материи и о возможной дисперсии света в пустом пространстве. В статье [13] Г. А. Тихов указывает, что свои исследования дисперсии он начал еще в 1896 г., а доложил о них 16 марта 1908 г. Для звезды W Большой Медведицы оказалось, что оранжевый минимум блеска опережает ультрафиолетовый на 10 мин. Аналогичный результат был получен им и по третьей звезде [13]. Доложенные 24 февраля 1908 г. наблюдения Нордмана других звезд свидетельствуют почти о таком же фазовом сдвиге. Открытый эффект получил название эффекта Тихова—Нордмана.

Открытие этого эффекта вызвало многочисленные дискуссии. Например, П. Н. Лебедев считал, что плотность среды, вызывающая дисперсию в мировом пространстве, близка к плотности воздуха при давлении в 7 Тор и недопустима по ряду соображений. Допущение дисперсии в эфире требовало пересмотра основных положений физики, что казалось преждевременным. Поэтому П. Н. Лебедев предложил искать причины эффекта Тихова—Нордмана в природе самих переменных звезд. Относительно этого Г. А. Тихов возражал и в качестве доказательства своей точки зрения опубликовал результаты наблюдений дисперсии света от звезды RT Персея, находящейся гораздо дальше от нас. Эта звезда обнаружила дисперсию, равную 0.001 величины дисперсии атмосферного воздуха [14]. Эти расхождения привели Г. А. Тихова к выводу о невозможности определения космической дисперсии по единичным наблюдениям и о необходимости продолжения исследований.

Метод спектрально-двойных звезд, который применил Г. А. Тихов для этих целей, заключается в измерении лучевых скоростей по смещению двух линий спектра, находящихся возможно дальше одна от другой. При помощи этого метода Г. А. Тихову удалось установить, что фазовые кривые изменения лучевых скоростей всегда сдвинуты по фазе. Однако относительная погрешность оказалась столь велика, а предполагаемая космическая дисперсия столь мала, что оценить ее количественно не представлялось возможным. Тогда Г. А. Тихов перешел к другому методу — применению светофильтров к переменным звездам короткого периода, при исследовании которых нельзя использовать спектральные методы. Кривые изменения блеска оказались различными при различных светофильтрах, но, кроме сдвига по фазе, обнаружили много других особенностей, что не позволило сделать определенный вывод о космической дисперсии. Для усовершенствования метода и исключения фотографических ошибок в 1928 г. было проведено специальное исследование [118]. Учитывая тесную связь между дисперсией и поглощением света в небесных пространствах, Г. А. Тихов приступил к изучению межзвездного поглощения. Г. А. Тихов не получил окончательного решения вопроса о космической дисперсии, однако он пришел к выводу, что величина ее очень мала. Важным заключением явилось также и то, что многие характерные элементы переменных звезд различны в разных лучах. В настоящее время эффект Тихова—Нордмана признан ошибочным и объясняется природой самих переменных звезд.

Изучение дисперсии позволило значительно углубить проблему избирательного поглощения в межзвездном пространстве. В настоящее время эта проблема является важнейшей при определении расстояний во Вселенной, от которых, в конечном счете, зависит построение правильной космологической модели. Поэтому в дальнейшем Г. А. Тихов продолжал исследования избирательного космического поглощения света.* При оценке его вопрос сводится к спектрофотометрическим исследованиям звезд, находящихся на различном удалении от нас. Сведя до

* Под избирательным космическим поглощением подразумевается поглощение, величина которого меняется с изменением длины волны.

минимума инструментальные, фотографические и атмосферные ошибки, Г. А. Тихов получил следующие результаты: 1) в космическом пространстве существует рассеяние света мельчайшими частицами, увеличивающееся с уменьшением длины волны; 2) это свойство должно придавать пространству цвет, сходный с цветом ясного неба; 3) возможность расчета точных значений избирательного поглощения в пространстве даст могущественный способ определения расстояний до звезд и туманностей, причем чувствительность этого способа будет расти с увеличением расстояния. Хотя эти выводы, опубликованные в 1910 г. [24, 27], в дальнейшем были уточнены, а некоторые не подтвердились, тем не менее исследование Г. А. Тихова по избирательному поглощению света в межзвездной среде явилось одним из первых.

В дальнейшем Г. А. Тихов специально останавливается на определении цвета звезд с целью его использования для исследования избирательного космического поглощения, а также звездных температур. Цвет многих звезд указан в известном каталоге Г. Дрепера.* Г. А. Тихов предпринял новое определение цвета около 300 звезд скопления Плеяд, в результате чего пришел к выводу, что звезды Плеяд в основном белые или оранжевые. Найденные отклонения от формулы Планка у звезд классов G 5 и K Г. А. Тихов приписал влиянию их атмосферы. Рассеяние света в пространстве по закону Рэля он не нашел, но обнаружил поглощение ультрафиолетовых лучей с длиной волны 0.380 мкм. По поглощению света оказалось удобным определять относительные расстояния до звезд. Последнее исследование этой серии было опубликовано Г. А. Тиховым в 1916 г. [55].

Второй цикл теоретических работ был предпринят Г. А. Тиховым в 1938 г. и посвящен вопросу об отклонении световых лучей в поле тяготения звезд [144]. Г. А. Тихов и его сотрудник А. Ф. Богородский рассмотрели ход лучей двух звезд, расположенных на одном луче зрения. В этом случае могут возникнуть изменения блеска, позволяющие подтвердить некоторые положения общей теории относительности. Такие наблюдения искривления световой траектории вблизи тяготеющих масс

* *Draper H. Catalogue.* — *Annals of Harvard College Observatory*, 1918—1924, 91—99 (USA).



Г. А. Тихов у окуляра бредихинского астрографа.
1951 г.

обычно проводились только во время полных солнечных затмений и представляли собой большие технические трудности. Проведя детальное исследование и расчеты, Г. А. Тихов пришел к выводу, что наблюдения звезд в наиболее плотных частях Млечного Пути, где частота взаимного проектирования двух звезд друг на друга значительно больше, можно проводить фотометрически. Трудность при этом заключается в том, что при больших диаметрах звезд требуется высокая точность в сближении их видимых центров. Если ближайшая звезда проектируется на более удаленную, то от последней мы наблюдаем светящееся кольцо. Вследствие отклонения в поле

тяготения ближайшей звезды на расстоянии 1100 а. е. возникает особый луч, интенсивность которого соответствует значительному усилению блеска удаленной звезды. На расстоянии 1000 пс блеск кольца от звезды $+10^m$ соответствует третьей звездной величине. Звезда как бы вспыхнет на очень короткий срок. Как показали точные расчеты, для наблюдения такой вспышки необходимо максимальное совмещение центров дисков звезд, которое почти невозможно. Обзор основных работ Г. А. Тихова показывает, что уже со студенческих лет он начал изучение таких фундаментальных проблем науки, как исследование свойств мирового эфира и межзвездной среды, определение расстояний до звезд, проверка основных положений общей теории относительности и сравнение ее с классической теорией. Методологический подход к этим сложнейшим проблемам носит на себе живой отпечаток школы, основателем которой был Ф. А. Бредихин. Все остальные исследования переменных звезд, их цвета и спектра, Г. А. Тихов подчинял решению перечисленных выше задач, к которым относится и усовершенствование методики фотометрических наблюдений, а также учет атмосферных факторов. Изучение вопроса о распространенности жизни во Вселенной также относится к фундаментальным проблемам современного естествознания, и этому были подчинены исследования планет и других тел Солнечной системы, что в свою очередь потребовало разработки и усовершенствования специальных методик. Все астрофизические исследования требовали строительства совершенных телескопов в наиболее подходящих для этого местах. При исследовании астроклимата Г. А. Тихов применил все свои знания и опыт по исследованию атмосферы, в том числе вызываемой ею нормальной и аномальной дисперсии, поглощению и рассеянию света. Все это было применено к аэрофотосъемке с учетом атмосферных загрязнений и поляризации.

В своей научной деятельности не последнюю роль Г. А. Тихов отводил правильному изложению научных исследований и языку статьи. Он высоко ценил мнение М. В. Ломоносова, считавшего, что без нужды не следует засорять русский язык иностранными терминами. Г. А. Тихов считал необходимым возродить традиции ломоносовской школы. На научных заседаниях Сектора астроботаники запрещалось произносить некоторые иност-

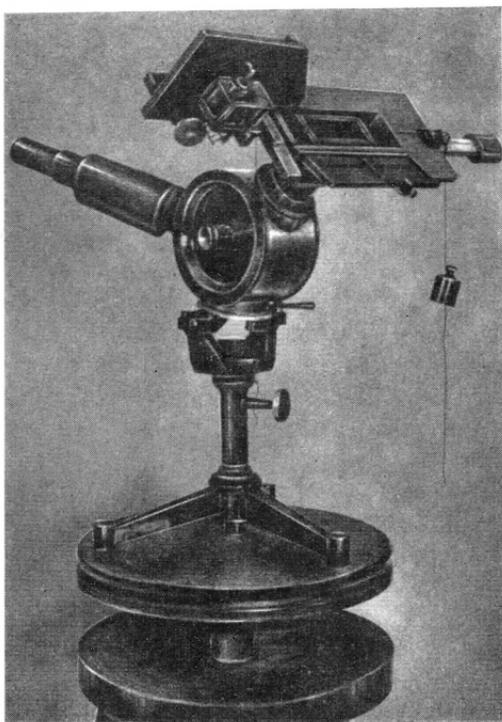
ранные слова, например: ситуация — обстановка. Вместо «таблица» Г. А. Тихов всегда употреблял слово «ведомость», в настоящее время имеющее несколько другой лексический оттенок, вместо «экстинкция» — ослабление, «индикатриса» — указательница, «дискуссия» — обсуждение, «актуальный» — своевременный, «эксперимент» — опыт, «радиация» — излучение и т. д. В последние годы, следуя В. И. Вернадскому, он стал называть инфракрасные и ультрафиолетовые лучи «закрасные» и «дофиолетовые». Он также был противником неточных, расплывчатых слов и выражений и заставлял вместо слова «примерно» говорить «приблизительно», вместо «четкий» — «отчетливый». Все это, конечно, говорилось в шутливой форме. Однако если кто-то нарушал запрет, с него брали штраф, а на собранные деньги потом покупали что-нибудь вкусное к чаю. Научные заседания всегда проходили в столовой квартиры Г. А. Тихова за большим круглым столом, накрытым скатертью, иногда за чашкой кофе, после которого всегда подавали чай. Г. А. Тихов говорил, что кофе всегда нужно «запанцовывать» чаем. Это было единственное полуиностранное слово, которое допускалось в разговор.

Применение астрофизических методов

Г. А. Тихов больше известен как астрофизик, поэтому мы и начали с рассказа о его астрофизических работах, однако не меньший интерес представляют его исследования земной атмосферы, являющиеся большим вкладом в метеорологические науки, в физику атмосферы и будущую космическую метеорологию. К сожалению, многие идеи и методы Гавриила Адриановича не были изучены и использованы метеорологами, но в настоящее время ссылки на Г. А. Тихова в метеорологической и геофизической литературе встречаются чаще, чем даже в астрофизической. Как уже упоминалось, самое первое экспериментальное исследование Г. А. Тихова 15 ноября 1899 г. было посвящено верхней атмосфере, хотя сама метеорная астрономия причислена к астрономическим наукам. Вместе с тремя французскими аэронавтами Г. А. Тихов поднялся на воздушном шаре для наблюдений метеорного дождя леонид [3].

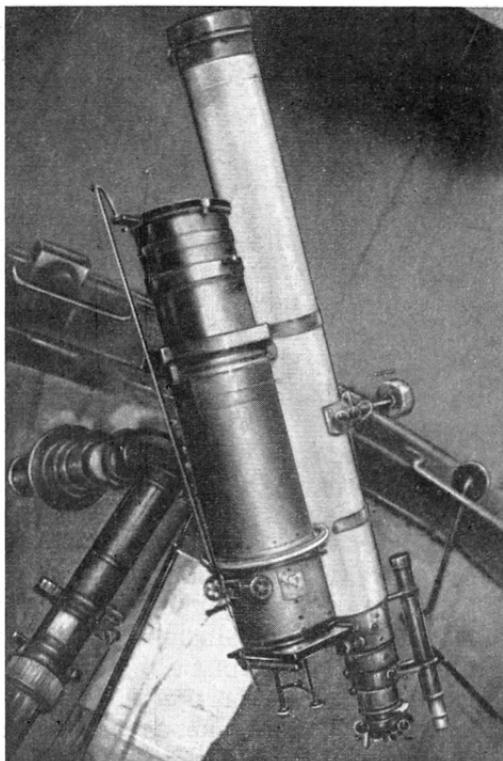
Вторая работа, выполненная на вершине Монблана и проходившая под руководством Ж. Жансена, также имеет скорее метеорологическую, чем астрофизическую, направленность, так как при помощи астрофизической аппаратуры Г. А. Тихов спектрографировал атмосферные полосы O_2 с высоким спектральным разрешением. Результаты работы не были опубликованы.

Не только в конце XIX в., но и в нашу эпоху технического прогресса в среде научно-технической интеллигенции можно услышать высказывания о том, что классическая астрономия — это косвенная наука, далекая от конкретной практической деятельности. Г. А. Тихов неустанно боролся против подобных упрощенных взглядов, наглядно показывая, что любая наука, и астрономия в том числе, может и должна приносить реальную пользу лю-



Спектральный прибор для воспроизведения мерцания звезд.

дям. В качестве примера можно привести применение Г. А. Тиховым астрофизических методов для исследования земной атмосферы. Одной из первых работ прикладного значения явилась публикация 1912 г. о мерцании звезд [35, 38]. Г. А. Тихов подряд сфотографировал несколько спектров мерцающих светил в близкие моменты времени. Непрерывное фотографирование удалось осуществить в результате суточного движения светил в поле зрения камеры бредихинского астрографа при остановленном часовом механизме. Затем это мерцание он воспроизводил с кинематографической точностью при помощи лабораторного спектрографа. Изобретенное устройство является весьма ценным для методистов и лекторов при публичных выступлениях. Г. А. Тихову при помощи



Бредихинский астрограф.

этого метода удалось зарегистрировать вспышку голубых лучей в спектре Венеры, наблюдавшуюся один раз за 122 мин непрерывной записи мерцания планеты. Г. А. Тихов сделал далеко идущий вывод о том, «какой интерес представляет систематическое фотографирование мерцания звезд для изучения поглощательных свойств земной атмосферы» [209, с. 51]. Любопытно, что именно мерцание Сириуса явилось одной из причин, приковавших внимание юного Г. А. Тихова к небесным явлениям и определивших его призвание. Второй причиной, углубившей это намерение, явилось чтение книг К. Фламариона по астрономии и метеорологии.

В подробной статье о мерцании звезд [42] Г. А. Тихов описывает атмосферные волны, достигающие нескольких

метров в длину, а также более мелкие — около 1 дм. Наличие таких движущихся волн и вызывает мерцание светил с изменением цвета до 100 раз в секунду. Фотографическая регистрация дрожания и мерцания звезд производится ныне на многих обсерваториях с целью изучения астроклимата.

В исследовании [44, 45], посвященном пепельному свету Луны, сфотографированному сквозь светофильтры, Г. А. Тихов хотел выяснить свойства рассеяния разных лучей спектра Землю. В то время это было единственной возможностью взглянуть на Землю из Космоса. Было определено спектральное альbedo системы «Земля—атмосфера» и показано, что при наблюдении с Луны Земля имеет голубоватый оттенок. Г. А. Тихов пришел к правильному выводу о том, что рассеяние внешнего света производится почти исключительно газовой оболочкой Земли и слоями аэрозолей. Эти принципы, обоснованные и развитые Г. А. Тиховым, широко использованы в космическом земледении.

При фотографировании пепельного света Луны Г. А. Тихов разработал оригинальный метод призменного спутника изображения, позволяющий получить с той же выдержкой и на той же фотопластинке одновременно и снимок серпа самой Луны. Обычно при таком экспонировании серп получается сильно передержанным, и его фотометрировать нельзя. В методе Г. А. Тихова получаются хорошие негативы и серпа, и пепельного света. Результаты наблюдений привели к заключению, что Земля рассеивает сильнее лучи более коротких длин волн. После разделения рассеянного излучения на две составляющие, одна из которых связана с длиной волны законом Рэлея, а другая практически не зависит от длины волны, так как обусловлена рассеянием на крупных аэрозолях, выяснилось, что это рассеяние в значительной мере связано с молекулами и очень мелкими частицами. Одновременно был сделан вывод о том, что твердая и водная части поверхности Земли играют очень слабую роль в рассеянии внешнего излучения, и поэтому было бы бессмысленным искать полосы хлорофилла в спектре пепельного света. Ради объективности Г. А. Тихов все же отмечает, что спектр пепельного света содержит больше информации, чем фильтровые измерения. К сожалению, техника того времени и недостаток чувствительности фотографических

эмульсий не дали возможности использовать это преимущество, и Г. А. Тихов продолжает развивать фильтровые методы. В рассматриваемой статье [45] Г. А. Тихов пишет, что цвет Земли в целом представляет собой смесь нормальной синевы неба со значительным количеством белого света, иными словами, Земля имеет цвет сильно белесоватого неба. Смотри на Землю из космического пространства, мы увидели бы диск указанного цвета и едва различили бы непосредственно земную поверхность. Громадная часть падающего на Землю солнечного света рассеивается атмосферой прежде, чем доходит до поверхности Земли. В дальнейшем космические полеты внесли поправку в это утверждение, так как горизонтальная и вертикальная неоднородности приводят к появлению участков повышенной прозрачности, что позволяет фотографировать и отчетливо наблюдать многие образования на подстилающей поверхности, причем замутненные участки атмосферы играют меньшую роль, чем это предполагалось из приближенных теоретических соображений, особенно при наблюдениях в подспутниковой области поля зрения.

Определение и уточнение цвета Земли, рассматриваемой из Космоса, было продолжено в 1924 г. [106]. При более точных фотометрических исследованиях оказалось, что пепельный свет Луны менее красный, чем цвет лунного серпа, освещенного прямыми лучами Солнца. Специальный показатель цвета у него в среднем на 0^m4 меньше, чем показатель цвета серпа. Однако пепельный свет Луны остается красноватым по отношению к белому стандартному источнику излучения. Специальный показатель цвета Земли относительно Солнца $CI = -0^m4$. Так как специальный показатель цвета звезд класса G , к которому относят Солнце, $CI = +0^m7$, то показатель цвета Земли получается $CI = 0^m7 - 0^m4 = +0^m3$, что соответствует голубоватым звездам спектрального класса F . Это обусловлено влиянием атмосферы. Как легко понять из вышесказанного, наблюдения пепельного света Луны чрезвычайно трудны и требуют от наблюдателя большого искусства, а также исключительно хороших погодных условий в месте наблюдения в течение нескольких часов, т. е. это довольно редкое явление, наблюдающееся вообще не чаще двух раз в месяц, и его нельзя причислить к регулярным исследованиям земной атмосферы, как того тре-

бует служба погоды. Поэтому Г. А. Тихов сопровождает наблюдения пепельного света регулярными наблюдениями цвета неба с поверхности Земли.

Свою работу, опубликованную еще в 1914 г. [46], Г. А. Тихов начал словами о том, что степень синевы неба является одной из важнейших характеристик чистоты воздуха и прозрачности атмосферы. При этом он замечает, что в теоретическом отношении наилучшим способом определения цвета неба следует считать спектрофотометрический. Ввиду сложности и малой чувствительности спектрофотометрической аппаратуры Г. А. Тихов создал относительно простой и чувствительный прибор — фотоцианометр, в котором синева поля сравнения воспроизводила синеву неба в соответствии с законом Рэлея. Однако первая модель фотоцианометра была все же довольно сложной и не могла получить широкого практического применения. Вскоре Г. А. Тихов разработал более совершенный прибор. Хорошо зная историю науки и внимательно проанализировав наблюдения античных исследователей и их описания природы вплоть до библейских текстов, Г. А. Тихов заметил, что в библейские времена синева неба именовалась сапфирной. Вероятно, тогда над Средиземноморьем небо отличалось очень глубокой синевой. Исходя из того, что античные наблюдатели и историки уделяли очень большое внимание точнейшему описанию всевозможных оттенков цветов, драгоценных камней, моря и неба, Г. А. Тихов изучил все имеющиеся разновидности сапфиров и нашел среди них образцы, которые позволяют весьма точно воспроизвести синеву неба. Сапфир обладает также двойным лучепреломлением, необыкновенный луч в нем распространяется быстрее обыкновенного. Поглощение света в таких цветных кристаллах зависит от скорости распространения электромагнитной волны, поэтому обыкновенный луч поглощается сильнее, чем необыкновенный. Кроме того, поглощение того и другого луча по-разному зависит от длины волны. Наибольшего различия скорости распространения достигают в направлении, перпендикулярном оптической оси кристалла. Поэтому из пластинки сапфира выходят обыкновенные и необыкновенные лучи, поляризованные во взаимно перпендикулярных плоскостях и окрашенные по-разному. Это явление называется дихроизмом кристаллов. На основе этих свойств был сконструирован специальный сал-

фирный цианометр, позволяющий измерять яркость, цвет и поляризацию неба по отношению к прямому солнечному излучению. Первые же наблюдения привели к следующим выводам: 1) наибольшей густоты цвет неба достигает утром и вечером; 2) при одинаковых высотах Солнца сапфирность неба утром больше, чем вечером; 3) наибольшей белесоватости небо достигает после полудня, что совпадает с наибольшей температурой воздуха. Последнее косвенно связано с влажностью.

В 1943 г. Г. А. Тиховым и его сотрудниками были получены результаты наблюдений прозрачности атмосферы над хребтом Каратау в Ачисае и Байджансае с целью поисков места для будущих наблюдений планет [167]. Район Ачисая оказался значительно менее запыленным, чем Байджансай, или Сухой Хребет (Кумбель около Алма-Аты на высоте более 3000 м над уровнем моря). Небо над Ачисаем было несколько ярче и значительно сапфирнее, чем над Байджансаем. На угловом расстоянии 30° и 45° от Солнца небо над Ачисаем было темнее, чем над Сухим Хребтом. Это означает, что рассеяние света в исследуемом районе было меньше и, следовательно, прозрачность выше. Г. А. Тихов утверждал впоследствии, что Ачисай был рекордным местом в отношении цвета неба, а Сухой Хребет — по темноте дневного неба. Результаты многолетних исследований привели Г. А. Тихова к выводу о том, что современную обсерваторию, оснащенную большим планетным телескопом и другими дорогостоящими инструментами, следует строить на высокогорном плато вдали от населенных пунктов, загрязняющих атмосферу промышленными отходами и создающих дополнительную подсветку. Существует мнение, что обсерватории нужно строить на изолированных вершинах. Г. А. Тихов был не согласен с этим, так как в этих условиях создаются потоки воздуха, сильно искажающие изображение светила в телескопе. По этой же причине не следует устанавливать телескопы на склонах, хотя для жилых комплексов и служебных помещений склоны горных хребтов, защищенные от холодных ветров и штормов, кажутся более привлекательными. Идеи Г. А. Тихова легли в основу теории астроклимата обсерваторий.

С получением обширного наблюдательного материала Г. А. Тихов еще в 1923 г. приступил к получению и обработке спектрограмм ясного дневного неба [93]. Как уже

говорилось, он исходил из того, что спектральная яркость рассеянного света складывается из рэлеевского и нерэлеевского компонентов. Используя явление поляризации, удалось разделить оба компонента. Подобный метод оценки аэрозольных слоев, впоследствии развитый В. А. Амбарцумяном и В. В. Соболевым, а за рубежом С. Чандрасекаром и Х. К. Ван де Хюлстом, получил применение в космическом земледении.

В связи с возросшим интересом к наблюдению подстилающей поверхности с летательных аппаратов потребовался учет искажающего влияния дымки. Г. А. Тихов провел детальное исследование поляризации излучения, рассеянного воздухом и земными предметами. При этом он использовал призмы Николя и полярископ Савара, при наблюдении в окуляр которого можно заметить радужные интерференционные полосы, тем более интенсивные, чем больше степень поляризации в плоскости прибора. Известно, что наибольшее количество прямолинейно поляризованной радиации наблюдается в вертикале Солнца на расстоянии 90° от него. Наблюдения показали, что поляризация увеличивается с ростом прозрачности. При наблюдениях сверху вниз поляризация воздуха достигает наибольшего значения в двух полуплоскостях, азимуты которых отличаются на $\pm 90^\circ$ от азимута Солнца.

Водяная дымка также сильно поляризует рассеянное излучение. При сильном нагреве подстилающей поверхности возникает оптическая неоднородность воздуха, при этом вся масса воздуха между наблюдателем и отдаленными предметами состоит из множества теплых и холодных столбиков. Внутри каждого столбика показатель преломления почти постоянен, но в холодных более плотных столбиках он больше. Эта анизотропия и приводит к поляризации. При изучении механических загрязнителей воздуха выяснилось, что у дыма и пыли отсутствует положительная поляризация. При фотографировании отдаленных предметов через полярископ Савара выяснилось, что поляризация рассеянного воздухом света сильнее при азимутах, отличающихся на 135° от азимута Солнца, чем в плоскости рассеяния в противоположном Солнцу направлении. Из более близких поверхностей сильнее всего поляризует свет вода. Поляризация воздуха при наблюдении отдаленных предметов такая же, как и у близких к горизонту частей неба. На расстоянии

135° от Солнца колебания прямолинейно поляризованного излучения происходят наклонно к горизонту.

Несколько особняком стоит работа Г. А. Тихова о дисперсии. Еще в 1918 г. при наблюдениях противостояния Марса, размышляя о причинах плохих изображений и путях их улучшения, Г. А. Тихов обратился к явлению дисперсии света в земной атмосфере, вследствие которой звезды близ горизонта представляются вертикальными спектрами около 30'' длиной. В поисках участка спектра, где атмосферные искажения минимальны, Г. А. Тихов стал изучать аномальную дисперсию вблизи сильных теллурических линий поглощения. Он предположил, что атмосферная дисперсия зависит от электрического состояния и от земного магнетизма. В 1935 г. он опубликовал статью, посвященную обнаружению аномальной дисперсии в теллурических линиях O_2 [136].

С наблюдениями дисперсии тесно связаны и наблюдения горизонтальной рефракции, которые Г. А. Тихов вел по появлению верхнего края восходящего Солнца в Пулкове в 1925—1926 гг. В 1940 г. появилась работа Г. А. Тихова о зависимости цвета белой поверхности от высоты Солнца [146]. Измерение люксометром через светофильтры показали, что между высотами Солнца $H_{\odot} = 53^{\circ}$ и 16° изменение освещенности в желтом и зеленом участках спектра происходит аналогично изменению полной освещенности в интегральном потоке. Освещенность в голубом и синем участках немного превосходит последнюю, что можно объяснить погрешностью метода. Средние значения освещенности в разные дни при одинаковых высотах Солнца различны. Вообще освещенность белой поверхности в течение дня практически не сопровождается изменением цвета. При обработке спектральных наблюдений было отмечено также уменьшение синевы при погружении Солнца ниже $H_{\odot} = 4^{\circ}$, однако это можно отнести за счет увеличения выдержек.

Многообразная научная деятельность Г. А. Тихова и его последователей в изучении атмосферы привела к созданию фундамента для широкого использования астрофизических методов в атмосферной оптике и метеорологии. Дальнейшее развитие астрофизики было бы невозможным без детального изучения оптических свойств земной атмосферы, создающей разнообразные помехи при наблюдениях небесных светил.

Исследования Марса и Солнца

По сложившейся традиции максимальное число наблюдений Марса проводится во время великих противостояний, происходящих с интервалами в 15—17 лет. В эти периоды Марс приближается к Земле на расстояние всего лишь 55 000 000 км, его угловой диаметр составляет 25", что создает более благоприятные условия для наблюдений в небольшие телескопы и при фотографировании в прямом фокусе. Так, например, при фотографировании Марса в фокусе 30-дюймового пулковского рефрактора, когда-то считавшегося крупнейшим в мире, диаметр изображения Марса на негативе достигает 1.5 мм, что позволяло проводить микрометрические измерения отдельных деталей поверхности планет. Во время великого противостояния Марс паходится ближе не только к Земле, но и к Солнцу, следовательно, увеличивается яркость его поверхности. Это также благоприятно при наблюдениях. Однако контраст деталей при этом зачастую понижен, а прозрачность атмосферы Марса уменьшается вследствие повышения температуры поверхности.

Описываемые ниже наблюдения Марса совпадают с расцветом астрофотографии, которой с каждым годом придавалось все большее значение по сравнению с классическими визуальными методами.

В результате неоднократных наблюдений было замечено, что при фотографировании небесных светил изображения получаютя более отчетливыми в длинноволновой области спектра — в зеленых, желтых и красных лучах. В соответствии с этим пулковский 30-дюймовый рефрактор был специально ахроматизирован именно для указан-

ной области спектра. С 20 июля по 30 августа 1909 г.* по специальному распоряжению А. А. Белопольского этот инструмент был предоставлен Г. А. Тихову для фотографирования Марса. Большую помощь в проведении этих работ оказывал студент Санкт-Петербургского университета Н. Н. Калитин, впоследствии ставший выдающимся специалистом по аэрофотометрии [21]. Это событие было настолько важным, что А. А. Белопольский свои исследования проводил на меньшем бредихинском астрографе, и его звездный спектрограф был отвинчен от большого рефрактора.

Впервые в планетной астрономии для усиления контраста Г. А. Тихов применил специально подобранные цветные светофильтры [25]. Контраст действительно увеличился, и это явилось доказательством реальности цветовых различий между отдельными деталями поверхности Марса, обнаруженных при многочисленных визуальных наблюдениях. Светофильтры существенно ослабили влияние хроматической аберрации, так как при каждом из них проводилась независимая фокусировка. Ввиду малой высоты Марса ($H_s = 28^\circ$) на широте Пулкова необходимо было максимально ослабить атмосферные искажения, используя участки спектра, в которых показатель преломления воздуха мал, а световой поток от Марса достаточно велик. Это достигалось применением красного светофильтра. В результате своих исследований Г. А. Тихов получил несколько десятков негативов со снимками Марса, из которых было отобрано шестнадцать наилучших. На каждом из них поместилось около тридцати снимков Марса [Л. 23].

Предварительный отчет о работе был представлен на заседании физико-математического отделения Академии наук 7 октября 1909 г. На снимках Марса, кроме главных деталей, Г. А. Тихов сразу же сфотографировал пять «каналов»: Ксантус, Скамандер, Симоис, Тартарус, Церберус. Эти образования иногда называют проливами ввиду их заметной ширины.

Подробный отчет о фотографировании Марса в 1909 г. Г. А. Тихов представил на заседании Отделения физико-

* Наблюдения производились несколько ранее противостояния Марса, поскольку звездный спектрограф был необходим для других работ.

математических наук 26 мая 1910 г. Успех этой работы в значительной степени был обусловлен тем, что Г. А. Тихов обстоятельно исследовал свойства 30-дюймового рефрактора, обратив внимание на то, что такие длиннофокусные (14 м) телескопы пригодны при детальном изучении поверхности Марса и других планет. Однако он считал, что для многих целей удобнее использовать короткофокусные телескопы, так как в случае необходимости их легко превратить в длиннофокусные, добавив небольшой рассеивающий объектив. Изучая снимки Марса, Г. А. Тихов пришел к выводу, что южное полярное пятно в красных лучах значительно слабее пятен, соответствующих Элладе, Авзонии, Эридании, Элизиуму и другим материкам. При этом полярное пятно чрезвычайно интенсивно отражает зеленые лучи. Таким образом, полярное пятно на Южном полюсе Марса оказалось зеленоватым и сравнимым скорее со льдом, чем со снегом.

Так как противостояние в 1909 г. было 24 сентября, то в период наблюдений Марса на всех снимках обнаруживалась небольшая фаза.* В результате обработки снимков было установлено, что материка Марса по сравнению с его морями отражают больше оранжевых и красных лучей, однако и в зеленых лучах они также немного ярче. В красных лучах моря весьма темны, а в зеленых дают очень светлые отпечатки. Каналы хорошо выделяются на красных снимках и почти совершенно исчезают на зеленых. Моря образуют почти непрерывный пояс, идущий вокруг Южного полушария Марса. Вокруг полярного пятна видно Море Южное.

Если внимательно наблюдать за утренним краем Марса, когда нет ущерба от фазы, то можно заметить, что детали его поверхности несколько расплывчаты, причем гораздо сильнее на зеленых снимках, чем на красных. Эти явления Г. А. Тихов объяснил влиянием атмосферы, допуская, что, подобно земной атмосфере, она поглощает и рассеивает зеленые лучи сильнее, чем красные. Чтобы усилить контраст и одновременно сделать результаты фотографических наблюдений Марса более наглядными, Г. А. Тихов применил метод двухцветного фотографирования при помощи так называемой пинатипии. Он под-

* Появление фазы объясняется тем, что Г. А. Тихов наблюдал Марс несколько ранее противостояния.

готовил великолепные диапозитивы, составленные из красного и зеленого снимков. Для этого черно-белые отпечатки, полученные при фотографировании сквозь красный и зеленый светофильтры, были окрашены соответствующими красителями, так что в результате получался цветной диапозитив как при фотографировании на цветную фотопленку. Подбирая соответствующие красители, Г. А. Тихов добился наилучшего сходства цветного изображения Марса на экране диапроектора с тем изображением, которое он сам видел в окуляр телескопа.

Во время промежуточного противостояния Марса 1911 г. были получены новые данные. На снимках желто-оранжевых и оранжево-красных, и особенно на красных, полярное пятно было темнее материков на негативном изображении. Следовательно, можно было сделать вывод, что вещество полярного пятна не столь белое, как снег. Влияние атмосферы Марса исключалось путем сравнения полярного пятна с материками, также расположенными на краях диска. Аналогичные колориметрические исследования земных образцов позволили отыскать среди них образец льда, обнаруживший те же оптические свойства. На основании этого Г. А. Тихов выдвинул следующую гипотезу образования полярных пятен: с наступлением холодов в области соответствующего полюса жидкость начинает замерзать, мало-помалу этот лед покрывается инеем, не достигающим значительной толщины; с наступлением весны прежде всего исчезает иней, и полярное пятно принимает голубовато-зеленоватую окраску. Впоследствии будет полностью доказано, что слой инея чрезвычайно тонок; основным веществом полярных шапок ученые будут считать конденсат, содержащий не только лед H_2O , но также гидраты CO_2 и клатраты — особую форму твердого раствора, когда в полостях кристаллической структуры растворителя помещаются одиночные молекулы газа.

При изложении результатов наблюдений 1909 г. обсуждался вопрос о растительности на Марсе, сходной с земной. После публикации работ К. А. Тимирязева возможность обнаружения растительности на планете однозначно связывалась с проблемой обнаружения в спектре Марса полосы поглощения хлорофилла. В связи с этим Г. А. Тихов получил спектр солнечного света, отраженного от зеленых листьев, и указал на отличие его от

спектра Солнца или спектра голубого неба. Он заметил, что спектры растений не содержат все полосы хлорофилла, которые обнаруживаются в спектре спиртовой вытяжки его. Поэтому в дальнейшем в спектрах Марса производились поиски только тех полос хлорофилла, которые наиболее отчетливы в спектрах зеленых растений. Аналогичные наблюдения спектра Марса производились и ранее. Например, в 1867 г. У. Хёггинс, в 1873 г. Г. Фогель и в 1877 г. Э. Маундер утверждали, что видели очень слабую полосу при $\lambda = 669.6$ нм; в 1894 г. супруги Хёггинс и Г. Фогель уже не упоминают об этой полосе. Некоторые авторы приписывали эту полосу марсианской атмосфере. В 1895 г. Льюис Джебелл предложил искать эту полосу отдельно в спектрах морей и континентов Марса.

Г. А. Тихов видоизменил метод Джебелла, применив в качестве светофильтра кювету со спиртовой вытяжкой хлорофилла, а затем заменил его идентичным сухим светофильтром.

Фильтровый метод Г. А. Тихов применил также и к Сатурну, условия видимости которого в этот же период оказались благоприятными для наблюдений в Пулковке. Это дало ему возможность сделать выводы об атмосфере Сатурна и строении его колец. Таким образом, было установлено, что светофильтры, несмотря на несовершенство их приготовления, дают возможность более глубокого изучения физического строения планет. Их применение дополняет спектральные исследования и позволяет перейти к задачам, еще не доступным спектральному анализу вследствие технической затрудненности, главным образом недостатка чувствительности фотоэмульсий к некоторым участкам спектра. Прогноз Г. А. Тихова перспективности фильтровых и фотографических исследований в дальнейшем полностью оправдался. Несмотря на развитие более чувствительной и точной фотоэлектрической методики, фотографический метод будет долго оставаться на вооружении астрономии.

Большое количество визуальных зарисовок Марса было сделано Г. А. Тиховым во время промежуточных противостояний 1918 (4 III—25 V), 1920 (23 III—19 VI) и 1948 (5 II—3 III) годов. Противостояние 1918 г. интересно тем, что в отличие от великих противостояний в Северном полушарии Марса было лето, а в Южном — зима.

Через зеленый, а иногда через красный светофильтры на диске Марса часто были видны светлые полосы, пересекающие диск в разных направлениях. Это облачные образования, которые лучше видны в синих и зеленых лучах. Г. А. Тихов считал, что светлые ободки вокруг темных пятен являются снежными осадками. В местах восхода и заката Солнца были видны светлые пятна, иногда превосходящие по яркости полярные шапки [Л. 13]. 6 апреля 1918 г. в зеленых лучах было видно светлое яркое круглое пятнышко, выступающее за край диска и расположенное на вечернем крае диска. 11, 16 и 22 апреля в зеленый фильтр были хорошо видны темные области Марса, южные моря и Ацидалийское море. Темные образования были видны особенно отчетливо через красный фильтр. Иногда особенно резко выделялся Большой Сирт. Во время противостояния 1920 г. наблюдались аналогичные явления в атмосфере и на поверхности Марса. 9 мая 1920 г. над обоими полушариями Марса сквозь зеленый фильтр наблюдалась мгла, имевшая отчетливый зеленый цвет. Большой Сирт представлял собой самое темное место на диске. При наблюдении без фильтра Северное полушарие выглядело коричневым, а Южное — зеленоватым.

Противостояние 1948 г. Г. А. Тихов наблюдал в Ташкенте. Во время наблюдений было замечено, что моря на краях диска отчетливо имели зеленоватый оттенок, исчезающий при переходе морей к центральному меридиану. Каналы не были видны ни разу в отличие от наблюдений 1918 и 1920 гг. Темный ободок вокруг северной полярной шапки выглядел самым темным образованием на диске Марса.

В 1918 и 1920 гг. Г. А. Тихов проводил наблюдения в спектроскоп и не смог обнаружить главную полосу поглощения хлорофилла в красном участке спектра. 20 апреля 1918 г. велись наблюдения Марса через призму Николя и пластинку турмалина, при вращении которых не было замечено никаких изменений контрастов.

Одна из важных особенностей организации наблюдений Марса заключалась в том, что Г. А. Тихов объединил астрофизические и метеорологические методы. Кроме того, без детального исследования атмосферы Земли невозможно было организовать всесторонние исследования атмосферы других светил, особенно Марса, атмосфера которого в какой-то мере аналогична земной.

Интерпретация результатов исследований поверхности планет, рассматриваемых сквозь их атмосферу и атмосферу Земли с количественным учетом искажающего действия атмосферы, является второй особенностью. Выбор места для проведения наблюдений также требует учета метеорологических условий и астроклиматических характеристик.

Третьей особенностью явилась разработка экспериментов, позволивших с наименьшей затратой времени дать ответ на основные вопросы, от которых зависела оценка достоверности гипотезы. По сути дела, это было оптимальным планированием эксперимента. Так, например, при фотометрии планет со светофильтрами многие исследователи получают громадное количество фотометрических разрезов в различных участках спектра, причем интенсивность излучения в каждой точке выражается в абсолютных единицах. Однако этот огромный материал очень редко дает однозначный ответ на поставленные вопросы о составе и фактуре поверхности и о рассеивающих свойствах атмосферы даже после сравнения со множеством лабораторных образцов. Г. А. Тихов ставил свой эксперимент таким образом, что его результат давал ответ как бы в двоичной системе: «да—нет», «больше—меньше», «ярче—темнее», «краснее—синее». Такой метод сразу дает возможность поставить альтернативу и решить вопрос в пользу одной из противоположных гипотез. Одной из таких альтернатив была дискуссия на тему, отчего зависит окраска Марса: от цвета поверхности или от искажающего влияния атмосферы? От решения этого вопроса зависела оценка плотности атмосферы, а также реальности изменений оттенков подстилающей поверхности.

После великого противостояния 1909 г. Г. А. Тихов длительное время занимался приведением в порядок и обработкой наблюдений Марса, приведших к поразительным открытиям: обнаружению атмосферы с неизвестным составом и давлением, установлению наличия воды и подтверждению реальности цветовых контрастов. Он тщательно готовился к наблюдениям частного солнечного затмения 17 апреля 1912 г. в Пулковке. Ему удалось получить на бредихинском астрографе главные спектральные линии хромосферы и протуберанцев. Затем началась подготовка к наблюдениям полного солнечного затмения

21 августа 1914 г. Был выбран пункт на полосе полной фазы в усадьбе Ставидлы близ железнодорожной станции Каменка Киевской губернии. В Ставидлах Г. А. Тихов измерял цвет, яркость и поляризацию неба.

В 1921 г. Г. А. Тихов принял участие в экспедиции на о-в Кильдин в Северный Ледовитый океан [91].

Остров Кильдин расположен севернее Мурманска, и экспедиция пулковских астрономов на этот остров под руководством Г. А. Тихова представляла собой одну из самых интересных экспедиций тех трудных лет. Она была малочисленной, в ней участвовало всего шесть человек. Экспедиция выехала из Пулкова 30 июля 1921 г. и возвратилась 6 сентября 1921 г. Наблюдения производились со становища Могильного. В отчете экспедиции говорится о том, что приборы были установлены у самого обрыва скалистого берега Кильдина. Главной задачей экспедиции являлось исследование атмосферной дисперсии, а также изучение качества изображений звезд, прозрачности и поляризации воздуха, наблюдения яркости и цвета неба, эффекта понижения видимого горизонта и явления аномальной рефракции с целью объяснения наблюдавшихся над островом миражей. Попутно производилось обязательное измерение главнейших метеорологических элементов. Как и предыдущие экспедиции, возглавляемые Г. А. Тиховым, эта экспедиция прошла успешно. В результате удалось собрать огромный материал в этом трудно доступном месте Заполярья.

Следующее затмение наблюдалось в Алма-Ате 21 сентября 1941 г. Основной целью наблюдений группы Г. А. Тихова было исследование солнечной короны и сравнение данных с результатами, полученными в 1927 и 1936 гг. на той же аппаратуре. Во время полной фазы затмения небо над Алма-Атой было безоблачным, и Г. А. Тихов трижды сфотографировал корону в четырех участках спектра. При помощи этих снимков удалось определить цвет и температуру короны. Оказалось, что температура короны, определенная по ее цвету, близка к температуре фотосферы и постепенно повышается при удалении от края диска. Визуально корона кажется одноцветной, белой, серебристой или желтоватой. Был получен большой материал и с помощью других инструментов, обработка которого проводилась в течение всех военных лет в Алма-Ате. В конце 1945 г. на заседании Пре-

зидума Казахского филиала Академии наук СССР Г. А. Тихов подвел итоги многолетних наблюдений Марса, охватывающих три великих противостояния [160].

В этом же году за большие заслуги в развитии астрономии и в связи с 70-летием со дня рождения Г. А. Тихова наградили орденом Трудового Красного Знамени. Отклики на семидесятилетний юбилей Г. А. Тихова продолжали появляться в печати несколько лет подряд и завершились уже к его 75-летию в 1950 г. выходом в свет юбилейного сборника Известий АН КазССР, названного астроботанической серией, в котором собраны наиболее полные материалы о его жизни и деятельности и помещен довольно подробный список печатных работ. В 1946 г. Г. А. Тихов был избран действительным членом АН КазССР, и лишь через три года его утвердили в звании профессора. В феврале 1946 г. за многолетнюю и плодотворную деятельность в различных областях астрономии и в особенности в исследованиях Марса, приведших ученого к созданию новой науки — астроботаники, Г. А. Тихову было присвоено звание заслуженного деятеля науки Казахской ССР. Уже в ноябре 1947 г. Гавриил Адрианович возглавил специально учрежденный Сектор астроботаники при Президиуме АН КазССР, задачей которого было прогнозирование условий и возможности жизни на других планетах. Первоначально работы по астроботанике велись в Институте астрономии и физики АН КазССР, возглавлявшемся академиком В. Г. Фесенковым.

Помимо научной деятельности, Г. А. Тихов вел большую общественную работу. Он читал лекции в Обществе по распространению политических и научных званий, в 1947 г. был избран депутатом в Верховный Совет КазССР по Талгарскому избирательному округу. За годы, прожитые в Алма-Ате, Г. А. Тихов полюбил этот город и в числе немногих ученых по окончании войны отказался вернуться в Пулково. По его выражению, он «пустил корни в Алма-Ате».

Во время великого противостояния Марса 1956 г. Г. А. Тихову удалось организовать наблюдения по обширной программе. Сектор астроботаники приобрел астрономический зеркальный телескоп системы Д. Д. Максудова АЗТ-7 с приставкой, доведившей эквивалентный фокус до 10 м. Этот инструмент был изготовлен для ис-



Менисковый телескоп Д. Д. Максутова
АЗТ-7 в Алма-Ате.

следования астроклимата, но его с успехом можно было применять при наблюдениях Марса. Была проведена большая серия визуальных зарисовок сквозь светофильтры, получены фотографические снимки Марса, осуществлены спектральные и фотоэлектрические наблюдения, во время которых впервые детально исследовалось уменьшение контраста в красной и желтой частях спектра почти на всей видимой полусфере Марса. Тогда это интерпретировалось как результат пылевой бури, т. е. атмосферной дымки. Основной заслугой Г. А. Тихова можно считать сочетание визуального и фотографического методов исследования планет. Фотографический метод менее информативен, но зато более объективен. По С. К. Ко-

стинскому, фотографический метод обладает тремя достоинствами: документальностью, моментальностью и интегральностью. Визуальные методы в видимой области спектра имеют высокую чувствительность и дают большой объем информации. Г. А. Тиховым было объективно показано, что на Марсе есть атмосфера, получено новое доказательство наличия воды, подтверждены реальные различия в цвете и спектре между морями и материками. Реальными оказались также вариации цвета и яркости некоторых областей, чаще всего наиболее темных. В 1956 г. Г. А. Тихов снова обратил внимание на то, что при визуальных наблюдениях в периоды резких улучшений видимости на темных местах Южного полушария была заметна сильная пятнистость.

В своей последней статье о наблюдениях Марса [221] Г. А. Тихов нарисовал перспективы дальнейших исследований, при этом большое значение он придавал планетному телескопу с диаметром зеркала 70 см, который к этому времени был уже заказан. В этой же статье Гавриил Адрианович раскрыл планы Сектора астроботаники, наметив проведение специальных экспедиций для изучения качества изображения планет в ряде наиболее подходящих мест Казахстана.

Исследования астроклимата

Вопросами чистоты и прозрачности атмосферы Г. А. Тихов занимался с самого начала своей научной деятельности в Пулкове.

Еще в 1906 г. Г. А. Тихов и А. П. Ганский провели экспедицию в Крым, одной из задач которой было изучение качества изображений звезд [8]. В настоящее время в Крыму расположено несколько астрономических обсерваторий, одна из которых — крупнейшая в СССР Крымская астрофизическая обсерватория. В 1914 г. в своем докладе на II Менделеевском съезде о фотографической регистрации мерцания звезд Г. А. Тихов указал на большой интерес, который представляет систематическое фотографирование мерцания звезд для изучения поглощательных свойств земной атмосферы. В 1913 г., популярно излагая теорию мерцания звезд [42], Г. А. Тихов обуславливает мерцание двумя причинами: дисперсией света в атмосфере и воздушными волнами, достигающими нескольких метров в длину. Он упоминает также и о более коротких волнах около одного дециметра. При этом параметры мерцания в сильной степени зависят от погоды.

В 1914 г. Г. А. Тихов создал конструкцию нового цианометра [46], при помощи которого он измерял цвет неба, а также поляризацию. В течение всей своей научной деятельности Г. А. Тихов использовал эти наблюдения, в частности, для изучения некоторых астроклиматических характеристик. В настоящее время хорошо известно, что поляризация связана с содержанием аэрозольных примесей в атмосфере. Прозрачность атмосферы обуславливает успех многих астрономических и в особенности астрофизических наблюдений.

Летом 1916 г. Г. А. Тихов провел наблюдения чистоты и прозрачности атмосферы на Кавказе в целях выбора места для высокогорной научной станции [59]. Наблюдения проводились при помощи цианометров, кварцевого спектрографа и фотополяриметров Корню. Параллельные наблюдения проводились на двух высотах парными приборами. Максимальная высота над уровнем моря достигала 4300 м в районе фирнового поля у горы Второй Вольгишки, давление — 444 мм рт. ст. Максимальная поляризация неба не превышала 70%, в то время как в Пулкове поляризация неба доходила до 74%. Минимальная степень поляризации так же, как и в Пулкове, снижалась до 49%. Спектральные наблюдения подтвердили, что прямое излучение Солнца в горах интенсивнее, чем на равнине, а рассеянное — слабее. На основании этого спустя несколько лет под Кисловодском была построена обсерватория для наблюдений Солнца.

Так как атмосфера не пропускает ультрафиолетовые лучи $\lambda < 2900 \text{ \AA}$, то представляет интерес исследовать солнечный спектр вблизи этой границы, которая отодвигается в сторону меньших λ при подъеме в горы. Поэтому при исследовании ультрафиолетового излучения светил приходится поднимать аппаратуру на летательных аппаратах, чтобы ослабить влияние атмосферы.

Сравнивая ультрафиолетовый конец солнечного спектра, спектрографированный на Кавказе, с данными А. Корню, полученными в Швейцарии, Г. А. Тихов утверждал, что его наблюдения соответствуют наблюдениям в Швейцарии с высоты 3000 м над уровнем моря. Для наблюдений ультрафиолетового излучения он считал необходимым использование метеорологических шаровозондов. Как известно, в настоящее время успешно развивается баллонная астрономия — летающие лаборатории и телескопы (стратолэбы и стратоскопы) с автоматической аппаратурой. В качестве основного вывода из результатов экспедиции можно считать мнение Г. А. Тихова о целесообразности постройки научной высокогорной станции на площадке Второй Вольгишки массива Казбека.

Летом 1920 г. была проведена экспедиция на Урал, где Г. А. Тихов продолжил исследования по атмосферной оптике, в том числе и описанными выше методами. Наблюдения проводились на вершине Таганая и в рай-

оне Сухо-Каменных печей, а затем в Пулкове и на маяке Осиновец на юго-западном берегу Ладожского озера. Над вершиной Таганая небо в период наблюдений было значительно более чистым, чем в сравниваемых местах [79].

Через два—три года в Пулкове Г. А. Тихов производил наблюдения ясного дневного неба с учетом поляризации [93]. Результат обработки спектрограмм показал хорошее качество астроклимата в Главной астрономической обсерватории.

Следующий этап в исследовании прозрачности и чистоты атмосферы относится к 1943 г. Он был обусловлен перебазируванием научных центров на Восток страны и поиском места для строительства планетной обсерватории. Эти наблюдения производились в Казахстане в районе горного хребта Каратау в двух пунктах: Ачисае и Байджансае. Несмотря на небольшую высоту небо оказалось здесь очень чистым, с поразительной глубиной цвета [167]. Чистота атмосферы поражала своей устойчивостью и отсутствием околосолнечного ореола. В результате этих наблюдений, проводившихся при помощи актиметра Михельсона со светофильтрами, Г. А. Тихов пришел к выводу о необходимости постановки на Ачисайской метеорологической станции систематических актиметрических наблюдений, а также измерений посредством цианометра. В дальнейшем все наблюдения в различных пунктах страны сапфирным цианометром в период с 1936 по 1944 гг. были объединены и опубликованы отдельным изданием [176].

После организации Сектора астроботаники и сосредоточения усилий на исследовании Марса и других планет поиски места для строительства планетной обсерватории на территории Казахстана получили новый импульс. Возник вопрос о разработке специального планетного телескопа. Одновременно с этим Сектор астроботаники начал регулярно проводить экспедиции в труднодоступные районы страны уже по новой тематике. Часть экспедиций была направлена в холодные и сухие высокогорья, а также в пустыни — места, в которых, как утверждается в работах Г. А. Тихова и других авторов, можно ожидать наилучшей прозрачности воздуха и других астроклиматических характеристик. Серия таких исследований была проведена при помощи сапфирного цианометра в Кир-

гизии в 1932 г. Наблюдения производились на поляне Кашка-Су в районе курорта Джеты-Огуз. Небо над Кашка-Су оказалось несколько ярче и более темно-синим, чем над Алма-Атой. В дальнейшем такие исследования продолжались. В 1955 г. их проводил специальный отдел в Пулковской обсерватории, занимавшийся исследованиями астроклимата в СССР с целью поиска места для установки 6-метрового рефлектора. Этот телескоп установлен в районе станции Зеленчукской. Здесь же была создана Специальная астрономическая обсерватория АН СССР.

Диаметр объектива, вообще говоря, определяется необходимостью получить максимальное разрешение, которое допускает атмосфера, т. е. увидеть минимально различимые детали на поверхности Марса. Таким условиям может удовлетворить телескоп с диаметром около 75 см. Использовать телескоп с большим диаметром можно было бы в полную силу только в месте, в котором в течение достаточного количества ночей в году можно получить идеальное качество изображения. Второй особенностью планетного телескопа является необходимость иметь достаточно большой эквивалентный фокус, т. е. длинное фокусное расстояние, от которого зависит масштаб изображения планеты на негативе или на щели спектрографа. Предел здесь ставится теми минимальными размерами отдельных деталей, которые допускаются данной разрешающей способностью. Такое фокусное расстояние оказывается порядка 30 м. Однако при современной технике телескопостроения нет необходимости строить телескоп с длиной трубы в 30 м, что усложнило бы его механические конструкции и архитектуру. Введение зеркала Кассегрена позволяет уменьшить эту величину почти в три раза, и длина трубы оказывается порядка 10 м.

В 1952 г. была создана специальная комиссия, которая занималась вопросами, связанными с изготовлением планетного телескопа на заводе ГОМЗ, впоследствии вошедшего в объединение ЛОМО. Большую роль в этом деле сыграла комиссия по физике планет Астрономического совета АН СССР, которую с 1949 по 1964 гг. возглавлял академик АН УССР Н. П. Барабашев (1894—1971). В том же году было принято решение об основании на Юге СССР большой специальной планетной об-

серватории, снабженной мощными астрономическими инструментами и новейшими физическими приборами. В 1953 г. совещание по вопросу о возможности жизни на других планетах в Ленинграде в своем решении обратило внимание АН СССР на необходимость принятия срочных мер по проектированию и постройке специальных больших инструментов [204]. Оформление заказа было закончено приблизительно в 1955 г., вскоре были выделены средства для его выполнения. Всего было изготовлено четыре планетных телескопа АЗТ-8. Один из них установлен на Харьковской астрономической обсерватории. Алма-атинский планетный телескоп был изготовлен уже после смерти Г. А. Тихова, когда Президиум АН КазССР принял решение о передаче астрономической тематики Сектора астроботаники в Институт астрофизики АН КазССР, вследствие чего и телескоп АЗТ-8 был установлен на Каменском Плато. Планетные исследования ведутся там и поныне под руководством члена Международного астрономического союза В. Г. Тейфеля. Получено много новых данных о планетах-гигантах.

Аэрофотометрия

Развитие индустрии и сельского хозяйства в 20—30-е годы требовало тщательного и быстрого изучения громадной территории нашей страны. Это можно было осуществить только средствами авиации. К тому времени уже существовал Государственный научно-исследовательский институт аэросъемки (НИИА), и на проходившем в Ленинграде 14—16 июня 1929 г. совещании по аэросъемке предстояло обсудить наиболее насущные задачи, стоявшие перед гражданской авиацией, и пути их осуществления. К этому времени методика самой аэросъемки была уже разработана. Регулярно получали снимки местности, но было еще не совсем ясно, как лучше использовать полученный материал в ландшафтоведении и народном хозяйстве. Поскольку НИИА сосредоточил свое внимание в основном на технических вопросах аэросъемки, для решения чисто научных задач было решено привлечь ученых Пулковской обсерватории, которые уже давно разработали методики исследования небесных светил с помощью научной фотографии. В результате прочно вошли в науку астрофотография и астрофотометрия. Однако теперь перед учеными встали научные задачи, далекие от астрономии. Естественно, что разработку этих вопросов поручили Г. А. Тихову, как пионеру в применении фотографических методов к изучению поверхности Луны и планет, и это был весьма удачный выбор научного руководителя нового направления. В докладе Г. А. Тихова на I Всесоюзном совещании по аэросъемке [119] было показано, что единственным объективным и надежным методом обработки аэрофотоснимков является метод фотографической фотометрии. Это и явилось обоснованием и фактическим началом новой науки — аэрофото-

метрии. В отличие от астрофотометрии аэрофотометрия занимается изучением протяженных объектов на поверхности Земли, и в ней используются законы и формулы фотометрии протяженных объектов или, как ее иногда называют, площадной фотометрии. Почти одновременно с Пулковской обсерваторией к решению этих важнейших задач народного хозяйства, связанных с изучением и освоением территории, был привлечен Ленинградский университет, где впоследствии науку о видимости и распознаваемости далеких предметов развивал проф. В. В. Шаронов. Совместно с Г. А. Тиховым аэрофотометрией успешно занимались Н. Н. Калитин, А. В. Марков, В. И. Друри, Е. Л. Кринов, В. А. Фаас и другие ученые.

Основной заслугой Г. А. Тихова является то, что, применив астрофизические методы в аэросъемке, он детально обосновал аэрофотометрию как науку об оптических и фотометрических свойствах ландшафтов и искусственных сооружений, измеренных с самолета, и сплотил коллектив талантливых ученых, не оставивших впоследствии аэрофотометрических исследований. Помимо НИИА, большую работу проводил также Научно-исследовательский институт геодезии и картографии (НИИГиК), в Ленинградском отделении которого работал Г. А. Тихов над выполнением различных тем, связанных так или иначе с аэрофотометрией. Фактически первой работой по аэрофотометрии можно считать книгу ефрейтора Г. А. Тихова об улучшении воздушной разведки, изданную в Киеве во время прохождения им воинской службы в 1917 г. [60]. Эти исследования были надолго прерваны гражданской войной, и никаких упоминаний об их продолжении не сохранилось.

15—17 марта 1930 г. было проведено II Всесоюзное совещание по аэросъемке, в котором приняла активное участие группа ученых во главе с Г. А. Тиховым, разрабатывавшая вопросы аэрофотометрии [121, 122]. С тех пор регулярно выходят Труды ГосНИИА, название которых несколько раз менялось. Во многих из них можно встретить статьи Г. А. Тихова. Проведение всесоюзных совещаний, большое количество вышедших в свет сборников и статей говорит об огромном практическом значении начатых исследовательских работ. Фактически успехи молодой аэрофотометрии и были главными научными достижениями аэросъемки. Благодаря исключитель-

ной тщательности и строгой научной обоснованности работ Г. А. Тихова его аэрофотометрические методы пережили их автора и впоследствии получили мощное развитие в космических исследованиях. Г. А. Тихов провел точные расчеты, позволившие оценить влияние высоты Солнца H_{\odot} над горизонтом на качество аэроснимков [126]. Это было очень важно, так как над обширной территорией нашей страны высота Солнца в полдень сильно изменяется в зависимости от широты и времени года. Кроме того, выдержка, или время экспозиции, для каждого сорта фотографических эмульсий зависит по-разному от H_{\odot} . В 1931 г. Г. А. Тихов опубликовал специальные таблицы коэффициентов активичности, позволяющие быстро находить нужную выдержку. Это дало существенную экономию фотоматериалов и снижение процента брака [121]. Разработкой этого важного для практики вопроса Г. А. Тихов продолжал заниматься и в следующем году [127].

В этот же период была организована лаборатория космической физики при научном институте им. П. Ф. Лесгафта, которая также занималась аэрофотометрическими исследованиями. С целью повышения качества аэроснимков и увеличения их контраста изучалось влияние различных областей спектра на фотографическое изображение земной поверхности. Прежде всего необходимо было фотометрически точно исследовать спектральные свойства солнечного излучения, или, иначе говоря, цвет белой поверхности, освещенной прямыми солнечными лучами и рассеянным светом неба. В июне-июле 1932 г. Г. А. Тихов производил специальные наблюдения в Пулковке при помощи люксметра с целью изучения изменения цвета белой поверхности в зависимости от высоты Солнца [134]. Измерялась освещенность горизонтальной матовой пластинки с различными светофильтрами. Наблюдения производились не только днем, но и ночью при свете Луны. Было проведено свыше 400 серий наблюдений. Здесь необходимо отметить, что дневная освещенность от Солнца и неба соответствует приблизительно цветовой температуре $T_{\text{н}} = 6000$ К, тогда как лампочка люксметра имеет $T_{\text{л}} = 2300$ К. Для устранения этого несоответствия на пути от лампочки к полю сравнения люксметра можно поместить голубой светофильтр, преобразующий цветовую температуру лампы к $T_{\text{л}} = 6000$ К, или найти теоре-

тические коэффициенты для пересчета показаний люксметра в «белые люксы». Применялось пять различных светофильтров, для каждого из которых были найдены коэффициенты пересчета. По окончании наблюдений люксметр передали во Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии для проверки. Предварительная обработка наблюдений производилась под руководством В. В. Шаронова в НИИА, а окончательная — в Пулково.

В результате было установлено, что дневная освещенность практически не меняет своего цвета и что даже голубая и синяя освещенности всего на 15% больше средней. Наблюдения при малых и отрицательных H_{\odot} показали, что при восходе и закате Солнца, а также в сумерки освещенность белой поверхности получает избыток синевы сравнительно с дневной освещенностью при высоком Солнце. Наибольшая синева наблюдается при $H_{\odot} = -3-5^{\circ}$. При еще большем опускании Солнца под горизонт избыток синевы падает. Характер изменения синевы при закате солнца в вечерних сумерках, по-видимому, несколько отличается от характера при утренней заре и восходе Солнца.

В зависимости от высоты полета самолета в той или иной степени сказывается влияние слоя атмосферы на наблюдаемые фотометрические свойства подстилающей поверхности. Для исследования этого влияния нужно было более детально изучить оптические свойства атмосферы, а также свойства ряда земных образований. Г. А. Тихов приступил к измерению коэффициента рассеяния различных объектов в визуальной и инфракрасной областях. Эти исследования развивались быстрыми темпами. Уже в 1934 г. вышло два сборника статей по аэрофотометрии под редакцией Г. А. Тихова и с его статьями [131—133]. В этих сборниках подробно изложена методика аэрофотометрии и основные законы и формулы фотометрии протяженных объектов, а также законы рассеяния света матовыми поверхностями. Были опубликованы первые результаты исследований отражательной способности природных образований при различных условиях освещения. Г. А. Тихов показал, что особо важными являются исследования спектральной отражательной способности, результаты которых первоначально были применены при изучении Марса в 1909 г. и Луны. Теперь возникла необхо-

димось и появилась возможность применить спектрофотометрический метод к земным объектам. В те времена нельзя было снабдить аэросъемочные группы спектральной аппаратурой, поэтому Г. А. Тихов применил детально разработанный им ранее фильтровый метод. Однако отражательные свойства неоднородной поверхности сильно зависят от спектрального состава приходящего излучения. Совместно с В. И. Друри Г. А. Тихов проводит длительные и тщательные исследования спектральных свойств солнечного излучения, приходящего на горизонтальную поверхность днем и в сумерки [133], повторяя и уточняя свою работу 1932 г. При этом подтверждается важное открытие, что спектральные свойства суммарного светового потока от неба и от Солнца в видимой области почти не зависят от высоты Солнца. Если эта зависимость и существует, то она не выходит за пределы фотометрических ошибок.

Возможность выявления на снимках различных объектов земной поверхности количественно характеризуется величиной контраста. Поэтому повышение информативности и качества аэроснимка зависит от возможности усиления контраста. Г. А. Тихов много делал в поисках путей усиления контраста оптическими методами. Он показал, в частности, что в зависимости от спектрального коэффициента яркости объекта контраст между двумя смежными площадками зависит от выбора спектральной области, т. е. от выбора светофильтра. При использовании аэросъемки в сельском хозяйстве, например при оценке количества и качества созревающих посевов, приходится иметь дело с растительными покровами. Г. А. Тихов уделяет особое внимание цветовым свойствам зелени и сразу же обнаруживает колоссальное разнообразие их у различных растений [123, 134]. Итоги этих работ были подведены на III Всесоюзном совещании по аэросъемке. Развитие научных работ по аэрофотометрии стало возможным благодаря тому, что Г. А. Тиховым уже были созданы научные основы атмосферной оптики. Это позволило не только фотометрировать отдаленные объекты сквозь слой атмосферной дымки, но и определять наблюдаемую спектральную яркость с учетом влияния атмосферы. Таким образом, созданная Г. А. Тиховым аэрофотометрия — это фотометрия протяженных объектов с летательного аппарата. Говоря современным языком, аэро-

фотометрия занимается исследованием частотно-контрастных характеристик объектов с учетом передаточной функции атмосферы. В аэрофотометрии используются спектральные отражательные свойства природных образований, такие как альbedo однородных матовых поверхностей, коэффициенты яркости и индикатрисы рассеяния поверхностей, отклоняющихся от закона Ламберта. Разработка Г. А. Тиховым аэрофотометрических методик проводилась на основе широкого использования астрофизических методов, которые в применении к небесным телам он разрабатывал и совершенствовал в течение всей своей жизни. Таким образом, активное участие в этих работах не означало полного отрыва Г. А. Тихова от астрономии. Впоследствии выработанные закономерности и приемы использовались при наземных и космических исследованиях поверхности планет. Спутниковые исследования поверхности Земли до сих пор основываются на аэрофотометрии.

В своей последней публикации по аэрофотометрии в 1940 г., посвященной результатам исследований спектральной освещенности 1932 г. [146], Г. А. Тихов обращает внимание на совпадение фильтровых и спектрографических данных наблюдений. Обработка спектрографических наблюдений, производившихся параллельно с визуальными наблюдениями люксметром, подтвердила уменьшение синевы при опускании Солнца ниже $H_{\odot} = -4^{\circ}$.

В 1941 г. исследования Г. А. Тихова по аэрофотометрии были прерваны войной. В дальнейшем изучение спектральной отражательной способности растительности легло в основу некоторых астроботанических работ. Данные, полученные в аэрофотометрии, послужили основой для первых выводов астроботаников.

Астроботаника

Основные представления астрономической биологии были сравнительно давно сформулированы Н. А. Морозовым. Термин астроботаника, что называется, носился в воздухе, тем не менее появление его 6 марта 1946 г. на страницах газеты «Казахстанская правда» вызвало много разнообразных суждений. Позднее Г. А. Тихов неоднократно подчеркивал эту дату, стремясь закрепить приоритет советской науки в этом вопросе [Л. 21, 25].

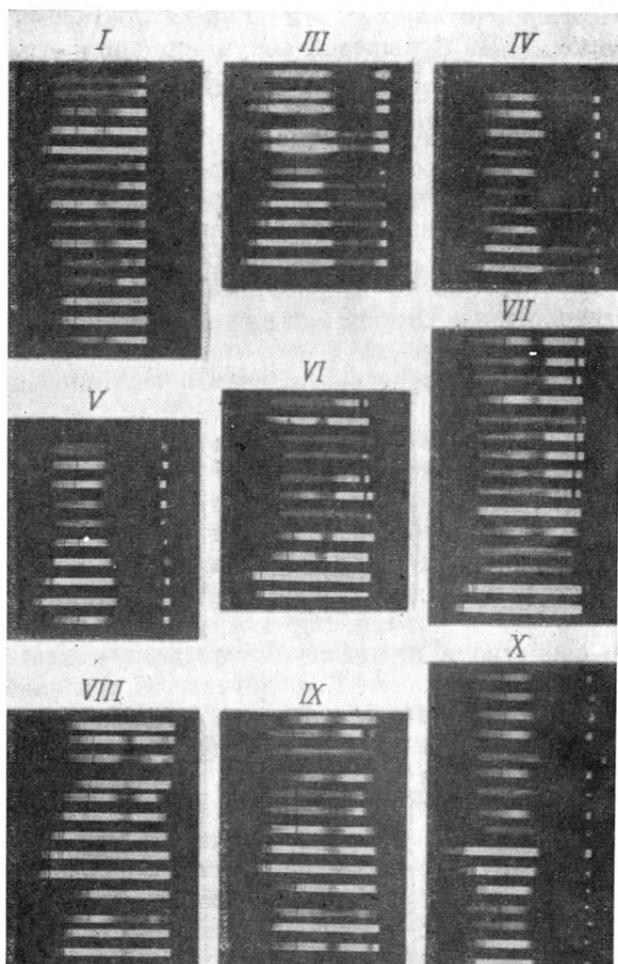
Организация Сектора астроботаники и дальнейшая работа по его тематике стала для Г. А. Тихова важнейшим периодом его жизни. Анализируя результаты наблюдений 1918 и 1920 гг. в статье «Новое о планете Марс» [156], Г. А. Тихов впервые зеленоватый и коричневый цвет, соответственно, южных и северных морей объяснил наличием на Марсе растительности, буреющей к середине лета вследствие сухости марсианского климата. Чтобы объяснить сохранение этих пятен в течение всего марсианского года, он предположил существование в некоторых местах зимнезеленых растений. Оказалось далее, что поверхность Марса в инфракрасных лучах значительно темнее, чем обычная земная растительность. Для объяснения этого Г. А. Тихов сослался на результаты измерений агрометеоролога А. П. Кутыревой радиационных свойств растений в зависимости от изменения метеорологических условий их произрастания и сравнил ее данные с результатами наблюдений Е. Л. Кримова отражательной способности растений. По данным Е. Л. Кримова, оказалось, что при одинаковых значениях для березы и ели в синих лучах отражательная способность березы в инфракрасных лучах в три с лишним раза превосходит отражательную способность ели. То же повторяется относительно овса и тунд-

рового можжевельника в зеленых и крайних красных лучах. Г. А. Тихов считал, что эти данные подтверждают предположение А. П. Кутыревой об уменьшении отражательной способности у растений, живущих в условиях сурового климата.

Дальнейшее развитие работ по астроботанике происходило в направлении исследования спектральных свойств растений, живущих в суровых климатических условиях, приближающихся к марсианским. Быстрое развитие работ и получение интересных результатов привело к тому, что 11 ноября 1947 г. Сектор астроботаники получил официальное утверждение. Второй важной задачей исследований было решение вопроса о том, при каких крайних физических условиях могут существовать земноподобные растения [181; Л. 28].

Благодаря проведению астроботанических исследований удалось найти объяснение трем обстоятельствам, затрудняющим допущение существования на Марсе земноподобной растительности. Первое обстоятельство заключалось в том, что у марсианских темных пятен нет заметного рассеяния инфракрасных лучей. Астроботаническое объяснение сводилось к тому, что марсианские растения утратили это свойство в процессе длительного приспособления к суровому климату. Два других обстоятельства заключались в отсутствии в свете, рассеянном поверхностью Марса, полос поглощения хлорофилла и в преимущественно голубом цвете морей Марса. Исследование голубой канадской ели и некоторых других растений, произрастающих в суровом климате, показало, что полоса хлорофилла у них часто становится расплывчатой, а иногда совсем пропадает. У некоторых растений это сочетается с голубым цветом. Изучение оптических свойств земных растений оказалось весьма важным для астроботаники. Более того, для чтения аэроснимков потребовалось расширение исследований как растительных покровов, так и других земных образований. Для дальнейших успехов астроботаники Г. А. Тихов считал необходимым продолжать изучение оптических свойств земных растений как на высокогорьях, так и в Арктике, а также тщательно изучать Марс при помощи сильных астрономических инструментов.

Предположения Г. А. Тихова о существовании растительности на Марсе были основаны на изучении земных



Девять негативов спектрограмм растений, полученных в Секторе астроботаники в 1951 г. по указанию Г. А. Тихова.

Негатив I, 18 VII 1951, панхром, $9^{\circ}40' - 10^{\circ}20'$. Спектры I—5 — солнечный свет, рассеянный гипсовым экраном (— шкала); 6—7 — хвоя сосны; 8—10 — ель; 11—12 — лист винограда; 13—14 — ромашка; 15 — мальва.

Негатив III, 21 VII 1951, инфрахром, $8^{\circ}50' - 9^{\circ}52'$. Спектр I — виноград; 2 — сосна; 3 — ель; 4 — ромашка; 5 — мальва; 6—11 — шкала.

Негатив IV, 22 VII 1951, инфрахром, $12^{\circ}05' - 12^{\circ}35'$. Спектр I — виноград садовый; 2 — мальва розовая; 3 — ромашка; 4 — сосна; 5 — ель; 6—10 — шкала.

растений в условиях, приближающихся к марсианским, и на данных об экологии Марса, полученных к тому времени и опубликованных во многих литературных источниках. Эти данные свидетельствуют о том, что пять шестых поверхности Марса представляют собой территорию, окрашенную в оранжево-желтые цвета и напоминающую своим видом земные пустыни. Остальная поверхность покрыта образованиями более темного цвета. Установлено, что водных пространств на Марсе нет. Давление на поверхности Марса находится в пределах от 4 до 12% от земного. Согласно принятой модели, лишь в стратосфере Земли, на уровне 20 км, плотность воздуха можно сравнить с плотностью атмосферы у поверхности Марса. В 1947 г. в атмосфере Марса был обнаружен углекислый газ в количестве, вдвое превышающем его общее содержание в атмосфере Земли. Если учесть, что давление у поверхности принималось в 10 раз меньшим, чем на Земле, то это давало содержание CO_2 порядка нескольких процентов по отношению к марсианскому воздуху. Остальные составляющие атмосферы тогда обнаружены не были. Средняя годовая температура Марса, рассчитанная экспериментально и теоретически, составляла около -30°C . Температура темных областей — в среднем на 10° выше, чем светлых. На экваторе в полдень она иногда

(продолжение)

Негатив V, 24 VII 1951, инфракрасном, $10\text{ч}50\text{м}—11\text{ч}10\text{м}$. Спектр 1 — гинкго билаба; 2 — береза; 3 — яблоня; 4 — лисохвост; 5—9 — шкала; 10 — береза. Негатив VI, 26 VII 1951, панинфрахром, $11\text{ч}00\text{м}—11\text{ч}40\text{м}$. Спектры 1—3 — ваточник, листья, соответственно, среднего, верхнего и нижнего ярусов; 4—6 — канатник, листья, соответственно, верхнего, среднего и нижнего ярусов; 7—9 — подсолнух, листья, соответственно, верхнего, среднего и нижнего ярусов; 10—11 — гипсовый экран.

Негатив VII, 28 VII 1951, панинфрахром, $10\text{ч}00\text{м}—10\text{ч}40\text{м}$. Спектры 1—4 — канатник, листья, соответственно, нижнего, среднего и верхнего ярусов; 5—7 — подсолнух, листья, соответственно, нижнего, среднего, верхнего ярусов; 8—10 — ваточник, листья, соответственно, нижнего, среднего и верхнего ярусов; 11—15 — гипсовый экран.

Негатив VIII, 29 VII 1951, панинфрахром $7\text{ч}42\text{м}—10\text{ч}05\text{м}$. Спектр 1 — цветок мальвы розовой; 2 — лист мальвы; 3 — василек; 4 — мальва белая; 5—9 — шкала; 10 — мальва белая; 11 — василек; 12 — мальва розовая; 13 — лист мальвы.

Негатив IX, 29 VII 1951, панинфрахром, $12\text{ч}40\text{м}—12\text{ч}52\text{м}$. Спектр 1 — цветок мальвы розовой; 2 — лист мальвы розовой; 3 — василек; 4 — мальва белая; $16\text{ч}05\text{м}—16\text{ч}25\text{м}$; спектры 5—9 — шкала; 10 — мальва белая; 11 — василек; 12 — цветок мальвы розовой; 13 — лист мальвы розовой.

Негатив X, 30 VII 1951, инфракрасном $7\text{ч}40\text{м}—8\text{ч}35\text{м}$. Спектры 1—3 — подсолнух, листья, соответственно, нижнего, среднего и верхнего ярусов; 4—6 — ваточник; 7—9 — канатник, листья, соответственно, нижнего, среднего и верхнего ярусов; 10—16 — гипсовый экран.

повышается до $+10$, $+15^\circ$, но ночью перед рассветом доходит до -45° . В полярных областях зимой температура падает ниже $-70 \div -80^\circ$.

В научных дискуссиях по астроботанике внимание, как правило, заострялось на двух основных вопросах: 1) является ли имеющаяся модель Марса достоверной настолько, что ее можно использовать для предположения о существовании жизни на планете и 2) может ли существовать растительность в марсианских условиях?

Для ответа на первый вопрос нужны были новые, более обширные наблюдения и специальная планетная обсерватория. На второй вопрос астроботаники ответили положительно. При этом выяснилось, что наблюдаемые спектральные и цветовые свойства поверхности Марса не противоречат предположению о развитии на нем растительности, сходной с земной. Противники астроботаники считали, что приспособительных возможностей живых организмов недостаточно для развития их в экологических условиях Марса. Однако объяснить наблюдаемые на поверхности Марса изменения без участия живых организмов никому не удалось. Астроботаническая гипотеза, при помощи которой все объяснялось на основе известных физических и биологических закономерностей, оставалась предпочтительной [Л. 37]. Г. А. Тихов пришел к выводу, что марсианская растительность должна быть низкорослой, прижимающейся к почве, типа трав и стелющихся кустарников зелено-голубого цвета. Некоторое сходство с марсианскими растениями могут иметь наши северные и высокогорные растения.

Г. А. Тихов считал, что исследование возможности существования растительности на Марсе, которым занималась астроботаника, является неотъемлемой составной частью так называемой общей проблемы о распространенности жизни во Вселенной, но в то же время это частный вопрос, потому что астроботаника рассматривает только одну форму жизни — растительную — и только на одной из планет Солнечной системы. В 1953 г. Г. А. Тихов опубликовал статью «Возможна ли жизнь в других мирах» [193] и книгу «Астробиология» [192], в которых он рассматривал возможность существования на ряде планет микроорганизмов, и в том числе животного происхождения. Распространенность жизни во Вселенной он ставил в зависимость от ее распространенности на планетах

Солнечной системы. Эта проблема, по мнению Г. А. Тихова, должна решаться экспериментальным путем, исходя из трех априорных положений: 1) законы жизни во Вселенной едины по существу, но различны по проявлению; 2) приспособляемость жизни к условиям среды чрезвычайно велика; 3) растения имеют оптическую приспособляемость к условиям среды.

Последнее положение было неоднократно проверено и подтверждено прямыми экспериментами. Второе положение отражало тот факт, что так называемые границы жизни не определены точно наукой. В процессе исследований жизни и особенно в экстремальных условиях ее проявления приходится постоянно наблюдать, что эти границы отодвигаются. Так, например, постепенно понижая температуру, ученые убедились, что в особых адаптированных формах жизнеспособность сохраняется даже при температуре абсолютного нуля. Однако приспособляемость нельзя считать бесконечной.

На основе обобщения имеющихся в науке сведений Г. А. Тихов приходит к заключению, что жизнь — есть явление чрезвычайно настойчивое и упорное. Она может существовать и в условиях, сильно отличающихся от земных, в частности, она может и должна существовать не только на планетах Солнечной системы, но и на планетах, которые несомненно движутся около бесчисленного множества звезд, населяющих бесконечную Вселенную. Астробиология — это значительно более сложная наука, чем астроботаника, и Г. А. Тихов только наметил ее перспективы. Впоследствии оформились две науки: космическая биология и экзобиология. Вопрос о распространенности жизни во Вселенной осложнился еще и потому, что утвердилась космологическая модель конечной Вселенной, которая наложила ограничения на распространенность жизни вне Солнечной системы.

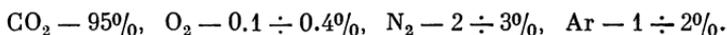
Позднее положения астробиологии легли в основу обеспечения безопасности космических полетов, планирования проектов обнаружения разумной жизни на других планетах, карантинных мероприятий при высадке на Луну.

Последний этап докосмических исследований планет завершился исследованием поля излучения каждой планеты и решением обратных задач на основе теории переноса излучения. Это позволило построить модели атмосферы и подстилающей поверхности Марса. Ограничен-

ность этих методов в значительной мере обусловлена тем, что не удалось полностью разделить газовую и аэрозольную составляющие атмосферы друг от друга, что в модели Марса привело к большим ошибкам при определении давления. На Венере удалось исследовать только надоблачный слой атмосферы, и не было известно ничего достоверного об условиях вблизи ее поверхности. Были построены карты поверхности Марса, впоследствии получившие название карт деталей альbedo, так как выяснилось, что они отражали не микрорельеф, а лишь темные и светлые области при определенных условиях освещения.

Исходя из точного значения массы и диаметра планеты, параметров ее вращения, а также принятой модели атмосферы, были построены планетологические модели верхних слоев литосферы и разработаны возможные пути эволюции планеты, что необходимо для предположения о возможности зарождения жизни в далеком планетологическом прошлом [Л. 38]. Венцом наземных исследований Марса Г. А. Тихов считал опубликованную в сентябре 1957 г. работу В. Синтона [222], оказавшуюся ошибочной. В ней утверждалось, что в спектрах темных пятен поверхности Марса обнаруживаются три полосы поглощения органического вещества. Впоследствии было доказано, что эти полосы соответствуют лишь спектрам диффузно отраженного излучения, и их нельзя безоговорочно отождествлять со спектрами поглощения [Л. 39, 40].

После осуществления полетов автоматических межпланетных станций (АМС) основные методы исследования жизни в других планетных системах не потеряли своего значения. Стало развиваться также и особое направление — экзобиология. В 1964 г. после успешного запуска «Маринера-4» была создана новая физическая модель Марса, согласно которой атмосфера имеет следующий состав (%):



Содержание водяного пара очень переменено, но иногда превышает 100 мкм; такова толщина пленки воды, которая покрыла бы планету, если сконденсировать весь атмосферный водяной пар. Полное количество H_2O на Марсе во всех ее состояниях оценивают эквивалентной толщиной в несколько десятков метров.

Обработка данных «Викинга-1» дала следующий состав пород в месте его посадки (%): Si — 12 ÷ 16, Fe — 13 ÷ 15, Ca — 3 ÷ 8, Al — 2 ÷ 7, Ti — 0.5 ÷ 2.

Средняя температура поверхности Марса $T_{\text{ср}} = 230$ К, давление у поверхности $P_0 = 6$ мб, 3% поверхности покрыто облаками. Разность температур между экватором и полюсом достигает 40% от средней температуры. Как видно, наиболее существенным в новой модели атмосферы Марса является резко пониженное давление у поверхности P_0 по сравнению со старой моделью. В северной полярной области давление достигает 10.3 мб, а у вершины одного из вулканов снижается до 1 мб. Перепад высоты между плато Фарсидой, например, и нижней частью Эллады оценивается в 20 км. Это означает, что даже в области максимального давления в районе понижения поверхности Марса давление того же порядка, что и на высоте более 30 км над поверхностью Земли. Остальные параметры атмосферы в обеих моделях Марса достаточно сходны между собой и менее существенны для развития живых организмов. В отношении модели поверхности главным явилось то, что темные и светлые детали альbedo, по которым составлялись карты, связаны с рельефом Марса весьма сложными и неоднозначными зависимостями в связи с непрерывным изменением углов падения солнечного излучения и углов визирования их с Земли. Возможность построения объективных карт альbedo обеспечивалась тем, что во время великих противостояний каждый раз воспроизводились похожие условия освещения Марса Солнцем и визирования его с Земли. При фотографировании с АМС вид поверхности оказался совсем иным. Новая модель Марса не исключает полностью органической жизни, но делает ее наличие мало вероятной.

Как и предвидел Г. А. Тихов, в результате посещения Луны не было получено данных о жизни на ней. Исследование Луны подтвердило вывод Г. А. Тихова о том, что небесные тела, масса которых меньше, чем у Луны, не пригодны для развития жизни.

Проблема жизни вне Земли

Исследуя философские стороны проблемы внеземной жизни, Г. А. Тихов опубликовал ряд статей и текстов своих выступлений. В большинстве публикаций, посвященных астробиологии, он выделял специальные параграфы, в которых обсуждались и философские проблемы. От решения этих вопросов, в конечном счете, зависели и основные выводы астробиологии о возможности жизни вне Земли и целесообразности ее поисков.

Для наглядности Г. А. Тихов обычно рассматривал две крайние точки зрения: согласно одной, жизнь существует только на Земле, и, следовательно, она возникла совершенно случайно; эту точку зрения Г. А. Тихов считал геоцентрической. Вторая точка зрения предполагает, что жизнь — это вполне закономерное явление на определенном этапе развития неживой материи, появляющееся везде, где позволяют физические условия. Г. А. Тихов придерживался классических представлений материализма в этом вопросе, представителями которых он считал Дж. Бруно (1548—1600), а в России — М. В. Ломоносова (1711—1765).

В противовес этому в 1844 г. Огюст Конт (1798—1857) утверждал, что «Мы представляем себе возможность определения форм, расстояний, размеров и движений небесных тел, но никогда, никакими средствами мы не сможем изучить их химический состав, их минералогическое строение, природу органических существ, живущих на их поверхности».*

* *Comte A. Traité philosophique d'astronomie populaire ou exposition systématique de toutes les notions de philosophie astronomique, soit scientifiques, soit logique qui doivent devenir universellement familières. Paris, 1844, p. 109.*

Исследования Г. А. Тихова полностью опровергли точку зрения О. Конта [Л. 14]. Приступив к разработке методики обнаружения растительной жизни на Марсе путем спектрального анализа отраженного излучения, он считал, что любое научное доказательство наличия жизни на другом небесном теле ослабляет позиции геоцентризма и что борьбу против геоцентризма в биологии и астробиологии лучше вести с позиций диалектического материализма. Поэтому большинство публикаций Г. А. Тихов посвятил изучению растительности на Марсе, что вытекало из его методологического подхода, в котором наибольшая роль отводилась критерию практики, а не общетеоретическим построениям. Основной заслугой философии он считал включение в сферу общественной практики представления о биологических и социальных организациях Вселенной.

Существующие принципы материалистической диалектики, по мнению Г. А. Тихова, способствовали экстраполяции данных биологии на мир планет, что позволило рассматривать необходимые и существенные связи и отношения жизни на Земле как инвариантные экзобиологическим формам, в частности марсианским.

Г. А. Тихов считал, что некоторые ученые проявляют биологический геоцентризм, вернее, топоцентризм, концентрируя внимание на изучении оптических свойств растений умеренного или жаркого климата, в то время как если на Марсе будут обнаружены растения, то для них наиболее благоприятным будет климат Марса, а климат Земли окажется губительным. Это высказывание оказалось пророческим, так как химики оказались в затруднении при попытках объяснения наблюдавшихся в камерах «Викингов» химических реакций марсианского грунта при добавлении воды [Л. 17].

Эти идеи в значительной мере стимулировали космические программы, в частности программу «Викинг». Хотя уточнение модели атмосферы Марса в 1964 г. сделало менее вероятной астроботаническую гипотезу, тем не менее в программу «Викинг» были включены биологические детекторы. «Викинг-1» совершил мягкую посадку на Марс 20 июля, «Викинг-2» — 3 сентября 1976 г., соответственно, в областях Хризе и Утопия. Анализ проб марсианского грунта с позиций обычной земной биологии

привел к выводу об отсутствии высокоорганизованной жизни в образцах [Л. 17].

По мнению Г. А. Тихова, признание бесчисленности обитаемых миров несовместимо с геоцентризмом в астрономии. Тем не менее биологический геоцентризм и антропоцентризм могут существовать, пока не появятся доказательства, что где-нибудь, кроме Земли, существует жизнь вообще и разумная жизнь в частности. Г. А. Тихов тесно связывал философские вопросы астробиологии с современной космологией, так как от выбора соответствующей космологической модели зависят оценки распространенности обитаемых планет в галактиках и интервал времени, необходимого для возникновения и развития жизни во Вселенной.

В области космологии Г. А. Тихов придерживался «капельной» модели Вселенной, согласно которой все галактики входят в состав так называемой «капли», и Вселенная состоит из замкнутых систем таких «капель». Бесконечность Вселенной Г. А. Тихов понимал в том смысле, что нельзя подсчитать число «капель» (размеры «капли» порядка 10^9 световых лет). Сейчас «капля» расширяется, но, возможно, через 10^{10} лет наступит обратное явление — сжатие «капли».

Г. А. Тихов обратил внимание на то, что в бесконечной во времени и пространстве Вселенной мы, помимо известных фотометрического и гравитационного парадоксов, столкнемся также с астробиологическим парадоксом, заключающимся в следующем. Так как Солнечная и любая планетная системы могут существовать достаточно долго, то, перебирая мысленно достаточно большое число планетных систем в различных галактиках, мы натолкнемся на такую, обитатели которой могут быть более высокоорганизованными существами, чем обитатели Земли. Современная космология все чаще склоняется к конечным моделям. Время существования такой модели может оказаться недостаточным для развития форм жизни, намного превосходящих по своему техническому уровню и этическому развитию человечество.

Г. А. Тихов определил биологический геоцентризм как точку зрения, утверждающую, что жизнь в Солнечной системе существует только на Земле. Если в Солнечной системе не будет найдена жизнь вне Земли, то это еще не будет означать полное торжество биологического

геоцентризма, хотя и усилит в известном смысле его позицию. Достаточно привести подсчеты астрономов, по которым на 10^6 звезд может приходиться одна обитаемая планетная система. Значит, только в Галактике существует около 10^5 планетных систем, где наличие жизни весьма вероятно. Если бы в Солнечной системе была обнаружена жизнь еще хотя бы на одной планете, то это повысило бы оценочную вероятность ее обнаружения в других планетных системах. Так как отсутствие жизни на других планетах Солнечной системы сужает мыслимую область экосферы, то, стало быть, не в каждой планетной системе типа Солнечной возможна жизнь и, может быть, не в каждой галактике есть обитаемые системы. Как говорилось выше, Г. А. Тихов исходил из бесконечной модели, что неизбежно привело его к идее Дж. Бруно о бесчисленности обитаемых миров. В модели конечной расширяющейся Вселенной множество галактик может быть сосчитано, а следовательно, и сосчитано количество обитаемых систем. Тогда процент обитаемости становится принципиально важным числом.

Если авторов разделить на группы в зависимости от выбора ими модели Вселенной, то оказывается, что для сторонников бесконечной модели характерно признание многочисленности обитаемых миров, а для сторонников конечных моделей характерно отрицание жизни вне Земли. Действительно, в конечной модели с конечным временем развития звездной и планетной фазы Земля может на данный момент оказаться первой носительницей биосферы, и в этой модели внеземная жизнь не может быть априорно постулирована. Поэтому астробиологическое исследование Марса приобрело философское значение, как возможность проверки соответствующей гипотезы, и это объясняется не ограниченными возможностями исследования других планет, а результатами непосредственных наблюдений поверхности Марса. Безжизненные пустыни, покрытые причудливыми скалами, обнаруженные «Викингами» в областях Хризе и Утопия, не совпадают с местоположением зеленых пятен, наблюдавшихся с Земли в 1965, 1967 гг.

Однако остается в силе вывод, что «возможность жизни на Марсе не может быть исключена, поскольку экстремальные факторы, имеющиеся на этой планете, не

угнетают размножения некоторых земных микроорганизмов».*

Г. А. Тихов придавал большое значение так называемому эффекту В. Синтона, не подтвердившемуся впоследствии. Некоторые исследователи склоняются к мысли, что нельзя отождествлять спектры диффузного отражения марсианских пятен со спектрами пропускания органических веществ в лабораторных опытах, как это делал В. Синтон в своих первых работах. Следовательно, те экспериментальные данные, которые Г. А. Тихов считал подтверждающими существование растительности на Марсе, после обработки результатов, полученных «Викингами», уже не могут считаться таковыми [Л. 39, 40].

Астробиологическая концепция Г. А. Тихова не была результатом дедукции из интегральной картины мира современной науки. Она была выведена на основании неполной индукции, так как Г. А. Тихов в основу познания брал наблюдаемые явления и ни в коей мере не стремился предписывать им априорные положения.

По мере появления во Вселенной новых планетных систем возрастает возможность распространности жизни. Уже описано [Л. 35] свыше тридцати различных соединений, обнаруженных по межзвездному радиоизлучению, в том числе формальдегида, аммиака, окиси углерода и кремния, метилацетилена, формамида, карбонильных соединений, ацетальдегида и др. [Л. 36]. Продолжает обсуждаться вопрос о переносе зародышей жизни с одной планетной системы на другую, а также о передвижении планетных систем вместе с центральными светилами из одной галактики в другую [Л. 7]. Одно время считалось, что допущение возможности переноса форм жизни с одних небесных тел на другие якобы противоречит положениям диалектического материализма о происхождении жизни. Однако это не так. Развитие молекулярной генетики и современной теории кода наследственности полностью опровергает это, так как несущая наследственную информацию молекула ДНК, появившаяся в процессе развития биосферы Земли, ничем не отличается от молекулы ДНК, занесенной из Космоса,

* *Имшенецкий А. А.* Биологические эффекты экстремальных условий окружающей среды. — В сб.: «Основы космической биологии и медицины». М., 1975, с. 309.

как неразличимы между собой два электрона. Радиоспектроскопический анализ показал, что органические молекулы, обнаруженные в межзвездной среде, ничем не отличаются от органических молекул, полученных в лаборатории. Точно так же и заключения Г. А. Тихова о характере спектра отражения предполагаемой марсианской растительности выведены не посредством экстраполяции свойств фотосинтеза земных растений, а на основе прямой спектрофотометрии Марса, так что выбор исходных параметров астроботанической модели определялся исследовательской задачей и экспериментальной методикой, т. е. методология Г. А. Тихова была не дедуктивной, а индуктивной.

Так как Марс был пробным камнем теории внеземной жизни, то результаты астроботанических исследований Г. А. Тихов считал принципиально важными с философской точки зрения. Ведь любое умозрительное философское мнение получает полное подтверждение только тогда, когда оно проверено на практике.

Особенность философских выводов Г. А. Тихова проистекает из того, что неполноту посылок своего основного индуктивного метода он стремился компенсировать дедукцией из общеправильных философских положений. «Видимо, было бы правильнее считать, что при современном состоянии науки философское значение имеет вопрос не о наличии жизни на тех или иных небесных телах, а о природе жизни, о происхождении живого вещества».*

* *Бовин А.* Наука и мировоззрение. — «Коммунист», 1960, № 5, 96—107.

Итоги жизненного пути

Еще будучи студентами первого курса астрономического отделения математико-механического факультета Ленинградского университета, мы, будущие астрономы, слушая яркие и запоминающиеся лекции по курсу общей астрономии, обращали внимание на частое упоминание имени Г. А. Тихова. Профессор В. В. Шаронов почти в каждом разделе курса, шла ли речь о метеорах, фотометрии или о научной фотографии, рассказывал о пионерских работах Г. А. Тихова и особенно о его результатах по исследованию Марса. Таким образом, студенты постепенно привыкли к тому, что имя Тихова стоит в одном ряду с такими корифеями науки, как основатель русской астрофизики Ф. А. Бредихин, классик спектроскопии А. А. Белопольский, зачинатель отечественной фотометрии В. К. Цераский, замечательный педагог и популяризатор С. П. Глазенап, энтузиаст солнечных исследований А. П. Ганский, основатель научной фотографии и астрофотографии С. К. Костинский, создатель Пулковской обсерватории В. Я. Струве.

Многие молодые астрономы знали Г. А. Тихова как автора многочисленных статей, не имея, к сожалению, возможности общаться с ним, так как с 1941 г. Гавриил Адрианович жил в Алма-Ате. Со страниц учебников Г. А. Тихов сошел к нам лишь в 1951 г. 1 мая 1950 г. Гавриилу Адриановичу исполнилось 75 лет. В Ленинградском отделении Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ЛОВАГО) существовало правило отмечать специальным собранием каждый юбилей выдающегося астронома, однако Г. А. Тихов отказался от официальных торжеств. Пользуясь случаем, что зимой 1951 г. Гавриил Адрианович отдыхал в пос. Комарово под Ле-



На башне бредихинского астрографа.
Июль 1958 г.

нинградом, председатель ЛОВАГО профессор П. М. Горшков, он же декан математико-механического факультета, и ученый секретарь В. И. Прянишников просили юбиляра выступить с докладом на очередном собрании ЛОВАГО.

Старшее поколение астрономов хорошо знало Г. А. Тихова, так как многие были его учениками. Студенческая молодежь представляла себе ученого как живую реликвию. Однако эти представления рассеялись, как только докладчик поднялся на трибуну. Г. А. Тихов казался зна-

чительно моложе своего возраста, а его доклад о растительности на Марсе был очень интересным и обстоятельным. Живой рассказ сопровождался цветными диапозитивами, которые в то время были еще редкостью. Изменения цветовых оттенков, наблюдавшиеся на Марсе, воспринимались как явления, происходящие на этой планете, поэтому цветные иллюстрации играли принципиально важную роль в докладе. Демонстрировались и цветные зарисовки Марса, и раскрашенные фотографии земных ландшафтов, сравниваемых с марсианскими, и зеленые растения, произрастающие в условиях, как тогда считалось, близких к марсианским.

В своем докладе Г. А. Тихов неоднократно подчеркивал, что исследования еще только начались, а для получения более точных данных о Марсе нужна специальная планетная обсерватория с большим планетным телескопом, что никакая вера в самую увлекательную гипотезу не должна подменять строгое научное суждение. Однако после доклада многие ученые и писатели уверовали, что на Марсе есть зеленая растительность, и увлеченность этой идеей сохранялась в них долгие годы.

Г. А. Тихову удалось показать, что вероятность встретить на Марсе растительность отлична от нуля, хотя и не близка к единице, а это явилось величайшим стимулом сначала телескопостроения, а позднее космических исследований планет, так как решение вопроса о существовании или отсутствии органической жизни вне Земли одинаково важно для науки.

После доклада начались многочисленные поздравления и чтение адресов. Последними выступили студенты ЛГУ Г. Н. Каттерфельд и автор этих строк. Отвечая на поздравления, Г. А. Тихов пригласил студентов, интересующихся планетами, на летнюю практику в Алма-Ату. Затем он быстро сошел с кафедры, простился со всеми окружающими и в ожидавшем его автомобиле уехал в Комарово. Чествование прошло очень скромно, но оно сыграло большую роль в жизни многих людей.

В этот период в Алма-Ате было два научно-астрономических учреждения. На плоскогорье Каменское Плато на высоте 1450 м над уровнем моря располагался Астрофизический Институт АН КазССР, созданный на базе Института астрономии и физики Казахстанского филиала АН СССР.

Вторым центром была обсерватория Сектора астроботаники, расположенная в самой Алма-Ате на высоте 850 м, где до 1941 г. помещался астрономический кабинет Казахского государственного университета (КазГУ).

После войны на бывшей территории обсерватории был выстроен одноэтажный кирпичный дом — квартира Г. А. Тихова, две большие комнаты которой он сразу же выделил для лабораторий. В цветущем саду, окружающем дом, усилиями алма-атинских ботаников было высажено много редких растений. Там же в тени густых деревьев росла знаменитая ель «марсианка» — экземпляр канадской ели с ярко-голубой хвоей, напоминающей по цвету и спектру отражения некоторые голубоватые пятна, появляющиеся на поверхности Марса. За это и прозвали ее марсианкой, что послужило поводом критикам Г. А. Тихова утверждать, что он доказывает возможность существования на Марсе канадских елей. Исследования редкого реликтового растения гинкго (*Ginkgo biloba*) позволило построить гипотезу об оптических свойствах древнейших растений Земли. Многие растения привезла из экспедиции и посадила А. П. Кутырева — научный сотрудник Сектора астроботаники. Эти растения были найдены на Памире, холодные и сухие высокогорья которого, согласно принятой тогда физической модели Марса, напоминали по своим экологическим особенностям климат низин на этой планете. Г. А. Тихов любил повторять, что А. П. Кутырева — мать астроботаники, так как, будучи агрометеорологом, она впервые в 1945 г. высказала мысль о зависимости оптических свойств растений от метеорологических условий.

Для лаборатории Сектора астроботаники была выделена также часть бывшего астрономического кабинета КазГУ, получившая название «траншеи». Это помещение, нижняя часть которого находилась в вырытой в земле траншее, а верхняя была снабжена стеклянными стенами и крышей, предназначалось для теплицы, вроде маленькой оранжереи, где должны были выращиваться опытные образцы растений. Впоследствии Г. А. Тихов пришел к выводу, что при спектрально-оптических исследованиях нужно использовать экземпляры растений, выращенные в открытом грунте, и траншея потеряла свое первоначальное значение.



Г. А. Тихов
на обсерватории Сектора астроботаники.
Июль 1958 г.

При строительстве каменного дома для Г. А. Тихова и его семьи одновременно были выстроены и деревянные служебные хозяйственные помещения, прозванные в шутку «коровником», «курятником» и «гаражом». Поскольку Г. А. Тихов не имел ни коровы, ни кур, ни автомобиля, эти помещения переоборудовали, т. е. утеплили, отштукатурили, провели водопровод, телефон, электричество, и передали лаборатории. Ввиду большого количества фоторабот в каждой лаборатории были оборудо-

Алма-Ата. 19 марта 1952.

Уважаемый
Александр Константинович!

Вам писано от 19 февр. по почте.
Я хочу предложить Вам и Кауфферелду
следующее.

Примените к середине ~~февраля~~ ^{апреля} на
Ташкентской астрономической обсерва-
тории, где и мои сотрудники будут
фотографировать и наблюдать Марс на
нормальном астрографе.

Планируем на эту небывавшую
Марса в Самарканде базу observa-
тории Улус-Бекка. Там будет
5-дюймовая труба с тройным
апокротом для визуальных наблюдений.
В Ташкенте ^{виз} будет приехать
месяца на 1 1/2 - 2.

С приветом
Г. Тихов

Автограф письма Г. А. Тихова.

ваны маленькие индивидуальные фотолaborатории, где каждый научный сотрудник мог безотлагательно проявить в стандартных условиях нужный негатив, что очень важно при получении точного фотометрического материала.

Немалую роль в успехе спектральных исследований солнечного затмения 1941 г. сыграло то, что группа Г. А. Тихова привезла с собой большой запас высококачественных фотопластинок, в том числе пластинок фирмы АГФА. Как известно, без хороших фотоматериалов астрофизика и спектрофотометрия не могут существовать. Кроме того, многолетние серии экспериментов должны проводиться без изменения сорта и качества пластинок. Тиховский запас фотопластинок позволил не только продолжить астрофизические исследования по прежней тематике в Институте астрономии и физики, но и успешно развить спектральные астроботанические наблюдения вплоть до первых послевоенных лет, когда наладилось снабжение отечественными фотоматериалами. В связи с этим в годы войны пластинки приходилось чрезвычайно экономить, и Г. А. Тихов собственноручно разрезал их алмазом на части нужного формата и в шутку называл себя «присяжным резальщиком пластинок». Следует пояснить, что резка алмазом тонких стеклянных пластинок, покрытых с одной стороны чувствительной фотоэмульсией, а с другой — иногда противоореальным слоем, производится наощупь в совершенной темноте и представляет собой ювелирную работу, которую способны выполнять немногие астрофизики.

Г. А. Тихов безошибочно узнавал, с какой стороны пластинки нанесен светочувствительный слой эмульсии, затем наносил алмазом непрерывную царапину на чистой стороне стекла, о чем он знал по «пению» остря. Это позволяло отломить полоску стекла шириной всего лишь в один-два сантиметра и длиной до 13 см, после чего он делил пластинку пополам и складывал ее эмульсией к эмульсии. Полученную им пару готовых к зарядке касеты пластинок Г. А. Тихов называл «книжечкой».

Несмотря на скромность оборудования, Сектор астроботаники был оснащен всем необходимым, и в нем были созданы все условия для успешного научного поиска, что обусловило первые успехи обсерватории и ее научную продуктивность. Тут же в астроботаническом саду стояли телескопы. В деревянном павильоне со съёмной крышей

был установлен четверной коронограф для наблюдений полных солнечных затмений. Выше уже упоминалось, что в 1941 г. полоса затмения проходила через Аяма-Ату, а второго полного затмения Солнца в ближайшие годы здесь не предвиделось, поэтому коронограф был законсервирован, объективы хранились отдельно, и павильон использовали как летнюю гостиницу для практикантов и гостей, для чего под трубой телескопа ставили железные койки. Когда было много приезжих, прямо в саду под фруктовыми деревьями разбивали палатки.

Знаменитый бредихинский астрограф вначале был установлен в старинной башне бывшей университетской обсерватории. У этой деревянной башни купол вращался на роликах, а крыша чинилась так много раз, что вся постройка получила шутовское прозвище «плюшкинской башни», что вполне соответствовало ее внешнему виду. Однако внутри она была очень удобной для наблюдений любой части неба.

Кроме Г. А. Тихова и его родных, на обсерватории постоянно проживал ее заведующий Н. И. Кучеров и старейший сотрудник Н. М. Штауде — известный специалист по атмосферной оптике и теории переноса излучения в атмосфере в условиях сумерек. Н. М. Штауде окончила Высшие женские курсы в Петрограде в 1919 г. Еще будучи слушательницей курсов в 1912 г. она под руководством Г. А. Тихова готовилась к наблюдению солнечного затмения в Крыму. В 1951 г. она вышла на пенсию, но до 1958 г. оставалась консультантом по многим вопросам астрофизики.

Большое значение Г. А. Тихов придавал воспитанию нового поколения молодых ученых. Большинство его аспирантов впоследствии стали выдающимися учеными и организаторами. Они работают сейчас на различных обсерваториях или преподают в высших учебных заведениях страны. Об одном из своих учеников и продолжателей Г. А. Тихов писал: «Михаил Баженов был студентом физико-математического факультета Казахского университета, когда началась Великая Отечественная война. Весь путь войны прошел комсомолец Баженов, в конце войны сражался в войске Польском, был награжден орденами и представлен к званию Героя Советского Союза. Но мечта стать ученым не покидала комсомольца даже в самые тяжелые дни. Возвратившись из армии, он посту-



Г. А. Тихов, К. И. Козлова, А. П. Кутырева, М. А. Баженов.
19 июня 1948 г.

пил в аспирантуру института астрономии и физики АН КазССР, окончив ее уже при вновь созданном Секторе астроботаники. Михаил Баженов глубоко вникает в новую отрасль науки и публикует две научно-популярных брошюры „Возможна ли жизнь в других частях Вселенной“ и „Жизнь звезд“.*

В 1950 г. после продолжительной и тяжелой болезни, связанной с транспортным происшествием, скончалась Людмила Евграфовна Тихова. На ее похоронах Н. М. Штауде произнесла речь, в которой сказала, что «Г. А. Тихов не был бы тем Тиховым, которого мы все знаем, если бы не было Людмилы Евграфовны. Это она

* Тихов Г. А. Проникнуть в тайны Вселенной. «Ленинская смена» от 18 ноября 1948 г., № 90 (3029), Алма-Ата.

его сделала таким знаменитым». Она была женщиной доброй, образованной и очень преданной своему мужу. Для Гавриила Адриановича она делала все: создавала необходимые условия для творческой работы, лично занималась вычислениями для него, следила за его здоровьем. После аварии на транспорте она стала инвалидом и с трудом передвигалась, а последние годы лежала в постели, сохраняя ясную память и интерес ко всему окружающему. Дочь Тиховых, Татьяна Гавриловна, всегда жила отдельно от родителей, в Ленинграде. Сестра Гавриила Адриановича, Мария Адриановна, скончалась вскоре после войны. Таким образом, в возрасте 75 лет Г. А. Тихов оказался одиноким, и по дому ему помогала приемная дочь Анна Гавриловна, сына которой Гавриил Адрианович усыновил. В настоящее время Гавриил Гаврилович Тихов живет в Алма-Ате.

Большую роль в развитии идей Г. А. Тихова сыграли его многочисленные ученики. Основная работа сотрудников Сектора астроботаники, а также приезжающих практикантов и аспирантов-заочников в основном заключалась в получении и обработке спектрограмм излучения, диффузно отраженного от органов живых растений при различных условиях облучения солнечной радиацией. Часть работ велась в Ботаническом саду КазГУ, где было больше разнообразных видов растений. Каждое лето отправлялись экспедиции в пустыню, на Памир или в Заполярье, где растения исследовались в условиях, экологически более похожих на марсианские. Одновременно исследовали астроклимат с целью поиска мест для строительства планетной обсерватории, так как наилучшим для нее считался также «марсианский» климат, высокогорный и сухой. Г. А. Тихов спешил с установкой будущего телескопа, так как астроботанические исследования ушли далеко вперед, а физическая модель Марса оставалась крайне недостоверной. Без ее уточнения вся работа могла быть выполнена впустую.

Полученные негативы со спектрами отражения стандартизировались по баритованному или гипсовому экранам, имитирующим абсолютно белую ламбертову поверхность, и затем тщательно измерялись вручную на микрофотометре МФ-2. Работа была очень трудоемкой, и сотрудники заранее записывались в очередь на единственный МФ-2, который был занят даже ночью.

Особенно много практикантов съехалось в Сектор астроботаники в 1952 г., так что в саду вырос настоящий палаточный городок. Из Ленинградского университета приехали студенты А. К. Суслов, Г. Б. Гельфрейх и Б. Н. Стругацкий — будущий писатель-фантаст. Из Естественно-научного института им. П. Ф. Лесгафта приехала К. Т. Стоянова фотографировать спектры звезд на призменной камере бредихинского астрографа и ее дочь М. Н. Стоянова — будущий астроном Пулковской обсерватории; из Казани приехал писатель Л. П. Голосницкий и студентка А. Х. Курмаева на производственную практику. Из Казанского университета каждый год приезжали практиканты. Среди них можно назвать М. Небогатикову и И. Дубяго. Все практиканты впоследствии стали профессиональными астрономами.

В дальнейшем аспирантуру при Секторе астроботаники окончили ботаники: А. С. Паршина, А. Д. Семенов, С. А. Станко, В. П. Беденко. По астроботанике защитили кандидатские диссертации физики и астрономы: В. С. Тихомиров, К. И. Козлова, Ш. П. Дарчия, В. С. Соколова. По геофизике и астрофизике окончили аспирантуру: М. А. Баженов, Ш. А. Безверхний, А. К. Суслов, В. Г. Тейфель, И. Д. Купо, А. Х. Курмаева и др. Каждую неделю на просторной веранде дома Г. А. Тихова, в плохую погоду — в его кабинете, устраивался научный семинар, на котором слушались доклады сотрудников и гостей. Далеко не в каждом научном коллективе проводились такие интересные и разнообразные научные семинары, где в свободной и непринужденной беседе обсуждались всевозможные гипотезы и результаты наблюдений.

Основная задача Сектора астроботаники заключалась во всестороннем изучении гипотезы о возможности существования растительности на Марсе. Вокруг его работы возникало очень много самых разнообразных и противоположных суждений. Некоторые сторонники астроботанической гипотезы, например Л. П. Голосницкий, чрезмерно переоценили ряд предварительных выводов, полученных в Секторе астроботаники, и публиковали утверждения, что существование растительности на Марсе почти доказано. Противники этой крайней точки зрения, например В. Г. Фесенков и Ю. Г. Перель, считали, что астроботанические спектральные исследования или вообще лишены

смысла, или не имеют никакого отношения к Марсу. Некоторые астрофизики, например В. В. Шаронов и Н. Н. Сытинская, утверждали, что существующая модель Марса слишком недостоверна, чтобы на ее основе делать окончательные астробиологические выводы, однако им не удалось опровергнуть доводы защитников модели. Некоторые ботаники, например О. В. Троицкая, считали, что даже эта модель накладывает на жизнедеятельность известных белковых организмов слишком суровые ограничения; и они на Марсе существовать не могут.

С целью обсуждения всех точек зрения президиум АН КазССР организовал 25—27 сентября 1952 г. дискуссию «Основные достижения Сектора астроботаники и вопрос о возможности жизни на других планетах», на которой выявились значительные трудности на пути дальнейшего развития астроботаники, главнейшей из которых оказалось отсутствие специальной планетной обсерватории, оснащенной планетным телескопом, при помощи которого можно было бы более точно измерить физические параметры поверхности Марса, уточнить состав атмосферы и природу полярных шапок. Данные земной ботаники также были недостаточными для поставленной цели, так как растения исследовались, как правило, в условиях умеренного или жаркого климата, а на поведение растений в экстремальных условиях обращалось по-прежнему мало внимания. Данные об антарктической флоре появились значительно позже. Астроботанические исследования Г. А. Тихова еще только начались, и было слишком мало фактического материала для статистической обработки.

Ленинградским Домом ученых им. А. М. Горького, ЛОВАГО и Сектором астроботаники АН КазССР 23—25 февраля 1953 г. в Ленинграде было организовано новое совещание по вопросу о возможности жизни на других планетах, чтобы выслушать точку зрения ленинградских и пулковских ученых, которые не смогли участвовать в алма-атинском совещании 1952 г. Г. А. Тихов прочел на нем доклад «Основные проблемы и перспективы астроботаники». Ленинградское совещание, так же как и алма-атинское, отметило в своих решениях необходимость создания отечественного планетного телескопа и преобразования Сектора астроботаники в планетную обсерваторию. Г. А. Тихов считал самым главным именно это, и этой цели была посвящена вся его научная жизнь. За ру-

бежом уже существовали такие специализированные обсерватории, и наиболее известной была обсерватория Персиваля Лоуэлла во Флагстаффе, созданная на частные средства. Однако они были созданы уже давно и нуждались в переоснащении. Одной из главных целей обсерватории было регулярное спектрофотометрическое исследование отдельных участков на поверхности Марса, где наиболее отчетливо наблюдались сезонные изменения. Крупнейшие телескопы большинства обсерваторий были заняты наблюдениями слабых звезд и галактик.

В 1954 г. Н. И. Кучеров перешел на работу в Пулковскую обсерваторию. Заведующим сектором утвердили Г. А. Тихова. К этому времени бредихинский астрограф был перенесен в специально выстроенную башню с вращающимся куполом и балконом для установки переносных оптических приборов. Сектор астроботаники получил астрономический зеркальный телескоп АЗТ-7 системы Д. Д. Максутова, изготовленный специально для исследования дрожания звезд с целью изучения астроклимата при поиске места с наилучшим качеством изображения звезд. Специально для него был построен павильон с откатывающейся крышей. Этот небольшой экспедиционный телескоп имел оптическую приставку, удлиняющую фокусное расстояние до величины эквивалентного фокуса 10 м, что делало его вполне пригодным для наблюдений великого противостояния Марса 1956 г. В это же время начались переговоры с Ленинградским заводом ГОМЗ (ныне ЛОМО) о заказе планетного телескопа. Вскоре правительство выделило нужную сумму (около 1 млн руб.) на постройку 70-сантиметрового рефлектора, которому было присвоено наименование АЗТ-8. К этому заказу присоединилась Астрономическая обсерватория Харьковского государственного университета, Институт астрофизики Таджикской Академии наук и Главная астрономическая обсерватория АН УССР. ЛОМО приступило к проектированию АЗТ-8 и планированию выпуска серии из четырех экземпляров, что было очень рационально в экономическом отношении.

Для измерения все нарастающего количества негативов спектрограмм были приобретены два регистрирующие микрофотометра МФ-4, что намного облегчило труд научных сотрудников и увеличило производительность спектрофотометрических работ.

В 1952 г. по инициативе Г. А. Тихова в Алма-Ате был создан Казахстанский филиал Всесоюзного астрономо-геодезического общества (КазфилВАГО), председателем которого до 1960 г. избирался Г. А. Тихов. В качестве действительных членов КазфилВАГО были академики В. Г. Фесенков, К. И. Сатпаев и Д. А. Кунаев — впоследствии первый секретарь ЦК КП Казахстана, член Политбюро КПСС. В 1955 г. в Алма-Ату приехал французский корреспондент Мишель Дебон и в течение нескольких дней встречался с Г. А. Тиховым и его сотрудниками. Результатом этих бесед явилась статья М. Дебона «Рождение новой науки — астроботаники», опубликованная в журнале «В защиту мира». В популярной форме в ней излагались основные достижения Сектора астроботаники по исследованию оптических свойств растительности. Там же опубликована фотография новой башни бредихинского астрографа, на которой виден балкон, где установлен дифракционный спектограф «Мечта № 2» для наблюдений теллурических линий атмосферного кислорода.

По предложению В. Г. Фесенкова в научный план работы сектора был включен важный пункт «Прогнозирование условий жизни на планетах». В декабре 1956 г. в Государственном астрономическом институте им. П. К. Штернберга (ГАИШ) состоялось совещание астрономов и биологов по этой проблеме, организованное Междуведомственной комиссией по межпланетным сообщениям при Астрономическом совете АН СССР. На этом совещании Г. А. Тихов сделал обзорный доклад о результатах астробиологических исследований, выполненных к тому времени, и внес предложение создать институт космической биологии с большой планетной обсерваторией на юге СССР. На совещании был избран ученый совет, необходимый для координации научных исследований по проблеме прогнозирования условий жизни на других планетах, в который вошел Г. А. Тихов и другие ученые.

4 сентября 1957 г. был запущен первый искусственный спутник Земли — началась новая эра в изучении условий жизни во Вселенной и в особенности в Солнечной системе и окружающем Землю космическом пространстве. Это было началом изучения небесных тел новыми методами.

5 марта 1958 г. научный сотрудник обсерватории Ловелла в США А. Д. Вильсон прислал Г. А. Тихову письмо:

«Ваши две книги — „Астробиология“ и „Астроботаника“, которые Вы любезно прислали нам два года тому назад на обсерваторию Ловелла, переведены на английский язык и получили распространение, которое объясняется увеличивающимся значительным интересом в Соединенных Штатах к работе, которую Вы и Ваши сотрудники провели в Алма-Ате. Высшим доказательством этого интереса является то, что д-р Хубуртус Стругхолд, начальник отдела космической медицины, и я, от обсерватории Ловелла, [в июне 1957 г., — А. С.] организовали первый в Америке симпозиум по астробиологии во Флагстафе. Мы имеем удовольствие сообщить, что этот симпозиум был чрезвычайно удачен. Я уверен, что Вас интересуют доклады, сделанные на этой конференции, и другие американские публикации по этому вопросу. И мы в свою очередь чрезвычайно интересуемся новыми исследованиями наших советских коллег. Так как я планирую быть на 10-м общем собрании Международного астрономического общества в Москве в ближайшем августе и также посетить научные институты в других местах Советского Союза, то я был бы... заинтересован посетить Институт астробиологии в Алма-Ате, чтобы услышать о Ваших новых работах, а также обсудить наш симпозиум и некоторые исследовательские работы, ведущиеся в Соединенных Штатах. Я также хотел бы обсудить с Вами мысли д-ра Стругхолда и мои относительно публикации Ваших работ на английском языке. Я надеюсь прибыть в Советский Союз через Ташкент в начале августа и очень интересуюсь, можно ли устроить свидание с Вами в Алма-Ате на два или три дня раньше, чем ехать в Москву. Я очень ценю бы Ваш ответ и совет относительно возможности такого визита» [227, с. 62].

Во времени приезда А. Дж. Вильсона в 1958 г. в Алма-Ату Сектор астроботаники занимал обширную территорию, на которой были расположены по тому времени очень скромно оборудованные лаборатории с хотя и устаревшей, но содержащейся в образцовом порядке аппаратурой, имел немногочисленный, но трудолюбивый коллектив. А. Вильсон пробыл в Алма-Ате три дня. В течение всего рабочего времени он почти не покидал Сектор астробота-

ники. В то время американские ученые активно готовились к полетам пилотируемых космических кораблей и все больше интересовались вопросами, связанными с жизнью во Вселенной. Запомнилась одна из фраз, сказанная профессором Вильсоном: «Америка слишком поздно признала Циолковского... Мы исправляем эту ошибку тем, что теперь признали советских астробиологов» [228, с. 147].

Вскоре после отъезда Вильсона Московская студия научно-популярных фильмов запланировала создать новый цветной кинофильм «Планета загадок» по сценарию писателя В. Д. Пекелиса. Большую часть фильма отсняли в Алма-Ате при активном содействии Г. А. Тихова и многих его сотрудников. Специально был выстроен одноэтажный лабораторный дом. Согласно старинному обычаю, закладка его производилась в торжественной обстановке. Г. А. Тихов собственноручно замуровал в особую нишу стеклянную банку с монетами, собранными у сотрудников и всех желающих, а затем положил первую лопатку бетона. Он сказал, что если дом простоят более ста лет, то находка монет будет ценной для коллекционеров-нумизматов, а если он разрушится, то через тысячу лет находка будет иметь значение для археологов будущего.

Изучение условий и возможности жизни во Вселенной более всего гармонировало со складом характера Г. А. Тихова. Гавриил Адрианович был чрезвычайно жизнерадостным человеком, а пребывание во Франции в молодые годы и регулярное чтение французских романов рано развило в нем чисто французский юмор. Ему не было чуждо и веселье. С детства у них в семье непременно отмечали, как он говорил, «веселый праздник именин» 26 июля. В этот день приглашались все сотрудники, аспиранты, практиканты и гости обсерватории. На каменной веранде, украшенной вьющимися растениями, накрывали длинный стол, за которым и проводили великолепный летний вечер в весьма непринужденной обстановке. В основном велись научные беседы. Однако Гавриил Адрианович удивительно умел оживлять атмосферу этих застолий. Последний раз товарищеский ужин состоялся 7 ноября 1957 г. и был посвящен празднованию 40-летия Октября. Г. А. Тихов очень любил жизнь и всякое живое существо, поэтому в своем доме, расположенном в центре астробо-

танического сада, он держал собак Мицара и Алькора, имя для которых он взял по названию двойной звезды в Большой Медведице, кошку Мурку, почти всегда окруженную котятами, пчел в двух ульях, которых приходилось постоянно подкармливать сахаром и за которыми Гавриил Адрианович Тихов собственноручно ухаживал, надевая при этом специальную защитную сетку. В саду ворковали голуби, расплодившиеся от пары, подаренной ему профессором Л. В. Гульницким, и прилетали другие птицы.

Обычно Г. А. Тихов вставал в шесть утра, брал огромный морской бинокль и поднимался на балкон бредихинской башни наблюдать зеленый луч, появляющийся из-за гор при восходе Солнца. Затем он спускался в сад и становился садовником, считая эту работу чрезвычайно полезной. Он долго ухаживал за особенно полюбившимися ему растениями, среди которых была энотера — растение родом из Канады. Особенностью энотеры было то, что ее ярко-желтые бутоны раскрывались на глазах у зрителей почти мгновенно, поражая своей красотой. Это происходило только по вечерам. Такой режим цветения Г. А. Тихов объяснял тем, что переселившаяся к нам из Канады энотера продолжает жить как бы по канадским часам, причем эта особенность передается по наследству через многие поколения. У него возникали аналогии: как будут вести себя земные растения, пересаженные на Марс? Будут они функционировать по ритму земных суток или перестроятся на марсианские сутки, которые почти на 40 минут длиннее?

В течение почти десятка лет Г. А. Тихова избирали депутатом Верховного Совета КазССР. В последние годы он был старейшим депутатом Казахстана. К депутатским обязанностям он относился с чрезвычайной ответственностью. Все избиратели, и в первую очередь, конечно, сотрудники Сектора астроботаники, знали, что они могут в любое время прийти к Г. А. Тихову, если без него нельзя решить какой-либо срочный вопрос. Поэтому дверь из кабинета Гавриила Адриановича, ведущая в его столовую, никогда не запиралась или даже оставалась распахнутой, так же как и наружная дверь кабинета.

В кабинете стояли простые шкафы с книгами, вывезенными во время эвакуации из Пулковской обсерватории.

рии, а также с личными книгами научного содержания. Шкаф с беллетристической стоял в столовой. Библиотекой могли пользоваться все, нужно было только записать взятую книгу в формуляр читателя.

Как все профессиональные астрономы-наблюдатели, Г. А. Тихов всю жизнь жил при обсерватории и был готов в любое время ночи встать и идти на башню, если погода позволяла наблюдать или возникало неожиданное небесное явление. По его рассказам, в прежнее время после ночных наблюдений астрономы всегда приходили на работу к десяти часам утра, обменивались опытом, рассказывали о своих открытиях. С работы уходили рано, так как готовились к следующим ночным наблюдениям. Поэтому Г. А. Тихов был недоволен новым порядком, когда после ночного дежурства наблюдатели брали отгул и совсем не являлись на работу. Такое отношение к делу он считал формальным.

Помимо своей основной деятельности как астронома, Г. А. Тихов вел также большую научно-просветительскую работу во Всесоюзном обществе по распространению политических и научных знаний (ныне общество «Знание») и входил в состав президиума Казахстанской организации общества. Как правило, у него была одна тема выступления: «Жизнь во Вселенной», однако он постоянно разнообразил и оживлял ее, используя самые поразительные научные открытия. Его лекции представляли собой живую беседу с демонстрацией цветных иллюстраций. Лекция всегда заканчивалась лозунгом: «Да здравствует жизнь во всей Вселенной!».

Еще в 1954 г. Академия наук КазССР приступила к опубликованию «Основных трудов» Г. А. Тихова, запланированных вначале в шести томах. Впоследствии издание было сокращено до пяти томов. В собрание вошло 88 научных публикаций из 237, обнаруженных на сегодняшний день. Не были включены некрологи, обзоры, краткие научные сообщения и работы, которые Г. А. Тихов считал слишком популярными и которые лишь позднее приобрели научное и историческое значение. Текст всех статей Г. А. Тихов заново отредактировал и подготовил иллюстрации к ним.

Первый том «Основных трудов» Г. А. Тихов подарил библиотеке ГАО АН СССР с надписью: «Моей астрономической Родине дорогой Пулковской обсерватории в день

ее второго открытия 21 мая 1954 года от старейшего пулковца Г. А. Тихова».*

Во время войны Пулковская обсерватория была стерта с лица земли и отстроена заново по проекту архитектора А. В. Щусева. В упомянутый Г. А. Тиховым день состоялось ее торжественное открытие.

Несмотря на преклонный возраст после 1951 г. Г. А. Тихов ни разу не болел и вообще не обращался к врачам. Свою работоспособность и отсутствие недугов Г. А. Тихов объяснял строгим соблюдением режима дня и, как он полагал, здоровым климатом Алма-Аты. Все же в последние годы врачи настаивали на проведении ежегодных профилактических осмотров, для чего его обычно госпитализировали на одну—две недели в больницу при Совете Министров КазССР.

Для укрепления здоровья Г. А. Тихов старался в свободное время больше бывать на свежем воздухе, работать физически и чаще ходить пешком, поэтому он категорически отказался от предложенного ему персонального автомобиля. Обычно по городу он ездил на трамвае, а в ненастье его сопровождал лаборант. Такая предосторожность была необходима, поскольку Алма-Ата расположена на холмистой местности, среди отрогов Заилийского Ала-Тау, и в гололедицу пройти по улицам нелегко. Г. А. Тихов в молодости был неплохим альпинистом, поэтому бывали курьезные случаи, когда он сам поддерживал сопровождавшего его помощника. В кино он ходил чрезвычайно редко, потому что не считал полезным такой «сидячий» вид отдыха, но он настолько почитал Льва Николаевича Толстого, что когда в Алма-Ате демонстрировался фильм «Война и мир», он проявил инициативу и вместе с группой сотрудников Сектора астроботаники просмотрел картину с большим интересом. Это было его последним посещением кинотеатра.

Болезнь Г. А. Тихова в январе 1960 г. показалась всем неожиданной. Его положили в больницу. Находясь в палате, он еще продолжал руководить научной работой, отвечал на служебные записки, но вскоре через ученого секретаря, который один только имел круглосуточный доступ к больному, не считая Анны Гавриловны, сотруд-

* Тихов Г. А. Основные труды. Т. 1. Алма-Ата, 1954 (Библиотека ГАО).

никам передали, чтобы они не беспокоили больного частыми визитами. Эта инициатива исходила от медиков, а не от самого Г. А. Тихова, который не замечал, что слабеет, и даже обижался, когда к нему перестали приходить его товарищи. Пролежал он в больнице очень недолго. 25 января 1960 г. Гавриила Адриановича Тихова не стало.

Пятый том «Основных трудов» вышел уже после смерти автора, но восьмой и последний том трудов Сектора астроботаники он успел отредактировать.

В 1975 г. была опубликована новая номенклатура названий кратеров, обнаруженных на Марсе. Международному астрономическому союзу было предложено утвердить названия ряда кратеров именами русских и советских ученых. Именем Тихова назван небольшой кратер с координатами: ареографической долготой $\lambda = 254^\circ$ и ареографической широтой $\beta = -51^\circ$. На поверхности Луны также предполагается увековечить имя Г. А. Тихова, назвав в его память кратер с координатами: селенографической долготой $= +172^\circ$, селенографической широтой $= +62^\circ$.*

* Колчинский И. Г., Корсунь А. А., Родригес М. Г. Астрономы. — «Наукова думка», Киев, 1977.

Заключение

В 1973 г. человечество отпраздновало 500-летие со дня рождения Николая Коперника (1473—1543), совершившего великий переворот в науке — от догмы к эксперименту, от предвзятого мнения к обобщению практики, нанесшего неотразимый удар по геоцентризму. Прошло около трех столетий, прежде чем открытие Нептуна подтвердило на практике идеи Коперника, Кеплера и Ньютона. Благодаря Копернику, первой наукой, отказавшейся от геоцентризма, явилась астрономия. Вслед за ней и остальные науки отрешались от геоцентризма. Вместо географии появилась планетография, вместо геологии — планетология, вместо геоботаники — астроботаника и т. д. Уже в нашем столетии К. Э. Циолковский приступил к разработке механики космического полета летательных аппаратов и искусственных небесных тел. Приступить к изучению жизни во Вселенной, перейти от умозрительных построений философов к исследованию конкретных форм жизни на планетах выпало на долю Гавриила Адриановича Тихова. Идеи и методы познания материи Коперника позволили ученым отойти от общепризнанных догм, успешно преодолевать свои собственные заблуждения, связанные с неполнотой наших знаний физических условий на планетах. Создание искусственных спутников Земли, Луны, Марса и Венеры, полет человека на Луну с благополучным возвращением на Землю, посылка автоматической межпланетной станции к другим звездным

системам — все эти этапы освоения Вселенной свидетельствуют о торжестве идей Коперника. Построение космологических моделей, которые можно было бы назвать гелиоцентрическими, так как, в отличие от классических моделей, они с самого начала постулируют отсутствие какого-либо центра или преимущественной системы отсчета координат и времени, дало ответ на многие вопросы, которые стояли перед наукой со времен Коперника. Приходят на память слова Г. А. Тихова: «Дерзайте! Дерзайте! Работайте — остальное приложится!».

1897

1. Essai nouveau d'expliquer la variabilité de l'étoile β Lirae. — Mem. soc. degli spettroscopisti Italiani, XXVI, 107—112; Новая попытка объяснить переменность звезды β Лиры. — Основные труды, ** 1, 3—9.

1898

2. La dispersion dans l'espaces celestes. — Mem. soc. degli spettroscopisti Italiani, XXVII, 41—44; Дисперсия в небесных пространствах. — Основные труды, 1, 11—15.

1900

3. Observations des Léonides faites en ballon. — Bull. Soc. Astron. Frances, 1, 44—45; Наблюдения леонид, произведенные с воздушного шара. — Основные труды, 1, 17—19.

1903

4. Recherches sur les vitesses radiales de l'étoile β Aurigae. — Astron. Nachr., 164, N 3916, 4, 5.

1905

5. Le changement de la position des étoiles en admettant la réfraction de la lumière dans le système solaire. — Изв. имп. АН, XXII, № 2, 99—112; Изменение положения звезд при допущении

* Это — первый полный тщательно проверенный по первоисточникам библиографический список, содержащий все научные работы, напечатанные ученым у нас и за рубежом, а также наиболее значительные научно-популярные публикации.

Важные исследования, публиковавшиеся по несколько раз, помещены в списке под одним и тем же номером на языке оригинала. Работы, при последующей публикации сохранившие старые названия, но подвергшиеся значительным изменениям по содержанию, внесены в список под разными номерами. Судьба рукописей, оставшихся в редакциях, неизвестна.

** Тихов Г. А. Основные труды. Алма-Ата, АН КазССР. Т. 1 — 1954, 2 — 1955, 3 — 1957, 4 — 1959, 5 — 1960.

рефракции света в Солнечной системе. — Основные труды, 1, 21—34.

6. Опыт изыскания дисперсии в междузвездном пространстве из наблюдений звезды β Aurigae. — Изв. Екатеринбургского Высшего горного училища, 3, 1—89; Основные труды, 1, 35—109.

1906

7. Étude photographique de la nébuleuse annulaire du Cygne N. G. C. 6894. — CR, 142, 32—34.

8. Отчет экспедиции, посланной Академией наук в Крым для исследования зодиакального света и изучения качеств изображений. — Изв. имп. АН, 5 серия, 25, № 4, 231—244 (совместно с А. Ганским).

1907

9. Sur l'application de la méthode photographique de M. Kapteyn à la détermination des parallaxes des étoiles brillantes. — Изв. Ник. ГАО в Пулкове, II, № 18, 101—106; О приложении фотографического метода Каптейна к определению параллакса ярких звезд. — Основные труды, 1, 129—134.

10. Исследование пути Томаковского метеорита, наблюдавшегося 4/17 января 1905 года. Екатеринбург; Основные труды, 1, 111—128.

11. Observations photographiques de la comète 1907d (Daniel) à Poulkovo au moyen de l'astrograph de Bredikhine. — Изв. Ник. ГАО в Пулкове, II, № 20, 122—128.

1908

12. Вопрос о космической дисперсии света и изыскание ее при помощи светофильтров. — Изв. РАО, XIV, № 5, 161—185.

13. Sur la dispersion de la lumière dans les espaces célestes. Historique de la question et premiers résultats. — CR, 146, 570—574; О дисперсии света в небесных пространствах. История вопроса и первые результаты. — Основные труды, 1, 141—145.

14. Remarques sur la note de M. Lebedew: «La dispersion apparente de la lumière dans l'espace interstellaire». — CR, 147, 170—173; Замечания по поводу статьи П. Н. Лебедева: «Кажущаяся дисперсия света в междузвездном пространстве». — Основные труды, 1, 147—150.

15. Deux méthodes de recherche de la dispersion dans les espaces célestes. — Изв. Ник. ГАО в Пулкове, II, № 21, 141—183; Два способа изыскания дисперсии в небесных пространствах. — Основные труды, 1, 151—193.

16. О работах Алексея Павловича Ганского по астрофизике. — Изв. РАО, XIV, № 7, 235—245; Основные труды, 1, 195—204.

1909

17. Recherches nouvelles sur l'absorption sélective et la diffusion de la lumière dans les espaces interstellaires. — CR, 148, 266—269.

18. Applications des filtres sélecteurs à la recherche de l'affaiblissement sélectif de la lumière dans l'espace interstellaires. — Изв. Ник. ГАО в Пулкове, III, № 26, 31—41.

19. Определение параллакса β Aurigae фотографическим методом Каптейна. — Изв. Ник. ГАО в Пулкове, III, № 29, 91—93; Основные труды, 1, 137—140.

20. Observation de la comète 1908c (Morehouse) à Simeise. — Изв. Ник. ГАО в Пулкове, III, № 29, 94—100.

21. Предварительное сообщение о фотографировании планеты Марс при помощи 30-дюймового пулковского рефрактора. — Изв. имп. АН, 4039—4042; Основные труды, 2, 3—6.

22. Recherches nouvelles sur l'absorption sélective et la diffusion de la lumière dans les espaces interstellaires. — CR, 148, 266—269.

1910

23. Большая комета 1910a. — «Нива», № 7, 135, 136.

24. Об изысканиях избирательного космического поглощения света. — Изв. РАО, XVI, № 1, 1—15; Основные труды, 1, 205—232.

25. Фотографирование планеты Марс в 1909 году 30-дюймовым пулковским рефрактором. — Изв. имп. АН, 881—890; Основные труды, 2, 7—16.

26. Фотография кометы 1910a. — Изв. РАО, XVI, № 1, на 2 л. вне текста.

27. Об избирательном космическом поглощении света. — Изв. РАО, XVI, № 3, 90—105.

28. Фотографирование Марса. — Изв. РАО, XVI, № 5, 174—182.

29. Positions de petites planètes détruites par M. Shilow des photographies prises par M. Tikhoff. — Изв. Ник. ГАО, 4, 11, № 47, с. 199.

1911

30. Спектральные наблюдения новой звезды в созвездии Ящерицы, произведенные в Пулкове с 4 января по 19 февраля нов. ст. 1911 г. — Изв. имп. АН, 205—210.

31. Études spectrophotométriques des étoiles faibles des Pléiades et leur application au problème de l'absorption cosmique sélective. — Изв. Ник. ГАО в Пулкове, 4a, № 40, 35—62.

32. L'application des filtres sélecteurs à l'étude des surfaces de Mars et de Saturn. — Изв. Ник. ГАО в Пулкове, 4, № 42, сер. 6, 73—84.

33. Étoile variable des Pléiades. — CR, 153, 653—657.

34. Двухцветные фотографии Марса и Сатурна, полученные при помощи пулковского 30-дюймового рефрактора способом светофильтров. — Изв. РАО, XVII, № 5, 4—11; Основные труды, 2, 17—28.

1912

35. L'enregistrement photographique et la reproduction de la scintillation des étoiles. — CR, 154, 329—331.

36. Note préliminaire sur le spectre de Nova Geminorum. — Изв. Ник. ГАО в Пулкове, 5, № 50, 35—38.

37. Определение цвета звезд и его приложение к исследованию избирательного космического поглощения света и звезд-

ных температур. — ППО, 17, сер. 2, 128; Основные труды, 1, 233—321.

38. Фотографическая регистрация и воспроизведение мерцания звезд. — Изв. РОЛМ, № 1, 8—14; Основные труды, 2, 47—54.

39. Новые исследования планет Марса и Сатурна. — Природа, № 6, 755—768; Основные труды, 5, 237—246.

1913

40. Исследование избирательного поглощения света в туманностях Плеяд. — ППО, 17, сер. 2, 56.

41. Фотоснимки хромосферы и протуберанцев, полученные в Пулкове во время частного затмения Солнца 17 апреля 1912 г. — Изв. Ник. ГАО в Пулкове, 6, № 6/54, 71—75; Основные труды, 3, 3—7.

42. Мерцание звезд, его запись и воспроизведение. — Природа, № 7, 8, 783—790; Основные труды, 6, 247—252.

43. Зеленый луч. — Природа, № 3, 291—299; Основные труды, 5, 266—272.

1914

44. Исследование пепельного света Луны при помощи светофильмов. — Изв. Ник. ГАО, 6, № 62, 15—25; Основные труды, 2, 29—40.

45. Пепельный свет Луны. — Природа, № 12, 1936—1999; Основные труды, 5, 253—257.

46. Предварительное сообщение об изобретенном мною цианометре. — Изв. имп. АН, № 11, 809—813; Основные труды, 2, 66—71.

47. О наблюдениях во время солнечных затмений простым глазом и при помощи простейших приборов. — Изв. РОЛМ, 3, 33—47.

48. Photographies de Saturne obtenues à Poulkovo au moyen de 30 pouces. — Изв. Ник. ГАО в Пулкове, 6, № 62, 25, 26; Фотографии Сатурна, полученные в Пулкове при помощи 30-дюймового рефрактора. — Изв. РАО, XX, 184, 185.

49. Отзыв о книге В. В. Стратонова «Солнце». — Изв. РАО, XX, № 4, 125—127.

1915

50. Опыт одновременных наблюдений синевы, яркости и поляризации неба. — Изв. имп. АН, № 7, 629—642.

51. Определение цвета и температуры звезд. — Новые идеи в астрономии, № 7, 2—19.

52. Спектры комет Делавана и Энке по фотографиям, полученным в Пулкове при помощи объективных призм. — Изв. имп. АН, № 6, 543—546.

53. О наблюдениях, произведенных над кометой Делавана и Энке в Пулкове. — Изв. РОЛМ, IV, № 1 (13), 39, 40.

54. Библийское определение цвета неба. Библийский цианометр. — Изв. РОЛМ, IV, № 6 (18), 245—250.

1916

55. Новые исследования по вопросу о космической дисперсии света. — Изв. имп. АН, № 16, 1619—1632; Основные труды, 1, 321—332.

56. Продольный спектрограф (предварительное сообщение). — Изв. имп. АН, № 5, 6 сер., 299—304.

57. О своевременности учреждения высокогорных астрономических станций на Кавказе. — Тр. XIII съезда русских естествоисп. и врачей, 6, 533—539 (Тифлис).

58. Цвет ясного неба. — Природа, № 1, 3—14.

1917

59. Наблюдения чистоты и прозрачности атмосферы на Кавказе летом 1916 года. — Изв. РОЛМ, 6, № 1 (25), 8—22; Основные труды, 2, 92—105.

60. Улучшение фотографической и визуальной воздушной разведки. Киев; Основные труды, 4, 120—150.

1918

61. Наблюдения в 1918 г. — Мирведение, Изв. РОЛМ,* VII, № 2, 103, 105.

62. Исследование цвета Урана и Нептуна. — Изв. РОЛМ, VII, № 2, 107, 108.

63. Опыт наблюдения цвета неба сапфирным цианометром. — Изв. РОЛМ, VII, № 1331, 3—6; Основные труды, 2, 61—65.

64. Созвездия в Ветхом Завете. — Изв. РОЛМ, VII, № 4, 214, 215.

65. Новые наблюдения спектра новой звезды. — Изв. РОЛМ, VII, № 4, 211—215.

66. Гипотезы о причинах появления новых звезд Зеелигера и Эберта. — Изв. РОЛМ, VII, № 4, 211.

1919

67. По поводу статьи В. Г. Фесенкова «О поглощении света в мировом пространстве». — Вестн. Всерос. астрон. союза, 2, 33—34; Основные труды, 1, 333—335.

68. Главнейшие изменения в спектре Новой Орла по 7 дек. 1918 г. — Изв. РОЛМ, 8, № 1 (36), 40—42.

69. «Сокровища Южная». — Изв. РОЛМ, 8, № 1 (3), 2—7.

70. Новая звезда 1918 г. — Природа, № 7—9, 303—310.

71. Комета Селиванова. — Природа, № 10—12, 481—482.

1920

72. Угловой диаметр и мерцание звезд. — Изв. ПНИЛ, II, 126—131; Основные труды, 2, 55—60.

73. Угловой диаметр и мерцание звезд. — Изв. РОЛМ, IX, № 1 (38), 17—21.

* В дальнейшем журнал «Мирведение», или Известия Российского общества любителей мирведения, будет именоваться Изв. РОЛМ.

74. Борис Александрович Земцов. — Изв. РОЛИМ, IX, № 1 (38), 171—172.

75. Спектр кометы Селиванова. — Изв. ПНИЛ, 1, 237, 238.

1921

76. Nova Aquilae 1918 года. — Изв. ПНИЛ, 4, 273—284.

77. Угловой диаметр и мерцание звезд. — Природа, № 1—3, 67—74; Основные труды, 5, 258—265.

78. Успехи астрономии с начала 1918 года. — Ежегодник, РАО, 49—56.

79. Экспедиция на Урал летом 1920 года и ее результаты. — Сб. ГАО, № 1, 37—42.

80. Сапфирный цианометр. — Изв. ПНИЛ, 3, 287—306.

81. Незабвенной памяти Вильева. — Изв. РОЛИМ, X, № 1 (40), 43—45.

82. Новости астрономии. I. (Измерение углового расстояния между компонентами α Aurigae). — Изв. РОЛИМ, X, № 1 (40), 62—64; Новости астрономии. II. (Полное затмение Солнца 29 мая 1919 года и принцип относительности). — Изв. РОЛИМ, X, № 2 (41), 197—199.

83. Магнитные явления на Солнце. — Изв. РОЛИМ, X, № 2 (41), 140—144.

84. Древние наблюдения цветных звезд. — Изв. РОЛИМ, X, № 1 (40), 78, 79.

1922

85. Der longitudinale Spektrograph. — Astron. Nachr., 218, N 5218, 145—150.

86. Необходимость новых исследований дисперсии света в земной атмосфере. — Изв. ПНИЛ, 5, 233—240; Основные труды, 2, 107—113.

87. Астрофотометрия. Курс астрофизики, I. Пгр.; Основные труды, 2, 151—267.

88. Цвет планет Нептуна и Урана. — Изв. ГРАО, VIII, 5, сер. № 87, 1—45; Основные труды, 2, 273—332.

89. Экспедиция на Урал летом 1920 года и ее результаты. — Сб. ГРАО, № 1, 37—42. Пгр.

90. Из годового отчета обсерватории горы Вильсон. — Изв. РОЛИМ, 11, 29—35.

91. Экспедиция на остров Кильдин в 1921 г. и ее результаты. Отчет с 1 марта по 31 декабря 1921 года, представленный Комитету ГРАО в Пулкове ее директором. Пгр., 103—112.

92. Телеспектрограф и спектрограф с самодвижущейся касетой. Отчет с 1 марта по 31 декабря 1921 г., представленный Комитету ГРАО в Пулкове ее директором. Пгр., 87—92.

1923

93. Обработка спектрограмм ясного дневного неба. — Изв. ПНИЛ, VII, 1—12; Основные труды, 2, 268—278.

94. L'étoile variable BD +46°715=4.1923 Persei. — Astron. Nachr., 219, N 5244, 199—202.

95. Из очередного годового отчета обсерватории горы Вильсон. — Изв. РОЛИМ, 12, № 2 (45), 192—199.

96. Переменная BD+46°715. — ДР АН, 16—17.
97. Метод призматического спутника в приложении к фотографической фотометрии звезд. — Изв. ПНИЛ, 6, 37—49.

1924

98. Гарвардская классификация звездных спектров. — Изв. РОЛМ, 13, № 1 (46), 14—30.
99. Новые определения постоянной призматического спутника. — Изв. ЛНИЛ, 8, 311—316.
100. Соотношение между массой и яркостью звезд. — Природа, № 1—6, 91—94.
101. Большой отражательный телескоп для Симеизского отделения Пулковской обсерватории. — Природа, № 1—6, 94—96.
102. Observations du passage de Mercure sur le disque solaire le 7 mai 1924 à Poulkovo. — Astron. Nachr., 222, N 5308, 63, 64.
103. Картографические сетки для обработки наблюдений Марса. — Изв. РОЛМ, 47, № 2, 165—174.
104. Эволюция звезд. — Изв. НИЛ, 10, 23—33.
105. Определение цвета звезд методом продольного спектрографа. — Изв. НИЛ, 10, 119—125.
106. Цвет Земли и Луны. — РАК, XXVII, 136—141 (Нижний Новгород); Основные труды, 2, 41—46.

1925

107. Возможен ли перенос зародышей жизни через мировое пространство? — Вестник знания, № 16, 1065—1072.
108. Из очередного годового отчета обсерватории горы Вильсон. — Изв. РОЛМ, 14, № 1, 98—105.
109. Le spectre de la comète d'Encke. — Astron. Nachr., 223, N 5345, 279, 280.
110. Спектральные орбиты β Aurigae по отдельным линиям. — Изв. ГАО, 10, № 95, 205—275.

1926

111. Горизонтальная астрономическая рефракция по наблюдениям восхода Солнца в Пулкове в январе—апреле 1925 и 1926 гг. — ДАН СССР, 123—124; Основные труды, 2, 114—116.
112. Sur le spectre de l'étoile nouvelle DO Aquilae. — Astron. Nachr., N 5463, 295, 296.
113. В страну незаходящего Солнца. — Прожектор, № 15 (109), 23.
114. Sur l'addition des densités photographiques. — Изв. АН СССР, № 5—6, 511—532; О сложении фотографических плотностей. — Основные труды, 2, 333—357.
115. Двойные звезды. I. — Природа, № 4, 231—243; Двойные звезды, II. — Природа, № 7, 8, 538, 551.

1928

116. Главнейшие способы определения цвета звезд. — РАК, 116—122.
117. Исследование ясного неба в Борисовке сапфирным цианометром. — Изв. НИЛ, 14, вып. 1 и 2, 183—191.

1929

118. О выдержках большой продолжительности светил переменной яркости. — Изв. ГАО, 11, № 105, сер. 6, 313—328; Основные труды, 2, 358—374.

119. Оптическое усиление контраста при аэрофотосъемке. — Тр. Гос. НИИГиК, 1, 196—200.

1930

120. Инструкция для наблюдения цвета звезд. — РАК (постоянная часть), 391—393 (Нижний Новгород).

1931

121. Таблицы коэффициентов актиничности для разных высот Солнца и типов пластинок. — «Новости аэрофотосъемки», Тр. ЛО НИИГиК, 11, 2—6.

122. Новые исследования рассеяния визуальных и инфракрасных лучей земными образованиями. — Тр. НИИА, 13, 12—15.

123. Цветовые свойства зелени. — Тр. ГосНИИГиК, 4, 157—163.

124. Наблюдения полного затмения Солнца 29 июня 1927 года. — Изв. ГАО, 12, № 5 (110), 1—48; Основные труды, 3, 8—58.

1932

125. Observations of the photographic brightness of Eros. — Poulk. Obs. Cir., N 1, 22—27 (Balanovsky J. A., Tikhoff G. A., Faas V. A.).

126. Note on the spectrum of comet 1930c (Wilk). — Poulk. Obs. Cir., N 2, 14, 15.

127. Коэффициенты актиничности для аэрофотосъемки при разных высотах Солнца. — Тр. ЛенНИИА, 14, 9—12.

128. Фотометрия, колориметрия звезд, туманностей, скопления и Млечный Путь. — В сб. «Астрономия в СССР за 15 лет (1917—1932)». Л., 59—68.

1933

129. Методы определения цвета звезд. — Изв. РОЛМ, 22, № 1, 46—57.

130. Спектральные свойства освещенности горизонтальной поверхности днем и в сумерки. — Тр. Гос. НИИА, 4, 17—23.

1934

131. Коэффициенты актиничности для аэрофотосъемки при разных высотах Солнца. — Сб. ст. по аэрофотометрии, № 1, 61.

132. Роль ясного неба в спектральной освещенности горизонтальной поверхности. — Аэрофотосъемка, 1, 61—66.

132а. О спектральных коэффициентах рассеяния. — Сб. ст. по аэрофотометрии, № 1, 113—126.

133. Спектральные свойства освещенности горизонтальной поверхности днем и в сумерки. — Сб. ст. по аэрофотометрии, № 2, 69—95. Москва-Новосибирск (совместно с В. И. Друри).

134. Спектральная освещенность горизонтальной поверхности. — Сб. ст. по аэрофотометрии, № 1, 59, 60.

1935

135. Атмосфера больших планет. — Наука и жизнь, № 4, 2 (322)—8 (328).

136. Аномальная дисперсия света в земной атмосфере. — Изв. РОЛМ, 24, 6, 361—372; Основные труды, 2, 117—133.

1936

137. Sur la dispersion anormale de la lumière dans l'atmosphère terrestre. — Poulk. Obs. Cir., N 17, 1—12.

138. Непрерывный спектр и цвет солнечной короны. — Изв. РОЛМ, 25, № 3, 42—49; Основные труды, 3, 86—94.

139. Зеленый луч. — Наука и жизнь, № 9, 29—33; Основные труды, 5, 273—281.

1937

140. Сергей Павлович Глазенап (1848—1937). — Природа, № 8, 110—113.

141. Теория продольного спектрографа и каталог цвета звезд в площадках №№ 1—43 систематического плана Каптейна. — Тр. ГАО, 50, сер. 2, 1—148; Основные труды, 3, 95—134.

142. Sur la déviation des rayons lumineux dans le champs de gravitation des étoiles. — Изв. ГАО, № 130, 1—22; Об отклонении световых лучей в поле тяготения звезд. — Изв. АН СССР, сер. физич., № 4, 5, 673—696; Основные труды, 3, 203—225.

143. Об отклонении световых лучей в поле тяготения звезд. — ДАН СССР, 16, № 4, 207—212; Основные труды, 3, 196—202.

1938

144. Следствия возможного отклонения световых лучей в поле тяготения звезд. — Природа, № 6, 7—13; Основные труды, 3, 226—234.

1939

145. История Пулковской обсерватории. — Природа, № 10, 86—96.

1940

146. Зависимость цвета освещенности от высоты Солнца по наблюдениям люксметром. — Изв. НИЛ, 23, 9—20; Основные труды, 2, 134—147.

147. Цветовая температура солнечной короны по наблюдениям полного затмения Солнца 19 июня 1936 года (краткое сообщение). — Циркуляр Пулковской обсерв., № 28, 69—72; Основные труды, 3, 72—75.

148. Привязка к Солнцу (стандартизация) фотографических наблюдений короны, полученных трубочным фотометром. — АЖ, 17, № 4, 68—72.

1941

149. Привязка к Солнцу (стандартизация) фотометрических снимков короны. — АЖ, 18, № 2, 113—119.

1942

150. Фотографическая фотометрия без объективов. — АЖ, 19, № 6, 34—37.

1944

151. Развитие фотографической фотометрии без объективов. — ДАН СССР, 44, № 1, 15—17.

152. Затвор перед объективом, работающий всегда на полное отверстие. — ДАН СССР, 44, № 6, 261—264.

1945

153. The determination of the star color temperature without a terrestrial source of comparison. — АЦ, N 44, 4, 5.

154. Стрoение Солнечной системы. Алма-Ата.

155. Определение цветовой температуры звезд без помощи земных источников сравнения. — ДАН СССР, 47, № 1, 11—14; Основные труды, 2, 375—380.

156. Новое о планете Марс. — ДАН СССР, 49, № 2, 95—97; Основные труды, 5, 29—31.

157. Фотометрия и колориметрия. — В сб.: «Сто лет Пулковской обсерватории». Л., 189—200.

158. Экспедиции Пулковской обсерватории и ее астрономов для наблюдения солнечных затмений и прохождения Венеры. — В сб.: «Сто лет Пулковской обсерватории». Л., с. 247—258.

159. Атмосферная оптика. — В сб.: «Сто лет Пулковской обсерватории». Л., 233—246.

1946

160. Новая наука — астроботаника. — Альманах «Казахстан», № 4, 95—100.

161. Стрoение Вселенной. Алма-Ата.

162. Температурные и цветовые свойства солнечной короны 21 сентября 1941 года. — ДАН СССР, 53, № 7, 601—604; Основные труды, 3, 76—81.

163. Спектральная отражательная способность зелени в связи с вопросом о растительности на Марсе. — Вестник Каз. фил. АН СССР, № 4 (13), 3—6; Основные труды, 5, 32—37.

164. Один из способов, дающих надежду изучать солнечную корону вне затмения. — Вестник АН КазССР, № 10 (19), 7—10; Основные труды, 3, 82—85.

165. Спектральная отражательная способность земных растений в связи с вопросом о растительности на планете Марс. — Вестник АН Каз. ССР, № 9 (18), 22, 23.

166. Зависимость показателя R формулы Шварцшильда от спектральной чувствительности фотоэмульсии. — ЖТФ, 16, № 1, 119—122.

1947

167. Наблюдения прозрачности и чистоты атмосферы в районе горного хребта Кара-Тау в 1943 году. — Изв. АН КазССР, сер. astron. и физич., 1, 40—62; Основные труды, 4, 151—167.

168. Новые исследования растительности на Марсе. — Наука и жизнь, № 1, 17—19.

169. О растительности на Марсе. — Природа, № 2, 3—6; Основные труды, 5, 38—42.

1948

170. Спектральный анализ растений. — ДАН СССР, 57, № 7, 673—676.

171. Спектральный анализ зелени и цветов. — Изв. АН КазССР, сер. астроном. и физич., 3, 109—112; Основные труды, 5, 3, 4.

172. Флуоресценция растительности в инфракрасных лучах. — Вестник АН КазССР, № 11 (44), 35—41; Основные труды, 5, 5—11.

173. Планета Марс. Алма-Ата; Основные труды, 5, 43—61.

174. Флуоресценция растений в инфракрасных лучах. — ДАН СССР, 62, № 5, 626—628.

175. Новейшие исследования по вопросу о растительности на планете Марс. М., Изд. «Правда», с. 20.

176. Наблюдения ясного неба сапфирным цианометром в 1936—1944 гг. Алма-Ата; Основные труды, 5, 282—325.

1949

177. Профиль главной полосы поглощения хлорофилла. — ДАН СССР, 65, № 5, 657—659; Основные труды, 5, 12—15.

178. Спектральный анализ и флуоресценция зелени и цветов. — Природа, № 6, 3—7; Основные труды, 5, 16—22.

179. Существует ли растительность на планете Марс? — Природа, № 7, 3—8; Основные труды, 5, 78—86.

180. О растительности на Марсе. — Вестник ЛГУ, № 9, 3—9.

181. Астроботаника. Алма-Ата; Основные труды, 4, 3—29.

1950

182. Основы визуальной и фотографической фотометрии. Алма-Ата; Основные труды, 4, 171—256.

183. Спектр самоизлучения (флуоресценции) растений в красных и инфракрасных лучах. — ДАН СССР, 70, № 1, 109—112; Основные труды, 5, 23—29.

184. Спектр зодиакального света. — ДАН СССР, 73, № 1, 53, 54; Основные труды, 5, 326—328.

185. Фотографическое определение больших отношений яркости. — ЖТФ, 20, № 5, 526—528; Основные труды, 5, 329—332.

1951

186. Каталог цветов звезд в избранных площадях Каптейна №№ 44—91, полученных по способу продольного спектрографа. — Тр. ГАО, 66, сер. 2, 100; Основные труды, 3, 135—151.

187. Рождение и развитие новой советской науки астроботаники. — Вестник АН КазССР, № 4 (73), 64—71; Основные труды, 5, 87—95.

188. Зависимость самоизлучения растений от температуры. — ДАН СССР, 78, № 1, 133—136.

189. К вопросу о растительной жизни на Марсе и Венере. — Вестник АН КазССР, № 4 (73), 72—86; Основные труды, 5, 96—111.

1952

190. Субкарлики спектральных классов G4-KI, найденные способом продольного спектрографа. — ДАН СССР, 32, № 4, 541—544; Основные труды, 5, 333—337.

191. О растительности на Марсе. Краткий астрономический календарь на 1953 год. Киев, с. 60—64.

1953

192. Астробиология. М., «Молодая гвардия».

193. Возможна ли жизнь в других мирах. — Тр. САБ, 1, 3—17; Основные труды, 5, 160—176.

194. Цвет звезд в площадках от 44 до 91 систематического плана Каптейна, определенный методом продольного спектрографа. — Тр. САБ, 1, 42—48.

195. Заключительное слово. (Дискуссия по вопросу о возможности жизни на других планетах. Алма-Ата, 1952 г.). — Тр. САБ, 2, 161—163; Основные труды, 5, 126—128.

196. Гипотеза о палеоботанике Марса и Венеры. — Вестник АН КазССР, № 1 (94), 100—104; Основные труды, 5, 120—125.

197. Дискуссия по вопросу о возможности жизни на других планетах. — Вестник АН КазССР, № 5 (98), 56—65.

1954

198. По поводу статьи В. Г. Фесенкова «К вопросу о растительности на Марсе». — Вестник АН КазССР, № 5, 84, 85; Основные труды, 5, 129, 130.

199. Астрофизика (1897—1919). — Основные труды. Т. 1. Алма-Ата, АН КазССР.

1955

200. Сапфирный цианометр. — Основные труды, 2, 72—91.

201. Жизнь во Вселенной. — Тр. САБ, 3, 3—16; Основные труды, 5, 224—237.

202. Цветовое восприятие глазом спектрального состава света растений и их цветов. — Тр. САБ, 3, 112—125; Основные труды, 4, 88—101.

203. Дополнение к статье «Цветовое восприятие глазом спектрального состава света растений и их цветов». — Тр. САБ, 3, 126—151; Основные труды, 4, 102—119.

204. Основные проблемы и перспективы астроботаники. — Тр. САБ, 4, 7—23; Основные труды, 5, 131—150.

205. Заключительное слово. (Дискуссия по вопросу о жизни на других планетах. Ленинград, 1953 г.). — Тр. САБ, 4, 154, 155; Основные труды, 5, 151, 152.

206. О возможности жизни на Марсе. — Вопросы философии, № 1, 92—102; Основные труды, 4, 61—74.

207. Что такое астробиология? Есть ли растительный мир на других планетах? — В сб. «Московский рабочий», 60. М., с. 49—62; Основные труды, 5, 177—187.

208. Французский журнал об астроботанике. — Вестник АН КазССР, № 4 (121), 108—110.

209. Астрофизика и атмосферная оптика (1910—1945). — Основные труды. Т. 2. Алма-Ата, АН КазССР.

210. Is life possible on other planets? — J. Brit. Astron. Assoc., 65, 193—204.

1956

211. По поводу статьи Н. А. Козырева «Объяснение цвета Марса спектральными свойствами его атмосферы». — Изв. Кр. АО, 16, 159—161; Основные труды, 5, 153—155.

212. Есть ли жизнь на других планетах? М., «Московский рабочий».

213. Перспективы новой науки. — Наука и жизнь, № 11, 24.

214. Les atmosphères moléculaires et les possibilités de la vie dans l'univers. — Bull. classe des sciences, 17, 5 ser., 1184—1191, Bruxelles.

1957

215. Связь между абсолютной величиной звезд спектральных классов G4-K1 и их цветом по продольному спектрографу. — Основные труды, 3, 152—161.

216. Зарубежные отклики на астробиологию. — Тр. САБ, 5, 246, 247.

217. Цветовая температура солнечной короны из наблюдений полного затмения Солнца 19 июня 1936 года. — Основные труды, 3, 59—71.

218. Определение цвета звезд в некоторых дополнительных областях способом продольного спектрографа. — Основные труды, 3, 162—195.

219. Астрофизика (1912—1956). — Основные труды. Т. 3. — Алма-Ата, АН КазССР.

220. Геоцентризм в современной биологии. — Вопросы философии, № 5, 246—249; Основные труды, 4, 75—82.

221. Предварительные результаты наблюдений Марса в секторе астроботаники в период великого противостояния в 1956 году. — Вестник АН КазССР, № 2 (143), 87—90; Основные труды, 4, 84—87.

1958

222. Реферат на статью В. Синтона «Спектроскопическое доказательство растительности на Марсе». — Вестник АН КазССР, № 10 (163), 60—62.

1959

223. What is astrobotany? — Spaceflight, 2, 74—77.

224. Замечания ответственного редактора Г. А. Тихова. — Тр. САБ, 7, 306.

225. Наблюдения яркости и цвета неба сапфирным цианометром в Киргизии в 1952 году. — Основные труды, 4, 168—170.

226. Астроботаника и астрофизика (1912—1957). — Основные труды. Т. 4. Алма-Ата, Изд. АН КазССР.

227. Есть ли жизнь на других планетах? М., «Московский рабочий».

228. Шестьдесят лет у телескопа. М., Детгиз.

1960

229. К вопросу об исследовании общего поглощения света листьями растений в полевых условиях. — Тр. САБ, 8, 3—10.

230. Новейшие исследования по вопросу о растительности на планете Марс. — Основные труды, 5, 62—77.

231. Ботаника, Марс, жизнь во Вселенной, физика, астрофизика и атмосферная оптика (1912—1958). — Основные труды. Т. 5. Алма-Ата, АН КазССР.

232. Жизнь во Вселенной. — Наука и религия, 1, 9—14.

1961

233. Reaching for the stars. Foreign languages publishing hous. Moscow.

234. En los vastos espacios del Universo, Ediciones en lenguas extranjeras. Moscú.

1962

235. L'enigme des planets. Editions en langages etrangeres. Moscou.

1972

236. О возможности жизни на Марсе (Геоцентризм в современной биологии). — Сб. «Населенный космос». М., с. 182—189.

ОСНОВНЫЕ ДАТЫ ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Г. А. ТИХОВА

- 1875, 1 мая — родился в поселке Смолевичи.
1885 — поступление в Павлоградскую прогимназию.
1892 — принятие решения стать астрономом.
1893, август — приезд в Москву и поступление на математическое отделение физико-математического факультета университета.
1894 — постройка домашней обсерватории в Смолевичах.
1895 — чтение книги К. А. Тимирязева «Жизнь растения» и появление интереса к ботанике.
1897 — окончание Московского университета и публикация первой научной статьи.
1898, апрель — женитьба на Людмиле Евграфовне Поповой. Поездка во Францию для обучения в Сорбонне.
1899, 15 ноября — наблюдение леонид с воздушного шара; подъем на Монблан.
1902 — сдача экзаменов на степень магистра.
1903 — избрание на должность старшего преподавателя высшей математики в Екатеринославском высшем горном училище.
1906 — начало работы в Пулковской обсерватории. Экспедиция в Крым.
1912, 17 апреля — наблюдение частного солнечного затмения.
1912 — присуждение медали Французского астрономического общества.
1913 — защита диссертации на степень магистра астрономии.
1914, 21 августа — наблюдение полного солнечного затмения.
1917 — мобилизация в армию.
1919 — начало преподавательской деятельности в Петроградском университете и работы в должности заведующего Астрофизическим отделением Научного института им. П. Ф. Лесгафта.
1924, сентябрь — III астрономический съезд.
1927 — избрание в члены-корреспонденты АН СССР.
1934 — присвоение степени доктора астрономии.
1941 — эвакуация в Алма-Ату.

- 1943 — вступление в должность заведующего астрономическим сектором.
- 1944 — награждение грамотой Президиума Верховного Совета КазССР.
- 1945 — награждение орденом Трудового Красного Знамени и медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.».
- 1946 — избрание в действительные члены АН КазССР.
- 1946, февраль — присвоение звания Заслуженного деятеля науки КазССР.
- 1946, июль — избрание в Почетные члены Американского астрономического общества.
- 1947, 16 февраля — избрание в депутаты Верховного Совета КазССР по Талгарскому избирательному округу.
- 1947 — организация Сектора астроботаники АН КазССР и назначение Г. А. Тихова его заведующим.
- 1949, 18 июля — утверждение в ученое звание профессора.
- 1951, 18 февраля — избрание в депутаты Верховного Совета АН КазССР по Алма-Атинскому привокзальному избирательному округу.
- 1960, 25 января — смерть Г. А. Тихова в Алма-Ате.

1. Архив АН СССР, Ленинградское Отделение (ЛЮААН), ф. 971, оп. 2, ед. хр. 2, л. 101; ед. хр. 3; ед. хр. 6, л. 6—8; ед. хр. 13, л. 4; ед. хр. 18; оп. 4, ед. хр. 282, л. 2; оп. 5, ед. хр. 2, л. 6; ед. хр. 3, л. 1, 2; ед. хр. 4, л. 5; ед. хр. 5, л. 1; ед. хр. 7, л. 2; ед. хр. 12, л. 4—6, 8; ед. хр. 14, л. 2; ед. хр. 16, л. 1, 2; ед. хр. 25, л. 1; ед. хр. 33, л. 1—3.
2. Астрономия в СССР за 40 лет. М., 1960.
3. *Базанова Н. У., Баишев С. Б., Борукаев Р. А.* и др. Гавриил Адрианович Тихов. — Вестник АН КазССР, 1960, 2, 100—101.
4. *Беденко В. П., Паршина З. С., Соколова В. С.* Гавриил Адрианович Тихов. — Вестник АН КазССР, 1965, 5, 80—82.
5. *Беденко В. П., Паршина З. С., Соколова В. С.* К 100-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР Г. А. Тихова. — Вестник АН КазССР, 1975, 5, 73—97.
6. *Богородский А. Ф.* Г. А. Тихов (К 100-летию со дня рождения). — Вестник Киевского ГУ, сер. астроном., 1975, № 17, 3—12.
7. *Воронцов-Вельяминов Б. А.* Переселения живых существ из одной галактики в другую. — Земля и Вселенная, 1966, 4, 17.
8. Гавриил Адрианович Тихов (биографическая справка). — Изв. АН КазССР, сер. астроботан., 1950, 1, 2, 5, 6.
9. *Ганский А. П.* Отзыв о сочинениях Г. А. Тихова. — Изв. РАО, 1908/1909, 14, 62.
10. *Горшков П. М.* Тихов Г. А. — Труды АОЛГУ, 1962, 19, 243—245.
11. *Еремеева А. И.* Памятные даты астрономии в 1976 г. — Астрон. календарь, 1976, 29, 250—257.
12. *Еремеева А. И.* Гавриил Адрианович Тихов. — Земля и Вселенная, 1975, 6, 42—45.
13. *Козлова К. И.* Обработка наблюдений Марса по рисункам, полученным Г. А. Тиховым в 1918, 1920 и 1948 годах. — Тр. сектора астроботан., 1957, 5, 83—109.
14. *Конт О.* Курс положительной философии. СПб., 1900.
15. *Кучеров Н. И.* Гавриил Адрианович Тихов. — Изв. ГАО, 1961, 22, вып. 2, № 167, 2—5.
16. *Мильхикер М. А., Даскал М. А.* Гавриил Адрианович Тихов. — Бюлл. ВАГО, 1960, № 28.
17. Марс как среда обитания. — В сб. «Проблемы космической биологии», 32, М., 1976.

18. Памяти Г. А. Тихова, П. П. Паренаго, М. Е. Набокова и Е. Я. Бугославской. Гавриил Адрианович Тихов 1875—1960. — Астрон. календарь 1961, 1960, 64, 310—312.
19. *Перель Ю. Г.* К вопросу о мировоззрении К. Фламариона и его роли в развитии и распространении астрономических знаний. — Историко-астрон. исслед., 1962, 8, 285—296.
20. *Попов П. И.* Гавриил Адрианович Тихов. — Физика в школе, 1955, № 3, 90—91.
21. *Пекелис В.* Человек, который твердо говорил «да». — Наука и жизнь, 1973, № 6, 52, 53.
22. Развитие астрономии в СССР. М., «Наука», 1967.
23. *Суслов А. К.* Картография морей Марса по негативам, полученным Г. А. Тиховым в 1909 г. — Тр. сектора астробот., 1960, 8, 104—116; Ученые записки ЛГУ, сер. матем. наук, 1957, вып. 29, № 190, 95—104.
24. Список важнейших ученых трудов проф. Г. А. Тихова. — Изв. АН СССР, 1927, сер. 6, 1440—1441.
25. *Суслов А. К.* Литература по проблемам астробиологии. Л., ВГО, 1967.
26. *Суслов А. К. и Томов А. Г.* А. Тихов — известен руски астроном. — Природа (София), 1975, 24, № 4, 105.
27. Тихов Гавриил Адрианович. БСЭ, 1976, 25, 594.
28. *Тихомиров В. С.* Сезонные изменения некоторых отражательных свойств растений и вопрос о растительности на Марсе. Алма-Ата, АН КазССР, 1951.
29. *Фабри Ш.* Общее введение в фотометрию. М.—Л., ОНТИ, 1934.
30. *Фламарион К.* Живописная астрономия. СПб., Изд. Ф. Павленкова, 1900.
31. *Шаронов В. В.* Гавриил Адрианович Тихов. — Изв. АН КазССР, сер. астроботан., 1950, 1, 2, 14—16.
32. *Шаронов В. В.* Жизненный путь и творчество Г. А. Тихова. — Природа, 1950, № 8, 85—88.
33. *Штауде Н. М.* Научные работы Г. А. Тихова в Казахстане. — Вестник Каз. фил. АН СССР, 1946, № 5 (14), 4—8.
34. *Штауде Н. М.* Основные черты научного творчества Г. А. Тихова по личным впечатлениям за 40 лет. — Изв. АН КазССР, сер. астроботан., 1950, 1, 2, 19—24.
35. *Balestic Francis.* Mise au point sur les synthèses abiogénétiques des acides aminés. — J. Chim. Phys. Phys.-Chim. biol., 1973, 70, N 1, 169—179.
36. *Elsässer Hans.* Sind interstellare moleküle kosmische Lebensheime? — Bild. Wiss., 1973, 10, N 7, 756—764.
37. *Kourganoff V.* Astrobotanique. — L'Astronomie, Paris, 1954, 433—436.
38. *Ponnamperuma C.* The origins of life. London, 1972.
39. *Sinton W. M.* Spectroscopic evidence for vegetation on Mars. — Ap. J., 1957, 126, N 2, 231—239.
40. Martian vegetation. — Sky and Telescop, 1959, 18, N 5, 259.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

- Изв. ГРАО — Известия Главной российской астрономической обсерватории
- Изв. Ник. ГАО — Известия Николаевской главной астрономической обсерватории
- Изв. РАО — Известия Русского астрономического общества
- Изв. РОЛМ — Известия Российского общества любителей миропведения
- Изв. ПНИЛ — Известия Петроградского научного института им. П. Ф. Лесгафта
- РАК — Русский астрономический календарь
- ЖРФО — Журнал Русского физического общества
- ППО — Публикация Пулковской обсерватории
- ТрНИИГиК — Труды научно-исследовательского института геодезии и картографии
- ТрНИИА — Труды Научно-исследовательского института аэросъемки.
- ТрСАБ — Труды Сектора астроботаники АН КазССР.
- С. R. — Comptes Rendus Academie des Sciences, Paris.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абрамова-Неуймина М. Н. (25 XII 1892 (7 I 1893)—45 VI 1972) 19
- Алексеев Я. И. (1871—1942) 19
- Амбарцумян В. А. (р. 1908 г.) 18, 38
- Баженов Г. М. (р. 31 V (13 VI) 1900 г.) 19
- Баженов М. А. (р. 1917 г.) 83, 84, 86
- Балановская-Леман И. Н. (1881—1937) 19
- Балановский И. А. (1885—1937) 19
- Барабашов Н. П. (1894—1971) 19
- Беденко В. П. (р. 1934 г.) 86
- Безверхний Ш. А. (р. 1928 г.) 86
- Белопольский А. А. (1854—1934) 13, 20, 24, 25, 41, 76
- Белявский С. И. (1883—1953) 19
- Беляев Я. И. (1891—1930) 19
- Блажко С. Н. (1870—1956) 19
- Богородский А. Ф. (р. 1907 г.) 27
- Боева Н. Ф. (1890—1956) 19
- Бредихин Ф. А. (1831—1904) 15, 29, 76
- Бруно Дж. (1548—1600) 70, 73
- Вентцель М. К. (1882—1963) 19
- Вернадский В. И. (1863—1945) 30
- Ворошилова-Романская С. В. (1886—1969) 19
- Газе В. Ф. (1899—1954) 19
- Ганский А. П. (1870—1908) 11, 12, 13, 51, 76
- Гельфрейх Г. Б. (р. 1932 г.) 86
- Герасимович Б. П. (1889—1937) 20
- Гершель В. (1738—1822) 14
- Глазенап С. П. (1848—1937) 18, 19, 76
- Горшков П. М. (1883—1975) 19, 77
- Горячев Н. Н. (1883—1940) 19
- Грабак М. К. (р. 1893 г.) 19
- Графф К. Р. (1878—1950) 18
- Грачев М. А. (1866—1925) 19
- Гульницкий Л. В. 92
- Давидович П. Я. (1898—1929) 19
- Дарчия Ш. П. (р. 1920 г.) 86
- Дебон М. 89
- Де Кастильон де сен Виктор 12
- Де ла Во 12
- Днепровский Н. И. (1887—1944) 19
- Дрепер Г. (1837—1882) 27
- Дубровский К. К. (1888—1956) 19
- Дубяго А. Д. (1903—1959) 19
- Дубяго И. А. 86
- Дюков И. А. (1888—1961) 19
- Дюфур М.-Ш.-Э. (1829—1882) 17

- Егоров Н. Е. (1849—1919) 12
 Евдокимов Н. Н. (1868—1941) 19
- Жансен П.-Ж.-С. (1824—1907) 12, 31
 Жуковский Н. Е. (1847—1921) 8
- Зубкович А. Г. (см. Тихова А. Г.)
 Зубкович Г. М. 5, 6
- Идельсон Н. И. (1885—1951) 15
 Ильинский И. И. (1887—1968) 19
 Имшенецкий А. А. (р. 1905 г.) 74
- Казаков С. А. (1873—1936) 19
 Казанский И. А. (1886—1937) 19
 Калитин Н. Н. (1884—1949) 57
 Каптейн Я. К. (1851—1922) 14, 16
 Каттерфельд Г. Н. (р. 1927 г.) 78
 Кеплер И. (1571—1630) 96
 Козлова К. И. (р. 1924 г.) 84, 86
 Козырев Н. А. (р. 1908 г.) 18
 Конт Огюст (1798—1857) 70
 Коперник Н. (1473—1543) 96
 Корню А.-М. (1841—1902) 52
 Костинский С. К. (1867—1936) 49, 76
 Кринов Е. Л. (р. 1906 г.) 57, 62
 Кунаев Д. А. (р. 1912 г.) 89
 Купо И. Д. (1928—1977) 86
 Курмаева А. Х. (р. 1931 г.) 86
 Кутырева А. П. 62, 79
 Кучеров Н. И. (1905—1964) 83, 88
- Ламберт И. Г. (1728—1777) 21
 Лебедев П. Н. (1866—1912) 8, 25
 Леман-Балановская И. Н. (см. Балановская-Леман И. Н.)
 Лесафт П. Ф. (1837—1909) 58
 Леспио П.-Л.-Р. (р. 1864 г.) 12
- Ломоносов М. В. (1711—1765) 8, 29, 70
 Лоуэли П. (1855—1916) 88
- Максutow Д. Д. (1896—1964) 48, 49
 Марков А. В. (1897—1968) 19, 57
 Маткевич Л. Л. (1878—1949) 19
 Маундер Э. У. (1851—1928) 44
 Миролюбова А. С. (1885—1978) 19
 Михайлов А. А. (р. 1888 г.) 19
 Морозов Н. А. (1854—1946) 62
- Набоков М. Е. (1887—1960) 19
 Наполеон I (1769—1821) 5
 Нестеров П. Н. (1887—1914) 18
 Николь У. (1768—1851) 38
 Никонов В. Б. (р. 1905 г.) 18
 Нордман Ш. (1881—1940) 25
 Ньютон И. (1643—1727) 96
- Орлов А. Я. (1880—1958) 19
 Орлов С. В. (1880—1958) 19
 Остащенко-Кудрявцев Б. П. (28 XII 1876 (9 I 1877)—1 X 1956) 19
- Павлов Н. Д. (1867—1929) 19
 Пекелис В. Д. (р. 1921 г.) 91
 Перель Ю. Г. (1905—1964) 86
 Покровский К. Д. (1868—1945) 19
 Полак И. Ф. (1881—1954) 19
 Прянишников В. И. (р. 1890 г.) 77
- Рак Б. И. (1892—1942) 19
 Розанов А. Н. (р. 1856 г.) 19
 Романская С. В. (см. Ворошилова-Романская С. В.)
 Россовская В. А. (1876—1943) 19
- Савар Ф. (1791—1841) 38
 Самойлова-Яхонтова Н. С. (р. 1896 г.) 19
 Сатпаев К. И. (1899—1964) 89

- Семенов Л. И. (1878—1965) 19
 Сеченов И. М. (1829—1905) 9
 Синтон В. М. (р. 1925 г.) 68, 74
 Смирнова М. А. (р. 1892 г.) 19
 Соболев В. В. (р. 1915 г.) 38
 Соколова В. С. (р. 1915 г.) 86
 Сорокин Л. В. (1886—1954) 19
 Стокс Д. Г. (1849—1903) 24
 Столетов А. Г. (1839—1896) 8
 Стоянова К. Т. (1908—1976) 86
 Стоянова М. Н. 86
 Струве В. Я. (1793—1864) 76
 Стругацкий Б. Н. (р. 1933 г.) 86
 Страгхолд Х. (р. 1898 г.) 90
 Субботина Н. М. (1877—1961) 19
 Сытинская Н. Н. (1906—1974) 87
- Тейфель В. Г. (р. 1933 г.) 55, 86
 Терентьева Л. И. (1879—1933) 19
 Тимирязев К. А. (1843—1920) 9, 43
 Тихов А. Г. 5, 6
 Тихов Г. Г. 85
 Тихова А. Г. (ум. в 1902 г.) 6
 Тихова Л. Е. (Попова Л. Е., 1873—1950) 9, 10, 11, 84
 Тихова Т. Г. (1902—1964) 11, 85
 Толстой Л. Н. (1828—1910) 94
 Троицкая О. В. 87
- Удино Ш.-Н. (1767—1847) 5
 Улуг-Бек (1394—1449) 80
 Умов Н. А. (1846—1915) 8
- Фаас В. А. 57
 Фабри Ш. (1867—1945) 20
 Фесенков В. Г. (1889—1972) 48, 86, 89
- Фламарион Н.-К. (1842—1925) 7, 9, 33
 Фогель Г. К. (1841—1907) 44
- Хеггинс У. (1824—1910) 44
 Хюлст Х. К. ван де (р. 1918 г.) 38
- Цераский В. К. (1849—1925) 8, 20, 76
 Цесевич В. П. (р. 1907 г.) 18
 Циолковский К. Э. (1857—1935) 96
- Чандрасекар С. (р. 1910 г.) 38
 Черный С. Д. (1874—1956) 19
- Шайн Г. А. (1892—1956) 19
 Шайн П. Ф. (Санникова П. Ф., 1894—1956) 19
 Шарбе С. Б. (1871—1932) 19
 Шаронов В. В. (1901—1964) 19, 57, 59, 76, 87
 Шварцшильд К. (1873—1916) 23
 Штауде Н. М. (р. 1888 г.) 19, 83, 84
 Штернберг П. К. (1865—1920) 8
- ЩигOLEV Б. М. (1891—1976) 19
 Щусев А. В. (1873—1949) 94
- Эртель Т. Л. 9
- Яхонтова Н. С. (см. Самойлова-Яхонтова Н. С.)
 Яшнов П. И. (1874—1940) 19

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| Глава 1. Детство, годы учения и первые шаги в астрономии | 5 |
| Глава 2. Астрофизические исследования и их значение в развитии науки о планетах | 14 |
| Глава 3. Теоретическая астрофизика | 24 |
| Глава 4. Применение астрофизических методов | 31 |
| Глава 5. Исследования Марса и Солнца | 40 |
| Глава 6. Исследования астроклимата | 51 |
| Глава 7. Аэрофотометрия | 56 |
| Глава 8. Астроботаника | 62 |
| Глава 9. Проблема жизни вне Земли | 70 |
| Глава 10. Итоги жизненного пути | 76 |
| Заключение | 96 |
| Список трудов Г. А. Тихова | 98 |
| Основные даты жизни и деятельности Г. А. Тихова | 112 |
| Литература | 114 |
| Принятые сокращения | 116 |
| Именной указатель | 117 |

Александр Константинович Суслов

Гавриил Адрианович Тихов

*Утверждено к печати Редакционной коллегией
серии «Научно-биографическая литература»*

Редактор издательства Т. И. Сушкова
Технический редактор З. А. Соловьева
Корректор А. А. Гинзбург

ИБ № 8806

Сдано в набор 8.01.80. Подписано к печати 23.04.80. М-10763. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2. Гарнитура обыкновенная. Печать высокая. Печ. л. 3³/₄=6.30 усл. печ. л. Уч.-изд. л. 6.31. Тираж 7500. Изд. № 7213. Тип. зак. 1067. Цена 20 к.

Издательство «Наука», Ленинградское отделение
199164, Ленинград, В-164, Менделеевская лин., 1

Ордена Трудового Красного Знамени Первая типография издательства «Наука»
199034, Ленинград, В-34, 9 линия, 12



А. К. Суслов

Гавриил Адрианович

ТИХОВ

20 к.



«НАУКА»
Ленинградское отделение