

# РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК



СЕРИЯ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»

Основана в 1959 году

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

академик *Н.П. Лаверов* (председатель),  
академик *Б.Ф. Мясоедов* (зам. председателя),  
докт. экон. наук *В.М. Орёл* (зам. председателя),  
докт. ист. наук *З.К. Соколовская* (ученый секретарь),  
канд. техн. наук *В.П. Борисов*, докт. физ.-мат. наук *В.П. Визгин*,  
канд. техн. наук *В.Л. Гвоздецкий*, докт. физ.-мат. наук *С.С. Демидов*,  
член-корреспондент РАН *А.А. Дынкин*, академик *Б.П. Захарченя*,  
академик *Ю.А. Золотов*, докт. физ.-мат. наук *Г.М. Идлис*,  
академик *Ю.А. Израэль*, канд. ист. наук *С.С. Илизаров*,  
докт. филос. наук *Э.И. Колчинский*, академик *С.К. Коровин*,  
канд. воен.-мор. наук *В.Н. Краснов*, докт. хим. наук *В.И. Кузнецов*,  
докт. ист. наук *Б.В. Лёвшин*, член-корреспондент РАН *М.Я. Маров*,  
докт. биол. наук *Э.Н. Мирзоян*, докт. техн. наук *А.В. Постников*,  
академик *Ю.В. Прохоров*, член-корреспондент РАН *Л.П. Рысин*,  
докт. хим. наук *Ю.И. Соловьёв*, докт. геол.-минерал. наук *Ю.Я. Соловьёв*,  
академик *И.А. Швелёв*

*С. В. Житомирский*  
*А. В. Козенко*

**Аристарх  
Аполлонович  
БЕЛОПОЛЬСКИЙ**  
**1854 – 1934**

Ответственный редактор  
доктор физико-математических наук  
Г. М. ИДЛИС



---

МОСКВА  
НАУКА  
2005

УДК 52  
ББК 22.63  
Ж 74

Рецензенты:

доктор физико-математических наук *В.Н. Жарков*,  
кандидат физико-математических наук *В.Г. Сурдин*

**Житомирский С.В., Козенко А.В.**

**Аристарх Аполлонович Белопольский, 1854–1934 / С.В. Житомирский, А.В. Козенко.** – М. : Наука, 2005. – 158 с. : ил. – (Научно-биографическая литература.) – ISBN 5-02-033211-9.

Эта книга – научная биография академика Аристарха Аполлоновича Белопольского, одного из патриархов отечественной астрофизики. Выдающийся наблюдатель, конструктор и исследователь астрономических инструментов, Белопольский сделал ряд важных астрономических открытий. Основным направлением работы ученого была астроспектроскопия. Мировую славу принес А.А. Белопольскому пионерский опыт по проверке принципа Доплера в лабораторных условиях. Его астрофизические исследования Солнца, звезд, планет и комет также получили всемирное признание.

Для читателей, интересующихся историей астрономии.

ТП 2005-1-№ 105

ISBN 5-02-033211-9

© Житомирский С.В., Козенко А.В., 2005  
© Российская академия наук и  
издательство “Наука”, серия  
“Научно-биографическая литература” (разработка, оформление).  
1959 (год основания), 2005

## Введение

Предлагаемая вниманию читателя книга посвящена академику Аристарху Аполлоновичу Белопольскому, одному из основоположников современной практической астрофизики, 150 лет со дня рождения которого отмечается в 2004 г. Белопольский прожил долгую жизнь, наполненную напряженной и кропотливой работой. Ученый называл себя “чернорабочим астрономии”. Из возможных направлений и видов астрономических занятий он выбрал самое “неблагодарное” (но и самое живое) дело – испытания и наладку астрономических инструментов, разработку методики наблюдений, наконец, сами наблюдения и интерпретацию результатов. Это не значит, что ученый не занимался теорией, но теоретическое истолкование наблюдений стояло у него на втором месте. Главным своим делом он считал получение новых сведений о небе, и действительно его наблюдения были всегда безупречны и проводились на пределе точности инструментов.

Наблюдательная астрофизика держится на трех главных методах – фотометрии, спектроскопии и фотографии. Главные научные достижения Белопольского связаны в основном со спектроскопией. Он конструировал спектроскопические насадки к телескопам, изыскивал новые методы исследования спектрограмм, применял спектральные методы для изучения многих небесных тел. Основное внимание Белопольский уделял исследованию Солнца и звезд, но получил важные результаты также и при изучении других тел Солнечной системы – планет и комет.

При измерении лучевых скоростей звезд Белопольскому суждено было сделать открытие, которое впоследствии привело к созданию метода измерения громадных космических расстояний. Именно он провел первые спектроскопические исследования “маяков вселенной” – звезд-цефеид.

Мировую известность принес Белопольскому физический опыт, доказавший применимость принципа Доплера к свету. После знаменитых опытов Майкельсона, показавших отсутствие “эфирного ветра”, теория существования мирового эфира – носителя световых волн – была поколеблена. Охвативший физику кризис, который в конце концов разрешился созданием теории

относительности, вызвал среди астрономов серьезные сомнения в правомерности применения принципа Доплера к истолкованию астрофизических наблюдений. Эксперимент Белопольского не только дал астрофизикам уверенность при использовании этого принципа, но и сыграл важную роль в формировании фундаментальных физических представлений о пространстве и времени.

Астрофизика, как показали ученые в XX веке, имеет дело с эволюционирующими объектами, причем происходящие изменения далеко не всегда можно уловить даже за очень большое, по нашим меркам, время. Поэтому астрономические факты, зафиксированные учеными прошлого, не стареют, а наоборот приобретают особую ценность и становятся основой для работы следующих поколений астрономов. Результаты наблюдений Белопольского остаются в золотом фонде астрофизики.

А.А. Белопольский начал свою научную деятельность в обсерватории Московского университета, но большую часть жизни проработал в Пулковско, причем несколько лет был директором Пулковской обсерватории. Однако административная работа тяготила ученого, и он при первой же возможности вернулся к наблюдениям. Труды Белопольского получили широкое признание. Заметный вклад он внес в организацию международного сотрудничества астрономов, был одним из основателей Всесоюзного астрономического Союза.

Авторы выражают глубокую благодарность Людмиле Орехьевне Митрофановой за страницы воспоминаний, которые она написала для этой книги; Эдуарду Владимировичу Кондрашову за ряд интересных фотографий, предоставленных авторам; Владимиру Георгиевичу Сурдину за полезные замечания, а также Людмиле Васильевне Потаповой за помощь в подготовке рукописи к печати.

## Глава 1

### Начало биографии

Будущий астроном родился 1 июля 1854 г. в семье Аполлона Григорьевича Белопольского, занимавшего скромную должность во 2-й Московской гимназии. Мальчику дали имя Аристарх, что по-гречески значит “лучший начальник”. Но, давая сыну это звучное и красивое имя, родители не могли знать, что как бы предугадывают его судьбу. Имя “Аристарх” стоит не на последнем месте в истории астрономии. Его носил великий ученый древности Аристарх Самосский, который впервые в истории определил расстояния до небесных тел (Луны и Солнца) и первым, за полтора тысячелетия до Коперника, предложил гелиоцентрическую систему мира.

В официальной биографии А.А. Белопольского, напечатанной в 1915 г., указано, что он “происходит из дворян Московской губернии” [276, 121]. В автобиографии, написанной в 1927 г. для журнала “Огонек”, ученый более подробно рассказывает о своих предках:

“Отец происхождения сербского: один из предков по фамилии Нестерович переселился из города Белополье в Россию. Дед был лесничим в Московском уезде. Бабка по отцу происходила из интеллигентной семьи. Брат ее был незаурядным человеком, рано проявившим большие способности: свободно читал мальчиком латинских авторов и уже в 17 лет защитил диссертацию на доктора медицины (дело было в начале XIX века).

Дед по матери был также врачом, жил в Гамбурге. Там родилась моя мать. Родители ее были люди бедные, семья состояла из 14 человек. Воспитание она получила суровое, но хорошее. С запасом знания трех языков и музыки (фортепиано) она окончила консерваторию в Гамбурге, мать 18-летней девушкой приехала в Петербург и поступила гувернанткой в семью президента Академии художеств А.Н. Оленина. В имении последнего, около Торуска, мать познакомилась с отцом, исполнявшим обязанности библиотекаря.

Отец воспитывался в обеспеченной семье. Поступил, вопреки желанию среды, на медицинский факультет... На 3-ем курсе он потерял родителей и оставил университет – пришлось получить

место у Оленина. После женитьбы родители поселились в Москве. Отец поступил на службу во 2-ю гимназию надзирателем за приходящими учениками. Мать получила уроки музыки в Елизаветинском институте” [277].

В семье было трое детей – Аристарх имел братьев Олимпия и Александра. Ученый вспоминает о детстве:

“Двое младших воспитывались вместе. Старший брат – отдельно, так как разница в годах была пять лет. От того и интересы нашей детской жизни хоть и не очень, но все-таки различались. Обстановка, в которой росли дети, была, несмотря на скудные средства родителей, очень благоприятна для духовного развития; она еще улучшилась после того, как родителям удалось с помощью дяди (брата матери – американца) выстроить маленький дом в 3 комнаты на небольшом участке земли на окраине города. С постройкой дома связаны первые сознательные шаги жизни детей. Работа плотников, печников, кровельщиков, маляров привлекала все наше внимание и возбуждала большой интерес. Долго потом мы жили под впечатлением этой работы” [277].

Отец будущего ученого много внимания уделял физическому воспитанию, основой которого было закаливание. Система А.Г. Белопольского принесла свои плоды – Аристарх Аполлонович отличался завидным здоровьем, особенно нужным астроному-наблюдателю. Ведь телескопы должны смотреть в открытое небо, и астрономы проводят около них многие часы в неотопляемых помещениях.

«С устройством собственного дома, – рассказывает Белопольский, – родители осуществили свою мечту о проведении в жизнь гигиенических правил, внушенных отцу доктором Шпиром: к дому была сделана холодная пристройка с тремя окнами. Тут стояло пять кроватей с подушками у самых окон. Окна ночью открывались настежь летом и зимою. Там мы спали всей семьей, укрывались заячьими одеялами.

После переезда в дом (в 1859 или 1860 г.) детский мир наш значительно расширился: растения, насекомые, зверьки, птицы, земля – все было интересно.

С годами стремление к познанию окружающего мира понемногу возрастало, а обстановка благоприятствовала интересам. Мать всегда поощряла и старалась удовлетворить нашу любознательность, несмотря на то, что дела у нее всегда было по горло. С иностранной литературой нас познакомила мать. Из скудных средств понемногу у нас создалась домашняя библиотека.

Отец был большой спорщик, особенно на почве новаторства в медицине по заветам доктора Шпира. Споры вносили оживление, его же вносила музыка, а все вместе привлекало к нам зна-



комых. Да и время было хорошее, годы либерального подъема. Было о чем поговорить.

По рукам в то время ходили запрещенные издания (“Колокол”, “Полярная звезда” и др.). Мы, дети, вращаясь поневоле среди больших, кое-что усваивали; к нам перешло стремление поспорить с товарищами, что особенно сказалось, когда переходили в старшие классы гимназии и в университет. Возвращаясь к раннему детству, следует отметить большое стремление к производству различных опытов как из области химии так и физики» [277].

Дальше ученый пишет о своем увлечении ручным трудом, которое, в конце концов, и привело его к астрономии:

“Дети самостоятельно делали различные опыты: особенно увлекались добыванием электрической искры. Но и исследовательский дух начал проявляться. Жизнь насекомых... представляла обширное поле для наблюдений. Параллельно возрастал интерес к различным ремеслам: плотничанье, переплетное дело, модели машин, по преимуществу паровых. Инструментов для этого не хватало, и приходилось прибегать к уловкам – употреблять материал, доступный перочинному ножу и буравчику, позднее – лобзику. У меня обнаружились механические способности, которые оказали мне впоследствии большую услугу на научном поприще” [277].

Ученик Белопольского Гавриил Адрианович Тихов (1875–1960), работавший с ним в Пулковской обсерватории в 1910-е – 1920-е гг., в своих воспоминаниях об учителе приводит интересные подробности:

“Аристарх Аполлонович говорил мне как-то, что в гимназические годы часто увлекался механизмами. Он научился слесарному, механическому и столярному делу и мог изготавливать разные приборы. Венцом была постройка металлической модели паровоза, которая двигалась паром, как и настоящий паровоз. Так как семья Белопольских была малообеспечена, Аристарх Аполлонович продал модель какому-то богатому любителю за весьма солидную сумму” [298].

Чтобы сделать действующую модель паровоза, надо быть незаурядным мастером, знать токарное и слесарное дело, пайку, разбираться в машинах, в частности, в таких шедеврах механики, как паровозный механизм парораспределения. Кроме того, продажа модели вряд ли смогла бы «состояться, если бы модель не была тщательно отделана, не имела бы “товарного вида”». С этой любовью к механике и ручному труду Белопольский не расставался до конца дней.

В 1865 г. 11-летний Аристарх поступил во 2-ю Московскую гимназию, где работал его отец. Преподавание естественнонаучных дисциплин велось там на высоком уровне, воспитанникам



**А.А. Белопольский – студент (Москва, 1876)**

прививалась любовь к науке. Из стен этой гимназии вышло немало юношей, ставших впоследствии крупными учеными. Вместе с Белопольским учились Алексей Петрович Павлов (1854–1929), ставший известным геологом; будущий зоолог Николай Викторович Насонов (1855–1939); химик Иван Алексеевич Каблуков (1857–1942). Учился там в это время и знаменитый революционер, мыслитель и популяризатор науки, не сломленный 24-летним одиночным заключением в Шлиссельбургской крепости, Н.А. Морозов (1854–1946). В автобиографии Белопольский сообщает:

“Я до шестого класса учился хорошо, хотя на приготовление уроков много времени не тратил. Но на выпускном экзамене провалился, остался еще на год в нововведенном тогда восьмом классе” [277].

Очень рано Аристарх начал зарабатывать, давая уроки неуспевающим ученикам, как это делали многие способные гимназисты из небогатых семей. Из заработанных уроками денег он заплатил за первый год обучения в университете (далее благодаря успешной учебе был освобожден от платы).

Юноша поступил на физико-математическое отделение Московского университета в 1873 г., не имея в виду специализироваться в области астрономии. По-видимому, он считал глубокое математическое образование необходимым фундаментом для занятий техникой. В университете ему довелось встретиться с рядом выдающихся ученых. Математику в это время читал Николай Васильевич Бугаев (отец писателя Андрея Белого), физику – Александр Григорьевич Столетов, астрономию – Федор Александрович Бредихин, во многом определивший научную судьбу Белопольского.

Из событий студенческих лет большое впечатление на Белопольского произвели каникулы 1874 г. А.Г. Белопольский служил тогда в управлении Московско-Ярославской железной дороги, во главе которой стоял известный ценитель и покровитель искусства С.И. Мамонтов. Вероятно, по рекомендации отца Аристарх был приглашен на лето домашним учителем к Мамонтовым в Абрамцево. Ученый вспоминает в автобиографии:

«Весьма удачно в вакационное время после 1-го курса в университете я попал на кондицию к известному в Москве меценату Савве Ивановичу Мамонтову. В имении Абрамцево я провел в среде художников и музыкантов все лето. Там познакомился с Репиным, Васнецовым, Невревым и др. И.Е. Репин был, между прочим, одним из адептов моего отца, в смысле гигиенического образа жизни, то есть тоже спал при открытых окнах зиму и лето. Вот что он мне писал после смерти отца: “Наконец, я еще глубоко обязан ему (я в этом глубоко убежден) тем, что я живу еще до сих пор и работаю. До знакомства с ним я болел, хирел и медленно угасал и, вероятно, уже не существовал бы на свете. Благодаря его системе лечения чистым воздухом я ожил и каждое утро благословляю случай, доставивший мне знакомство с ним и его теорией спанья на воздухе”» [277; 293, 9]<sup>1</sup>.

Каникулы 1875 г. будущий астроном провел совсем необычно. “Вакационное время между вторым и третьим курсом, – продолжает он, – я, следуя своему влечению к практической механике, выпросил разрешение работать в мастерской по ремонту локомотивов при Ярославской железной дороге. Проработал я месяца два или три” [277; 293, 10].

---

<sup>1</sup> Отец ученого умер в 1883 г. В художественном наследии Репина имеется портрет А.Г. Белопольского.

Вышло так, что это “влечение к практической механике” сблизило Белопольского с профессором астрономии Бредихиным. В то время Бредихин заведовал университетской обсерваторией, на которой из-за недостатка средств работало только трое сотрудников (включая и его самого). Как-то Бредихин предложил желающим из студентов выполнять за небольшую плату работу механика обсерватории: содержать в порядке и ремонтировать инструменты.

Белопольский со своей любовью к точной механике, естественно, с готовностью откликнулся на предложение Бредихина, и с тех пор уже не расставался с астрономией. Он сразу попал под обаяние человека, составившего целую эпоху в отечественной науке.

Федор Александрович Бредихин (1831–1904) был на двадцать три года старше своего ученика. Он родился в Николаеве в дворянской семье, в которой почти все мужчины становились моряками, учился в Одессе, потом в Московском университете. Бредихин был оставлен в университете “для подготовки к профессорскому званию” и потом много лет проработал там.

Еще в юности он увлекся астрофизикой, которая в то время делала первые шаги. Основной вклад Бредихина в науку касался изучения комет (развитая ученым теория кометных форм не потеряла своего значения до сих пор), но еще важнее была его неформальная организаторская деятельность во славу астрофизики. Он умел видеть главные направления в науке, увлекать астрофизическими задачами физиков и астрономов, объединять их усилия. Бредихин был активным деятелем Общества испытателей природы и несколько лет возглавлял его.

Около года Бредихин провел в Италии, где работал с одним из пионеров спектроскопии Анджело Секки (1818–1878) и познакомился с рядом выдающихся ученых, объединенных в “Итальянское общество спектроскопистов” – первое в мире и по сути дела международное астрофизическое общество. Таким образом, Бредихин получил знания по теории и практике астрофизики из первых рук. Ученого справедливо считают создателем московской астрофизической школы, которая уверенно вышла на мировой уровень.

В 1873 г., когда Белопольский поступил в университет, 42-летний Бредихин стал директором университетской обсерватории, заменив на этом посту умершего Богдана Яковлевича Швейцера (1816–1873). Новый директор постарался придать научным работам обсерватории астрофизическое направление. Астрофизические исследования под руководством Бредихина велись там и раньше, но не были для обсерватории основными.



**Витольд Карлович Цераский**

Планам Бредихина помогло редкое астрономическое событие: прохождение Венеры по диску Солнца, которое ожидалось 26 ноября 1874 г. С прохождением Венеры связано появление в обсерватории инструмента, на котором Белопольский наблюдал все годы работы в Москве.

Подготовка к наблюдениям была начата заблаговременно. Академия наук разработала широкую программу наблюдений, в которых должны были участвовать все обсерватории России, геодезическая служба, Общество любителей естествознания. Намечалась организация ряда экспедиций для наблюдений прохождения из сильно удаленных друг от друга мест, что давало возможность уточнить величину параллакса Солнца (а значит и расстояние до светила). В качестве новшества предполагалось использовать фотографические методы, которые в то время в России были освоены только на обсерватории в Вильно (Вильнюсе). Для этого еще в 1870 г. механику Дальмееру в Лондоне

были заказаны два одинаковых фотогелиографа для Пулковской и Московской обсерваторий.

Обсерватория Московского университета должна была проводить наблюдения в Кяхте. Поскольку весь штат обсерватории состоял в то время из директора и астронома-наблюдателя А.И. Громадзского, наблюдение решили поручить тогдашнему студенту университета Витольду Карловичу Цераскому (1849–1925), в будущем – выдающемуся специалисту в области астрофотометрии и директору университетской обсерватории. В 1871 г., учась на последнем курсе, он стал работать в обсерватории в должности внештатного вычислителя. С помощью Б.Я. Швейцера, изучившего в Вильно технику фотографирования Солнца, Цераский освоил работу на фотогелиографе. В 1874 г. он отправился вместе с инструментом по дорогам Сибири в далекую Кяхту, в которой за год до этого закончилось знаменитое первое путешествие Н.М. Пржевальского по Центральной Азии.

Но, как это нередко случается, далекий путь был проделан напрасно. В момент наблюдения погода была облачной, и качественных снимков получить не удалось. Пулковскому астроному Б.А. Гассельбергу, работавшему со вторым фотогелиографом в дальневосточной бухте Пассет, повезло больше. Он получил 30 снимков, однако из-за беспокойной атмосферы точность наблюдений оказалась малой.

В отличие от руководства Пулковской обсерватории, которое не придавало фотографическим методам серьезного значения, Бредихин решил полностью использовать новый инструмент и приступил к осуществлению долгосрочной программы систематического фотографирования Солнца, которая должна была охватить одиннадцатилетний цикл солнечной активности. По этому поводу Цераский писал:

“Когда я возвратился из Кяхты в Москву, я узнал у г. директора, что фотогелиограф должен быть введен в строй систематически работающих приборов; с этой целью я обратился с просьбой – работать на гелиографе.

Для инструмента в западном павильоне был построен надежный столб из кирпича и после того, как г. Громадзский собрал гелиограф, который был частично улучшен, инструмент стал как новый и выглядел так, как будто он не совершал путешествия в четырнадцать тысяч верст через негостеприимные сибирские пустыни” [321, 211].

Белопольский пришел на обсерваторию через год после установки гелиографа. Можно думать, что первые практические навыки механика по приборам он получил у А.И. Громадзского. Вскоре на Виленской обсерватории случился пожар, после чего



**А.А. Белопольский (Москва, 1886)**

астрофизические исследования, в частности фотографирование Солнца, там прекратились. Обсерватория Московского университета как бы приняла эстафету по ведению этой работы.

Весной следующего 1877 г. здоровье Цераского ухудшилось, и врачи порекомендовали ему провести лето на юге. Болезнь астронома ставила под удар намеченную Бредихиным работу. Оценив аккуратность и обязательность Белопольского, его “золотые руки” и опыт фотографа-любителя, Бредихин решился доверить это дело увлекшемуся астрономией студенту-выпускнику.

В донесении физико-математическому факультету от 4 марта 1877 г. Бредихин писал:

“В настоящее время по случаю болезни г. Цераского я нахожу возможным поручить г. Белопольскому – после небольшой подготовки у г. Цераского – систематическое фотографирование Солнца с вознаграждением в течение 4–5 месяцев около 20 руб-

лей в год из штатной суммы обсерватории” [318, 28]. В этом же донесении Бредихин рекомендовал оставить Белопольского при университете для подготовки к профессорскому званию и так характеризовал его: “Между теми из студентов IV курса, которые ревностно занимаются астрономией, особенное внимание обращает на себя г. Белопольский – счастливое здоровье, несомненная любовь к науке, выходящая из ряда способность к усвоению разнообразных практических приемов, усидчивость в вычислениях – все это заставляет меня смело сказать, что г. Белопольский при надлежащей поддержке может сделаться весьма полезным практическим астрономом” [318, 29].

Сам Белопольский в автобиографии так говорит об этом событии, определившем его судьбу: “...Ф.А. Бредихин предложил мне на лето заняться систематически фотографией солнечной поверхности с помощью фотогелиографа. Я охотно принял это предложение, имея некоторый опыт в фотографии. Таким образом, случайно я сделался астрономом” [293, 10].



## Глава 2

### Школа

#### Университетская обсерватория

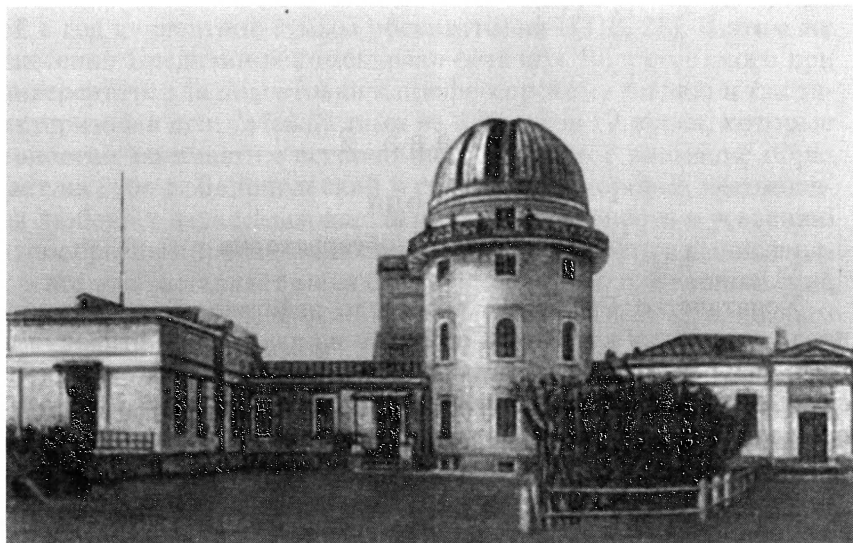
Ходатайство Бредихина возымело действие: Белопольский после окончания курса был оставлен на два года со стипендией при университете для подготовки диссертации. С фотографированием Солнца он справился настолько успешно, что и после возвращения Цераского из долгого отпуска эту работу Бредихин оставил за ним.

В 1879 г. Цераский получил место астронома-наблюдателя, а Белопольский занял освободившуюся при этом должность сверхштатного ассистента Астрономической обсерватории Московского Императорского университета.

Обсерватория Московского университета помещалась на Пресне. Она была создана по инициативе академика Дмитрия Матвеевича Перевощикова (1788–1880), крупного математика, который с 1825 г. читал в Московском университете астрономию, а с 1848 по 1851 г. был его ректором. Крупный математик, он известен также как выдающийся педагог, автор первых русских учебников по астрономии, видный популяризатор и историк науки. Большое значение имели его исследования научного наследия М.В. Ломоносова. Именно Перевощиков установил приоритет Ломоносова в открытии атмосферы Венеры. Интересно, что среди учеников Перевощикова был А.И. Герцен, и Перевощиков сожалел, что его талантливый ученик не стал астрономом.

В 1824 г. Д.М. Перевощиков в ходе подготовки к ведению курса астрономии посетил обсерватории в Петербурге и Дерпте (Тарту), где консультировался с видными астрономами Ф.А. Шубертом, В.К. Вишневским и В.Я. Струве об устройстве Московской обсерватории. Тогда же он составил план строительства и список нужных инструментов. Но трудности с финансированием надолго задержали строительство и не позволили заказать те первоклассные инструменты, на которые рассчитывал Перевощиков.

Сперва предполагалось построить обсерваторию на территории университетского ботанического сада (в районе теперешней станции метро “Проспект Мира”), но вскоре московский



**Московская астрономическая обсерватория в 60-х гг. XIX века**

купец З.П. Зосима пожертвовал университету дачу с земельным участком на Трех горах (сейчас Нововаганьковский переулок), и обсерваторию решили разместить там – в тихом пригороде над рекой, в живописном месте с открытым горизонтом. Она была построена в 1831 г. по проекту известного архитектора Дормидонта Григорьева. Однако из-за начала работ по организации Пулковской обсерватории, оснащение Московской крупными инструментами задержалось, и на первых порах она могла служить только учебным целям.

В 1844 г. директором обсерватории стал ученик Перевощикова Александр Николаевич Драшусов (1816–1890), окончивший Московский университет в 1833 г. Драшусов много сделал для превращения обсерватории в научное учреждение. По поручению Перевощикова он заказал у известных гамбургских механиков Репсольдов главный инструмент обсерватории – большой меридианный круг, который был установлен в 1847 г. и служит науке до сих пор (правда, уже не в Москве). С помощью этого инструмента Драшусов наблюдал недавно открытую планету Нептун.

Незадолго до этого, в 1845 г., в Московскую обсерваторию из Пулково перешел Б.Я. Швейцер, который выполнил много важных работ. Он сделал точное определение широты обсерватории, провел первые в России гравиметрические исследования и обнаружил гравитационные аномалии в окрестностях Москвы. Швейцера интересовали кометы, возможно, этот интерес пере-

дался Бредихину именно от него, поскольку в области практической астрономии Швейцер был учителем Бредихина. Было изучено 15 комет, из которых 4 открыл Швейцер. Когда в 1855 г. Драшусов оставил университет и перешел на службу в Цензурный комитет, Швейцер занял место директора обсерватории.

Бредихин, который с 1858 г. начал вести в университете курс астрономии, внес свой вклад в оснащение обсерватории, приобретя для нее в следующем году на собственные средства 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub>-дюймовый рефрактор Мерца с набором принадлежностей для спектроскопических исследований. По тем временам это был достаточно крупный инструмент. На нем были проведены важные работы, в части которых участвовал и Белопольский.

В 1865 г. астроном-наблюдатель обсерватории (в будущем профессор астрономии и директор обсерватории Киевского университета) Митрофан Федорович Хандриков (1837–1915) совместно с пулковскими астрономами определил разность долгот между Пулковской и Московской обсерваториями с помощью телеграфа. Это был один из первых опытов такого рода в России. Также впервые в нашей стране в обсерватории в 1872 г. под руководством Бредихина начались спектроскопические исследования небесных объектов.

После того как Бредихин стал директором, началось издание *Анналов Московской обсерватории (АМО)*, в которых публиковались результаты проводившихся в ней работ. *Анналы* выходили на французском языке и посылались во многие обсерватории, так что достижения московских астрономов быстро становились известными астрономическому миру. Основные работы Белопольского, относящиеся к московскому периоду, опубликованы в этом издании.

Таким образом, несмотря на скромное оборудование, ко времени прихода Белопольского обсерватория Московского университета имела немалые научные заслуги.

Как же выглядела Московская обсерватория в 70-е годы XIX века? Посетитель проходил мимо двухэтажного дома, где помещались квартиры астрономов, и попадал на просторный двор с зелеными газонами и цветником. Справа располагалось приземистое одноэтажное здание обсерватории, из которого посередине выступала массивная круглая башня. Над двумя высокими этажами башни помещался застекленный поворотный барабан со смотровой прорезью телескопа. Слева к основному зданию примыкало более высокое крыло, доверху расщепленное закрывающимся проемом, направленным точно на север, там в красивом зале был установлен меридианный круг Репсольда. В разных местах двора поднимались небольшие павильоны для других инструментов.

В 1955 г. обсерватория Московского университета, вошедшая в 1931 г. в объединенный Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга (ГАИШ) при МГУ, получила большое новое здание в составе университетского городка на Воробьевых горах. Институт приобрел много новых первоклассных инструментов, начали действовать его наблюдательные станции в Крыму и Средней Азии, и старая обсерватория потеряла свое практическое значение. В 1980 г. Пресненская обсерватория была поставлена на государственную охрану как памятник культуры.

Здание почти не изменилось с тех пор, когда там работал Белопольский. Перестройка, проведенная в 1900 г. Цераским при установке 15-дюймового астрографа, коснулась в основном башни, которая стала немного выше и увенчалась вращающимся полусферическим куполом.

Белопольский проработал в Московской обсерватории больше десяти лет. Кроме основного занятия – фотографирования Солнца – он вел наблюдения на меридианном круге и 26 см рефракторе.

Первая научная публикация Белопольского состоялась в 1878 г. В напечатанной в *Анналах Московской обсерватории* статье “Наблюдение за метеорами в августе” [3] он участвует как соавтор Ф. Бредихина и А. Соколова, кроме того, в заглавии отдельно указано: “вычисления А. Белопольского” (и это вполне естественно, поскольку Белопольский в то время занимал должность вычислителя). Всего за время работы в Москве Белопольский опубликовал 28 работ, из них 17 самостоятельных, остальные в основном в соавторстве с Соколовым. Тематика их разнообразна – исследования меридианного круга [6], наблюдения Марса в противостоянии (1880) [10], наблюдения кометы (1881) [9], об особенностях комет 1882 III и 1884 III [14; 23] и т.д. Среди этих публикаций следует отметить статью 1883 г. “Наблюдение спектра Солнца” [17], написанную совместно с Бредихиным, причем фамилия Белопольского здесь поставлена на первое место. Но большинство публикаций посвящены фотографированию Солнца [4; 5; 8; 11; 13; 16; 20; 28].

Таким образом, работая в небольшом коллективе астрономов Московской обсерватории, Белопольский освоил все основные астрономические работы: исследование инструментов, различные виды наблюдений, технику вычислений, астроспектроскопию и астрофотографию, прошел высшую астрономическую школу. И эта школа была не только профессиональной.



**А.А. Белопольский в Москве**

В автобиографии Белопольский так рассказывает об этом времени: “При вступлении в жизнь судьба вновь поставила меня в соприкосновение с исключительно выдающейся средой. (Словом “вновь” ученый намекает на лето, проведенное в Абрамцево. – *Авт.*) Во главе обсерватории стоял Ф.А. Бредихин, высокоталантливый профессор и замечательный ученый. Наши еженедельные собрания по воскресеньям (1877–1881) у Бредихиных

оставили неизгладимое воспоминание и оказали сильное влияние на мое научное развитие. Собственно тут начался для меня настоящий университет...” [293, 10].

В воспоминаниях Тихова читаем:

«Аристарх Аполлонович всегда с благодарностью вспоминал своего учителя Ф.А. Бредихина и выдающегося астронома В.К. Цераского. Еженедельные собрания у Бредихина он называл своим настоящим университетом.

У Бредихина, – рассказывал он однажды в кругу друзей и сотрудников, – собирались нередко профессора Цингер, Давидов, Слудский, Столетов, Жуковский, Шереметьевский, Троицкий. “Отцов-астрономов”, как называл нас Бредихин, было четверо – Громадский, Цераский, Соколов и я. Собрания были чрезвычайно оживленными, и ядром оживления почти всегда был Цераский. Он всегда находил темы, черпая их или из газет или из университетской жизни или из жизни Петербурга, где у него было знакомств больше, чем у остальных “отцов”.

Постепенно молодежь сгруппировалась вокруг Цераского. Оживление, остроумие, веселье от души, гостеприимное обращение влекли молодежь к нему в дом. Недаром здесь мы встречались не раз с такими выдающимися профессорами, как Владимир Соловьев, Корелин, Андреев, Жуковский. Все они тогда были молоды, блистали талантами, оригинальностью, умственным подъемом и богатой эрудицией. Поистине я чту за особое счастье, что первые шаги моей жизни после университета протекли вблизи этой блестящей среды» [298].

О теплых чувствах Белопольского к Московской обсерватории можно судить по его записям в книге посетителей обсерватории, датированные по астрономическому образцу. Первая – “В день защиты докторской диссертации 1896 года января 16”, последняя – “в день посещения своей научной дорогой колыбели 1923 года сентября 25”.

## **Астрофотография**

Итак, первой работой в области астрономии для Белопольского стало фотографирование Солнца. В течение девяти лет каждый погожий день он делал снимки, обрабатывал негативы, изучал их через микроскоп координатного измерительного устройства, проводил трудоемкие вычисления. И уже тогда на фоне этой постоянной кропотливой работы проявилась замечательная черта Белопольского-ученого – стремление к эксперименту.

Его опыты, о которых будет рассказано ниже, касались и улучшения методики основной работы, выяснения возможностей инструментов и даже попытки моделирования явлений, происходящих на Солнце.

Но сначала несколько слов об астрофотографии. В те годы она была чрезвычайно трудоемким и тонким делом, и применялась почти исключительно для изучения Солнца. Это может показаться странным – первые удачные снимки небесного тела (Луны) были получены одним из изобретателей фотографии Луи Дагером через несколько месяцев после ее изобретения в том же 1839 г. В России фотографию Луны во время затмения на неподвижной пластинке получил в 1845 г. профессор Казанского университета Е.А. Кнорр. Казалось бы, почти за сорок лет развития фотографии методика астрофотографии должна была стать достаточно отработанной. Однако становление астрофотографии было долгим и потребовало больших творческих усилий.

Видный русский астроном Сергей Николаевич Блажко (1870–1956), составивший историю Московской обсерватории, так рассказывает об этом: “Фотографическая лаборатория была устроена в нижнем этаже двухэтажного жилого дома, причем все главнейшее оборудование было приобретено на средства Бредихина. Напомним, что это было время мокрых коллоидных, а потом сухих морфиновых пластинок, когда темная комната служила фотографу и фабрикой для изготовления пластинок, а не только местом для проявления их” [321, 212]. Первые бромо-серебряные эмульсии появились только в 1879 г., через три года после начала работы Белопольского по фотографированию Солнца, а в фотографическую практику, естественно, вошли несколько позже. Но и новые пластинки, хотя и были удобнее, требовали сложной обработки. Фотоматериалы, близкие к обычным современным, были изобретены в 1887 г., уже после окончания программы фотографирования Солнца. Так что Белопольскому пришлось вести эту работу в “героический” период астрофотографии.

Преимущества фотографических наблюдений небесных объектов перед визуальными очевидны. Во-первых, это “моментальность”, под которой астрономы подразумевают отнесение снимка к определенному конкретному моменту времени (под моментом здесь подразумевается период экспозиции снимка, который может составлять несколько часов). Во-вторых, “документальность” – точность фотографической передачи и возможность сохранения полученного изображения. Третье важнейшее свойство фотографии – “интегральность” – было открыто не сразу. Оказалось, что действие света на фотопластинку почти

пропорционально времени экспозиции, и, увеличивая выдержку, можно получить изображения объектов более слабых, чем в тот же инструмент в состоянии различить наблюдатель.

Может показаться, что для применения фотографии в астрономии требовалось только приспособить к уже действующим телескопам фотографические приставки. Такие попытки делались, но не имели успеха в основном по двум причинам. Первая заключалась в том, что объективы телескопов, рассчитанные на человеческий глаз, были избавлены от хроматической аберрации в желтой области спектра, тогда как фотоматериалы того времени были в основном чувствительны к голубой. Поэтому полученные с помощью обычных телескопов снимки оказывались нерезкими за счет несущественной для глаза, но отражающейся на фотоизображении хроматической аберрации коротковолновой области спектра.

Вторая трудность состояла в несовершенстве механики телескопов. Небольшие колебания трубы или “уползание” объекта при визуальном наблюдении не играют особой роли – наше зрение их компенсирует. Но на фотопластинке неточности хода часового механизма, ведущего трубу за звездой, выливаются в размытость изображения. Фотография потребовала более совершенных механизмов ведения телескопа и условий для внесения поправок: “гидрирования” трубы астрономом-наблюдателем.

Первый фотогелиограф был создан английским фотографом и любителем астрономии Уорреном Де ла Рю в 1858 г. По типу этого инструмента были построены следующие, причем второй в мире фотогелиограф установили в Виленской обсерватории, в которой с 1864 г. до пожара в 1876 г. было сделано около 800 фотографий Солнца. В 1870-е годы, когда изучением движений солнечных пятен занялся Белопольский, для этой цели использовались исключительно фотографические методы.

Специализированные инструменты для фотографирования звезд появились позже. В 1885 г. парижские астрономы и оптики братья Поль и Проспер Анри создали телескоп со специальным объективом, ахроматизированным в голубой области спектра, спаренный с мощным визуальным телескопом-гидом и снабженный усовершенствованным часовым механизмом. Братья Анри получили прекрасные снимки, отпечатки которых Парижская обсерватория разослала главнейшим обсерваториям мира, в том числе Пулковской. Эти фотографии, на которых были сняты участки звездного скопления Плеяд, произвели на астрономов огромное впечатление и послужили заметным толчком в применении астрофотографии.



Таким образом, в 1870-е – 1880-е годы немногочисленным астрономам-фотографам, в том числе и Белопольскому, приходилось решать множество вспомогательных задач, касавшихся улучшения инструментов, методики получения изображений и изучения негативов.

Гелиограф Дальмеера, на котором работал Белопольский, был значительно усовершенствован на Московской обсерватории. Первоначально инструмент имел видоискатель в виде простой линзы, создававшей на бумаге маленькое изображение Солнца, но, осваивавший прибор Цераский пришел к выводу, что гелиограф должен быть снабжен сильным искателем. После возвращения гелиографа из Кяхты такой искатель на инструменте был установлен, что позволило Белопольскому не только получать качественные фотографии Солнца, но и фотографировать (с большими экспозициями) звезды.

Белопольский предпринял фотографирование звезд впервые в России, едва только вошли в употребление пластинки достаточной чувствительности. Целью опыта было уточнение масштаба изображения гелиографа. 11 и 12 июня 1883 г. астроном получил на гелиографе с экспозициями 5 и 15 мин. снимки тесной пары звезд в Большой Медведице, а через два месяца с экспозицией в 60 мин. пары звезд в Плеядах. Измерив расстояния между изображениями звезд на негативе и сравнив результат с их положениями, полученными астрометрическими методами, Белопольский уточнил масштаб снимков гелиографа. Он получил величину, близкую к полученной до этого Цераским на основе измерений изображения солнечного диска. Уточненный масштаб гелиографа был принят равным  $481,31''$  в английском дюйме, то есть около  $19''$  в мм. Важность этой работы состояла в том, что она доказывала применимость фотографических методов в астрометрии, в чем у астрометристов были большие сомнения.

В следующем, 1884 г., Белопольский предпринял более широкий эксперимент – провел фотографирование одного и того же участка неба, содержавшего по каталогу “BD” (Боннское обозрение неба) 114 звезд, десятью разными объективами, имевшимися на обсерватории. Фотографии делались тем же гелиографом, на котором закреплялись исследуемые объективы. Исследования показали, что по негативам можно судить не только о положении звезд, но и получить объективные данные об их яркости. В своем отчете Белопольский писал: “По качеству изображений звезд (маленькие круглые точки), первое место здесь занимают объективы Дальмеера. Объектив № 1В дает такие хорошие изображения звезд, что даже возможно измерить звезды 9-й звездной величины” [321, 220]. Эти звезды по измерениям Белопольского



**А.А. Белопольский в Москве**

имели на негативе размеры от 0,036 до 0,057 мм. В то же время некоторые другие объективы давали изображения звезд размытые или окруженные светлыми кольцами. Это было первое исследование такого рода в России, открывавшее перспективы для развития фотографической астрометрии. Позже в Пулково Белопольский еще не раз выступал в качестве блестящего астрофотографа.

Кроме систематического фотографирования Солнца и опытов по фотографированию звезд в этот период Белопольский выполнил еще две важных, пионерских для России астрофотографических работы. 4 декабря 1884 г. он с помощью своего гелиографа получил хорошие снимки пяти фаз лунного затмения и путем измерения негативов определил радиус земной тени на Луне в  $43,60'$ , что хорошо согласуется с данными, полученными другими методами [28].

Тремя годами позже, в 1887 г., Белопольский участвовал в экспедиции в г. Юрьевец для наблюдения полного солнечного

затмения 7 (19) августа. Для фотографирования солнечной короны Белопольский построил специальную фотокамеру с четырьмя различными объективами, проектировавшими изображение на общую фотопластинку. Это был новый методический прием, который вполне себя оправдал [30; 31].

Вдоль зоны полной фазы затмения, проходившей через среднюю полосу России, расположилось несколько групп наблюдателей, но далеко не всем им повезло. Приехавший из Америки знаменитый исследователь Солнца Чарльз Юнг, который расположился под Клином, потерпел неудачу – погода была пасмурной, а в течение большей части затмения шел дождь.

В Юрьевце, стоящем на Волге на две сотни километров выше Нижнего Новгорода, погода тоже не была идеальной, но Белопольскому удалось получить снимки внутренней короны, представившие большой научный интерес. В экспедиции Московской обсерватории кроме Белопольского участвовал П.К. Штернберг, а также Л. Нистен из Брюсселя и Г. Фогель из Потсдама.

Это затмение пробудило интерес к астрономии в широких кругах образованных людей России. Многие нижегородцы поднялись по Волге на четырех пароходах специально для наблюдения этого редкого явления. Среди них были и те, кто на следующий год организовал “Нижегородский кружок любителей астрономии и физики” – первое в России астрономическое общество.

Затмение в Юрьевце наблюдал академик живописи А.О. Карелин, увлекавшийся фотографией. Он запечатлел “для истории” земляков, прибывших в Юрьевец на пароходе “Эолина”, и готовящихся к наблюдениям астрономов. Среди “гостей затмения” был известный писатель В.Г. Короленко, описавший его в рассказе “На затмении”.

## Солнце

Белопольский не спешил с защитой диссертации. Она была закончена только через восемь лет после окончания срока “подготовки к профессорскому званию” и официального зачисления в штат обсерватории. Тема диссертации – анализ движения солнечных пятен – требовала накопления и изучения огромного фактического материала, и Белопольский, отличавшийся терпением и основательностью, не хотел торопиться.

Работая в обсерватории, ученый занимался и преподавательской деятельностью: в качестве приват-доцента вел в университете



**А.А. Белопольский в студенческие годы  
с М.Ф. Вышинской**



**Федор Александрович Бредихин. 1870-е гг.**

курс астрономических инструментов и читал астрономию на Высших женских курсах при 3-й московской гимназии.

Наконец в 1886 г. диссертация была готова и в следующем 1887 г. 33-летний ученый после успешной защиты получил степень магистра. В том же году он женился на Марии Федоровне Вышинской (1861–1929).

Как было принято в то время, диссертация Белопольского “Пятна на Солнце и их движение” [29] была опубликована в виде книги, которая имеет посвящение: “Дорогому учителю Федору Александровичу Бредихину”.

По сути дела диссертация Белопольского – это монография, рассматривающая все основные проблемы, связанные с движением солнечных пятен. В ней разбираются вопросы методики



**А.А. Белопольский с женой в Москве**

наблюдений, характер движений пятен, определение скорости обращения разных поясов Солнца и положение солнечного экватора. Имеется обзор наиболее серьезных теорий того времени о сущности и причинах движения пятен и их анализ с позиций динамики. Есть в работе и элементы новизны, внесенные в решение этой проблемы самим Белопольским, но они, как и работы других исследователей его времени (и ближайших двух десятилетий), не привели к существенному скачку в понимании сущности пятен.

“В нашем труде, – пишет он, – мы главным образом обратили внимание на изложении фактов, выясняющих сущность солнечных пятен и особенно на их движение по солнечной поверхности. Как небольшим вспомогательным материалом при решении некоторых вопросов, касающихся солнечных пятен, мы воспользовались наблюдениями, произведенными нами на Московской обсерватории в течение 9 лет. Так этими наблюдениями мы вос-

пользовались для определения элементов солнечного экватора. Для этого выбраны были наиболее правильные пятна, наблюдавшиеся в течение более или менее длительного времени. По тем же пятнам определены угловые скорости некоторых параллелей Солнца. Московскими наблюдениями мы воспользовались и при решении вопроса о глубине ядра солнечных пятен” [29, 6].

Несколько дальше Белопольский замечает: “При обработке материала, собранного нами на Московской обсерватории, мы не имели в виду дать новое определение элементов солнечного экватора... Мы поставили себе задачу приготовить материал для такого рода исследований” [29, 27].

Кроме перечисленных задач Белопольский теоретически рассмотрел возможность движения пятен в результате разницы скоростей обращения поверхностных и более глубоких слоев Солнца. При этом он опирался на недавние исследования Николая Егоровича Жуковского.

В своей книге Белопольский выступает как зрелый ученый с большой эрудицией, прекрасно владеющий техникой наблюдений и математическим аппаратом. Но это не мешает ученому-астроному живо и образно описывать свои наблюдения.

“Пятна на Солнце, – пишет он, – состоят в большинстве случаев из двух частей: ядра и так называемой полутени...”

При рассмотрении пятна в большие трубы с сильным увеличением в нем заметны детали весьма важного свойства. Оказывается, что полутень состоит из светлых полосок, направленных к середине пятна. От большей или меньшей густоты этих полосок зависит большая или меньшая разница в виде полутеней различных пятен. Когда их много, полутень едва отличается от окружающей ее фотосферы. Иногда они так редки, что на первый взгляд пятно кажется без полутени.

Систематическое рассмотрение пятна приводит к заключению, что либо составные части пятна, либо части, окружающие пятно, весьма подвижны. Несмотря на громадное пространство, отделяющее нас от Солнца, и громадные размеры некоторых пятен, иногда достаточно одного часа наблюдений, чтобы заметить изменение формы той или другой части пятна. Нарушение правильности фигуры пятна в большинстве случаев обуславливается потоками светлого вещества (факелов или фотосферы) в пределы пятна. Потоки эти весьма разнообразны по виду и величине. Иногда часть его изолируется, и на середине пятна тогда видна светлая масса. Иногда светлая масса совершенно закрывает пятно и ядро его только заметно сквозь прогалины...” [29, 32–33].

Здесь имеет смысл коснуться истории изучения этих грандиозных образований на поверхности Солнца.

Пятна на Солнце были известны людям еще в глубокой древности. Крупные пятна или их группы видны невооруженным глазом, и их изредка можно видеть на солнечном диске, когда яркость светила ослаблена туманом или дымкой. Научное изучение солнечных пятен началось с применением в астрономии телескопа. Одним из первых их исследователей был Галилей, который посчитал их темными впадинами в солнечной поверхности и по движению пятен определил скорость вращения Солнца. Но великий ученый не вел их систематических наблюдений.

Такие наблюдения в течение 18 лет проводил Христофор Шейнер (1575–1650) – немецкий астроном, одновременно с Галилеем открывший пятна, но сперва считавший их близкими к Солнцу планетами. Шейнер наблюдал пятна на экране, пропускающая солнечный луч через телескоп в темную комнату; его наблюдения и зарисовки пятен были опубликованы в 1630 г. Именно Шейнер выделил в солнечных пятнах зоны “тени” и окружающей ее “полутени”.

После работ Шейнера активность Солнца резко упала, и в течение более полувека пятна на Солнце практически отсутствовали. В начале XVIII в. исследование солнечных пятен возобновилось, и появились первые гипотезы о природе солнечных пятен. Французский астроном Жак Кассини<sup>1</sup> предположил, что Солнце покрыто огненным океаном, который иногда обнажает гигантские скалы. Позже английский астроном Александр Вильсон предположил, что пятна – это чашеобразные углубления в светящейся материи, покрывающей темное твердое ядро Солнца<sup>2</sup>. Но о строении и причинах возникновения пятен можно было в то время только гадать.

С изобретением в 1859 г. спектрального анализа изучение солнечных пятен получило мощный импульс. Оказалось, что спектры солнечных пятен резко отличаются от обычного солнечного спектра. Спектр пятен имеет линии железа, титана, никеля и других металлов. В областях, близких к пятнам, были обнаружены светлые области – “факелы”. Астрофизические исследования заставили ученых рассматривать пятна как зоны погружения в глубины фотосферы охладившегося темного вещества, которое выбрасывается Солнцем в виде факелов. На рубеже 1870-х – 1880-х годов эти исследования были в разгаре, и Московская обсерватория активно участвовала в них. Упомянув в обзорной части своей книги имена крупных исследователей Солнца –

---

<sup>1</sup> Сын знаменитого астронома, основателя Парижской обсерватории Джованни Доменико Кассини.

<sup>2</sup> Впервые предположение о том, что пятна суть углубления, высказал, по-видимому, еще Х. Шейнер в 1620 г.



А. Секки, П. Таккини, А. Рикко, Р. Кэррингтона, – Белопольский отмечает; “Статистикой и гелиографией выступов, металлических извержений и факелов мы обязаны отчасти этим ученым, отчасти наблюдениям этих явлений, произведенным в Москве профессором Ф.А. Бредихиным. Следует отметить, что московские наблюдения одни из самых ранних систематических наблюдений солнечных выступов. Они начались в 1872 г. июля 22 и проведены до 1881 г. включительно” [29, 5]. Следует заметить, что Белопольский также принимал участие в этих работах и под руководством Бредихина получил значительный опыт в технике астроспектрографических исследований.

В поведении пятен обнаружилось много загадочного. Их появление связано с одиннадцатилетним циклом солнечной активности. Во время периода “спокойного солнца” пятен может вообще не наблюдаться. Потом они возникают в небольшом количестве по обе стороны от солнечного экватора в областях, которые Шейнер назвал “королевскими зонами”. По мере увеличения числа пятен они начинают возникать все ближе к экватору.

По движению пятен можно судить о вращении Солнца. Первое определение элементов солнечного экватора было сделано Галилеем и производилось потом многими исследователями. При этом наблюдался значительный разброс полученных результатов.

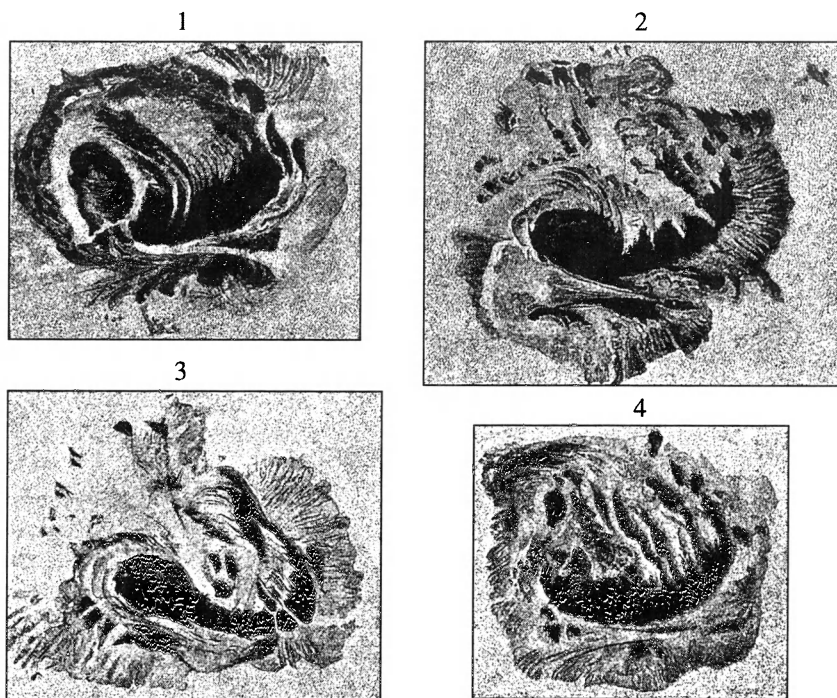
Изучение движений фотосферы по перемещению солнечных пятен, проводившееся Белопольским, было достаточно сложным делом. Негатив, на котором солнечный диск имеет диаметр около 100 мм, а самые крупные пятна – около 3 мм, рассматривался в микроскоп измерительного устройства, позволявшего определять положение пятен относительно диска в прямоугольных координатах. Прямоугольные координаты по формулам сферической геометрии пересчитывались в гелиографические. При этом имела трудность установки перекрестья прибора на середину пятен из-за неправильности их формы. Кроме того, пятна имеют собственные движения: как правило, обращаясь вместе с Солнцем, они медленно перемещаются по направлению к полюсам. Поэтому определение элементов экватора требует большого статистического материала. Но для анализа годятся далеко не все пятна.

“При обработке материала, – пишет Белопольский, – мы выбрали наиболее правильные пятна и совершенно исключили те, в которых происходил процесс заливания ядра светлым веществом, также обращали мы внимание, чтобы выбранное пятно не составляло члена группы. В последних всегда оказываются местные осложнения движения пятна...”

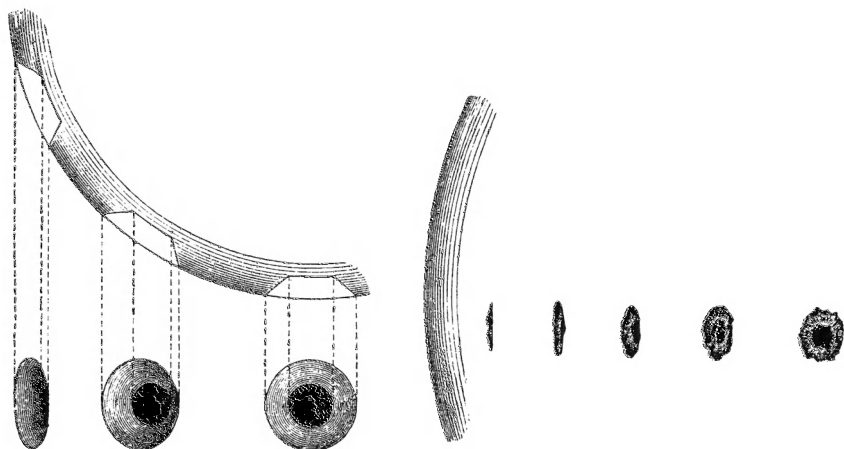
Из наших наблюдений мы можем привести ряд примеров неправильных перемещений пятен, меняющих свою форму. Так одно пятно, наблюдавшееся в 1880 г., до 10 августа сохраняло довольно правильную форму; 10 августа средняя его часть, так называемое ядро, разделилось пополам потоком светлого вещества... Середина из широт 10 августа еще близко подходит к положениям 6 и 7 августа, но 12 уже разнится на  $0^{\circ},2$ , а 13 на  $0^{\circ},4$ . Еще сильнее заметна разница в долготах...

Вообще языки светлого вещества, заливающие ядро пятна, играют главную роль в положении пятен на Солнце. Если один край ядра сохраняет форму, а на другой надвигается светлая масса, то в этом может лежать причина несогласия в положении пятна в два смежных дня на целый градус и больше" [29, 27–29].

Из множества наблюдавшихся пятен для статистической обработки Белопольский выбрал 30, причем исследовались 144 негатива, полученных с 1877 по 1883 гг. По этим данным Белопольский вычислил наклон солнечного экватора в  $6,79^{\circ}$ . Исключение пятен № 5 или № 18 меняло картину и приводило к величине угла в  $7,00^{\circ}$ . Эта последняя величина совпадает с определением



**Изменение видимой формы пятна в зависимости от положения на диске Солнца**



**Изменение формы полутени**

английского исследователя Ричарда Кристофера Кэррингтона (1826–1875), выполненного в 1863 г., и близка к действительной.

На материале своих наблюдений Белопольский произвел ряд измерений глубины расположения ядер пятен. Еще А. Вильсон отметил, что у края Солнца пятна выглядят как углубления, у которых полутень играет роль “склона”. Наблюдая полутень пятна в ноябре 1769 г., он обнаружил, что когда пятно только появляется на восточном краю Солнца, то полутень ярко выражена на стороне пятна, ближней к краю диска, на другом же краю пятна полутень совсем не видна, а сама тень почти закрыта как бы лежа позади вала. Через сутки, когда пятно переместилось ближе к центру солнечного диска, открылась вся тень и ранее не видимая часть полутени проявилась как узкая линия. Когда пятно приблизилось к центру солнечного диска, полутень стала одинаковой ширины вокруг всего пятна, а когда пятно подошло к западному краю Солнца, повторились те же явления, что и на восточном краю. Это мнение поддерживалось далеко не всеми астрономами, но представление А. Секки о пятнах как о зонах погружения охлажденного вещества, выброшенного факелами, согласовывалось с такой картиной. Предположение, что пятно представляет собой симметричную воронку с плоским дном, позволяет на основе последовательных наблюдений пятна определить его глубину.

До Белопольского такие определения делал А. Секки для одного пятна (глубина оказалась равной 0,35 земного радиуса) и П. Таккини, измеривший глубину двух пятен и получивший величины 0,38 и 0,26 радиусов Земли. Белопольский усовершенство-

вал методику определения глубины, ввел критерии, позволявшие судить о симметричности “склонов” пятен. По негативам, полученным с 1880 по 1885 гг., ученый определил глубины расположения ядер для 29 пятен. Они оказались весьма различными – от 0,03 земного радиуса (200 км) до 0,66 (4 400 км).

Теоретические соображения привели Белопольского к несколько парадоксальному выводу. Он нашел, что в случае, если пятно есть масса вещества, поглощающего свет фотосферы и заполняющего выемку с конусообразными “склонами”, то диаметр ядра, измеренный вдоль радиуса солнечного диска, должен быть больше, когда пятно находится ближе к краю Солнца. Эта же закономерность должна соблюдаться и для площади ядер.

Однако этот вывод нетрудно понять, если учесть, что здесь уже речь идет не о чисто геометрической проекции диаметра ядра, которая действительно сокращается при приближении пятна к краю солнечного диска, и принять во внимание путь света в оптически более плотной среде – он тем больше, чем больше угол зрения, при котором ядро как бы располагается на меньшей глубине и вследствие воронкообразной формы пятна приобретает и больший диаметр, и большую площадь. Используя данные собственных снимков и материалы Гринвичской обсерватории, Белопольский показал, что такая закономерность действительно наблюдается.

Белопольский отметил и те результаты своих наблюдений, которые не совсем вписываются в вышеуказанную концепцию. В той же монографии он подчеркнул: “Исчезновение полутени с одной стороны ядра по мере приближения пятна к краю диска нам ни разу не удалось пронаблюдать” [29, 46].

Обсуждая эту проблему, конечно, нельзя забывать об условности понятия “уровень” ядра солнечного пятна и фотосферы. Это эффективные уровни одинаковой оптической толщины. Фотосфера, на самом деле, не поверхность Солнца, а поверхностный слой толщиной в 100–300 км, в котором формируется воспринимаемое нами солнечное излучение.

В настоящее время есть сомнения в универсальности самого эффекта Вильсона, так как он наблюдается приблизительно у 75% правильных одиночных пятен, а у 25% отсутствует. Возможно, в тех случаях, когда эффект наблюдается, он связан с различием в коэффициентах поглощения в фотосфере, ядре и полутени.

Ранее пятна рассматривались как однородные образования с высокой прозрачностью плазмы и поэтому считались глубокими образованиями (на 3 000 км глубже фотосферы). В современной двухкомпонентной модели ядра пятна непрозрачность газа при-

нимается мало отличной от непрозрачности фотосферы. В таком случае глубина солнечного пятна всего порядка 300 км. По-видимому, такой же толщины и светлые волокна полутени, вытягивающиеся от ядра.

В конце книги Белопольский анализирует различные теории солнечных пятен с позиций гидродинамики. Теория, предложенная в 1870 г. немецким астрономом Иоганном Карлом Фридрихом Целльнером (1834–1882), сравнительно хорошо объясняла спектральную картину солнечных пятен и факелов. По Целльнеру солнечная поверхность представляет собой огненно-жидкую массу, по которой плавают островки затвердевших шлаков. Полутень Целльнер считал чем-то вроде облаков, возникающих на границах пятен из-за атмосферных потоков, вызванных разностью температур. Белопольский показал несостоятельность теории жидкого Солнца.

Следующие три теории – А. Секки, Э. Фая и Ч. Юнга – в отношении физической картины образования пятен были близки. Предложенная Секки теория состояла в том, что пятна – это области фотосферы, заполненные охладившимся веществом факельных выбросов, которое через пятна стекает назад. Белопольский также принимал эту картину, но подверг критике данное Секки объяснение причины движения пятен. Секки видел эту причину в постепенном сжатии Солнца, Белопольский нашел несогласованность гипотезы Секки с законами гидродинамики. То же самое он показал в отношении гипотезы французского астронома Эрве Августа Фая (1814–1902), который считал пятна вихрями, возникающими за счет разности скорости вращения смежных поясов солнечной поверхности.

Сам Белопольский предложил гипотезу о движении пятен вследствие разности скоростей вращения верхних и нижних слоев фотосферы. Его гипотеза опиралась на недавние исследования Н.Е. Жуковского. Белопольский пишет: «Теоретические исследования над жидкими телами, вращающимися около неизменной оси, говорят также в пользу того, что вращение Солнца есть одна из главных причин как движения пятен, так и их распределения. Особенно важны в этом отношении исследования проф. Н.Е. Жуковского, напечатанные в его сочинении “О движении твердого тела, имеющего полости, наполненные однородной капельной жидкостью, 1885”. Жуковский показал, что, если внутри жидкой сферы угловые скорости вращения не одинаковы, а либо возрастают от центра к поверхности, либо убывают в том же направлении, то в силу внутреннего трения жидкости во всей ее массе образуются течения, замыкающиеся отдельно в обоих полушариях симметрично расположенных относительно экватора»

[29, 8]. Именно симметричность относительно солнечного экватора характерна и для расположения, и для меридианальных движений солнечных пятен.

Свои теоретические выводы Жуковский подтвердил опытом. Он устанавливал на центробежной машине стеклянный шар, наполненный водой, в которой были взвешены мелкие водоросли. Наблюдения над поведением жидкости во время разгона и замедления шара подтвердили выводы ученого.

Белопольского в связи с движением солнечных пятен интересовали поверхностные течения, возникающие на границе стекла и жидкости при незначительной разности скоростей. Поэтому он решил повторить опыт Жуковского, обратив особое внимание на эти эффекты. Упомянув об опыте Жуковского, Белопольский сообщает: “Мы повторили этот опыт с шаром, наполненным смесью спирта и воды, в котором было множество мельчайших взвешенных белых частиц<sup>1</sup>. Шар вращался до тех пор, пока не развертывалась вся жидкость. Вращение небыстрое, около 20 об/мин. Затем вращение осторожно замедлялось. Тогда от полюсов внутри сферы образовывались иногда конусы, иногда колпаки из взвешенных частиц. Эти конусы мало-помалу росли и вершины приближались к плоскости экватора. В то же время широкая их часть расходилась, и весь конус, достигая экватора, выпрямлялся в плоскость. Таким образом незадолго до конца опыта, когда угловые скорости вновь выравнивались, внутри сферы симметрично относительно экватора образовывались две плоскости из взвешенных частичек, разделенных узкой полосой. При дальнейшем замедлении края плоскостей, прилежащие к поверхности сферы, загибались от экватора к полюсам” [29, 101].

Опыт подтвердил теорию и позволил наблюдать циркуляцию жидкости с поверхностными течениями, сходными с движением солнечных пятен. Это была первая гипотеза, объяснившая на основе гидродинамики характер движений верхних слоев фотосферы.

Вероятно, в это время и произошло знакомство астронома с “отцом русской авиации”. Впоследствии Белопольский не раз обращался к Жуковскому за советом и обсуждал с ним научные проблемы.

Три десятилетия спустя, в 1908 г., американский астроном Джордж Хейл (1867–1938) с помощью новых, созданных им инструментов, открыл существование в солнечных пятнах мощного магнитного поля. Пятна предстали перед астрономами в новом

---

<sup>1</sup> Частицами были крупинки стеарина. Свой опыт Белопольский описал в отдельной статье, напечатанной в 1890 г.

свете как образования, связанные с грандиозными проявлениями солнечного магнетизма. Оказалось, что каждые 11 лет солнечное магнитное поле меняет свою полярность и смежные циклы солнечной активности есть внешне похожие части более крупного 22-летнего, так называемого хейловского цикла. Но новый магнитогидродинамический подход к природе солнечных пятен не полностью зачеркнул гипотезу Белопольского.

В 1959 и 1961 гг. пулковский астроном Г.П. Свечникова повторила опыты Белопольского по усовершенствованной методике, причем в последней серии экспериментов исследовалось влияние магнитного поля. Опыты потребовали преодоления больших технических трудностей.

В установке Свечниковой стеклянный шар диаметром 56,5 мм, наполненный жидкостью, был закреплен между полюсами сильного электромагнита, расположенными по оси вращения. Рабочая жидкость, имитировавшая солнечную плазму, должна была обладать электропроводностью. Кроме того, для возможности наблюдения за взвешенными частицами, она должна была быть еще и прозрачной, что исключало применение ртути или легкоплавких металлов. Исследовательница остановилась на 30%-ном растворе серной кислоты. На шаре имелась координатная сеть в виде параллелей и меридианов. Фиксация результатов производилась кино съемкой. Большие трудности возникли при изготовлении взвешенных частиц, которые не теряли бы своих свойств в кислоте. Частицы делались из песчинок, покрытых воском, причем количество воска подбиралось для каждой частички отдельно опытным путем. Опыты производились также, как у Белопольского. Шар разгонялся двигателем до определенной скорости, потом мотор выключался, движение шара становилось замедленным, и в жидкости возникала циркуляция.

Опыты Свечниковой показали, что магнитное поле делает более полной аналогию между движением солнечной атмосферы и жидкости, слои которой текут с разной скоростью. При выключенном магните наблюдалось по два кольца циркуляции в каждом полушарии шара. Включение магнита подавляло второй пояс циркуляции, оставляя только ближайший к экватору. Вероятно, это происходило из-за возникающего в жидкости электромагнитного торможения, превышающего силу Кориолиса, действие которой в экваториальной зоне незначительно.

## Глава 3

### Мастерство Пулково

Через год после защиты магистерской диссертации Белопольского пригласили на работу в Пулково.

Пулковская обсерватория – теперь Главная астрономическая обсерватория Российской Академии наук – была открыта в 1839 г., на восемь лет позже Московской. Она расположилась на холме в 19 км от центра Петербурга около деревни Пулково, от которой получила свое название. Необходимость создания современной астрономической обсерватории Академии наук назрела давно. Старая академическая обсерватория помещалась в башне здания Кунсткамеры (сейчас там размещен музей М.В. Ломоносова). В начале XIX в. она и по оснащению инструментами, и расположению перестала удовлетворять уровню развития астрономической науки. Решение о строительстве обсерватории было принято в 1833 г.

Создателем научного плана обсерватории, заказчиком астрономических инструментов и первым ее директором стал знаменитый астрометрист Василий Яковлевич Струве (1793–1864). Он получил мировую известность своими работами в Дерпте (Тарту), где с 1818 г. был директором университетской обсерватории. Ученый сумел оснастить эту обсерваторию первоклассными инструментами, с помощью которых определил точные положения 3 110 двойных звезд, из которых 2343 были открыты им самим на основе просмотра около 120 000 звезд. В.Я. Струве принадлежит одно из первых в истории измерение параллакса звезды, произведенное в 1839 г. (одновременно и независимо параллакса других звезд измерили Ф. Бессель в Кенигсберге и Т. Хендерсон в Южной Африке)<sup>1</sup>.

Выдающийся наблюдатель, знаток астрономических инструментов и педагог, Струве много сделал для развития астрономии в России, помогая своими знаниями, опытом и авторитетом обсерваториям в Москве, Николаеве, Казани, Вильно в разработке

---

<sup>1</sup> В литературе обсуждался вопрос: Струве или Бесселю принадлежит первенство в этом научном достижении. Следует отметить, что В.Я. Струве тесно сотрудничал с Ф. Бесселем и между ними никогда не возникало приоритетных споров.

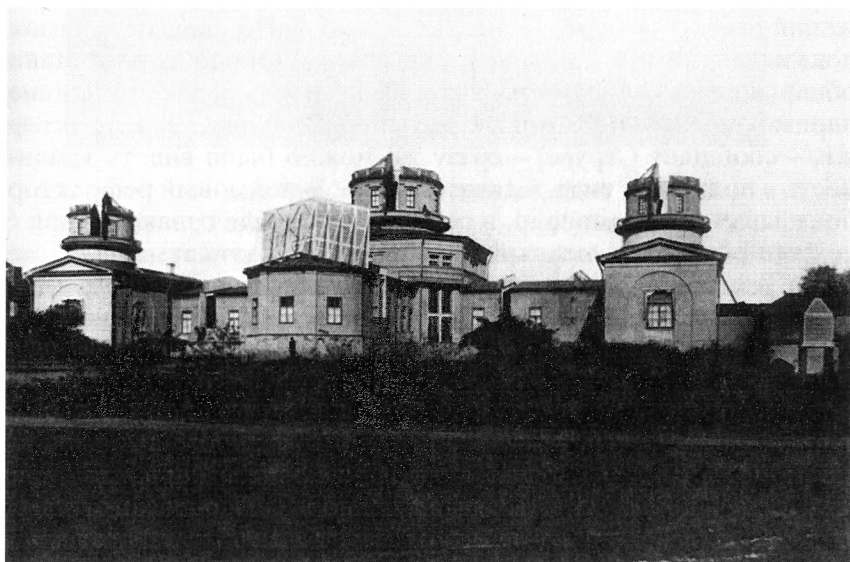


проектов строительства и научных программ, заказе астрономических инструментов. Созданная им Пулковская обсерватория, получившая крупнейший в мире 15-дюймовый рефрактор и другие точнейшие наблюдательные средства, по праву стала считаться “астрономической столицей мира”.

Обсерватория издавала серии каталогов точных положений большой группы звезд для определения их собственных движений, вела крупные геодезические работы. На обсерватории проходили астрономическую практику многие офицеры русской армии, среди них – знаменитые исследователи Центральной Азии Н.М. Пржевальский, а позже его ученик П.К. Козлов.

Василий Яковлевич Струве не был консервативен и умел оценивать перспективность новых методов в астрономии. Именно по его инициативе в 1861 г. был приобретен второй в мире фотогелиограф для подведомственной Пулково Виленской обсерватории. В 1862 г. пост директора Пулковской обсерватории занял сын В.Я. Струве Отто Васильевич (1819–1905). При нем обсерватория продолжала астрометрические работы, снискавшие ей мировую славу. В 1885 г. на обсерватории был установлен крупнейший в мире 30-дюймовый рефрактор, стоимость которого составила 300 000 рублей.

Начались и астрофизические работы. В 1882 г. была утверждена должность астрофизика, которую занял Б.А. Гессельберг –



**Пулковская обсерватория**

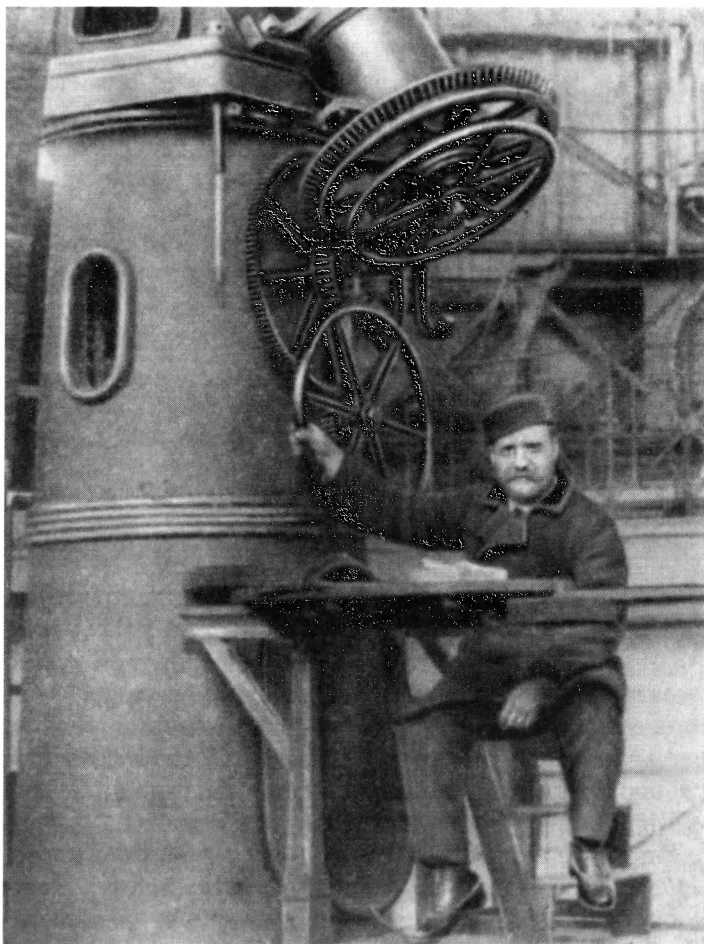
тот самый, который в 1874 г. фотографировал прохождение Венеры по диску Солнца в бухте Пассет, а в 1876 г. основал астрофизическую лабораторию. В 1886 г. в Пулковско было выстроено двухэтажное астрофизическое здание с прекрасным оборудованием для лабораторных спектроскопических исследований, созданы механические мастерские. С 1881 г. началось фотографирование Солнца.

В 1885 г. Пулковская обсерватория получила от Парижской снимки Плеяд, сделанные братьями Анри. В Пулковско подробно изучили отпечатки и по достоинству оценили возможности нового метода исследования. В докладе, сделанном в Академии наук, О.В. Струве говорил, что первые сообщения о полученных на астрографе снимках были встречены с недоверием. “Ныне, – продолжал он, – эти сомнения совершенно исчезли, мы с радостью приветствуем парижские фотографии как значительный успех и признаем в них могущественное пособие для астрономических исследований” [321, 223].

Дальше докладчик рассказывает о сравнении снимков с каталогом парижского астронома Вольфа, находит, что снимок достаточно хорош, и отмечает: “Соображая, что фотографическое экспонирование продолжалось лишь один час, Вольф же, наверное, употребил на свою работу несколько месяцев, трудясь каждую благоприятную ночь, легко видеть, какую пользу может принести картографии неба фотография” [321, 223–224].

О.В. Струве отметил и возможности использования изображений звезд для определения их яркости. Но главное, снимок показывал то, что не было видно глазом. Около звезды Майи обнаружилась туманность, которая не наблюдалась в лучшие парижские трубы. “В новый большой Пулковский рефрактор же, – сообщает Струве, – сразу же можно было видеть туманность в полном ее виде, и даже старый 15-дюймовый рефрактор показывал ее несомненно, в особенности после ознакомления с ее формой в более сильный инструмент. Если эта туманность не была усмотрена раньше, то это преимущественно потому, что сильный блеск звезды наполняет поле зрения рассеянным светом и вместе с тем притупляет впечатлительность глаза” [321, 225].

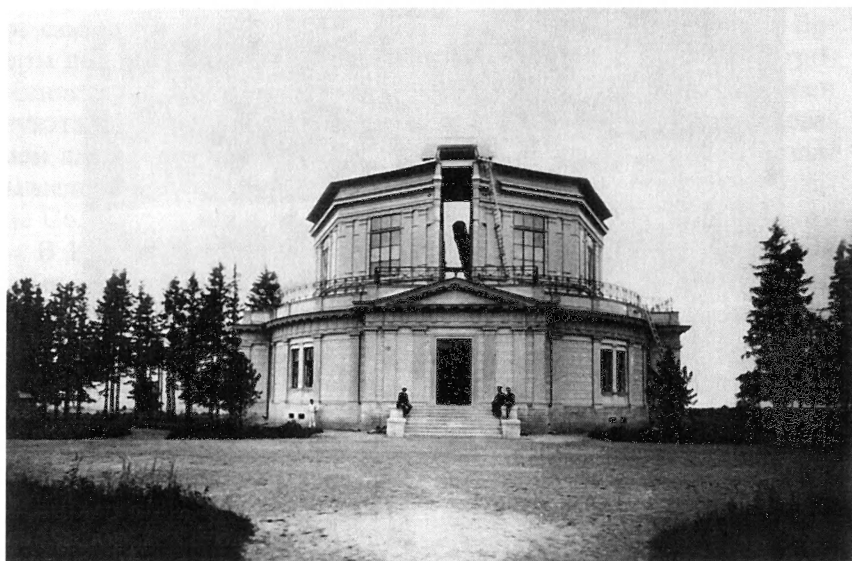
Несмотря на такую восторженную оценку одного из важнейших астрофизических методов исследования, никаких практических шагов для его применения в Пулковско сделано не было. Гессельберг проделал несколько опытов по фотографированию неба с помощью 15-дюймового рефрактора, но, поскольку объектив был ахроматизирован в желтой области спектра, снимки получились нерезкими. Ни Гессельберг, ни О.В. Струве не придавали



**А.А. Белопольский (Пулково, 1890)**

серьезного значения бурно развивавшейся астрофизике, считая главной задачей астрометрические исследования. Такой консерватизм грозил привести к отставанию академической обсерватории от уровня мировой науки. Это не могло не беспокоить руководство Академии. Были и другие причины для беспокойства – в обсерватории работали в основном ученые, приглашенные из-за границы. Это было понятно в первый период ее работы. Но в 1880-е гг. Россия уже располагала достаточным количеством подготовленных астрономов.

Белопольский поступил в Пулково в 1888 г. на должность адъютант-астронома. По пулковской традиции первое время он занимался меридианными наблюдениями на большом пассажном



**Башня 30-дюймового рефрактора**

инструменте, вел их обработку, а также обрабатывал старые наблюдения пулковского астронома А.Ф. Вагнера, причем установил надежные параллаксы нескольких звезд. Через несколько месяцев после прихода Белопольского в Пулково Гессельберг уехал в Швецию, и Белопольский занял должность астрофизика в ранге старшего астронома.

Шла подготовка к празднованию пятидесятилетия обсерватории. В обращении астрономов к правительству, посланному в связи с юбилеем в 1889 г., говорилось:

“Прежде всего, мы должны высказать с глубоко чувствуемой благодарностью, что в этот период времени милости Монархов щедро изливались на наше учреждение... Достаточно указать на дарованный обсерватории 30-дюймовый рефрактор и на предоставленную нам возможность успешно принять участие в возникшей в последние два десятилетия новой отрасли науки, астрофизики...” [311].

Упомянутый огромный телескоп вскоре на долгие годы стал главным рабочим инструментом Белопольского, который сумел с его помощью выполнить важнейшие астрофизические исследования. Торжественно были отпразднованы юбилеи пятидесятилетия обсерватории и семидесятилетия О.В. Струве. После этого О.В. Струве ушел в отставку и уехал в Германию. За него обязанности директора временно исполнял М.О. Нюрен, а 15 июня

1890 г. должность директора занял Ф.А. Бредихин, незадолго до этого избранный действительным членом Академии наук<sup>1</sup>.

В первом своем отчете новый директор, касаясь вопроса о привлечении к работе отечественных ученых, писал: «При самом вступлении в управление обсерваторией для меня было непреложной истиной, что ... питомцам всех русских университетов, чувствовавшим ... свое призвание к астрономии, должен быть предоставлен в пределах возможности свободный доступ к полному практическому усовершенствованию в этой науке, а затем и к занятию всех ученых должностей при обсерватории. Я счел полезным не ограничивать деятельность русских сверхштатных астрономов только механическим вычислением чужих наблюдений, но по надлежащей подготовке под руководством штатных астрономов допустить всех их к участию в серьезных научных наблюдениях» [321, 228].

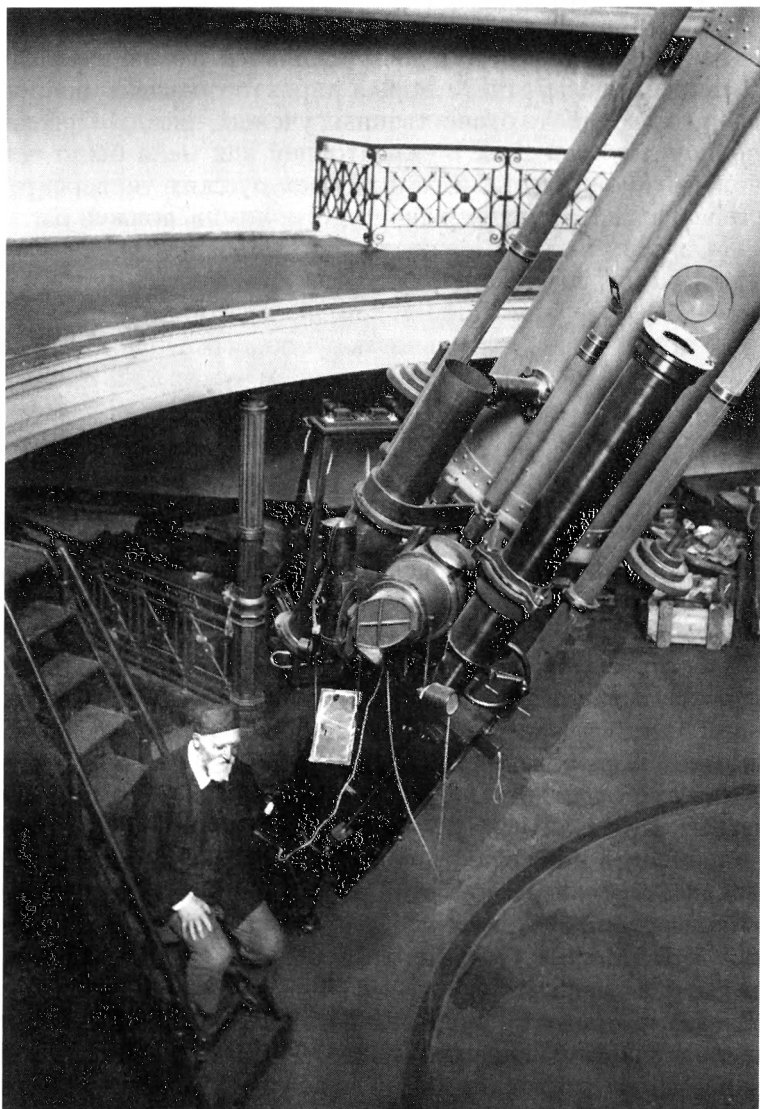
Там же Бредихин писал: «При принятии мною Обсерватории я нашел, что астрофизический отдел ее применительно к современному состоянию этой отрасли астрономии нуждается в приобретении нескольких более или менее ценных инструментов и приборов» [321, 228].

Слабость астрофизической работы в Пулковско до прихода Бредихина видна не только в отсутствии заботы об инструментальной базе. Так оказалось, что выполнявшиеся Гессельбергом с 1881 по 1888 гг. снимки Солнца делались нерегулярно и, главное, большинство из них осталось не измеренными. Одной из первых работ Белопольского в Пулковско снова стало измерение координат и площадей поверхности солнечных пятен на негативах, полученных Гессельбергом. В этой работе Белопольскому помогал новый сотрудник обсерватории, выпускник Московского университета М.Н. Морин. Позднее, в 1890 г., результаты измерений были опубликованы.

В 1891 г. Бредихин направил Белопольского в заграничную командировку. Белопольский посетил Потсдамскую, Парижскую и Гринвичскую обсерватории, а также знаменитое оптико-механическое предприятие Репсольдов в Гамбурге. Целью поездки было ознакомление с астрографами и возможностями заказа качественного инструмента для Пулковской обсерватории. Белопольский привез схемы астрографов и полученные на них снимки. После анализа привезенных Белопольским материалов было решено заказать инструмент, подобный 33 см астрографу братьев Анри, снимки которого за шесть лет до этого стали в астрономическом мире настоящей сенсацией. Объективы были заказаны

---

<sup>1</sup> Заведование Московской обсерваторией принял на себя Цераский.



**А.А. Белопольский у “нормального астрографа”  
Пулковской обсерватории**

у братьев Анри, а механическая часть – в Гамбурге у Репсольдов. Инструмент, получивший название “Нормальный астрограф”, был изготовлен в 1893 г. и в течение двух лет Белопольский работал на этом инструменте, в основном занимаясь исследованием его возможностей. Белопольский с разными экспозициями фотографировал звездные скопления, туманности и другие интерес-



**А.А. Белопольский (Пулково, 1892)**

ные объекты. Так новый инструмент, заказанный при активном участии Белопольского, был полностью освоен. В 1895 г. наблюдателем на нормальном астрографе стал один из основоположников отечественной астрофотографии Сергей Константинович Костинский (1867–1936), незадолго до этого закончивший Московский университет. Инструмент проработал больше 60 лет, серьезно пострадал при разрушении обсерватории во время Великой Отечественной войны, но в 1947 г. был восстановлен.

Таким образом, вскоре после прихода в Пулковскую обсерваторию Белопольский оказался основным соратником Бредихина в деле развертывания там астрофизических работ, а с 1895 г., после ухода учителя с поста директора, практически возглавил эти работы.

Можно увидеть несколько направлений в деятельности Белопольского-астрофизика, которые оставались для него главными в “пулковский” период жизни. Прежде всего, это создание инструментов для астрофизических исследований. Белопольский сконструировал несколько спектроскопов, приспособленных для

работы с главными телескопами Пулковской обсерватории. Ему принадлежит несколько изобретений в области инструментов и методических приемов исследований. Белопольский был инициатором заказа и, по сути дела, “ведущим конструктором” нескольких крупных инструментов Пулковской обсерватории. Важнейшей частью этой стороны работы ученого было тщательное исследование телескопов с целью выявления систематических погрешностей, которые впоследствии могли быть учтены при обработке результатов наблюдений.

Второе и главное направление – наблюдения. Белопольский фотографировал и изучал спектры планет, комет и большого числа переменных звезд, причем возвращался к одним и тем же звездам в течение многих лет. Огромное внимание он уделял и изучению Солнца.

Наконец, третье направление – передача опыта молодым ученым. Аспирантуру у Белопольского прошли многие известные астрономы: Виктор Амазаспович Амбарцумян, Николай Александрович Козырев, Дмитрий Яковлевич Мартынов, Александр Владимирович Марков, Евгений Яковлевич Перепелкин и многие другие. Немало ученых, которым привелось работать вместе с Белопольским, считали его своим учителем.

## **Астроспектроскопия**

Главной областью научных интересов Белопольского стала астроспектроскопия.

До середины XIX века основой астрономии была астрометрия. Усилиями таких выдающихся теоретиков и практиков точных измерений, как Ф. Бессель и В.Я. Струве, точность определения положений звезд, казалось, превзошла границы возможного. Удалось определить собственные движения многих звезд, предположить наличие у некоторых из них невидимых спутников, опираясь на наблюдения с большой точностью установить параметры движения Земли и ее фигуру. Но при этом изучение природы далеких и недосягаемых небесных тел оставалось невозможным.

Однако выяснилось, что свет, доходящий до нас от чудовищно удаленных звезд, несет намного больше информации, чем предполагалось. В 1802 г. английским ученым Вильямом Волластоном (1766–1828) в солнечном спектре были открыты темные линии. Эти же линии независимо от Волластона в 1814 г. обнаружил и изучил немецкий физик и оптик Йозеф Фраунгофер (1787–1826), имя которого они получили. Фраунгофер наблюдал спектры планет (у которых он оказался одинаковым с солнеч-



ным) и звезд. Спектры звезд выглядели по-разному, и ученый разделил их на три спектральных класса. Происхождение темных линий в спектрах и различия в спектрах звезд оставались непонятными, но начало спектральным исследованиям небесных тел было положено.

Через сорок пять лет, в 1859 г., два немецких ученых – физик Густав Кирхгоф (1824–1887) и химик Роберт Бунзен (1811–1899) – обнаружили связь спектральных линий с веществом, поглощающим или излучающим свет, и изобрели спектральный анализ. В следующем году Кирхгоф открыл обращение спектральных линий и предложил модель Солнца в виде раскаленной жидкой массы, окруженной газообразной атмосферой, ответственной за линии поглощения.

Спектральный анализ позволил судить о составе светил, что до этого считалось в принципе невозможным, и подтвердил единство вещества Вселенной.

Назиданием потомкам служит известный случай, связанный с изобретением спектрального анализа. За пару десятилетий до этого события, в 1835 г., основоположник позитивизма французский философ Огюст Конт в своем “Курсе позитивной философии” написал о небесных телах, что мы представляем себе возможность определения их форм, расстояний, размеров и движений, но никогда, никаким способом мы не сможем изучить их химический состав, их минералогическое строение, природу органических существ, живущих на их поверхности..., и дальше, что любое знание истинных средних температур звезд неминуемо должно быть навсегда скрыто от нас.

И вот через незначительное время по интенсивности излучения в той или иной области спектра астрономы получили возможность судить о температуре и химическом составе небесных тел. Так утверждение О. Конта оказалось в противоречии с объективным ходом процесса познания человеком окружающего мира. Научное понимание этого процесса состоит в том, что познание мира безгранично, и мы все глубже будем проникать в тайны природы.

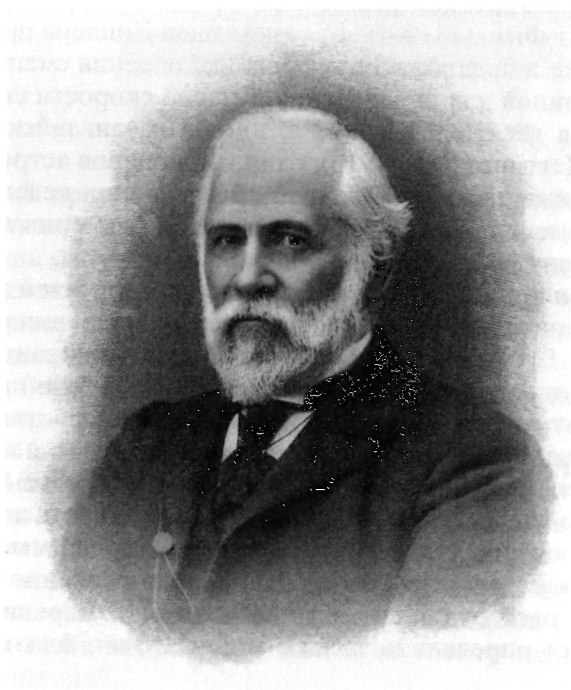
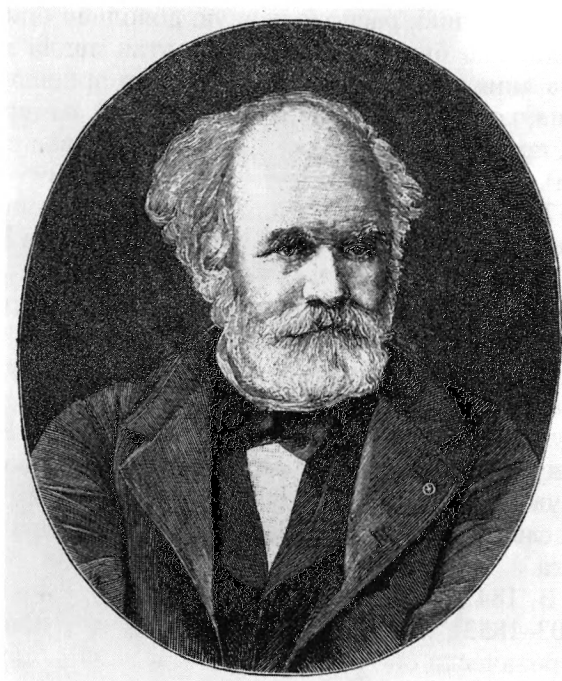
Применение спектрального анализа в астрономии положило начало астрофизике (термин стал употребляться с 1865 г.). Исследования в этой области не только обогатили наши знания о природе светил, но и вскоре привели к открытию нового химического элемента, неизвестного ранее на Земле. В 1868 г. Пьер Жюль Сезар Жансен (1824–1900) – основатель Медонской обсерватории и Джозеф Норман Локьер (1836–1920) – основатель и редактор научного журнала “Nature” (Природа) независимо друг от друга обнаружили в спектре солнечных протуберанцев яркую

**Джозеф Норман  
Локьер**



**Рудольф Вольф**

**Пьер Жюль Сезар  
Жансен**



**Чарльз Огастес  
Юнг**

желтую линию, расположенную довольно близко от того места, где должна была бы лежать желтая линия натрия. Но это не была линия натрия. В 1871 г. Локьер пришел к выводу, что эта линия, которая не совпадала ни с одной, измеренной в лаборатории, принадлежит новому элементу и назвал его гелием (солнечным). А спустя почти четверть века, в 1895 г., Уильям Рамзай (1857–1916) при исследовании спектров веществ, выделяемых радиоактивными минералами, открыл гелий на Земле.

Но спектроскопия дала астрономии еще одно неожиданное средство изучения мира – возможность измерения лучевых скоростей светил. Каждая спектральная линия имеет свою длину волны. Еще Фраунгофер пользовался линиями поглощения солнечного спектра как метками определенных длин волн при конструировании ахроматических объективов. Но, зная исходную длину световой волны, посланной каким-либо источником, и обнаружив, что она изменилась, можно истолковать это изменение как следствие относительного движения наблюдателя и источника света.

В 1842 г. австрийский ученый Иоганн Христиан Доплер (1803–1853), работавший в то время в Пражском университете, теоретически обосновал зависимость частоты звуковых и световых колебаний, воспринимаемых наблюдателем, от скорости приближения или удаления источника. Через шесть лет французский физик Ипполит Физо (1819–1896) развил идеи Доплера применительно к оптике и предложил привлечь наблюдения смещения спектральных линий для определения лучевой скорости светил. Но только два десятилетия спустя, в 1868 г., английский астроном Уильям Хэггинс (1824–1910), один из пионеров астроспектроскопии, работавший в собственной обсерватории недалеко от Лондона, применил этот метод на практике и измерил лучевую скорость Сириуса.

Применение принципа Доплера для измерения скоростей дало в руки астрономов уникальный инструмент исследования небесных движений. Его поразительная особенность состоит в том, что точность определения лучевой скорости объекта практически не зависит от расстояния до него. Скорость собственного движения звезды вдоль небесной сферы определяется как угловое расстояние, пройденное ею за определенное время. Ясно, что чем дальше звезда, тем меньшим будет нам видаться ее путь. Но, даже определив угловое перемещение звезды, мы не сможем рассчитать ее реальной скорости, если расстояние до нее не известно. А расстояния прямыми методами (измерением параллакса) удается определить только у достаточно близких звезд.



**Иоганн Христиан Доплер**

В противоположность этому лучевую скорость можно определить у любого сколь угодно удаленного небесного объекта, лишь бы удалось получить его достаточно четкий спектр и отождествить линии этого спектра с линиями известных веществ. Причем точность определения составляет единицы км/с, в последнее время м/с.

В 1889 г., через год после перехода Белопольского в Пулковско, в Гарвардской обсерватории Эдуард Пикеринг (1846–1919) и его сотрудница Антония Мори (1866–1952) открыли спектрально-двойные звезды, то есть объекты, в спектрах которых линии периодически раздваиваются. Исследователи истолковали эффект как наблюдение тесной пары звезд, орбита которых видна с ребра. На краях орбиты одна из звезд движется к нам, и ее спектр смещается в сторону коротких волн, вторая – от нас, и ее спектр испытывает “красное смещение”.

Интерес к использованию в астрофизике принципа Доплера возрос. Но сомнения в его применимости были еще очень сильны. Белопольский одним из первых оценил могущество и перспективность применения нового метода.

## Дельта Цефея

В цитированном первом пулковском отчете (1891) Бредихин, сообщив о намерении приобрести инструменты для астрофизических исследований, добавляет: “Затем был немедленно заказан у Топфера в Потсдаме инструмент для фотографирования звездных спектров равно как и прибор для измерения таких фотографий. Спектрограф этот уже готов и на днях будет доставлен в Пулково. На первое время его можно будет приспособить к нашему 15-дюймовому рефрактору, а затем и к 30-дюймовому, когда я найду то нужным и удобным” [321, 229].

Но, как показали исследования, проведенные Белопольским, этот простой путь превращения крупных пулковских телескопов в спектрографы успеха не имел. И здесь снова проявилось умение ученого находить решения сложнейших технических проблем.

В Москве главным инструментом Белопольского был скромный гелиограф Дальмеера, в Пулково после прихода туда Бредихина ученый получил возможность работать на одном из крупнейших в мире инструментов – 30-дюймовом рефракторе. Телескоп помещался в солидной башне с вращающимся куполом, опоясанной внутренней галереей. Его труба, уравновешенная на массивных осях, опиралась на мощную металлическую колонну, оплетенную легкими лесенками. Точные механизмы позволяли направлять громадную трубу в нужную часть неба и плавно вести за звездой. На этом великолепном инструменте уже было сделано немало астрометрических исследований, настала очередь астрофизических.

В своей статье “Исследование спектра звезды  $\delta$  Цефея”, опубликованной в 1895 г., Белопольский пишет: “Получив в 1892 г. в свое распоряжение 30-дюймовый рефрактор Николаевской Главной обсерватории в Пулково для спектральных исследований, я предпринял две параллельных работы:

- 1) Исследование лучевых скоростей звезд между 2,5 и 4 величинами; этот материал (200 звезд) со временем должен послужить для исследования движения солнечной системы.

- 2) Исследование спектров переменных звезд, доступных нашему инструменту по своей яркости” [59].

Эта программа была рассчитана прежде всего на использование принципа Доплера для изучения движений светил. Измере-

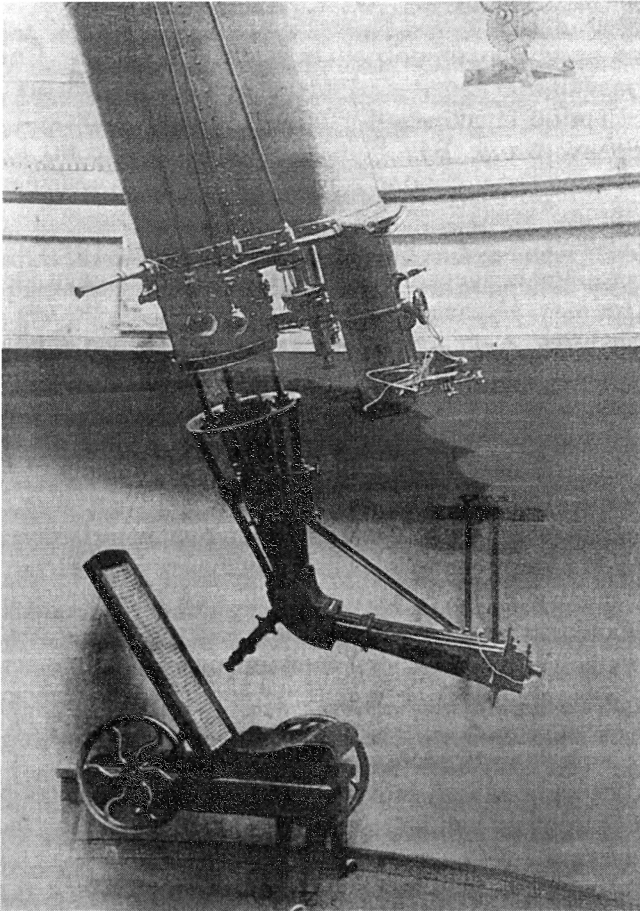
ние лучевых скоростей 200 звезд Белопольскому осуществить не удалось из-за плохих погодных условий Пулково. Впоследствии эта задача вылилась в международную программу, выполнявшуюся кроме Пулковской еще Медонской, Ликской и Йеркской обсерваториями. Белопольский в рамках этих исследований с большой точностью (около 2,5 км/с) измерил лучевые скорости ряда “опорных” звезд.

Вторая часть исследовательской программы состояла в изучении переменных звезд с целью обнаружения среди них спектрально-двойных. Исследование смещений линий давало возможность получить о переменных звездах важную дополнительную информацию. Первым кандидатом для исследования стала переменная звезда “дельта” в созвездии Цефея, при изучении которой Белопольский обогатил астрономию важным открытием.

При первых же испытаниях заказанной в Потсдаме spectroграфической приставки выяснилось, что она не позволяет полностью использовать возможности рефракторов. Поэтому для изучения переменных звезд Белопольский сконструировал специальный spectroграф, рассчитанный на лучи фиолетовой области, в которой интенсивность spectroграмм получалась максимальной. Белопольский отмечал: “Причиной тому служит совокупность действий и качеств земной атмосферы, объектива рефрактора и бромосеребряной пленки (эмульсии)... Spectroграф, удовлетворяющий упомянутым условиям, был собран в мастерской Обсерватории по моей модели” [60]. Прибор был готов в середине лета 1894 г.

Spectroграф устанавливался на окулярной части телескопа. Белопольский ставил его на 30- и на 15-дюймовые рефракторы, а также на нормальный астрограф. Поскольку требовалось уловить смещение наблюдаемого спектра, spectroграф был снабжен источниками “искусственных” линий, которые должны наблюдаться и в спектре звезды. Для этого служила миниатюрная гейслеровская трубка с водородом и пара железных электродов, между которыми проскакивала искра. Трубка и электроды получали питание от батарей через индукционные катушки. Изображение звезды попадало на щель spectroграфа, ширина которой регулировалась и обычно лежала в пределах от 0,03 до 0,05 мм. Спектр проектировался на пластинку размером 15 × 80 мм.

Из-за того, что объектив телескопа был ахроматизирован к желтой части спектра, фиолетовые лучи оказывались не в фокусе, что осложняло работу и потребовало от исследователя большого искусства и изобретательности. Белопольский пишет: “Нахождение фокуса и надлежащего положения щели производится



**Спектрограф с одной сложной призмой на большом астрографе в Пулково**

рядом снимков. Для нахождения фокуса объектива камеры фотографируется искусственная водородная линия. После каждой экспозиции (1 или 2 мин.) кассета с пластинкой немного передвигается и передвигается объектив камеры. Отсчет, соответствующий наилучшему изображению линии  $H_{\gamma}$ , и будет искомым фокусом при данной температуре. На коллиматоре находится термометр, по которому в начале и конце экспозиции делаются отсчеты... Длина щели расположена параллельно суточному движению звезд". Это, казалось бы, мелочь. Но при таком расположении спектроскопа все неравномерности хода часового механизма будут "размывать" изображения линий только по длине, не касаясь их толщины. Далее Белопольский пишет о контрольных



устройствах спектрографа. Перед призмой располагалась смотровая трубка, в которую попадал свет, отраженный передней гранью призмы. Через нее были видны щель и изображение звезды. “Так как объектив телескопа не собирает фиолетовых лучей вместе с оптическими, – отмечает Белопольский, – то упомянутая трубка может служить только для контролирования хода часового механизма,двигающего трубу за звездой. Чтобы убедиться, что... изображение звезды тоже попадает на щель, ... сбоку кассеты устроена другая контрольная трубка, которую можно вдвигать внутрь камеры. На конце этой трубочки... прямоугольная призма, которая отражает спектр звезды в окуляр. Таким образом, во время фотографирования спектра от времени до времени вдвигают эту трубочку в камеру и, рассматривая самый спектр звезды, убеждаются по яркости его в том, действительно ли фиолетовое изображение звезды находится на щели... При хорошем устройстве перемещения трубочки такой контроль не искажает изображения линий, да и давление на камеру спектроскопа производится вдоль линий спектра, а не поперек. Эта контрольная трубка чрезвычайной важности, если объектив не ахроматизирован для фиолетовых лучей” [60].

Здесь мы видим, как ученый преодолевал трудности, связанные с особенностями инструментов, добываясь от них максимальной отдачи, и как учитывал мелочи – подвижная контрольная трубка перемещается вдоль щели спектрографа, то есть даже случайное отклонение прибора при ее движении будет направлено вдоль линий спектра и не увеличит толщины их изображения на негативе. «Новый спектрограф, – продолжает Белопольский, – был окончен в середине лета 1894 г. С августа мы начали непрерывно снимать спектр переменной “ $\delta$  Cephei” вплоть до того времени, когда 30-дюймовый рефрактор должен был перейти в другие руки и для других целей, то есть до 11 сентября того же года<sup>1</sup>.

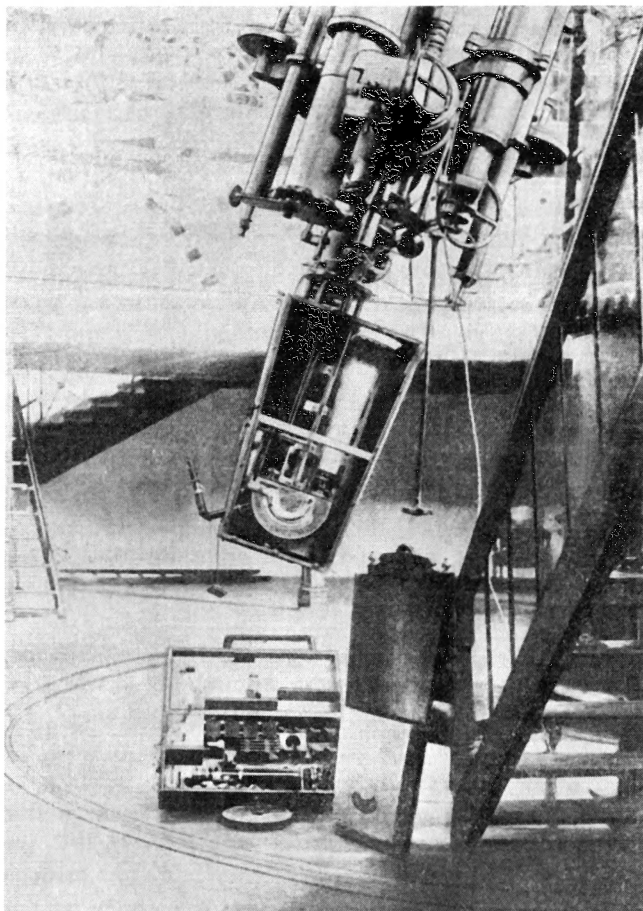
При весьма неблагоприятной погоде удалось сделать 34 спектрограммы в 18 дней; обработка этих спектрограмм и доставила материал для настоящей статьи» [60].

Спектр  $\delta$  Цефея оказался похожим на солнечный. В статье Белопольский тщательно отметил все отличия спектра звезды от спектра Солнца.

Исследование смещения спектральных линий проводилось следующим образом. Негатив спектра звезды устанавливался на

---

<sup>1</sup> На рефракторе проводил исследования спутников Марса и Сатурна Герман Оттович Струве (1854–1920), сын О.В. Струве. В 1895 г. он был приглашен на пост директора Кенигсбергской обсерватории и главным наблюдателем на инструменте стал Белопольский.



**Трехпризменный спектрограф на 30-дюймовом рефракторе в Пулково. Крышка ящика с электрической грелкой снята и стоит справа. Внизу ящик с запасными частями**

столик измерительного прибора эмульсией вверх. На него эмульсией вниз укладывался негатив спектра Солнца, снятого тем же инструментом. Негативы укладывались так, чтобы спектры звезды и Солнца располагались рядом. При фотографировании спектра звезды на ту же пластинку снимались “искусственные” линии водорода или железа. Эти линии, полученные от источников света, встроенных в спектрограф, не имели доплеровского смещения и служили базой отсчета. “Искусственные” линии имели хорошо видимые аналоги в спектре Солнца и совмещались с ними. После этого производилось сравнение смещения между достаточно четкими спектральными линиями Солнца и  $\delta$  Цефея.

Смещение измерялось при наблюдении негативов в микроскоп по отсчетам микрометрического винта.

По найденному смещению ученый вычислял лучевые скорости звезды. Все они оказались отрицательными – звезда приближалась к Земле, но скорость имела заметные колебания от 0,6 до 5,4 географических миль в секунду. То есть на постоянную относительную скорость звезды накладывалось некое пульсирующее перемещение.

Из опубликованных фотометрических данных был известен период переменности звезды, который составлял 5,37 суток и “эпохи максимумов яркости” во время наблюдения спектра. Исключив постоянную составляющую скорости, Белопольский построил график ее колебаний рядом с графиком изменения яркости.

Для анализа данных Белопольский принял гипотезу, что  $\delta$  Цефея – двойная звезда и вычислил элементы ее орбиты. Сравнив расчетные и полученные наблюдения лучевые скорости, Белопольский счел расхождения “при наличном материале” удовлетворительными. “Все это, – продолжает ученый, – приводит к заключению, что звезда, дающая спектр, движется по растянутому эллипсу. Существует ли центральное тело, или два тела вращаются около общего центра тяжести, этого решить не беремся. Во всяком случае, другое тело либо совершенно темно, как в случае Алголя, либо обладает малой яркостью” [65, 41].

Казалось бы, вопрос о природе переменности звезды в первом приближении был решен. Но от Белопольского не ускользнула необычность исследованного космического объекта, причем для объяснения обнаруженной аномалии ученый предложил довольно экзотическую гипотезу: “Причину изменения блеска, – продолжает он, – едва ли можно искать в затмении. Против такой гипотезы говорит, во-первых, разногласие кривой блеска с кривой скоростей. Минимум блеска должен был бы произойти во время перигелия, между тем он наступает на сутки раньше. Но это различие могло бы исправиться новым фотометрическим материалом; с другой стороны, характер кривой блеска не согласуется с тем, какой она имела бы в случае затмения. Скорее изменение блеска происходит от того, что звезда имеет на поверхности своей более светлые и более темные места и вращается вокруг оси один раз во время одного обращения по орбите. Более темная сторона обращена к нам, когда  $u = 320^\circ$ . Но, конечно, окончательно вопрос разъяснится с накоплением материала” [65, 43].

В заключении ученый пишет: “Нужно думать, что увеличение труб и приборов спектральных приведет со временем к более полному познанию двойных звезд и расширит наши сведения о

разных солнечных системах, разбросанных в изобилии в безмерном пространстве” [65, 44].

Эта работа стала основой докторской диссертации Белопольского, которую он защитил в Москве в 1896 г. Оппонентами на защите были – Цераский, который посоветовал другу избрать эту тему, и известный физик, в то время профессор Московского университета, Николай Алексеевич Умов (1846–1915). Выступая на защите, Умов предложил другую модель, объяснявшую переменность лучевых скоростей звезды. Он выдвинул смелую и впоследствии подтвердившуюся гипотезу о том, что  $\delta$  Цефея пульсирует, и ее фотосфера то раздувается, приближаясь к нам и вызывая фиолетовое смещение спектральных линий и рост яркости, то опадает, и тогда мы наблюдаем красное смещение спектра и ослабление излучения звезды.

Объяснение, предложенное Н.А. Умовым, возникло не на пустом месте. Еще до открытия изменения лучевой скорости у переменных звезд немецкий теоретик Георг Риттер (1826–1908) из Ахена создал теорию радиальных пульсаций звезд. В рассматриваемой им однородной модели звезды было выведено соотношение между плотностью и периодом пульсации, хорошо соответствующим наблюдаемым данным:  $P^2\rho = \text{const}$ , где  $P$  – период, а  $\rho$  – плотность.

Удивительно, что гипотеза пульсации для объяснения изменения блеска  $\delta$  Цефея не получила в те годы распространения. Против предположения, что эта звезда спектрально-двойная, были убедительные свидетельства: во-первых, спектр второй звезды не наблюдался, во-вторых, максимум лучевой скорости практически совпадал с минимумом блеска. Но при затмении звезды спутник движется перпендикулярно лучу зрения. В 1899 г. выдающийся немецкий ученый Карл Шварцшильд (1873–1916) открыл зависимость между изменением блеска звезд типа  $\delta$  Цефея и изменением их эффективной температуры и заключил, что их переменность определяется температурой. Вместе с тем, многие астрономы пытались и температурные изменения объяснить приливными процессами, опять предполагая, что имеют дело с двойной звездной системой.

Эти гипотезы о двойных звездах в 1914 г. подверг сокрушительной критике Харлоу Шепли (1885–1972). Он пришел к выводу, что раз цефеиды имеют, как обнаружили Рассел и Герцшпрунг, большие светимости, то они должны иметь громадные размеры: в сто тысяч раз превышать объем Солнца. В таком случае орбиты двойных звезд должны были бы составлять десятую долю их радиусов. Он писал, что гипотеза, которая проще других объясняет большинство (если не все) свойств цефеид, основана

на довольно неопределенной концепции периодических пульсаций одиночной звезды.

В 1918 г. Артур Эддингтон (1882–1944) создал теорию пульсирующих звезд, которая положила конец спорам о природе цефеид. Но и она не смогла объяснить открытого Белопольским эффекта сдвига фаз между кривыми блеска и лучевых скоростей. Эта трудность была преодолена Эддингтоном только в 1941 г.

Наряду с другими исследованиями Белопольский не прекращал наблюдения цефеид (как стали называть звезды типа  $\delta$  Цефея). Благодаря его работам в число цефеид были включены звезды  $\eta$  Орла,  $\xi$  Близнецов и знакомая всем  $\alpha$  Малой Медведицы – Полярная звезда, которая меняет блеск на десятую долю звездной величины с периодом в 4 дня. Полярную Белопольский наблюдал регулярно, каждые два года на протяжении 30 лет. В 1990-е г. она практически прекратила пульсации.

Продолжались работы по наблюдению и  $\delta$  Цефея. В 1901 г. ученый опубликовал результаты исследований этой звезды, проведенных в 1895, 1897 и 1898 гг. [107]. “Двойная” (по предложению Белопольского) система вела себя еще более загадочно, получалось, что скорость обращения компонентов “системы” год от года меняется также, как и эксцентриситет. К 1908 г. ученый получил новые данные и попытался истолковать их с точки зрения перемещения центра “системы”, которое могло происходить при наличии в ней третьего, ненаблюдаемого компонента. Аномалию в лучевых скоростях удалось объяснить введением перемещения “центра системы” с периодом в 6,3 года [161].

В том же году Генриетта Ливитт (1868–1921), сотрудница Э. Пикеринга в Гарвардской обсерватории, обнаружила зависимость между периодом и светимостью цефеид. Оказалось, что их светимость плавно возрастает с увеличением периода. Это открытие говорило в пользу пульсационной гипотезы.

Не менее важным аргументом в пользу пульсационной гипотезы цефеид стало открытие изменения интенсивности линий в их спектрах. Существование таких изменений Белопольский заподозрил в 1912 г., а в следующем году изменение интенсивности линий действительно обнаружила его ученица Инна Николаевна Леман. Пулковский астроном, член-корреспондент АН СССР Олег Александрович Мельников, в комментариях к изданию трудов Белопольского сообщает, что во время исследований спектров цефеид он измерял изменение интенсивности линий с помощью фотометра. При этом он был поражен, с какой точностью получил эти величины Белопольский, сравнивая интенсивности

на глаз. Данные инструментальных измерений Мельникова и глазомерных оценок Белопольского практически совпали [282].

Обнаруженная Ливитт связь между периодом и светимостью цефеид стала основой метода определения галактических и межгалактических расстояний. Этому помогла огромная яркость долгопериодических цефеид. Например, звезды с периодом около 50 суток имеют светимость в 10 000 раз больше солнечной. Яркие, характерно изменяющие блеск, цефеиды различаются даже в других галактиках. Определив период изменения яркости такой звезды, можно установить ее действительную светимость. Из сравнения видимой звездной величины с абсолютной находится расстояние до звезды, а значит, и галактики, в которой она была обнаружена. Недаром выдающийся английский астрофизик Джеймс Джинс назвал цефеиды “маяками Вселенной”.

### Проверка принципа Доплера

В цитированной диссертации об исследовании спектра звезды  $\delta$  Цефея Белопольский несколько страниц посвящает общим вопросам применения принципа Доплера–Физо. Ученый пишет:

“Едва ли можно сказать, что в настоящее время все физики признают справедливость этого принципа, особенно по отношению к волнам поперечного колебания, несмотря на теоретические доказательства его.

Правда, общего доказательства на основании современной теории света нет, ибо интегрирование основных дифференциальных уравнений этого вопроса представляет непреодолимые трудности; с другой стороны, выступает препятствие для логики в допущении совершенной проницаемости эфира для движения небесных тел” [65, 7].

Приведя вывод формулы для определения лучевой скорости по смещению спектральных линий, Белопольский продолжает: “Помимо теории света существуют доказательства принципа Доплера, основанные на наблюдениях спектров светил с заведомо известными лучевыми скоростями. Таковы исследования спектра Венеры, спектров звезд (на положение линий влияет движение Земли), краев Солнца” [65, 9]. Ученый рассказывает о результатах работ по проверке принципа Доплера, проведенных в Потсдамской, Ликской и Пулковской обсерваториях, и так заключает эту часть работы: “Может возникнуть вопрос, есть ли скорость светила единственная причина смещения спектральных линий? Не имея в настоящее время решительно никаких данных для решения этого вопроса, мы должны поневоле склониться к тому, что скорость есть причина единственная, к чему побуждают и по-

лученные до сих пор результаты различных исследований” [65, 12].

В диссертации имеется и такая интригующая фраза: “Может быть, недалеко то время, когда удастся лабораторным путем воспроизвести смещение линии спектра” [65, 12]. Эта фраза относится к работе самого Белопольского над проблемой лабораторной проверки принципа Доплера. Как видно из приведенных цитат, такой опыт был своевременным, причем он не только давал астрономам уверенность в применимости принципа Доплера для измерения космических скоростей, но и имел фундаментальное значение для физики, которая в то время переживала тяжелый кризис. После опытов Майкельсона 1887 г., доказавших отсутствие “эфирного ветра”, теория светоносного эфира, наполняющего Вселенную, пошатнулась. Электромагнитная теория света, казалось, потеряла основу, и доказательство принципа Доплера по отношению к свету было веским фактом при осмыслении создавшегося положения и разработке новых теорий. Кризис физики, как известно, разрешился созданием в 1905 г. теории относительности Эйнштейна, которая была принята физиками далеко не сразу.

“Попытки проверить принцип Доплера, не прибегая к космическим скоростям, долго не могли увенчаться успехом, – пишет Белопольский в своем курсе астроспектроскопии, – Ангстрем пробовал определять скорость частиц, вырывааемых электрической искрой с концов электродов. Однако опыты эти не удались, так как спектральный прибор его не был достаточно чувствителен. Ангстрем сделал заключение, что принцип Доплера неприложим к световым колебаниям. В настоящее время подобные исследования показали, что скорости частиц измеряются только сотнями метров в секунду и, следовательно, никак не могли быть замечены Ангстремом” [224, 95].

Представить прямое доказательство применимости принципа Доплера к свету впервые удалось именно Белопольскому. В 1894 г. он предложил использовать для этого прибор с многократным отражением света от вращающихся зеркал. Своими идеями ученый поделился с Н.Е. Жуковским, который в ответном письме написал, что его идея теоретически хороша и стоит подумать о ее практическом осуществлении. Жуковский посоветовал Белопольскому упростить прибор и использовать в нем только два зеркала. Как опытный механик он опасался, что проверка большого числа зеркал окажется чрезмерно трудным делом.

Проект Белопольского был послан на отзыв в Московский университет, где с ним познакомился Петр Николаевич Лебедев

(1866–1912). С этого времени между физиком и астрономом завязалась дружба, и позже они много и плодотворно сотрудничали. Следует отметить, что Лебедев в это же время независимо от Белопольского разработал для той же цели собственный проект. Прибор, задуманный Лебедевым, по принципу действия напоминал прибор Белопольского, но содержал только два зеркала – подвижное и неподвижное.

План намеченного опыта Белопольский опубликовал в 1894 г. в “Записках Итальянского общества спектроскопистов” [58]. Его статья вызвала большой интерес. Среди ученых, поддержавших Белопольского, был видный французский физик Мари Корню и шведский астроном Нильс Дунер, известный своими работами по проверке принципа Доплера астрономическими методами.

С этого времени в течение шести лет, не прекращая астрономических наблюдений, ученый работал над осуществлением своего проекта<sup>1</sup>. Наконец весной 1900 г. установка была изготовлена в мастерских Пулковской обсерватории, и Белопольский приступил к опытам, которые заняли несколько месяцев (ученый вел их одновременно с работой на 30-дюймовом рефракторе). Результаты исследований были доложены на заседании физико-математического Отделения Академии наук 15 ноября 1900 г., и еще до конца года состоялась публикация доклада в Известиях Академии [101].

Идея прибора Белопольского состояла в следующем. Если установить два параллельных зеркала и направить на поверхность одного из них под небольшим углом луч света, то свет будет многократно отражен этими зеркалами, причем путь  $S$  луча для  $n$ -го отражения (в том же зеркале) составит  $S = 2nL \cos \varphi$ , где  $L$  – расстояние между зеркалами,  $n$  – число отражений, а  $\varphi$  – угол падения луча.

Если зеркала сдвигать или раздвигать, то скорость отражения подчинится этому же закону. “Например, – говорит Белопольский, – пусть скорость зеркал будет равна 50 м/сек; 10-е отражение уже движется со скоростью  $2 \times 10 \times 50 = 1000$  м/сек” [275, 80]. Согласно принципу Доплера, длина волны света  $n$ -го отражения  $\lambda_n$  будет равна:

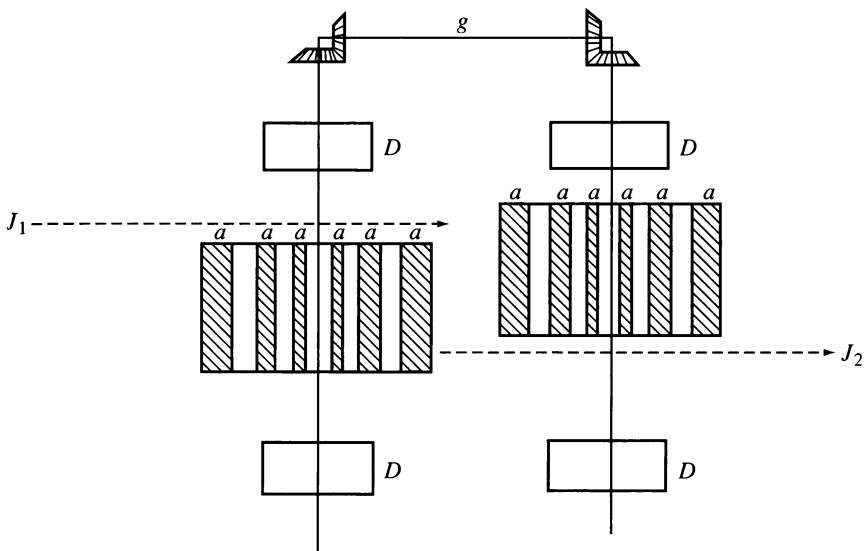
$$\lambda_n = \lambda_0 \{ 1 \pm [(2nv)/c] \cos \varphi \},$$

где  $\lambda_0$  – исходная длина волны,  $n$  – число отражений,  $v$  – скорость

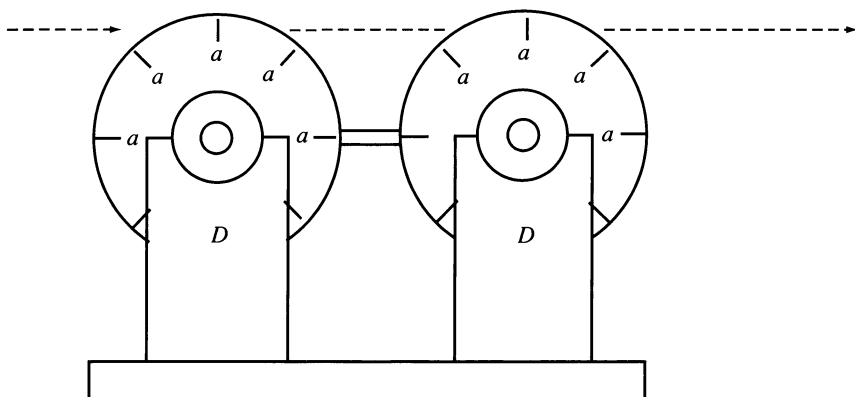
---

<sup>1</sup> В курсе астроспектроскопии Белопольский сообщает, что: “прибор был построен на средства американской меценатки в Бостоне госпожи Елисаветы Томсон” [224, 98].





**Установка А.А. Белополюского для проверки принципа Доплера**



**Схема установки для проверки принципа Доплера**

зеркал,  $c$  – скорость света,  $\varphi$  – угол падения луча на зеркало (он мал, и  $\cos \varphi$  близок к единице). Знак зависит от направления движения зеркал.

“На основании сказанного, – продолжает ученый, – нужно построить прибор,двигающий параллельные зеркала с возможно большою скоростью. Простейшее устройство заключается в двух колесах, из которых каждое снабжено несколькими плоскими зеркалами. Колеса быстро вращаются в разные стороны и

связаны зубчатыми колесами так, что на весьма короткий промежуток времени два из зеркал становятся во взаимно параллельное положение. Источник света даст бесконечное число отражений, одним из которых можно воспользоваться для исследования с помощью сильного спектрографа” [275, 82].

Рабочие колеса прибора Белопольского были похожи по устройству на колеса водяной мельницы: посаженные на вал два диска диаметром 250 мм, между которыми как лопасти мельничного колеса располагались зеркала. Их на каждом рабочем колесе было 8, размером 20 × 105 мм. Положение зеркал можно было регулировать винтами. Каждое из колес приводилось во вращение двумя электромоторами мощностью около 40 Вт, расположенными по сторонам вала, синхронизация вращения обеспечивалась с помощью двух пар зубчатых конических колес. Была предусмотрена возможность изменения направления вращения моторов и их скорости.

В качестве источника света Белопольский пользовался лучами Солнца. Для этого за южное окно лаборатории выставлялся гелиостат с часовым механизмом, направлявший луч на зеркало первого колеса, оттуда луч попадал на зеркало второго колеса, которое отражало его обратно. Поскольку луч падал на первое зеркало под небольшим углом, точка следующего отражения оказывалась смещенной по длине зеркала. Совершив несколько отражений, луч выходил за пределы прибора и попадал на щель спектрографа.

Конечно, выверка 16 зеркал, обеспечение плавного вращения рабочих колес и конических зубчатых передач было нелегким делом. Почему же Белопольский не воспользовался советом Жуковского – оставить на каждом колесе по одному зеркалу, или идеей Лебедева – заменить одно из колес неподвижным зеркалом? Это позволило бы намного упростить конструкцию и наладку установки. Но Белопольский не пошел на упрощение, стремясь улучшить рабочие характеристики установки. Дело в том, что при вращении колес многократно отраженный луч попадает на щель спектрографа только в те краткие моменты, когда очередные зеркала оказываются параллельными. Ясно, что количество света, попадающего в спектрограф (при определенной скорости вращения), пропорционально числу зеркальных пар. То есть принятие предложения Жуковского снизило бы уровень исследуемого сигнала в 8 раз, а установка, построенная по схеме Лебедева, кроме того, дала бы вдвое меньшее смещение спектральных линий. Как мы увидим, расчет ученого был правильным, опыт пришлось проводить на пределе чувствительности приборов, и предлагавшиеся “упрощения” сделали бы его просто безрезультатным.

Белопольский так рассказывает о ходе эксперимента: “Предварительные опыты показали, что отражение от зеркал замечательно быстро теряет яркость и, кроме того, белый пучок после нескольких отражений превращается в оранжевый. Это побудило меня устроить новый светосильный спектрограф” [275, 82]. Такой спектрограф Белопольский сконструировал и собственноручно изготовил специально для этого опыта, используя оптические элементы, имевшиеся в лаборатории. Спектрограф был намного точнее звездных спектрографов обсерватории и позволял измерять скорости с точностью порядка  $\pm 0,2$  км/с.

Опыты производились следующим образом. Кассета спектрографа имела две шторки. Сперва открывалась одна половина пластинки и фотографировался спектр Солнца при неподвижных зеркалах. Потом колеса запускались, и рядом с первым спектром снимался второй от луча, пришедшего от вертящихся зеркал. Дальше экспонировалась вторая половина пластинки, сперва при колесах, вращающихся в противоположную сторону, потом снова при неподвижных колесах. “Таким образом, – продолжает ученый, – на одной и той же пластинке получают четыре спектра: два от зеркал в движении и два от зеркал в покое. Относительное смещение спектральных линий двух смежных спектров равно двойному смещению, соответствующему скорости движения зеркал. Два спектра от неподвижных зеркал служат исходными точками при измерениях. Вследствие кривизны линий и изменений температуры во время опыта без этих спектров измерение производить совсем нельзя. Они же служат контролем неизменяемости частей спектрографа во время опыта” [275, 83].

Всего с конца июня до начала августа Белопольскому удалось провести шесть опытов, отчасти из-за занятости астрономическими наблюдениями, отчасти из-за капризов погоды. “Опыты показали, – рассказывает Белопольский, – что при быстром вращении зеркал спектр многократно отраженного света так слаб, что для получения спектрограммы, годной для измерений, нужна продолжительная экспозиция. Так, например, для того чтобы сфотографировать спектр восемь раз отраженного света, нужно экспонировать больше часу. Получить все четыре спектра в том порядке, как указано было выше, можно при экспозиции больше двух часов. Летом, когда эти опыты вообще можно производить, небо редко бывает безоблачно в течение такого промежутка времени. Температура не может не измениться за два часа, и спектры могут от этой причины взаимно сместиться на величину одного порядка со смещением вследствие движения.

Поэтому я решил воспользоваться шестым отражением. В этом случае все четыре спектра получаются в течение одного

часа. Спектры от неподвижных зеркал получаются при экспозиции в 2 сек” [275, 84].

Запуск колес с зеркалами показал, что сопротивление воздуха сильно тормозит их. По паспорту моторы должны были давать 6000 об/мин, то есть 100 об/сек. Измерения показали, что при токе в 4,5 ампера они разогнались до 32 об/сек, что давало скорость шестого отражения на наружных и внутренних сторонах зеркал 0,230–0,267 км/сек соответственно. Эта скорость была недостаточна, и Белопольский запускал моторы на форсированных режимах, достигнув втрое больших скоростей.

Результаты опытов приведены в таблице 1. Смысл смещения спектральных линий всегда соответствовал направлению вращения колес.

Видно, что по мере накопления опыта, результаты эксперимента становятся стабильнее и их точность возрастает. “Результаты эти, – заключает Белопольский, – представляют лишь первую попытку получить смещение спектральных линий, не прибегая к небесным телам. Прибор наш далеко не закончен, и я надеюсь со временем получить более удовлетворительные материалы, чем представленные в настоящей статье” [375, 85].

Долгое время у Белопольского не было возможности продолжать опыты. Наконец в 1905 г. он договорился о проведении экспериментов по улучшенной методике с заведующим физическим кабинетом Академии наук академиком князем Борисом Борисовичем Голицыным (1862–1916).

Эта вторая серия опытов была проведена в 1907 г. Голицыным при участии Белопольского. Эксперименты проводились на приборе Белопольского с использованием построенного Голицыным спектроскопа с увеличенной разрешающей способностью. Источником света служила вольтова дуга между ртутными электродами, сравнение спектров велось по двум ярким линиям ртутного спектра (зеленой и фиолетово-синей).

Было проведено 10 опытов, из них в первых семи измерялась скорость четвертого отражения, в трех последних – шестого. Результаты экспериментов приведены в той же таблице 1.

Следующая прямая проверка принципа Доплера была проведена в 1914 г. французскими физиками Шарлем Фабри (1867–1945) и Альфредом Перо (1863–1925)<sup>1</sup>. В опыте также использовалось измерение длин волн света, отраженного от движущ-

---

<sup>1</sup> В биографическом справочнике “Физики”, видимо, по ошибке опыты Фабри 1914 г. названы “первой прямой проверкой принципа Доплера” (см. Физики. Киев, 1977. С. 324).

Результаты опытов по проверке принципа Доплера<sup>1</sup>

Номер опыта	Скорость отражения, км/с		Расхождение, %	Примечание
	Измерения по смещению спектральных линий	Расчетная по скорости вращения зеркал		
Опыты Белопольского 1900 г.				
1	0,73	0,51	30,1	
2	0,67	0,55	17,9	
3	1,28	0,71	44,9	
4	0,67	0,71	5,6	6-ое отражение
5	0,67	0,71	5,6	
6	0,67	0,71	5,6	
Опыты Голицына 1907 г.				
1	0,377	0,254	32,1	4-ое отражение
2	0,247	0,256	3,5	
3	0,308	0,260	15,6	
4	0,334	0,258	22,7	
5	0,237	0,255	7,0	
6	0,238	0,256	7,0	
7	0,276	0,256	6,5	6-ое отражение
8	0,405	0,379	6,4	
9	0,357	0,372	4,0	
10	0,331	0,346	4,3	

щейся поверхности. Для этого использовался картонный диск диаметром 16 см, который мог вращаться со скоростью 12000 об/мин. При этом окружная скорость его краев достигала 0,1 км/с. Измерения проводились с помощью интерферометра, изобретенного учеными в 1899 г. На интерферометр поступал свет, отраженный противоположными краями диска.

Рассказав об описанных опытах в своем курсе астроспектроскопии, Белопольский заключает:

<sup>1</sup> Белопольский приводит расчетные скорости, вычисленные по внешним и внутренним краям зеркал, в таблице даны средние (для унификации с данными Голицына). Добавлены величины относительных расхождений расчетных и измеренных скоростей.

“Таким образом, как теоретические соображения, основанные на волнообразной теории света, так и наблюдения светил с заведомо известными скоростями, а равно и опыты лабораторные приводят к согласному заключению о верности принципа Доплера–Физо. Нужно только сделать ту оговорку, что движение источника, – неединственная причина сдвига спектральных линий, а что существуют и другие причины, которые с накоплением наблюдательного материала все более и более выясняются” [224, 100].

Это написано в 1921 г. Мы помним, что, говоря о принципе Доплера в статье о  $\delta$  Цефея, написанной в 1895 г., Белопольский держался противоположного мнения. Под “другими причинами” сдвига спектральных линий ученый подразумевает космическую дисперсию света, о которой будет сказано ниже.

### **Космическая дисперсия света**

В 1901–1904 гг. А.А. Белопольский изучал спектрограммы звезды  $\beta$  Возничего с целью исследования лучевых скоростей и подтверждения открытой им кратности этой звезды [115, 125]. Он обнаружил, что элементы орбиты звезды зависят от того, в какой области спектра проводились измерения. Этот результат Белопольский интерпретировал как проявление космической дисперсии света, ответственной за неодновременность наступления определенных моментов движения при наблюдении на различных длинах волн.

Дисперсия – зависимость скорости света от длины волны, известная по эффектам, наблюдаемым в стекле и других веществах; она может служить указателем существования межзвездной среды.

Вопрос о межзвездной среде восходит к XVII веку. Так, еще Ньютон указал, что для определения наличия межпланетной среды следует проводить наблюдения затмений спутников Юпитера. Он просил в 1691 г. Флемстида наблюдать, не меняется ли окраска спутников в момент их исчезновения за планетой. Изменения цвета обнаружено не было. Позже Доминик Араго (1786–1853) заметил, что в случае дисперсии возможно наблюдение изменения цвета переменных звезд. Но и в этом случае наблюдения дали отрицательный результат.

Однако некоторые свидетельства в пользу существования межзвездной среды у астрономов уже были. Еще в 1847 г. В.Я. Струве, анализируя свои наблюдательные данные, а также материалы Гертеля, Бесселя и Аргеландера получил свидетельства ослабления излучения звезды при его прохождении сквозь

межзвездное пространство, то есть заподозрил поглощение света. В таком случае можно было ожидать и эффекта дисперсии.

К тому времени физические эксперименты показали, что скорость света в среде меньше, чем в вакууме. В 1849 г. Физо нашел, что скорость света в воде меньше, чем в воздухе. А Майкельсон в 1883 г. определил, что скорость распространения оранжево-красных лучей и зелено-голубых лучей в образце сероуглерода ( $CS_2$ ) различна.

К концу XIX века ясности в вопросе о наличии космической дисперсии света не было: Чарльз Юнг и Джеймс Форбс (1809–1868) свидетельствовали в ее пользу, а Дж. Рэлей полностью отрицал.

Неудивительно поэтому желание А.А. Белопольского и Г.А. Тихова разобраться в этой актуальной для того времени проблеме. Будучи еще студентом третьего курса Московского университета, в 1896 г. Тихов обрабатывал наблюдательные материалы Белопольского для звезд  $\beta$  Лиры,  $\delta$  Цефея и  $\eta$  Орла. Он обнаружил свидетельства проявления космической дисперсии. Письмо Тихова к Белопольскому от 7 декабря 1897 г. говорит нам, что и Белопольский проводил исследования дисперсии в это же время, наблюдая  $\alpha$  Близнецов.

И хотя в 1900 г. появилась статья К. Шварцшильда, отрицающая результаты Тихова для  $\eta$  Орла и  $\beta$  Лиры, в 1902 г. были также предложения определить расстояния до переменных звезд по разности фаз красных и синих лучей (то есть на основе дисперсии).

На заседании Физико-математического отделения Академии наук 10 декабря 1903 г. Белопольский заявил: “Если допустить, что скорости распространения красного и фиолетового однородных лучей в мировой среде разнятся на  $1/3$  км (величина не сильно преувеличена, если допустить, что среда эта водород)<sup>1</sup>, то некоторое явление, происшедшее на звезде, будет на Земле наблюдаться в этих лучах в два разных момента, отстающих на час. Мы наблюдаем в спектре этой звезды раздвоение красной линии (например, C) и по величине ее определяем соответственно относительную лучевую скорость компонентов. Раздвоение фиолетовой линии на том же спектре (например, K) должно определить иную лучевую скорость при существовании мировой среды, тем более разнящуюся от первой, чем быстрее в системе меняются лучевые скорости и чем плотнее среда” [115, 118].

---

<sup>1</sup> Следует отметить проницательность А.А. Белопольского, предлагавшего преимущественно водородный состав межзвездной среды, когда еще не было известно, что это самый распространенный элемент.

В 1904 г. немецкий астроном Иоганнес Гартман (1865–1936) открыл существование межзвездного газа. Он определил, что линия поглощения иона кальция в спектре двойной звезды  $\delta$  Ориона не участвует в периодических смещениях остальных линий. Не делая очень искусственного предположения, что стационарная линия принадлежит очень массивному (и поэтому практически неподвижному) второму компоненту двойной системы, Гартман правильно писал:

“Мы приходим к представлению, что в некотором месте на пути между Солнцем и  $\delta$  Ориона находится облако, которое вызывает это поглощение и удаляется со скоростью 16 км/с, если мы примем предположение, весьма вероятное с точки зрения природы наблюдаемой линии, что облако состоит из паров кальция” [322, 412].

Несмотря на то, что интерпретация Гартмана не была повсеместно принята, Белопольский утверждал, что среда хотя и крайне разреженная, в своей бесконечной толще может заставить запаздывать лучи одного цвета против лучей другого.

Принимая во внимание мнение своего старшего коллеги, работавший с 1906 г. в Пулковско Г.А. Тихов провел исследование лучевых скоростей  $\beta$  Возничего. После обработки результатов наблюдений он нашел разность  $\Delta T = +14$  мин.  $\pm 8$  мин., то есть фиолетовые лучи запаздывают относительно синих. Полученная разность фаз оказалась меньше, чем была бы в воздушной среде при нормальных условиях и приписывалась космической дисперсии света. Тихов доложил свои результаты 16 марта 1908 г. Несколько ранее 24 февраля этого же года французский астроном Ш. Нордман предоставил результаты своих наблюдений других звезд, свидетельствующие почти о таком же фазовом сдвиге. Результаты Тихова и Нордмана были в качественном согласии, несмотря на различные способы наблюдения и обработки материала. Стали говорить об открытии эффекта Тихова–Нордмана.

Интерпретация Белопольского, Тихона и Нордмана вызвала критические замечания выдающегося русского физика Петра Николаевича Лебедева (1866–1912), доказавшего в 1899–1907 гг. существование давления света. Он справедливо отмечал связь дисперсии с поглощением света и заключал, что “при найденной величине дисперсии мы не могли бы видеть Солнца и тем паче  $\beta$  Возничего. Вот почему нельзя наблюдаемый факт объяснять дисперсией” [330].

В серии своих статей Лебедев пытается дать другое объяснение эффекту. Он считает, что мощная атмосфера спутника, поглощающая свет основной звезды, несимметрична относительно центра из-за нагревания излучением центральной звезды. Вследствие неоди-



наковости поглощения лучей в этой атмосфере можно было получить несовпадение минимумов. Лебедев считал необходимым учитывать эффект давления в звездных атмосферах при теоретической интерпретации эффекта. Он также отметил, что метод измерения Тихова–Нордмана дает сильный разброс в оценках расстояния до звезды и поэтому не доказывает наличия дисперсии.

По этому поводу 8 августа 1908 г. Белопольский писал московскому физiku В.А. Михельсону (1860–1927): “С П.Н. Лебедевым все лето в усиленной переписке: он меня отчитывает все за дисперсию в мировом пространстве – он играет на поглощении, а я играю на колоссальных расстояниях (600 св. годов)” [331].

Надо, конечно, учитывать, что А.А. Белопольский отдавал себе отчет в предварительном характере своих оценок, в том, что его результаты не окончательные. Он продолжил исследования в этом направлении, усовершенствовав приборы и методику. В 1909 г. Белопольский оценил космическую дисперсию приблизительно равной 1/100 дисперсии в воздухе. Он надеялся, что более тонкие наблюдения позволят обнаружить реальную величину дисперсии пространства, как бы мала она не была.

В настоящее время ясно, что эффекты, наблюдаемые Белопольским, Тиховым и Нордманом нельзя объяснить космической дисперсией света. Межзвездная среда не может обладать особым свойством диспергировать свет, совершенно не поглощая его. В 1917 г. американский астроном Х. Шепли доказал отсутствие космической дисперсии на основе своих наблюдений переменных звезд в шаровых скоплениях. Шаровые скопления расположены на гораздо больших расстояниях, чем цефеиды, наблюдавшиеся в прежних исследованиях. И его исследования показали, что излучения, отличающиеся по длине волны на 20%, распространяясь в космическом пространстве 40000 лет, не запаздывают относительно друг друга более чем на одну-две минуты. Это показывает, что скорости равны с погрешностью в  $10^{-11}$  и, следовательно, заметной дисперсии нет. Таким образом, П.Н. Лебедев оказался прав в споре с астрономами.

В таком случае, что же наблюдали Белопольский, Тихов и Нордман?

В 1933 г. известный российский астрофизик Эвальд Рудольфович Мустель (1911–1988) – член-корреспондент АН СССР, первый лауреат премии им. А.А. Белопольского АН СССР (1981), но тогда еще начинающий ученый использовал новейший наблюдательный материал для изучения эффекта Тихова–Нордмана. Он пришел к выводу, что причина эффекта должна лежать вне явления дисперсии и, вероятно, связана с процессами в звездных атмосферах.

## Глава 4

### Признание

#### Планеты

Наблюдения и эксперименты Белопольского, выполнявшиеся с виртуозным мастерством и высочайшей точностью, принесли ученому мировую известность. В 1900 г. он по инициативе Бредихина был избран адъюнктом Академии наук, а через три года – экстраординарным академиком.

В 1906 г. 52-летний астроном стал ординарным академиком, получив высшее ученое звание в России. Но признание заслуг не изменило характера работы ученого. Как прежде он занимался конструированием спектроскопов, отработкой методики изучения спектрограмм, исследованием астрономических инструментов и, конечно, постоянными наблюдениями небесных тел.

Во многом благодаря работам Белопольского Пулковская обсерватория заняла передовые позиции в астрофизических исследованиях. В 1895 г. Бредихин, которому было уже 65 лет, ушел по состоянию здоровья с поста директора обсерватории, директором стал пулковский астроном академик Оскар Андреевич Баклунд (1846–1916) – специалист в области небесной механики. Но ушедший в отставку Бредихин не порывал связи с астрофизикой.

В 1895 г. в Московской обсерватории вступил в строй широкоугольный астрограф, сконструированный Цераским. Объектив его диаметром 110 мм был приобретен для обсерватории Бредихиным еще в 1890 г., а “монтажная” сделана на средства, пожертвованные предпринимателем А.А. Назаровым. Инструмент позволил делать обзорные снимки неба для поиска переменных звезд и положил начало “стеклянной библиотеке” ГАИШ.

В Пулково подобного инструмента не было. Широкоугольный светосильный астрограф был особенно важен для фотографирования комет, которые составляли основной научный интерес Бредихина. В 1902 г. по инициативе и на средства ученого у фирмы Цейс в Йене для Пулково был заказан объектив диаметром 170 мм для такого астрографа. Объектив был привезен в

Пулково в день кончины Бредихина 1 мая 1904 г. Астрограф, получивший название “Бредихинского”, был смонтирован в мастерских обсерватории. В 1906 г. главным наблюдателем на нем стал ученик Белопольского Г.А. Тихов.

Применение принципа Доплера в астрономии могло служить не только для определения лучевых скоростей звезд, но и стало важным средством изучения планет, особенно Сатурна, Юпитера и Венеры, покрытых плотным слоем облаков.

Весной 1895 г., когда Сатурн находился в благоприятном положении для наблюдений, три обсерватории предприняли исследования скорости его вращения спектроскопическим методом. В США на обсерватории в Аллегени этой работой занялся Джеймс Килер (1857–1900), который тогда был директором обсерватории; в Парижской обсерватории ее проводил Анри Деландр (1853–1948); в Пулково – Белопольский. Килер вел наблюдения с помощью 13-дюймового рефрактора и двухпризменного спектроскопа. Диаметр изображения планеты составлял 0,4 мм, ширина щели спектроскопа 0,028 мм. Деландр имел более мощный инструмент 120 см рефлектор, который давал изображение Сатурна диаметром 1,5 мм. Белопольский воспользовался для наблюдений нормальным астрографом, установив на него тот же однопризменный спектроскоп, которым исследовалась  $\delta$  Цефея.

Этой работе посвящен доклад Белопольского “Исследование спектральных линий в спектре Сатурна и его кольца”, прочтенный 13 сентября 1895 г. и опубликованный в “Известиях Академии наук” [64].

Поставленная астрономами задача была весьма актуальной; особенно важно было решить вопрос о природе кольца Сатурна. Белопольский пишет: “Вращение Сатурна и его кольца до сих пор считается недостаточно хорошо известным, потому что на поверхности планеты и еще менее на кольце, редко удавалось наблюдать пятна, сохраняющие свой вид в течение более или менее продолжительного времени.

Первым В. Гершель наблюдал в конце XVIII века ряд пятен в свой большой рефлектор, как на самом диске, так и в кольце. Он подробно и осторожно отождествляет эти пятна в различные дни наблюдений и находит, что Сатурн совершает полный оборот в 10 ч. 16 мин., а кольцо (вернее, часть кольца, где замечались детали) в 10 ч. 32 мин. [64, 379].

Далее Белопольский сообщает об определениях С. Вильямса, сделанных в 1893 и 1894 гг., которые дали разные величины периода вращения при его измерении по темным и светлым пятнам в разные годы. «В это же время, – продолжает Белопольский, – Барнард наблюдал Сатурн в крупные инструменты Ликской об-

серватории и отметил, что “темные и светлые пятна, недавно замеченные на Сатурне трубами малых размеров, оказались недоступными ни 36-дюймовому ни 12-дюймовому рефракторам при наилучших атмосферных условиях”». (Заметим, что Эдуард Барнард (1857–1923) был выдающимся наблюдателем и отличался уникальной остротой зрения). Другому прекрасному наблюдателю Г.О. Струве, по словам Белопольского, также не удавалось различать детали на диске Сатурна даже в 30-дюймовый рефрактор.

“Таким образом, – заключает Белопольский, – есть основания сомневаться в числах, определяющих вращение планеты. Относительно же кольца кроме Гершеля никаких наблюдений для определения вращения его не существует” [64, 380].

Нормальный астрограф давал весьма малое изображение планеты, что требовало ювелирной наводки и ведения инструмента. Однако его преимущества – большая светосила, отсутствие хроматической аберрации в фиолетовой области спектра и прекрасный искатель – окупали меньшие размеры.

Белопольский пишет: “Небольшой диаметр планетного изображения – 0,3 мм обуславливает большую его яркость, чем на других трубах, в особенности сравнительно с 30-дюймовым рефрактором; последний, впрочем, был занят весною, да и во многих отношениях пока мало пригоден для подобных исследований.

Большую помощь при наблюдениях оказал 10-дюймовый искатель фотографического рефрактора; при увеличении в 350 раз можно было достаточно точно держать изображение планеты на щели спектрографа, раз нить микрометра выверена относительно щели. Выверка производилась перед каждым наблюдением. Спектрограф устанавливался на слабую звезду так, чтобы спектр ее достигал наибольшей яркости. Тогда на звезду в искателе наводилась нить микрометра, параллельная суточному движению и замечался отсчет на барабане. Другая нить, перпендикулярная первой устанавливалась также на звезду” [64, 381].

Щель спектрографа, имевшая ширину 0,03 мм и длину 0,5 мм, устанавливалась вдоль направления суточного движения, которое было близко к направлению кольца и экватора планеты. Таким образом фотографировался спектр, ширина которого соответствовала ширине изображения кольца, и каждая точка спектральной линии отражала свою точку изображения и имела свое доплеровское смещение. Поэтому линии спектра должны были получиться не прямыми, а “деформированными”.

“Пробные снимки, – пишет Белопольский, – стали делать с первых чисел апреля, но первая удачная спектрограмма была

получена лишь 19 апреля и с этого времени до 29 мая получено 23 пластинки, заключающие 45 спектрограмм...

Линии на спектрограммах значительно наклонены к нормальному положению. Первое впечатление, производимое наиболее отчетливыми линиями, заключается в том, что линии спектров кольца и диска не составляют непрерывного продолжения одни других, а в месте разделов спектра немного изогнуты. Линия имеет вид знака интеграла. На лучших спектрограммах заметно, что наклон линий в кольце противоположный наклону линий в ядре” [64, 384].

Негативы измерялись под микроскопом с 35-кратным увеличением. Опорой для измерений служили снятый тем же инструментом спектр Солнца и две искусственные водородные линии. Из-за различия погодных условий качество негативов получилось неравноценным. Четко выделить внутренний край кольца удалось только на семи негативах.

В конце статьи Белопольский приводит сравнительную таблицу результатов, полученных тремя исследователями, и величины, полученные расчетом. При расчете окружной скорости экватора планеты был принят за основу период вращения 10 ч. 23 мин. Окружные скорости краев кольца рассчитывались, исходя из гипотезы, что оно состоит из независимых частиц-спутников (см. таблицу 2).

Из таблицы видно, что спектроскопические определения скорости разных областей кольца хорошо согласуются с рассчитанными по законам движения спутников. Таким образом, исследования подтвердили гипотезу о кольцах Сатурна как о рое частиц.

Но в процессе этой работы Белопольский сделал еще один важный шаг в изучении Сатурна, обнаружив различие спектров самой планеты и ее кольца. Вот как он пишет об этом:

“Исследования Килера, сделанные на основании двух спектрограмм, снятых в оптической части, указывают лишь на характер

Таблица 2

**Окружные скорости Сатурна, км/с  
(спектроскопические определения 1895 г.)**

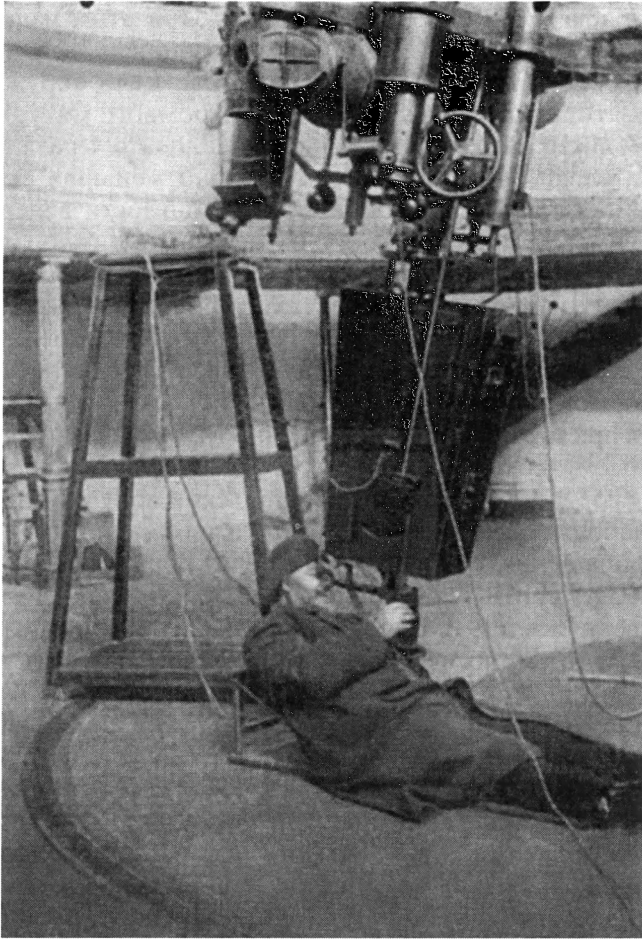
Автор	Экватор	Внутренний край кольца	Середина кольца	Внешний край кольца
Килер	10.3 ± 0,4	20,04	18.0 ± 0,3	16,35
Деландр	9,38	20,10	—	15,40
Белопольский	9,3	21,1	—	15,5
Вычислено	10,3–10,6	20,6–21,0	18,5–18,8	16,9–17,2

смещения и не касаются совсем вида линий. Точно также не дано указаний на общий вид спектра Сатурна в статье Деландра.

Сравнение Пулковских спектрограмм Сатурна с солнечными не указало каких-либо резких различий. Бросающаяся в глаза разница замечается между спектрами Сатурна и его кольца. Спектр кольца длиннее спектра ядра со стороны фиолетового конца... Причина тому – атмосфера Сатурна” [64, 386]. То есть фиолетовые лучи, хорошо отражающиеся кольцами, поглощаются атмосферой планеты. Так было положено начало изучению атмосферы Сатурна.

Если на Сатурне еще можно было изредка наблюдать достаточно устойчивые образования, позволявшие судить о скорости его вращения, то на диске самой близкой к нам планеты – Венеры – детали не различались. Венера долго оставалась самым загадочным членом Солнечной системы. Вот что писал о Венере ученый и революционер Николай Александрович Морозов в популярном издании “Итоги науки в теории и практике”: “Белый облачный покров Венеры так густ и повсеместен, что до сих пор не могли заметить на ее диске ни одного постоянного пятна, ни одной постоянной отметки. Многие писали о притуплениях ее рогов, то есть границы освещенной и неосвещенной ее части, так как Венера представляет нам такие же фазы, как и Луна... Но все, что могли установить до сих пор как достоверное – это два белых пятна на верхнем и нижнем крае рогов. В том, что они состоят из снегов, трудно сомневаться...” [311, 780]. Сегодня мы знаем, что “полярные шапки” Венеры – атмосферные образования и никакого снега на разогретой до 500 °С поверхности Венеры не существует.

“Каково, – продолжает Морозов, – время обращения Венеры вокруг ее оси, то есть длина ее дня и ночи? Старинные астрономы, наблюдая Венеру подряд несколько вечеров или утр, заметили, что некоторые зубринки на ее терминаторе держатся в тех же его местах в продолжение многих наблюдений, и потому решили, что время вращения Венеры почти то же самое, как и Земли. Только при таком условии она и могла бы показывать нам через каждые сутки те же самые местности. Но подобное обстоятельство, конечно, допускало и другое решение. А именно, что Венера обращается вокруг оси чрезвычайно медленно и совершает, как Луна только одно вращение во время каждого полного оборота на своей орбите. Эту мысль впервые высказал Скиапарелли, благодаря его авторитету она была принята многими из позднейших астрономов. Только в последнее время после тщательных спектроскопических исследований Белопольского в Пулковской обсерватории стали вновь возвращаться к прежним представлениям о коротком периоде вращения Венеры” [311, 780].



**А.А. Белопольский во время наблюдения на 30-дюймовом рефракторе с трехпризменным спектрографом (Пулково, 1915)**

Первую попытку измерить скорость вращения Венеры спектральным методом Белопольский предпринял еще в 1892 г. с помощью 15-дюймового рефрактора, но она не привела к успеху. Через 11 лет, в 1903 г., ученый вернулся к этой проблеме. Венера наблюдалась на 30-дюймовом рефракторе с трехпризменным спектрографом. Щель спектрографа на этот раз была перпендикулярна плоскости орбиты Венеры и наводилась на край диска. Таким образом, должно было получиться доплеровское смещение спектра, отражающее окружную скорость экватора планеты. Важной особенностью методики была переустановка

спектрографа с его поворотом на  $180^\circ$ . При этом направление смещения спектральных линий должно было изменить знак.

Трудности наблюдений были огромны. Если окружная скорость экватора быстровращающегося огромного Сатурна составляла около 10 км/с, то на Венере, имеющей в 4 раза меньшие размеры, следовало ожидать значительно меньших скоростей. Скажем, даже если принять гипотезу о близости венерианских суток к земным, скорость составит меньше 0,5 км/с. Правда, за три года до этого при проверке принципа Доплера Белопольско-му удавалось измерять скорости такого порядка.

Измерения не дали надежных результатов. Кроме работы на пределе точности картину искажали деформации телескопа, вызванные весом спектрографа (около 17 кг), которые делались заметными при малых углах возвышения трубы. Сказывались и атмосферные помехи, связанные с небольшим возвышением планеты над горизонтом. Все же Белопольский получил явственное, хотя и небольшое смещение спектральных линий. Полученный период обращения, который ученый считал весьма ненадежным, составил 34,5 суток. К определению скорости вращения Венеры ученый вернулся в 1910 г., применив в спектроскопе щель эллиптической формы, но надежных результатов получить так и не удалось [173].

Сейчас мы знаем, что венерианские сутки составляют 116,8 земных, и венерианский год включает в себе всего 1,92 венерианских суток, причем вращение Венеры обратное по отношению к Земле и большинству планет. Но поскольку Венера покрыта мощными облаками, Белопольский мог измерить только скорость обращения каких-то слоев атмосферы. Верхние слои атмосферы планеты вовлечены в постоянное вращение (так называемую суперротацию) и делают оборот в течение 4 земных суток. По мере приближения к поверхности скорость атмосферных движений падает, и у поверхности практически царит безветрие. Окружная скорость слоев, участвующих в четырехсуточном обращении, составляет около 0,1 км/с, на верхней границе облачности она вдвое меньше.

Все же определение Белопольского, противоречащее гипотезе Скиапарелли, означало приближение к истине по отношению к господствовавшим в то время представлениям.

В 1909 г. Белопольский предпринял изучение скоростей вращения Юпитера. В экваториальных поясах облачного слоя Юпитера наблюдается достаточно много устойчивых деталей, и период вращения планеты вокруг оси (10 ч. 50 мин.) был давно измерен. Но этот период относился только к экватору, вопрос же о скорости движения атмосферы на других широтах оставался от-



крытым. Задача состояла в измерении окружной скорости атмосферы Юпитера на разных широтах.

Для этого Белопольский применил особую методику. Щель спектрографа устанавливалась по отношению к оси вращения планеты под углами  $45^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $70^\circ$  и  $85^\circ$ , причем центр щели совмещался с центром диска планеты. Изображение диска планеты имело диаметр 2,5 мм, ширина щели спектрографа около 0,03 мм. В зависимости от угла поворота щели наклон линий спектра планеты отражал окружную скорость краев диска на соответствующей широте.

Анализ спектрограмм показал наличие скачка скорости вращения атмосферы Юпитера в экваториальной зоне. По измерениям Белопольского период вращения прилежащих к экваториальному поясу областей составлял уже 10 ч. 55 мин., что очень близко к современным оценкам. Работа [165] дала первые свидетельства зонального характера распределения скоростей в атмосфере Юпитера и указала на установленную впоследствии дифференциальность ее вращения.

Белопольским была выполнена еще одна работа, относящаяся к планетам, – фотографирование спутника Марса. В его архиве обнаружена следующая запись: “В 1894 г. я сфотографировал спутник Марса (Деймос) большим астрографом несколько раз (30 сентября, 21 октября, 25 ноября). Измерения и вычисления были мною тогда же закончены, но по независящим от меня обстоятельствам опубликованы не были” [332].

Фотографирование Деймоса, имеющего (даже в периоды противостояний Марса) 12–14 звездную величину и наблюдаемого рядом с яркой планетой, дело чрезвычайно трудное. Белопольский получил 8 негативов с изображением Деймоса в процессе освоения установленного в 1893 г. в Пулковском нормального астрографа. В дальнейшем фотографирование спутников Марса на том же инструменте продолжил С.К. Костинский.

Для истории астрономии факт фотографирования Белопольским Деймоса интересен прежде всего тем, что это была пионерская работа, первый шаг в области фотографического изучения спутников планет. Найденная запись ученого позволила уточнить время этого события.

## Звезды

Все же главной областью научных интересов Белопольского были звезды, включая сюда и ближайшую к нам звезду – Солнце. В звездной наблюдательной астрономии есть два дополняющих друг друга направления: первое заключается в подробном изучении отдельных объектов; второе – в накоплении и стати-

стической обработке материала по сходным объектам, их пространственности, пространственному распределению, возможным эволюционным связям. Это второе направление стало главным в работе Московской обсерватории, где Цераский вел с помощью упоминавшейся экваториальной камеры систематическое фотографирование определенных участков неба. По полученным негативам его жена Лидия Петровна Цераская (1855–1931) открыла больше двухсот переменных звезд.

Белопольский в основном работал в направлении изучения отдельных, наиболее интересных звезд и звездных систем. Это связано и с не слишком благоприятными погодными условиями Пулковки, ограничивавшими время наблюдений, и со стремлением ученого максимально использовать возможности имевшегося в его распоряжении мощного 76 см рефрактора.

Выше подробно описывались работы Белопольского по исследованию  $\delta$  Цефея, которые показали переменность лучевой скорости звезды. Изучение спектров переменных звезд особенно привлекало астронома. Переменность блеска звезды всегда означает какую-то аномалию. Определяя лучевые скорости переменных звезд, Белопольский открыл ряд спектрально-двойных, например,  $\alpha^1$  и  $\alpha^2$  Близнецов,  $\lambda$  Тельца,  $\beta$  1 Лебеда,  $\gamma$  Геркулеса,  $\beta$  Возничего.

Спектр последней звезды обладает интересными особенностями, которые побудили Белопольского уделить ей особое внимание. Ученый заметил, что фазы изменения скорости, полученные по линиям в красной и синей частях спектра, не совпадают. Именно исследование спектра этой звезды послужило основанием для постановки вопроса о космической дисперсии света, история которого рассмотрена выше.

Важное открытие в русле этих работ ученый сделал в 1931 г., когда ему было уже 77 лет. Он обнаружил, что самая яркая звезда нашего летнего неба Вега ( $\alpha$  Лиры) является спектрально-двойной [260; 261]. Особое значение это открытие имело потому, что Вега в то время была принята в качестве одной из звезд со стандартными скоростями, то есть ее спектр использовался как база для сравнения при определении скоростей других звезд. Открытие Белопольского показало, что Вега не может играть роль стандарта скорости.

Много времени ученый уделил изучению лучевой скорости классической затменной переменной звезды Алголя ( $\beta$  Персея). Материал по этой системе накапливался с 1902 г. В 1908 г. ученый определил элементы орбиты двойной звезды [156; 158]. Однако определенные из наблюдений лучевые скорости недостаточно хорошо укладывались в теоретическую модель, и Бело-

польский заподозрил в системе наличие третьего тела. Дополнительные наблюдения позволили ученому в 1912 г. подтвердить эту гипотезу [181; 182]. Таким образом, “классическая” затменная система, давшая название целому семейству переменных звезд, оказалась вовсе не классической и значится теперь в каталогах как спектрально-тройная.

Особый интерес представляет определение лучевых скоростей оптически двойных звезд. Добавление к данным о видимых движениях элементов пары сведений об их скоростях дает возможность получить достаточно полные данные о системе, но сопряжено с большими трудностями. Белопольский исследовал две такие системы –  $\gamma$  Девы и  $\gamma$  Льва [85; 88; 89]. Вот как он описывает работу по измерению лучевых скоростей  $\gamma$  Девы:

“Как известно, – начинает он статью, – определение лучевых скоростей двойных звезд решает следующие важные вопросы: 1) о наклонности орбиты, 2) о массе компонентов, 3) о параллаксе и размерах орбит в единицах солнечной системы, 4) об истинном движении центра системы.

К сожалению, приходится пока ограничиться спектральными исследованиями весьма немногих звезд благодаря малому блеску большинства и малому линейному расстоянию изображений компонентов даже в самых больших трубах. Если компоненты на одном круге склонений, то еще возможно, теоретически говоря, спектрографировать двойные звезды, угловое расстояние которых не меньше 1” (в 30-дюймовый рефрактор 1” соответствует 0,07 мм; ширина щели спектрографа обыкновенно 0,03 мм)”.

“Однако, – продолжает ученый, – на практике это число нужно значительно увеличить и на основании нашего опыта возможно отдельно получать спектры компонентов, отстоящих взаимно не менее 3”. Но и для таких необходимо иметь особое приспособление, чтобы удерживать на щели спектроскопа во время экспозиции одну и ту же звезду: изменение рефракции, волнение изображений, несовершенство хода часового механизма уводят изображение звезды со щели”.

Дальше Белопольский описывает изучаемые звезды, говорит об установке на телескоп более мощного искателя и переходит к методике фотографирования спектра: “По окончании экспозиции (не менее 1 часа) щель раздвигали, чтобы контролировать, которая из звезд была на щели. Тут нередко обнаруживалось, что на щели находился не тот из компонентов, что был поставлен вначале. В этом виноват, конечно, был механизм для микрометрического ведения трубы” [275, 174–175].

Изучение звезды началось в 1894 г., когда было сделано 2 снимка. Работа была продолжена после усовершенствования

телескопа. В конце 1896 – начале 1897 г. Белопольский получил 21 снимок спектров компонентов системы. Сравнительно небольшое количество снимков объясняется тем, что период обращения изучавшейся пары звезд составляет (согласно астрометрическим данным) 180 лет и скорости компонентов на период исследования можно было считать постоянными<sup>1</sup>.

По смещению спектральных линий Белопольский определил лучевые скорости компонент. Оказалось, что северная звезда приближается к Солнцу со скоростью 3,18 географических миль в секунду, а южная – со скоростью 2,81.

Имея эти скорости и астрометрические данные об элементах орбиты, полученные В. Дебюрком в 1881 г., ученый получил уже не относительные, а абсолютные характеристики системы. Большая полуось орбиты оказалась равной 102 астрономическим единицам, то есть в 2,5 раза больше радиуса орбиты Плутона. Рассчитанный параллакс получился равным 0, 0,039. Это значит, что система  $\gamma$  Девы находится от нас на расстоянии 25,6 парсека или 83,6 светового года. Кроме того, Белопольский выяснил, что звезды этой системы довольно массивны – сумма их масс составляет 32,7 массы Солнца.

Среди обычных затменных переменных звезд, в спектрах которых линии либо смещались, либо двоились в согласии с периодом изменения блеска, Белопольский обнаружил уникальную систему, долгое время остававшуюся загадочной. Сюрприз преподнесла соседка Веги звезда  $\beta$  Лиры, яркость которой меняется от 3,4 до 4,3 звездной величины с периодом около 13 дней. В 1897 г. ученый писал о ней: “Мои исследования спектра этой звезды в 1892 г. ... указали, что почти все линии меняют свой характер в зависимости от перемены блеска, что вид линий так сложен, что почти нет возможности разгадать истинный характер темных и светлых линий, потому что они всегда бывают наложены одна на другую. Лишь с некоторыми допущениями удалось разгадать главные черты характера светлой водородной линии  $H_{\alpha}$ ” [76, 355].

Ученый сосредоточил внимание на области спектра с длиной волны  $\lambda = 447$  мкм, где наблюдались характерные линии, сохранявшиеся во всех фазах изменения блеска звезды. По смещению этих линий Белопольский предположительно определил лучевые скорости компонентов и элементы орбиты. “Явление, однако, все-таки не вполне выяснено, – заключает он, – так как многие

---

<sup>1</sup> Естественно, при изучении спектрально-двойных звезд требуется значительно больший материал. Так, при исследовании Алголя Белопольский использовал 68 снимков.

спектральные линии представляют весьма сложную картину” [76, 365].

Чтобы дать представление о сложности картины, приведем одно из описаний линий изучавшейся части спектра, которые ученый делает для большинства наблюдений. Белопольский пишет: “Июля 27, № 22,  $\lambda = 447 \text{ м}\mu$  – здесь ясно видно, что темные линии суть контрасты между тремя светлыми линиями; средняя из них самая яркая и самая тонкая; ее положение ближе к той, которая со стороны красного конца.  $\lambda = 448 \text{ м}\mu$  – темная, ясная; на краю со стороны красного конца светлая линия. На этой спектрограмме видно множество светлых линий, например, близ  $\lambda = 455 \text{ м}\mu$  пять очень отчетливых, далее еще несколько” [76, 358].

Эта весьма сложная система потом изучалась многими астрономами. В настоящее время она расшифровывается как тесная двойная система из сильно деформированных звезд сверхгигантов, одна из которых массивная и яркая, вторая меньше по массе и светимости. Кроме того, звезды окружены в плоскости орбиты газовым кольцом, имеющим в одном месте сгущение, пополняющееся за счет вещества главной звезды.

В 1913 г. Белопольский открыл периодические изменения интенсивности спектральных линий звезды  $\alpha^2$  Гончих псов [185; 186; 188]. Эту звезду, как и многие другие, астроном периодически наблюдал, и в 1927–1928 гг. обнаружил изменения в ее спектре. Рядом с линиями поглощения появились линии излучения. Было обнаружено две группы линий, менявших интенсивность, причем усиление линий одной группы происходило при ослаблении другой и наоборот с периодом в 5,47 дня. В первой группе обнаружили линии магния, хрома, кремния, железа и редкоземельного элемента тербия, во второй – титана и других редкоземельных элементов [253; 254].

Открытие Белопольского побудило астрономов начать поиски подобных звезд, которые получили название редкоземельных. Изучение этих редких и во многом непонятных объектов продолжается до сих пор.

Белопольский неизменно фотографировал спектры Новых звезд, как только становилось известно об их появлении. Полученные ученым спектрограммы сохраняют научную ценность и сегодня, так как, в отличие от большинства астрономических объектов, каждая Новая – это уникальное и стремительно эволюционирующее образование.

Что же такое “Новые звезды”? Еще задолго до наступления нашей эры в древние времена астрономы заметили, что на небе иногда вспыхивают новые звезды в буквальном смысле этого

слова, то есть звезда появлялась там, где ранее никакой звезды не замечалось. Такие события отмечались даже в древних китайских летописях. И в этом нет ничего удивительного, так как у многих народов в прошлом наблюдения расположения планет по отношению к созвездиям связывали с судьбами отдельных людей и целых народов. В Китае такая “астрологическая служба неба” носила государственный характер. В китайских хрониках “Чэнь-Вань” каждой династии в астрономической части описывались все необыкновенные небесные явления за время ее царствования. Из этих летописей, например, узнали, что одна звезда появилась в июле 134 г. до н.э. в созвездии Скорпиона, а появившаяся в 173 г. н.э. была видна в течение восьми месяцев. Постепенно стало ясно, что вспышка “Новой” – это внезапное увеличение блеска на 10–12 звездных величин, то есть в 10000–60000 раз, звезды, которая существовала и ранее, но была настолько слабой, что ее нельзя было обнаружить. Такое поразительное явление требовало своего объяснения и теории не замедлили появиться. Директор Мюнхенской обсерватории Хуго Зеелигер (1849–1924) в 1892 г. предположил, что подобный процесс может произойти вследствие встречи звезды с газообразной туманностью. При этом звезда возбуждает свечение туманности и, разогреваясь, сама, возможно, взрывается, теряя устойчивое состояние. Джозеф Норман Локьер объяснял вспышку встречей двух метеорных потоков. Сванте Аррениус (1859–1927) – шведский физико-химик утверждал даже в 1918 г., что вспышка – результат столкновения двух погасших небесных тел. Вильгельм Клинкерфус из Геттингена, предполагал, что новые звезды – двойные системы и приливные эффекты в ней вызывают вспышки звезд.

Позже действительно было установлено, что большинство Новых являются двойными системами. К тому, что в явлении Новой мы имеем дело с двумя или большим количеством звезд, склонялся и Белопольский. Он считал, что вспышка происходит, если холодная звезда, огибая центральную, проходит через ее атмосферу. Конечно, в то время, когда еще не была создана теория внутреннего строения звезд и не были ясны источники звездной энергии, нельзя было дать правильное теоретическое объяснение вспышкам Новых.

О своих спектральных наблюдениях Новой Персея в Пулковско он рассказал на XI съезде русских естествоиспытателей и врачей в 1901 г. [110]. Напомнив историю появления этой Новой, он продемонстрировал кривые изменения ее блеска и цвета. Были показаны также снимки наиболее характерных спектров. В начале появления у звезды был сплошной спектр с темными линиями

поглощения и тонкими блестящими линиями, которые позже развились в блестящие полосы, разделенные тончайшими темными промежутками. Интерпретируя смещение линий эффектом Доплера, можно получить скорости до 1500 км/с. Весьма интересно было появление в спектре Новой звезды линий спектра газообразных туманностей. Белопольский сделал вывод, что звезда как бы переродилась в туманность. В заключение он продемонстрировал снимки туманности, окружающей Новую звезду и указал на громадные скорости, с которыми ее части разлетаются во все стороны от звезды. Правда, впоследствии эти громадные скорости (11" в год), которые Белопольский интерпретировал как скорость расширения туманности были приписаны не туманности, а излучению, распространяющемуся в межзвездной среде после максимума вспышки. Сама туманность, возникшая после вспышки Новой Персея, была обнаружена лишь в 1916 г. и расширялась со скоростью 0,4" в год. Тем не менее вывод Белопольского об образовании туманностей при вспышках Новых подтвердился.

Кроме описанных наблюдений Новой Персея (1901), Белопольский получил серии спектров Новых Возничего (1892) [43, 48], Близнецов (1912) [179; 180], Орла (1918) [218; 229], Лебеда (1920) [221; 222] и др. Эти наблюдения в ряде случаев оказались уникальными, поскольку погода не позволила получить аналогичные снимки в других обсерваториях. Регистрация процесса взрыва звезды, достаточно редкого и быстро протекающего явления, имеет огромное значение для астрономии.

## Кометы

Рассказ о творчестве Белопольского будет неполным, если не упомянуть о его исследованиях комет, хотя в исследованиях Белопольского они не занимали такого места как у его учителя Ф.А. Бредихина.

В древности кометы – “хвостатые звезды”, своим неожиданным появлением и причудливым видом привлекали внимание людей, возбуждая у них ужас. Суеверные люди видели в них предвестниц стихийных бедствий и войн. Античные и средневековые ученые то считали их космическими телами, то атмосферными явлениями. Аристотель (384–322 гг. до н.э.) полагал, что хвост кометы – пламя, горящее в разреженной материи. Римский философ Сенека (4 г. до н.э. – 65 г. н.э.) рассматривал хвосты комет состоящими из лучей, испущенных самой кометой. Было замечено, что хвосты комет почти всегда направлены от Солнца. Сенека писал, что хвосты “бегут” от Солнца. Еще Иоганн Кеп-

лер (1571–1630), пытаясь объяснить этот факт, предположил, что существует какая-то отталкивающая сила, исходящая от Солнца. В первой половине XIX века для объяснения форм кометных хвостов Генрих Вильгельм Ольберс (1758–1840) и Фридрих Вильгельм Бессель (1784–1846) также допускали существование отталкивающей силы наряду с силой притяжения, присущей Солнцу. Однако к началу исследования комет Ф.Д. Бредихиним их природа все еще оставалась загадочной. К счастью, XIX век был богат кометами и в том числе большими: Донати (1864), Вельса (1881) и др. Бредихину удалось построить теорию кометных форм, которая позволяла описать движение вещества не только вблизи головы, но и в хвосте кометы. В основе теории лежало предположение о том, что хвосты комет состоят из частиц, вылетающих из ядра кометы в направлении Солнца, а затем начинающих двигаться от Солнца под действием отталкивающей силы. В 1877 г. Бредихин классифицировал формы кометных хвостов, выделив три основных типа. В 1884 г. им был выделен четвертый тип – аномальный. Эта классификация принята до настоящего времени. Однако природа комет и отталкивающей силы, действующей на их хвосты, оставалась в то время неясной.

В конце XIX века П.Н. Лебедев теоретически показал, что световые лучи могут оказывать давление. Причем эффект отталкивания тем больше по сравнению с силой притяжения, чем меньше тело, на которое падает свет. Это происходит потому, что сила притяжения обусловлена массой, а сила давления света пропорциональна площади поверхности, на которую падают лучи. Если поперечник частицы уменьшается вдвое, то сила притяжения от Солнца уменьшится в восемь раз, а сила давления света только в четыре раза. Поэтому для очень мелких частиц отталкивающая сила света превышает силу солнечного притяжения. Стало ясно, что именно сила светового давления может играть роль отталкивающей силы, формирующей кометные хвосты. А после экспериментального доказательства существования давления света на твердые тела и на газы, проведенного Лебедевым в первые годы XX века, эта точка зрения стала единственно обоснованной.

Именно в эти годы у А.А. Белопольского пробудился интерес к исследованиям комет. Вслед за своим учителем он провел серию спектроскопических исследований комет. Так, комету 1911 г. он фотографировал три ночи подряд 4, 5 и 6 октября с экспозицией 8 часов. Такая длительная экспозиция позволила на спектрограмме выявить две полосы с заметной тонкой структурой. Параллельно со щелевыми спектрограммами были получены на том же инструменте с призмочной призмочной камерой бесще-



левые снимки спектров. На них виден сплошной спектр и молекулярные полосы соединений углерода [174]. Аналогичные наблюдения были сделаны и при появлении кометы 1913 г. Было показано, что сплошной спектр является отраженным солнечным. Скорость комет, измеренная по эффекту Доплера, оказалась близкой к расчетной. Полученные Белопольским спектрограммы комет уникальны [197].

Его исследования явились важным вкладом в науку о кометах. Благодаря исследованиям русских астрономов стало ясно, что масса комет (ядер и хвостов) чрезвычайно мала, и разреженность материи в хвостах, как писал Белопольский, вероятно, превышает разреженность газов в гейслеровых трубках. Через хвост кометы звезды видны без всякого ущерба для их яркости. Белопольский проводил также сравнение спектра комет со спектром гейслеровых трубок с углеводородом и со спектром вольтовой дуги.

В настоящее время наличие CN в коме – газе, окружающем ядро кометы, подтверждено. Также получены свидетельства наличия в ней других радикалов, в том числе NH, OH, CN. Нестабильные радикалы, однако, не могут долгое время существовать и поэтому должны быть продуктами распада более стабильных молекул. Сейчас известно, что ядра комет содержат воду ( $H_2O$ ), аммиак ( $NH_3$ ), метан ( $CH_4$ ), углеродную молекулу  $C_2$  и некоторые другие.

Пожалуй, наиболее красочное современное описание кометы принадлежит Фреду Уипплу (р. 1906) – бывшему директору Смитсоновской астрофизической обсерватории и известному популяризатору науки. Он обрисовал ее как смесь льдов, воды, аммиака, метана и т.п. с вкраплениями метеорного вещества – главным образом железа, кальция, магния, марганца, кремния, никеля, алюминия и натрия.

Размеры этих вкраплений могут быть от отдельных атомов, дающих эмиссионные линии металлов в спектрах комет, и кончая крупными – размером в несколько сантиметров или метров. Комета представляется в виде глыбы загрязненного льда. При сближении кометы с Солнцем более легкие молекулы льдов испаряются и образуют кому и хвост. Спектры хвостов комет позволяют заключить, что они состоят из двух компонент: ионизированных молекул, флуоресцирующих под действием солнечного света, и пылевых частичек, отражающих солнечный свет без поглощения. Именно такой спектр и наблюдал Белопольский.

Наши сегодняшние знания о кометах – результат труда многих астрономов всех стран. Громадный вклад в развитие представлений о кометах внес отечественный космический проект по ис-

следованию Венеры и кометы Галлея – “Вега”, осуществленный в 1986 г. под руководством выдающегося ученого академика Р.З. Сагдеева. Было получено много нового интересного материала, но основные теоретические представления о кометах подтвердились. И в создании этих правильных в общих чертах представлений о кометах велик вклад первых русских астрофизиков – Ф.А. Бредихина и А.А. Белопольского.

## Инструменты

Белопольский был незаурядным конструктором астрономических инструментов. Он работал в период становления астроспектроскопии и внес заметный вклад в совершенствование спектральных приборов и методик исследования.

Из работ такого рода, выполненных ученым в Московской обсерватории, можно назвать эксперименты с гелиографом и создание специальной камеры с четырьмя разными объективами, позволявшей одновременно получать четыре изображения объекта на одной пластинке. Этой камерой Белопольский фотографировал солнечное затмение 1887 г.

Но по-настоящему конструкторской деятельностью ученый занялся в Пулково. Фотографирование спектров небесных тел было в девяностых годах прошлого века новым делом. Имея в своем распоряжении мощный телескоп, Белопольский приложил много сил для его оснащения различными спектрографами. Было построено несколько таких насадок к телескопу. Однопризменный спектрограф, созданный в 1894 г., использовался для измерения лучевых скоростей звезд, в том числе знаменитой  $\delta$  Цефея. Его же, установленный на нормальном астрографе, астроном применил для исследования скорости вращения Сатурна. В 1897 г. Белопольский сконструировал оригинальный дифракционный спектрограф с фокусным расстоянием в 1,5 м, с помощью которого изучалось движение вещества на Солнце.

В 1904 г. был построен трехпризменный инструмент (так называемый “спектрограф III”) со значительной дисперсией [121]. Особенностью прибора была система термостатирования. Для этого на боковой крышке спектрографа помещался электрический нагреватель, с помощью которого наблюдатель мог поддерживать в течение экспозиции постоянную температуру (для контроля служил точный термометр). Это было важное усовершенствование, поскольку тепловые деформации в процессе экспозиции нарушали настройку прибора, а экспозиции Белопольский иногда применял очень большие. Так, при фотографировании в

1911 г. спектра кометы Брукса Белопольский довел выдержку до 8 часов, причем съемка велась с перерывами три ночи подряд.

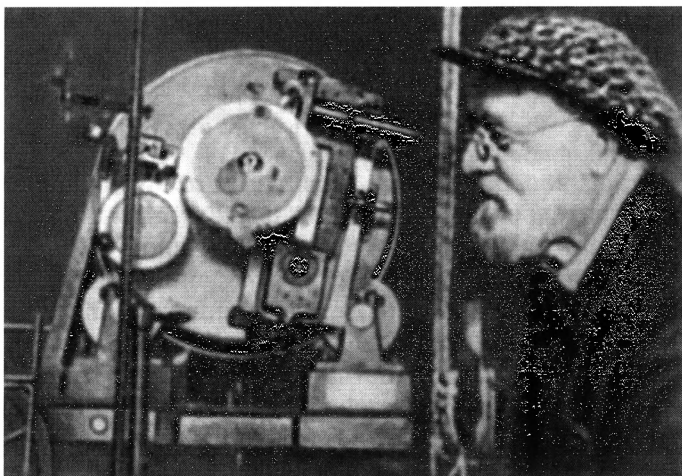
В 1910 г. ученый построил приспособление, позволявшее фотографировать светила телескопом с установленным спектрографом.

Каждый из новых инструментов или их модификаций ученый подвергал тщательному исследованию для уточнения характеристик и выяснения их систематических погрешностей.

К числу оригинальных приборов, созданных Белопольским, относится и установка для проверки принципа Доплера, законченная в 1900 г. В этом же году ученый предложил оригинальный метод увеличения контрастности полученных спектрограмм, который назвал “методом подчеркивания слабых линий” [97]. Суть метода, позволившего выявлять едва заметные спектральные линии, состоит в исследовании нескольких наложенных друг на друга одинаковых негативов. При этом, поскольку плотность каждой из областей фотографии растет пропорционально числу сложенных негативов, контраст между этими областями увеличивается. Скажем, если соотношение плотностей каких-либо областей составляет 1 и 2 (разность 1), то при наложении второго негатива она получится равной 2 и 4 (разность 2). Применение этого метода позволило Белопольскому открыть весьма слабые линии азота в спектре нестационарной звезды  $\rho$  Лебедя. О.А. Мельников в примечаниях к статье Белопольского об этом методическом приеме отмечает его полезность и называет “незаслуженно забытым”. Мельников установил также [293, 38], что Белопольскому принадлежит приоритет в создании спектрокомпаратора – прибора для сравнения спектров, позволяющего оптически сблизить изображения сравниваемых спектров, причем имеется возможность изменения масштаба одного из изображений. Это позволяет сравнивать спектры, снятые разными инструментами. До появления этого прибора можно было сравнивать только спектры, полученные в одинаковых условиях.

Для выяснения смещения линий спектра  $\delta$  Цефея Белопольский пользовался солнечным спектром, снятым на том же 30-дюймовом рефракторе тем же спектрографом. Спектрокомпаратор позволил без особых ухищрений сравнивать спектры светил с другими, в том числе полученными в лаборатории.

Изобретателем спектрокомпаратора обычно считают Иоганнеса Гартмана. Интересно, что в своем курсе астроспектроскопии Белопольский описывает Спектрокомпаратор системы Гартмана, созданный в 1904 г., не упоминая о собственных разработках. Вероятно, это связано с тем, что в 1920-е гг. такие приборы уже получили широкое распространение, а Белопольский не счи-



**А.А. Белопольский во время наблюдений на большом пулковско солнечном спектрографе (1926)**

тал свое изобретение особенно важным и был равнодушен к вопросам приоритета.

С именем Белопольского связано появление в России четырех первоклассных крупных астрономических инструментов. О выборе конструкции и заказе первого из них – нормального астрографа – рассказывалось выше. Этот прекрасный инструмент прибыл в Пулково в 1893 г. был смонтирован всего за четыре дня (с 15 по 19 июля) при активном участии Белопольского. Он же провел точную установку и исследование инструмента.

Следующим телескопом, который стал любимым детищем ученого и основным наблюдательным инструментом в последнее десятилетие его жизни, стал семиметровый солнечный спектрограф. Появление этого инструмента связано с началом выполнения международной программы исследования Солнца. В автобиографии Белопольский пишет: «В 1912 г. я исходатайствовал у Академии наук средства на постройку большого, системы Литтрова, спектрографа для тончайших исследований спектра Солнца. Спроектированный совместно с заводом “Sir Howard Grube” прибор этот и приспособления к нему (целостат) из-за войны были получены только в 1923 г.» [277]. Инструмент получил несколько странное название – “Солнечный спектрограф Академии наук”. Такое наименование объясняется тем, что он заказывался от имени Академии, а обсерватория с 1926 г. находилась в ведении Наркомпроса. Поэтому телескоп формально считался собственностью АН СССР, переданной Пулковской обсерватории в пользование.

Этот солнечный телескоп относится к типу башенных. Поскольку Солнце весьма яркий объект, и потери света в промежуточных зеркалах здесь не имеют значения, телескопы строятся с неподвижной оптической системой, в которой слежение за светилom осуществляется поворотным зеркалом, связанным с часовым механизмом (целостатом). Обычно целостат помещается на вершине башни, это делается для того, чтобы избежать вредных влияний пыли и неустойчивых течений самого нижнего приповерхностного слоя атмосферы.

Но, конечно, в 1923 г. строительство в Пулковской башне и специального павильона для помещения спектрографа было делом невозможным. Тогда Белопольский решил использовать в качестве башни само здание астрофизической лаборатории (хотя и двухэтажное, но довольно высокое), а спектрограф разместить прямо в лаборатории, помещавшейся на первом этаже.

Белопольский в статье, посвященной этому инструменту, начинает рассказ о нем с описания целостата. Зеркало прибора приводилось в движение гирей, ход механизма регулировался электромагнитом, включавшимся маятником, который находился в лаборатории. “Описанный прибор, – продолжает ученый, – помещается в деревянной будке на крыше здания...”

С южной стороны от будки целостата поставлены четыре стойки из бревен, нижние концы которых опираются на железные кронштейны... На этих столбах прикреплены четырьмя болтами оправа второго зеркала диаметром в 370 мм (15 дюймов). Над вторым зеркалом деревянная будка с открывающимися северной и южной стенками (выдвижными)... Для того, чтобы направлять луч, у будки второго зеркала помещена большая прямоугольная призма, в которую видно третье зеркало, помещающееся внизу, на цементной площадке перед окном лаборатории... Под целостатом и вторым зеркалом находится комната – балкон размером 4 × 4 м. В ней помещается металлическая рама с двумя вертикально установленными стальными цилиндрами..., по которым скользит оправа объектива, имеющего 200 мм в диаметре и 12,8 м фокусного расстояния.

Оправа висит на металлическом шнуре, за который можно перемещать инструмент, находясь в лаборатории.

В лаборатории на расстоянии 2,79 м от внутренней стены помещается часть спектрографа со целью и здесь же находится фокальная плоскость объектива” [262].

Таким образом, луч от объектива сперва проделывал десятиметровый путь вниз вдоль стены здания, а потом, отраженный третьим зеркалом, проходил через окно и фокусировался на щели спектрографа. Дифракционный спектрограф с фокусным рас-

стоянием в 7 м был смонтирован в трубе, лежавшей на роликах и способной поворачиваться вокруг оси. Инструмент обеспечивал одновременное фотографирование спектров противоположных сторон солнечного диска, что позволяло по смещению линий с большой точностью измерять скорость вращения Солнца на разных широтах.

На «академическом» спектрографе Белопольский проделал огромную работу по изучению Солнца.

Еще два крупных телескопа были созданы при прямом участии ученого. В автобиографии он сообщает, что «принимал ближайшее участие вместе с покойным директором обсерватории О.А. Баклундом в выработке конструкций двух грандиозных астрономических инструментов, 40-дюймового рефлектора и 32-дюймового рефрактора для южных отделений обсерватории, для чего несколько раз был командирован за границу, в последний раз – в 1923 г. для приема рефлектора» [277].

Речь идет о симеизском рефлекторе с метровым зеркалом и о большом рефракторе Николаевской обсерватории. На этих инструментах Белопольскому не привелось работать. Как сообщает Г.А. Тихов, Белопольский составил план сборки симеизского рефлектора, который был смонтирован в 1925 г. Николаевский рефрактор из-за задержки изготовления объектива был введен в действие только в 1946 г.

## Снова Солнце

В последний период жизни Белопольский все больше внимания уделяет изучению Солнца. Это связано с общей активизацией солнечных исследований в мире и включением России в эту работу.

Инициатором создания международной организации по изучению Солнца был известный американский астроном Д. Хейл, создатель солнечной обсерватории Маунт-Вилсон. Хейл обратился с соответствующими предложениями к ведущим специалистам по изучению Солнца, в том числе и к Белопольскому. В своем письме, написанном весной 1904 г., Хейл просил Белопольского высказать мнение: «можно ли достигнуть желаемых результатов принятием общего для всех плана исследования Солнца, или Ваше мнение таково, что сотрудничество может осуществиться при предоставлении полной свободы каждому участнику. Если Вы сочувствуете предприятию, будьте любезны представить план, в какой форме организовать дело» [288, 141].

В том же году на Международном астрономическом конгрессе в Сент-Луисе (США) была учреждена Международная комис-



**Алексей Павлович Ганский**

сия по изучению Солнца (МКИСО). В организацию вошли представители США, Англии, Франции, Италии, Германии и других стран. О.А. Баклунд, который представлял на конгрессе Россию, также решил принять участие в работе комиссии.

Вернувшись, Баклунд на заседании физико-математического отделения Академии наук, проходившем 17 ноября 1904 г., предложил создать Русское отделение комиссии (РОКИСО). Его предложение было принято. Из астрономов в комиссию вошли сам Баклунд и Белопольский, а также А.П. Ганский, В.К. Цераский, Г.А. Тихов и другие; из физиков такие известные ученые, как П.Н. Лебедев, В.А. Михельсон, О.Д. Хвольсон, Б.Б. Голицын. Председателем Русского отделения (по предложению Хейла) был избран Белопольский.

Он энергично взялся за дело. Уже 3 января 1905 г. состоялось первое заседание РОКИСО, на котором в комиссию вошло много новых членов, в частности Д.И. Менделеев, И.П. Умов,

С.К. Костинский, С.Н. Блажко. Было прочитано несколько докладов, в одном из которых Лебедев выступил с предложениями о способах измерения температуры солнечных пятен. Комиссия, в которую вошли Белополюский, Михельсон и Ганский, разработала план работ Русского отделения.

В том же году состоялся съезд МКИСО в Оксфорде, на который от России приехали Белополюский и Ганский. Принятая Русским отделением программа вначале осуществлялась достаточно активно. Лебедев приступил к работам по измерению энергии свечения дневного неба с тем, чтобы этот фактор можно было учесть при исследовании Солнца. Сам Белополюский в это время занимался изучением ультрафиолетовой области солнечного спектра.

В 1907 г. Белополюский вместе с Ганским представлял Россию на конференции комиссии в Медоне. В том же году ученый совершил далекое путешествие в Ура-Тюбе (Средняя Азия) для наблюдения солнечного затмения. Еще в 1896 г. во время наблюдения затмения в селе Орловском на Амуре Белополюскому удалось получить фотографии спектра солнечной короны, причем по изгибу линий можно было судить о характере вращения короны. Однако на этот раз ученому не удалось продолжить исследования короны – плохая погода не позволила провести наблюдения.

Вскоре стало ясно, что имеющихся средств явно недостаточно для проведения намеченных исследований. Само же Русское отделение не получило даже весьма скромных запрошенных ассигнований и не могло финансировать намеченные работы. Международная комиссия также оказалась не в состоянии материально поддержать своих российских коллег.

Возмущенный скупостью финансового ведомства, Белополюский считал работу РОКИСО сорванной. В ответ на такого рода жалобы П.Н. Лебедев 23 сентября 1908 г. писал ему: “Я с Вами не могу согласиться, что мы собрались только для того, чтобы бесплатно убивать время. По-моему, Комиссия вне сомнения начала приносить практическую пользу в вопросе о более успешном изучении Солнца, но результаты еще не могли оказаться в законченной форме, во-первых, потому, что прошло еще очень мало времени, и, во-вторых, отчасти потому, что в Комиссии не было денежных средств. Какие же это результаты?”

Во-первых, интерес к физике Солнца был возбужден в лицах раньше к этому вопросу совершенно индифферентных – физиков Михельсона, Савинова, меня – и мы подступились к вопросу с иных точек зрения и иными приемами, чем традиционные астрономические... Без надежды, что при опробовании этих мето-



дов мы встретим поддержку в том или другом из членов Комиссии, мы, конечно, не решились бы начинать такие работы...

Во-вторых, несмотря на отсутствие средств у Комиссии, Михельсон построил новый актинометр на средства сельскохозяйственного института, а я два фотометра у Цейса для света неба на средства университета (одним из них пользовался А.П. Ганский на Монблане). Мы, следовательно, не ограничились только разговорами...

В-третьих, личное общение профессиональных астрономов с неастрономами может быть только полезно и тем и другим, расширяя их кругозоры и побуждая к обмену мыслей” [288, 149; 241].

Дальше Лебедев упоминает о тяжелой утрате, которую понесла наука – 11 августа 1908 г. безвременно скончался тридцативосьмилетний пулковский астроном А.П. Ганский, инициатор создания Симеизской обсерватории, выдающийся исследователь Солнца. Ганский утонул около Симеиза во время купания, недооценив силу бушевавшего на море шторма.

Как видно из письма, Лебедев характеризовал работу Русского отделения комиссии и ее председателя положительно, несмотря на имевшиеся трудности.

В 1910 г. на очередном съезде МКИСО было решено для уменьшения параллелизма в исследованиях при определении скорости вращения Солнца спектральным путем установить для каждой из стран-участниц работы свой участок солнечного спектра. Русское отделение получило область от 3800 до 4000 ангстрем.

Наконец Академия осознала, что оснащение отечественных обсерваторий начало заметно отставать от мирового уровня. Появилась возможность заказа крупных инструментов. Для выполнения работ по измерению скорости вращения Солнца, предложенных МКИСО, Белопольский спроектировал семиметровый спектрограф, о котором было рассказано выше. В 1912 г. Белопольский отправился в Англию, где договорился о заказе инструментов. Для решения вопросов по уточнению деталей их конструкции ученый снова посетил Лондон в 1914 г.

Последний предвоенный конгресс МКИСО прошел в Бонне в 1913 г. Из отечественных ученых в нем участвовали Белопольский и физики Голицын и Дониц.

В 1915 г. Белопольский опубликовал отчет о своей важной пионерской работе – определению температуры солнечных пятен спектрофотометрическим методом (следует отметить, что это было первое спектрофотометрическое исследование в России) [196]. Статья посвящена памяти П.Н. Лебедева, умершего в 1912 г., который предложил этот метод.

Способ состоял в фотографировании спектров пятен и фотосферы с разными выдержками. При этом Белопольский добился одинаковой плотности негативов спектров фотосферы и пятна. Величины выдержек служили мерилем интенсивности излучения сравниваемых областей, и по ним ученый вычислил искомую температуру. Она оказалась равной  $3500^\circ$  в области кальциевых линий H и K. Эти оценки позже подтвердились.

В 1916 г. тяжело заболел О.А. Баклунд и Белопольский был избран директором Пулковской обсерватории. Ученый не имел ни малейшей склонности к административной работе, но никогда не уклонялся от выполнения порученного дела. Ему досталось руководить обсерваторией в тяжелые годы войны и послереволюционной разрухи.

После окончания гражданской войны большевики проявили заботу о развитии науки в стране. Несмотря на экономические трудности на нужды науки были выделены значительные средства. В Пулковской обсерватории с новой энергией развернулись исследования. При содействии народного комиссара по внешней торговле и торгпреда в Англии Л.Б. Красина Белопольский в 1923 г. поехал в Лондон принимать изготовленные фирмой "Sir Howard Grube" инструменты, которые были заказаны еще до войны. Благодаря энергии и изобретательности ученого уже в конце сентября того же года семиметровый солнечный спектрограф был установлен в Пулково. Следующий год ушел на тщательные исследования инструмента, а с 1925 г. Белопольский начал на нем знаменитые наблюдения скорости вращения Солнца.

Результаты первых наблюдений получились неожиданными. Если скорость вращения Солнца на экваторе по наблюдениям 1900 г. составляла  $14^\circ$  в сутки, то измерения 1925 г., проводившиеся в согласованной с МКИСО области спектра  $3800\text{--}4000 \text{ \AA}$  дали  $13,2^\circ$  в сутки. Переменность скорости вращения Солнца могла свидетельствовать об изменении момента инерции светила, связанного с перераспределением масс в его недрах. Возникал вопрос, не является ли Солнце пульсирующей звездой, цефеидой?

Конечно, с позиций современной науки наше Солнце нельзя считать цефеидой или переменной звездой другого типа, так как в наблюдениях интегрального потока излучения регистрируются относительные пульсации яркости всего лишь порядка  $10^{-5}\text{--}10^{-6}$ . Но тем не менее эти пульсации обусловлены колебаниями Солнца. Первые сообщения о регистрации колебаний Солнца Лейтоном, Нойсом и Саймоном появились в начале 1960-х гг. К настоящему времени благодаря созданию специальной аппаратуры и длительным наблюдениям имеется информация о тысячах частот собственных колебаний Солнца, измеренных с высокой

точностью. Эти так называемые пятиминутные колебания включают в себя довольно широкий диапазон частот от 1,5 до 5 мГц. До сих пор остается открытой проблема 160 минутных колебаний Солнца, впервые зарегистрированных в 1974 г. в Крымской астрофизической обсерватории академиком А.Б. Северным и др.

Частоты наблюдаемых колебаний могут быть сопоставлены с предсказаниями тех или иных моделей внутреннего строения Солнца и поэтому несут важную информацию о строении солнечных недр. Появилась также возможность попытаться решить так называемую обратную задачу гелиосейсмологии – восстановление модели недр Солнца непосредственно по частотам наблюдаемых колебаний. Выдающийся вклад в разработку теоретических вопросов гелиосейсмологии внес в конце XX века русский астрофизик С.В. Воронцов.

Дальнейшие исследования показали, что измеряемые по смещению спектральных линий скорости вращения отражают скорость движения слоя, в котором эти линии зарождаются, то есть спектральные наблюдения Белопольского обнаружили наличие разницы в скоростях разных слоев солнечной атмосферы. Это открытие подтвердило выводы ученого, сделанные им за 40 лет до этого на основе изучения движения солнечных пятен.

С началом Первой мировой войны РОКИСО практически прекратило свое существование. Позже Белопольский стал инициатором восстановления Русского отделения комиссии. В записке, направленной в 1930 г. в президиум АН СССР, обосновывая необходимость усиления внимания к изучению Солнца, ученый писал: “Солнце представляет лабораторию, в которой физические условия уходят далеко за пределы возможных на Земле, и по изучению явлений, наблюдаемых на поверхности Солнца, может быть достигнута более строгая проверка законов физики. Далее, замеченное уже давно совпадение некоторых процессов на Солнце и на Земле, но до сих пор не проверенное окончательно, представляет обширное поле для новых исследований в поисках новых совпадений. Такие совпадения будут иметь большое значение для геофизики.

Для растительной жизни на Земле необходимо знать, не существует ли каких-либо перемен в характере излучения Солнца” [288, 152].

В 1930 г. Комиссия была восстановлена. Белопольский был избран ее председателем, из молодых астрономов в комиссию вошли ученики Белопольского: В.А. Амбарцумян, Д.И. Еропкин, Н.А. Козырев. Среди вошедших в комиссию физиков читаем имена А.Ф. Иоффе, П.П. Лазарева, Л.И. Мандельштама, Д.С. Рождественского.

В плане работ на 1934 г., который составил для себя Белопольский, наибольшая доля времени отводится на изучение Солнца. Смерть помешала ученому осуществить, задуманные работы. Он скончался 16 мая 1934 г. в Пулково в возрасте 79 лет.

Последняя работа Белопольского “Определения вращения Солнца в 1933 году” [273] была напечатана посмертно в Бюллетене Комиссии по исследованию Солнца.

## Космология

В 1929 г. 75-летний Белопольский обратился к космологии, в которой в то время происходили серьезные события. Обнаруженное незадолго до этого красное смещение линий в спектрах далеких галактик было истолковано Жоржем Леметром (1894–1966) и Эдвином Хабблом (1880–1953) как свидетельство расширения Вселенной. В противовес Леметру и Хабблу Белопольский выступил с гипотезой, которая позволяла объяснить космологическое красное смещение в рамках стационарного Мира.

Сейчас трудно представить, насколько дерзкой в то время большинству ученых казалась мысль о том, что мировое пространство непрерывно распухает, унося друг от друга звездные миры. Слишком быстрым можно даже оказать стремительным был в эти годы прогресс в познании строения Вселенной.

Всего за семнадцать лет до появления космологических работ Хаббла, в конце 1912 г. Белопольский выступил на торжественном заседании Академии наук с обзорным докладом “Современные задачи астрономии. Расстояния и движения звезд”. Характеризуя состояние дел в этой области, ученый сказал: “Мы на основании всех сведений о параллаксах до сих пор еще не можем решить, составляют ли видимые звезды мир, чуждый нашему, стоят ли они особняком от нашего Солнца и особняком между собой и есть ли какая связь между отдельными звездами и тем огромным скоплением, которое мы называем Млечным Путем? Конечен ли звездный мир (Галактика) или нет?”

Ответы на эти вопросы можно искать в рассмотрении собственных движений звезд” [183].

Усилиями многих астрономов, в том числе и Белопольского, накапливался наблюдательный материал о звездных движениях, который позволил в 1926 г. шведскому астроному Бертилю Линдбладу (1895–1965) выдвинуть концепцию вращения Галактики. Линдблад, изучив асимметрию движений “звезд с большими скоростями”, оценил период вращения и массу нашей звездной системы. В 1927 г. вращение Галактики подтвердил на основании

анализа собственных движений звезд голландский астроном Я. Оорт. Эти работы обосновали предложенную Х. Шепли модель Галактики в виде плоской линзообразной системы звезд и туманностей с центром, расположенным в направлении созвездия Стрельца. До 1930 г. не было единства в оценках размеров Млечного Пути из-за трудности учета поглощения света в межзвездной среде. Работы американского астронома Роберта Джулиуса Трюмплера (1886–1956) показали, что расстояние от Солнца до центра Галактики составляет около 10 000 парсек, ее диаметр в три раза больше, а скорость вращения на уровне Солнца – равна примерно 220 км/с.

Так были определены структура и размеры нашего “звездного дома”. Но долгое время не было ответа на вопрос: существует ли что-нибудь за его пределами, как сказал Белопольский в 1912 г.: “Конечен ли звездный мир (Галактика) или нет?” Большинство ученых считало, что к Млечному Пути принадлежат и звезды, и туманности. Однако еще в 1899 г. Дж. Шейнер, работавший в Потсдаме, нашел сходство между спектрами Солнца и туманности Андромеды (М31) и тогда же высказал предположение о том, что эта туманность является галактикой, подобной нашей. Для решения вопроса требовалось определить расстояние до туманности. Первая оценка удаленности М31 была сделана в 1918 г. Гебером Кертисом (1872–1942), работавшим на Ликской обсерватории, на основе сравнения блеска Новых, замеченных в туманности, с теми, которые вспыхивали в нашей Галактике. Он получил расстояние в 500 000 световых лет, подтвердив предположение Шейнера. Этот ошарашивающий результат вызвал сомнение у многих астрономов. Между Г. Кертисом и Х. Шепли, который считал спиральные туманности внутригалактическими образованиями, произошла острая дискуссия, получившая название “Великий спор”.

Спор разрешился в пользу теории “островной вселенной” в 1923 г., когда Э. Хаббл получил на 100-дюймовом рефлекторе обсерватории Маунт Вилсон (крупнейшем инструменте того времени) снимки, на которых внешние части туманности М31 разрешились на звезды, как когда-то в трубе Галилея распался на звезды Млечный Путь. С этого момента в наших представлениях спиральные туманности покинули Галактику и отодвинулись далеко за ее пределы.

Но этого мало. В конце того же года Хаббл уверенно определил замеченную в туманности Андромеды переменную звезду как цефеиду. Вскоре там были обнаружены еще 12 цефеид, и на основе открытой в 1908 г. Ливитт зависимости период–светимость удалось достаточно надежно измерить расстояние до ту-

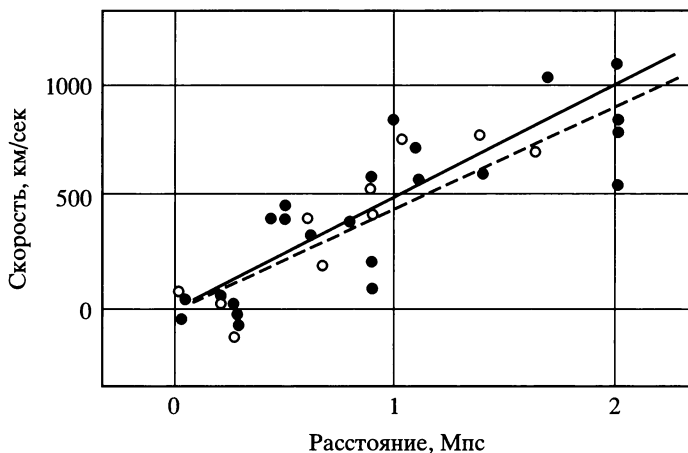
манности. Хотя оно получилось и несколько меньше современной оценки (2 000 000 св. лет), внегалактическое расположение туманности Андромеды было доказано. Причем опорой разгадки природы спиральных туманностей стали “маяки Вселенной” – цефеиды, исследованию которых столько сил отдал Белопольский.

В то же самое время, когда астрономия раскрывала природу нашей Галактики и обнаруживала ее космических соседей, грандиозный рывок в познании сущности фундаментальных законов природы сделала теоретическая физика. В 1916 г. Эйнштейн создал общую теорию относительности (ОТО), связавшую воедино время, пространство и гравитацию. Теория позволила выйти на решение космологических задач – получить представление о геометрии пространства и общих свойств Вселенной как целого. Анализируя уравнения ОТО, Эйнштейн на основе сложившихся мнений о стационарности Вселенной нашел такие их решения, которые не зависят от времени и являются статическими.

Эти решения вполне устраивали теоретиков, занимавшихся развитием релятивистской теории. Но уже в 1922 г. математик, один из создателей теоретической метеорологии, профессор Петроградского университета Александр Александрович Фридман (1883–1925) получил нестационарные решения этих уравнений. При этом Фридман обошелся без так называемого “космологического члена”, введенного Эйнштейном для получения статической картины мира. Фридман ясно сознавал физическую суть своих математических построений и даже, опираясь лишь на интуицию, дал довольно близкую к современной оценку времени жизни нашей расширяющейся Вселенной – около 10 млрд лет.

На решение Фридмана в то время не обратили внимания. Только через четыре года после публикации его статей, когда ученого уже не было в живых (он умер от тифа), некоторые теоретики, среди которых наиболее известен бельгийский астроном Жорж Леметр, обратились к проблеме возможной нестационарности Мира. Но сначала эти работы имели лишь теоретическую направленность, ведь даже Эйнштейн в свое время искал статические решения уравнений ОТО, основываясь на том, что астрономические данные не обнаруживают крупномасштабной нестационарности Вселенной.

Однако такие данные вскоре появились. Еще в 1912–1914 гг. американский астроном Весто Слайфер (1875–1969) определил лучевые скорости нескольких спиральных туманностей и установил, что они удаляются от нас со значительными скоростями. Работы по определению лучевых скоростей галактик и расстояний до них вели также Э. Хаббл и Х. Шепли. Ознакомившись с исследованиями этих астрономов во время поездки в США, Ж. Леметр



**Зависимость скорости удаления галактик от расстояния до них. График Э. Хаббла (прерывистая линия — по данным 1929 г., сплошная линия — по данным 1936 г.)**

в 1927 г. выступил с гипотезой, в которой связал наблюдаемое красное смещение линий в спектрах галактик с космологическим расширением Вселенной. Но в то время для подтверждения реальности этого процесса еще не хватало наблюдательных данных. Через два года их представил Э. Хаббл.

Хаббл сопоставил определенные к тому времени расстояния до внегалактических туманностей со скоростями их удаления. В его распоряжении имелась лишь 41 галактика с измеренными расстояниями и скоростями. Как видно из рисунка, на котором воспроизведен график из работы Хаббла, точки, обозначающие галактики, весьма разбросаны, и надо было обладать мощной интуицией, чтобы провести по ним прямую линию, то есть установить, что скорости удаления галактик пропорциональны расстояниям до них.

Этот закон, названный законом Хаббла, выражается простой формулой:

$$v = Hr$$

где:  $v$  — скорость галактики,  $r$  — расстояние до нее,  $H$  — постоянная Хаббла. По современным оценкам величина  $H$  составляет около 65 (км/с)/Мпк, то есть скорость удаления галактики увеличивается на 65 км/с при увеличении расстояния до нее на 1 мегапарсек ( $10^6$  парсек или  $3,26 \cdot 10^6$  световых лет)<sup>1</sup>. Важным следст-

<sup>1</sup> Значение  $H$  у Хаббла получилось сильно завышенным, что в свое время вызвало трудности при разработке космологических вопросов.

вием закона Хаббла является то обстоятельство, что наша Галактика не является центром, от которого разбегаются все другие, как могло бы показаться на первый взгляд. Отсутствие такого центра является следствием прямо пропорциональной зависимости в законе Хаббла, то есть, из какой бы из разбегающихся галактик мы не посмотрели вокруг, картина осталась бы неизменной. С любой точки зрения все расстояния между галактиками возрастают по закону Хаббла.

Поясним это на грубом примере, не касающемся вопросов кривизны пространства. Представим находящийся в пустоте резиновый шарик с газом, в котором плавают три пылинки. Пылинки расположены на одной прямой и расстояние между ними равно одному сантиметру. Предположим, что шарик лопнул, и находившийся в нем газ начал равномерно расширяться. При этом увеличилось расстояние между всеми молекулами газа, и пылинки, естественно, разошлись. Примем, что за секунду они удалились друг от друга на метр. В этом случае скорость второй пылинки относительно первой составила около 1 м/сек, но третья пылинка за ту же секунду успеет уйти тоже на метр от второй и значит на два от первой. Следовательно, ее скорость относительно первой будет вдвое больше.

С открытием закона Хаббла факт космологического разбегания галактик можно было считать установленным, разумеется, если принять доплеровскую интерпретацию красного смещения в их спектрах. Белопольский этой интерпретации не принял и предложил свою. В том же 1929 г. он опубликовал в немецком астрономическом журнале статью “Звезды и внегалактические туманности”, в которой впервые выведена из наблюдений гипотетическая величина “старения квантов”, то есть изменения их собственной энергии  $h\nu$  на величину, пропорциональную расстоянию, пройденному квантом (здесь  $h$  – постоянная Планка,  $\nu$  – частота светового колебания). Белопольский пишет: “Иначе говоря, если источник излучает квант  $h\nu$ , то наблюдатель на расстоянии  $r$  от источника получит квант  $h\nu/r$ ” [275, 272]. В этом случае частоты обратно пропорциональны расстояниям, а закон Хаббла остается в силе без предположения о разбегании галактик.

Может показаться странным, что человек, столько сделавший для распространения принципа Доплера в астрономических исследованиях, доказавший в лаборатории его применимость к свету, в данном случае проявил недоверие к своему любимому методу. Здесь можно было бы увидеть инерцию мышления пожилого человека, которому показались чуждыми выводы релятивистской физики. Но, вероятно, у Белопольского были и более



серьезные мотивы для поисков альтернативного истолкования закона Хаббла.

У астрономов всегда существует доля сомнения в полной правомерности приложения физических законов, найденных в скромных земных условиях, к громадным масштабам Вселенной. Для Белопольского, не являвшегося теоретиком, такой взгляд по отношению к оптическим свойствам мирового пространства был достаточно характерен. Вспомним его полемику с П.Н. Лебедевым о космической дисперсии света и слова о том, что “движение источника не единственная причина сдвига спектральных линий”, написанные им в “Курсе астрофизики” [224, 100]. Так что гипотеза “старения квантов” на этом фоне не выглядит неожиданностью.

Белопольский не дал физического обоснования своей гипотезы. Впоследствии возникли два варианта обоснования красного смещения как механизма потери энергии кванта при его движении в пространстве.

Во-первых, было высказано предположение, что квант взаимодействует с космической средой, отдавая ей часть энергии. Эта гипотеза не выдержала серьезной критики, так как такое взаимодействие неизбежно привело бы к рассеянию света и размыванию изображений далеких объектов, что не наблюдается. Во-вторых, допускался спонтанный распад фотона. Но в 1934 г. в СССР известный физик Матвей Петрович Бронштейн (1906–1938) показал, что если бы это происходило, вероятность самопроизвольного распада фотона была бы обратно пропорциональна частоте. В таком случае особенно быстро распадались бы кванты радиоволн. Этого тоже не наблюдается. Сегодня признано, что не имеется альтернативы доплеровскому истолкованию красного смещения в спектрах галактик.

В монографии “Строение и эволюция Вселенной” выдающиеся специалисты в области космологии Я.Б. Зельдович и И.Д. Новиков писали: “Итак, нет никаких приемлемых объяснений красного смещения, кроме представления о расширяющейся Вселенной. Подчеркнем здесь еще раз, что без измерения красного смещения уже из уравнений механики следует, что однородное распределение вещества должно быть нестационарным, и красное смещение в спектрах галактик, являющееся эффектом Доплера, подтверждает это” [308, 125].

Вместе с тем, следует отметить, что гипотеза Белопольского стимулировала более глубокое исследование проблемы и тем косвенно способствовала утверждению современной концепции расширяющейся Вселенной.

## Глава 5

### Наука и жизнь

Признание высоких научных заслуг принесло Белопольскому не только академические звания, но и государственные награды и чины. Будучи вице-директором Николаевской Главной Астрономической обсерватории (Пулковской) с 1908 по 1916 гг. он получает чин Действительного Статского Советника (по табелю о рангах этот гражданский чин соответствовал воинскому чину генерала), а в начале 1917 г. – чин Тайного советника.

Совместная работа по проверке принципа Доплера-Физо еще с 1904 г. привела к установлению самых дружественных отношений с академиком князем Борисом Борисовичем Голицыным – представителем высших аристократических кругов Петербурга. Голицыну покровительствовал и был с ним в приятельских отношениях великий князь Константин Константинович Романов (1858–1915), бывший с 1889 г. президентом Императорской Академии наук. Константин Константинович был незаурядным поэтом с широкими литературными и музыкальными интересами. В 1880-е гг. вышло несколько сборников его стихотворений (подписанных псевдонимом К.Р.). Многие из его стихотворений были положены на музыку П.П. Булаховым и другими композиторами. Эти романсы вошли в золотой фонд русской музыкальной культуры и пользуются популярностью и в наши дни.

Белопольский с его любовью к музыке и поэзии не мог не оценить крупного дарования и изысканного вкуса Константина Константиновича, да и Голицын поспособствовал их более близкому знакомству. Со своей стороны президент Академии наук глубоко уважал члена своей академии за высочайшую научную репутацию и иногда обращался к нему с просьбами дать ответы на вопросы или советы.

Одно из таких писем Белопольский сохранил в своем архиве. В специальном конверте с государственным гербом Российской империи и надписью “Царская почта” сложено письмо, написанное от руки на гербовой бумаге:

Многоуважаемый,  
Аристарх Аполлонович,

для одной литературной работы мне нужен ответ на несколько вопросов, и я смею надеяться, что вы мне не откажете в нем, если только наука может дать требуемый ответ.

P.S. Думаю, что мои вопросы станут понятнее, если я вам объясню их цель. Я пишу драму, заключительная сцена которой происходит перед рассветом дня, следовавшего за ночью воскресения Христова. Поэтому мне надо знать сияла ли на небе Луна перед самым восходом Солнца или зашла много раньше этого. Через сколько времени после захода Луны всходило Солнце?

Еще раз прошу извинения.

Константин Константинович Романов [333].

Можно думать, что Белопольский удовлетворил просьбу поэта, который и в мифологическом сюжете хотел быть верен “исторической правде”.

Белопольский не интересовался политикой и был от нее далек, но все же не избегал общественной деятельности. В 1906 г. Белопольский был избран присяжным заседателем С.-Петербургского Окружного суда.

Лояльное отношение Белопольского к существующему режиму выражалось также в том, что он не участвовал в столкновении академиков с президентом Академии, который считал недопустимым вмешательство Академии в общественно-политическую жизнь. В ответ на требование членов Академии права публичного выражения своего мнения, К.К. Романов в циркулярном письме от 4 февраля 1905 г. обвинял ученых в том, что они “из науки делают орудие политики, нарушают закон и возбуждают студенчество к беспорядкам” “Не отвлекаясь рассуждениями о необходимости начала политической свободы, – писал он, – деятели ученых и высших учебных учреждений должны бы сперва освободиться от казенного содержания, коим пользуются от попираемого ими правительства” [342].

Пулковская обсерватория стояла в стороне от классовых столкновений начала прошлого века. Пожалуй, это обстоятельство могло иметь самое прозаическое объяснение, если учесть одно обстоятельство, хорошо описанное в воспоминаниях А.А. Байкова об обсерватории 1901–1907 гг.;

“Кроме того, для постороннего человека, не располагающего средствами сообщения с Пулково, добраться до обсерватории, несмотря на близость ее к Петербургу, было в то время нелегко,

и для этого посещения нужно было потратить целый день. Для поездки в Пулково прямо из Петербурга довольно трудно было найти перевозочные средства, ближайшие же железнодорожные станции были Средняя Рогатка (по Царскосельской ж.д. впоследствии Московско-Виндавско-Рыбинской) и Александровская (по Варшавской ж.д.), через которые обычно и ездили, но прибыв на них, посетитель рисковал не найти ни одного извозчика, согласного отвезти его в Пулково и обратно с потерей половины дня на ожидание” [306, 445–446].

Интересно также его описание интерьеров обсерваторских зданий, сохранившихся со времени их строительства.

“Привлекал внимание также особый казенный отпечаток николаевских времен, который носило здание обсерватории внутри. Коричневая и желтая окраска толстых стен в красноватых оттенках, старинные паркеты, пересеченные клеенчатыми коричневыми дорожками и обтянутые коричневой клеенкой ступени лестниц, старинные деревянные диваны и стулья, обитые черной скользкой клеенкой, – все это напоминало сороковые годы, времена В. Струве и первых его сподвижников, пионеров обсерватории” [306, 447].

В связи с подготовкой экспедиции Академии наук для наблюдения солнечного затмения 30 августа 1905 г. А.А. Байкову приходилось довольно часто в течении зимы и весны 1904–1905 гг. бывать в Пулково для получения указаний от Белопольского. Он вспоминает:

“Проводили мы обыкновенно в Пулкове несколько часов с утра до вечернего поезда. Несколько раз А.А. Белопольский приглашал нас к обеду, во время которого рассказывал много интересного, а супруга его Мария Федоровна неизменно встречала нас со свойственным ей гостеприимством” [306, 453].

Зимой 1905–1906 гг. все материалы экспедиции были обработаны, и оставалось лишь провести на снимках точные измерения деталей и лучей солнечной короны. А.А. Байков пишет:

“Летом 1906 г. я прибыл на более продолжительный срок в Пулково для того, чтобы при помощи имевшихся там в лаборатории особых микроскопов произвести эти измерения. По предварительному соглашению с А.А. Белопольским я должен был работать в лаборатории, несмотря на то, что, как всегда, присутствие посторонних, да еще над чем-то работающим в его “святая святых”, было для него в тягость. В этом году это особенно сказывалось, так как А.А. Белопольский безвыходно, с утра до вечера, работал в лаборатории. Вся лаборатория была так загромождена разными приборами и деталями, что страшно было ступить ногой, чтобы на что-либо не наткнуться, не сместить и не

испортить, Белопольский продолжал свои опыты по проверке принципа Доплера. Основная установка с системой вращающихся зеркал была расположена во всю длину лаборатории, из которой почти все было удалено и лишь у окон оставалось несколько столиков, за одним из которых мне и пришлось притулиться с микроскопами, стараясь по возможности скорее закончить измерения негативов, чтобы не мешать. В лаборатории все время находились при А.А. Белопольском два молодых механика, помощники Г.А. Фрейберга (механика обсерватории), сам же Фрейберг постоянно заходил, принося то ту, то другую пригнанную или вновь изготовленную им деталь. А.А. Белопольский был во время серьезной работы очень замкнут и вспыльчив. Прекрасно знавший механику точных приборов, он не выносил неаккуратности и небрежности в работе. Помню, что мне изрядно от него досталось, когда я во время измерений по неосторожности раздавил тонкое стекло – шкалу с очень точно нанесенными на него делениями, слишком сильно на него надавив. Как и многие выдающиеся ученые Белопольский не лишен был некоторых чудачеств. Однако как ученый и как прекрасный человек он пользовался огромным уважением всего пулковского коллектива” [306, 454–455].

А вот как характеризовал Белопольского, ехавшего в Ура-Тюбе наблюдать солнечное затмение, известный русский астроном-геодезист начальник Туркестанского военно-топографического отдела Главного штаба в Ташкенте Дмитрий Давидович Гедеонов (1854–1908) в письме от 1 февраля 1907 г. к известному астроному Василию Васильевичу Витковскому:

“Хотя затмение не удалось наблюдать, но проезд через Ташкент многих астрономов и метеорологов доставил нам, уединенным от общения с коллегами, великое наслаждение. Я даже не помню, когда я проводил в Ташкенте время так весело и интересно, как во время трех-четырех обедов, данных нами Белопольскому, Витраму, Ганскому и четверым иностранцам. Белопольского я узнал как очень душевного и веселого человека» [320, 560].

Спокойная жизнь и плодотворная работа пулковских астрономов была нарушена начавшейся в 1914 г. Первой мировой войной. Были значительно сокращены ассигнования на научные исследования и на расширение научного учреждения. Не был открыт кредит на заказ астрономических инструментов для Пулковской обсерватории и новых южных обсерваторий. Война привела также к полному разрыву всех научных связей. Предполагавшийся в 1914 г. в Петербурге съезд Международного астрономического союза не состоялся. Почти полностью прекратился обмен печатными изданиями и научной информацией.

В жизни Академии наук в первые годы войны также произошли важные события. 2 июня 1915 г. скончался президент Академии великий князь К.К. Романов, а 5 мая 1916 г. скончался ее вице-президент выдающийся русский филолог и археолог П.В. Никитин. Весной 1916 г. после длительных обсуждений временно исполняющим обязанности вице-президента был назначен академик А.П. Карпинский. Это означало по существу, что Академия наук предоставлялась самой себе.

Первая мировая война способствовала нарастанию экономических и политических противоречий в России. Развернувшееся в стране стачечное движение, грозившее перейти в общее восстание, привело 27 февраля 1917 г. к низвержению самодержавия и переходу власти в руки буржуазного Временного правительства. В событиях Февральской революции Академия наук как организация не принимала участия. Однако Непременный секретарь Академии с 1904 г. академик Сергей Федорович Ольденбург был, как и академик В.И. Вернадский, одним из основателей партии Конституционных демократов (Кадетов), а с 25 июля по 31 августа – членом Временного правительства. Академик А.С. Лаппо-Данилевский готовил положение об Учредительном собрании. Ряд членов академии принимал участие в общественных организациях, таких, как созданная А.М. Горьким “Свободная ассоциация для развития и распространения положительных знаний” и некоторых других. Белопольский следил из Пулково за событиями и придавал им определенное значение. Так в его архиве сохранился номер газеты “Известия” от 4 марта 1917 г., в котором в частности сообщалось:

“В короткий срок при единодушном настроении всей армии в пользу переворота. Комитету и сгруппировавшемуся вокруг него Петроградскому гарнизону удалось мало-помалу приостановить уличные эксцессы и восстановить порядок в столице. Ряд общественных зданий, однако же, пострадал от господствовавшей одно время анархии. Количество человеческих жертв, по счастью, оказалось не столь значительно, как можно было бы опасаться” [309].

После восстановления спокойной обстановки в столице возобновилась деятельность Академии наук. Было принято решение о переименовании Императорской Академии наук в Российскую и проведено изменение ее Устава в части, касавшейся выборов президента и вице-президентов. Впервые за всю историю Академии на общем собрании 15 мая по предложению С.Ф. Ольденбурга президентом единодушно был избран академик А.П. Карпинский. Новое руководство пыталось оживить научную деятельность в системе Российской академии наук, однако Временное правительство отпущало слишком мало средств, и

она по существу свелась к работе по заданиям военных ведомств и их консультаций.

В это тревожное время Белопольский находился на посту директора Пулковской обсерватории, заняв его, как говорилось, в качестве крупнейшего астронома с мировой известностью, в декабре 1916 г. после смерти О.А. Баклунда, скончавшегося в августе того же года. В первом отчете Белопольского, написанном уже после Февральской революции, содержатся слова, характеризующие его как настоящего патриота и позволяющие нам понять, как он, никогда не любивший административной работы, согласился занять пост директора.

“... Принимая на себя управление обсерваторией, мне хотелось бы, чтобы пополнение убыли персонала производилось бы за счет окончивших курс в русских учебных заведениях, чтобы главными научными задачами были задачи, созданные в нашем учреждении, а извне принимались бы только такие, выполнение которых не было бы обузой пулковским работам. Я желал бы, чтобы новые научные приборы при малейшей к тому возможности строились бы пулковской мастерской или вообще в России. Силы у нас для этого есть: их нужно только поощрить” [293, 44].

Белопольский также сыграл большую роль в консолидации астрономических кадров в стране в целом, являясь одним из организаторов “Всероссийского астрономического союза”. Еще в 1915 г. среди русской астрономической общественности возникла идея о создании союза, объединяющего астрономов-профессионалов. В обращении, подписанном пулковскими астрономами, говорилось:

“В настоящее время, когда грозные события, переживаемые культурными нациями, сделали крайне затруднительными и почти невозможными взаимные сношения между учеными различных стран, когда деятельность международных научных организаций сама собой прекратилась, особенно остро чувствуется недостаточность средств к взаимному объединению также и среди русских астрономов... Уже одна возможность личного общения и непосредственного обмена мнений между представителями всех отраслей астрономической науки сможет повысить, на наш взгляд, плодотворность их усилий, придавая особую ценность и значение научной работе в глазах самих ее исполнителей..” [314, 82–83].

В январе 1917 г. Академия наук дала разрешение на созыв съезда. Работа Первого Всероссийского астрономического съезда проходила 6 и 7 апреля в Пулково. На съезде присутствовало 64 делегата, причем иногородних было только около трети, так как в стране уже существовали трудности с транспортом, да и об-

щая политическая обстановка не способствовала длительным поездкам. От имени Академии наук съезд приветствовал академик А.П. Карпинский и директор Пулковской обсерватории академик Белопольский.

Свое выступление Белопольский начал стихами:

Сладко песни раздалися,  
В небе тих вечерний звон...  
Вы откуда собралися,  
Богомольцы, на поклон?  
Я оттуда, где струится  
Тихий Дон – краса степей, –  
Я оттуда, где клубится  
Беспредельный Енисей!  
Край мой – теплый брег Евксина!  
Мне отчизна – старый Псков.  
Я от Ладоги холодной,  
Я от синих волн Невы,  
Я от Камы многоводной,  
Я от матушки Москвы.

Итак, дорогие “Отцы астрономы”, мы собрались здесь во имя дорогой нам всем матери астрономии, той науки, которая наряду с ее сестрами, лучше всего поможет людям побеждать всякие житейские невзгоды.

Приводя это стихотворение, я хотел провести параллель между народом, паломничающим к своим чтимым подвижникам, память о которых позволяет черпать в посещаемых им обителях поддержку и утешения духовно-нравственного в своих горестях и житейских катастрофах, и интеллигенцией, особенно юной, для которой подобными обителями могут быть университеты с их лабораториями, музеями, обсерваториями...

Хотелось бы, чтобы и средняя интеллигенция обрела в своей жизни такие же обители для себя, своих горестей, для своей неуравновешенности, для своей часто бессодержательной жизни. В чем и в ком ей искать поддержки? Очевидно, интеллигенцию монастыри уже не удовлетворяют, и тут-то можно пожелать, чтобы эту роль выполняли для нее научные учреждения. Пусть молодежь в них получает не только запас сведений. Пусть она увидит в них пример упорной, огромной, систематической работы, которая должна привести в конце-концов к великому счастью – научному вдохновению” [334].

Председателем съезда был избран директор Московской обсерватории профессор П.К. Штернберг. Астрономы, голосовавшие за него, не знали, что П.К. Штернберг был видным деятелем большевистской партии, членом которой он состоял еще с 1905 г. За три дня до открытия съезда П.К. Штернберг встречал



В.И. Ленина на Финляндском вокзале Петрограда. Соображения конспирации не позволяли П.К. Штернбергу открыто выражать свои взгляды по политическим вопросам, и может быть поэтому авторитет его среди ученых был очень высоким.

Главной задачей съезда была организация Всероссийского астрономического союза (ВАС). С таким предложением выступил пулковский астроном С.К. Костинский (1867–1936). Практически без прений съезд постановил учредить ВАС и принял его устав. Был избран также Совет ВАС и сделаны предложения по развитию астрономических исследований. Однако этим планам в ближайшие годы не суждено было осуществиться.

В стране сохранялась сложная политическая и экономическая обстановка, нарастала революционная ситуация. Сразу после большевистского переворота интеллигенция в основном сохраняла нейтралитет. В первые послереволюционные месяцы внутренняя жизнь Академии не изменилась.

Вместе с тем, Советское правительство одной из первоочередных своих задач считало организацию науки. В Наркомпросе был создан отдел, которому была передана Академия наук. Об этом в январе 1918 г. информировал С.Ф. Ольденбурга представитель Наркомпроса Л.Г. Шапиро. 24 января 1918 г. на экстраординарном заседании Общего собрания было принято решение о принципиальном согласии сотрудничать с Советской властью.

В.И. Ленин требовал от руководства Наркомпроса бережного отношения к Академии. Он неоднократно предупреждал А.В. Луначарского, “чтобы кто-нибудь не озорничал вокруг Академии” [313]. И для таких предупреждений были основания. В начале 1918 г. в Наркомпросе возникла мысль о реорганизации Академии наук и о создании вместо нее ассоциации научных учреждений. Естественно, Академия не могла согласиться с подобными проектами. Ольденбург писал академику П.П. Лазареву: “Артемьев и Тер-Оганесов имеют какие-то планы полного уничтожения (Академии наук) в простом декретном порядке. Науку, конечно, никто и ничто никогда не уничтожит, пока жив будет хоть один человек, но расстроить легко”.

Вмешательство В.И. Ленина сохранило Академию наук как самостоятельное учреждение. В.Д. Бонч-Бруевич вспоминал, как А.М. Горький рассказывал В.И. Ленину о положении ученых в Петрограде:

“Алексей Максимович подробно рассказал Владимиру Ильичу о тех ужасах жизни, которые приходится переживать и без того тонкому самому культурному слою нашего общества – выдающимся ученым и литераторам, которые решительно не приспособлены к борьбе за кусок хлеба. Он перечислил десятки фа-



**А.А. Белопольский после работы на своем огороде.  
Конец 1920-х годов**

милий людей, которых уже нет, которые в этих ужасных условиях, создавшихся в Петрограде, погибли, умерли, перечислил всех тех, кого еще можно спасти, подкормивши, позаботившись о них, и Владимир Ильич выслушал все это с величайшим вниманием и напряжением” [312, 70].

Условия жизни пулковских астрономов были не намного лучше, чем в Петрограде. Чтобы не умереть с голоду, им пришлось завести огороды, благо земли было много. Сам директор – А.А. Белопольский – уже в возрасте около 70 лет был вынужден брать лопату и идти возделывать свой огород. Но, несмотря на тяжелейшие бытовые условия живших за городом сотрудников, научная их деятельность не прекратилась. Белопольский писал в своем отчете за 1918–1919 гг.: “...нужно удивляться, что научная деятельность обсерватории не упала до ми-

нимума: число представленных к печати рукописей, число научных докладов, интенсивность наблюдений остались почти в том же виде, как во времена несравненно более легкие, чем ныне” [317, 19].

В 1919 г. по представлению Белопольского было разработано новое штатное расписание, позволявшее более рационально использовать имеющиеся ресурсы. Однако, как оказалось, самые большие трудности были еще впереди. В октябре 1919 г. войска Антанты и генерала Н.Н. Юденича, подошедшие к Петрограду, вели бои под самым Пулковом. В отчете обсерватории за 1919–1920 гг. отмечалось, что 20 и 21 октября 1919 г. снаряды, выпускаемые из орудий, ежесекундно пролетали над зданием обсерватории. Было страшно за целостность учреждения, имеющего не только всероссийское, но и мировое значение [317, 20]. Благодаря усилиям Белопольского ценное оборудование обсерватории было сохранено.

Исполнять обязанности директора обсерватории Белопольскому становилось все труднее. По инициативе новой власти уже с 8 декабря 1917 г. в Пулковской обсерватории начал функционировать совет астрономов, избранный после обсуждения на общем собрании коллектива. Права директора были существенно ограничены, совет вмешивался во все дела. Белопольский переживал это довольно болезненно. Сохранились даже черновики сумбурного письма с просьбой освободить его не только от поста директора, но и от звания академика в связи с невозможностью для него в создавшихся условиях продолжать работу. Тем не менее, до июня 1919 г. Белопольский оставался директором обсерватории. Но когда по положению, установленному Советской властью, сотрудникам обсерватории было предоставлено право самостоятельно избрать нового директора, Белопольский снял свою кандидатуру. Директором был избран А.А. Иванов (1867–1939) – крупный астрометрист; в 1918–1919 гг. – ректор Петроградского университета.

Белопольский вернулся к своим излюбленным наблюдениям. Одновременно он до 1921 г. продолжал читать курс лекций по астроспектроскопии в Петроградском университете, начатый им в 1917 г. В 1920 г. на Втором съезде Всероссийского астрономического союза Белопольский был избран почетным членом Союза. В 1922 г. он получил премию им. Ж.Ж.Ф. Лаланда, которую Парижская Академия присудила ему в 1918 г. Однако материальное положение Белопольского и его семьи оставалось очень тяжелым, и больше премий и почетных званий ему была нужна элементарная материальная поддержка, о чем свидетельствует такой документ из архива ученого:

## Доверенность

Посылку Международного Комитета Помощи Голодающим, присланную мне, доверяю получить сыну моему Марку Белопольскому.

Пулково, 22 августа 1922 [335].

В дальнейшем с увеличением ставок и окладов в системе Академии, введением НЭПа, наводнившего потребительский рынок продовольственными и хозяйственными товарами, материальное положение ученых и специалистов стабилизировалось. Но все же оно оставалось очень скромным. Это видно на примере Белопольского, получавшего в декабре 1924 г. зарплату как старший астроном 51 рубль плюс за звание академика 65 рублей.

Несмотря на трудности эпохи и возраст, ему уже пошел восьмой десяток, Белопольский продолжает активно работать. Он интенсивно исследует Солнце в двадцатых и начале тридцатых годов, о чём мы уже рассказывали, и продолжает исследования по спектроскопии звезд.

Белопольский ведет и научно-организационную работу. В 1923–1924 гг. посещает Англию для получения заказанных до революции астрономических инструментов. Интересуется перестройкой, намечаемой в Академии наук. В 1925 г. для разработки нового устава Всесоюзной Академии наук была создана комиссия во главе с членом коллегии Наркомата рабоче-крестьянской инспекции В.П. Милютиним. В архиве Белопольского сохранился следующий интересный документ:

Записка о проекте Устава АН СССР,  
выработанным в комиссии Совнаркома  
СССР, 25 мая 1926 г.

Военная субординация в высшем научном учреждении, бюрократическое монополизирование научной и научно-организационной мысли, замена коллективной творческой работы административным канцеляризмом, подчинение научного персонала Секретариату и объединение в нем функций делопроизводства и управления научной частью никогда научному делу пользы не приносили. Еще первый регламент АН (1724 г., проредактирован в 1727 г.) знал, что “науки никакого принуждения и насилия терпеть не могут, любяще свободу” [336].

Старые ученые понимали, что может помешать научному творчеству, и, как мы убедились сегодня, они были правы. А.А. Белопольский также сознавал, что научная мысль не может развиваться в отрыве от мировой науки, что изоляция ученых не-

допустима. Об этом он писал в своем письме в Президиум Академии о необходимости участия советских астрономов в Международном Астрономическом Союзе (МАС) и, в частности, в его съезде в 1932 г. в США. Он писал, что даже в решении такого частного вопроса, как наблюдение солнечных затмений, нельзя обойтись без международного сотрудничества. Советский Союз стал членом МАС в 1935 г., а активное его участие в работе Союза началось лишь после окончания Второй мировой войны.

## Глава 6

### Человек и ученый

О Белопопольском осталось мало воспоминаний. Отрывки из некоторых мы процитируем, чтобы дать представление об этом замечательном и во многом оригинальном человеке и об обстановке, его окружавшей.

У Белопопольского была хорошая семья, в которой росли трое детей: Раиса, Зоя и Марк. Старшая дочь, музыкант по образованию, погибла, как и двое ее сыновей-школьников, во время блокады Ленинграда. Марк Аристархович (1896–1960) стал химиком, работал в Ленинградском университете. Зоя Аристарховна (1892–1965) жила в Пулковке и некоторое время работала там на сейсмической станции. В настоящее время потомков А.А. Белопопольского не осталось.

Сотрудница Пулковской обсерватории Людмила Орефьевна Митрофанова, которая была близка с Зоей Аристарховной, рассказывает с ее слов: «Старшая дочь Раиса Аристарховна воспитывалась в закрытом пансионе в Петербурге. Младшая, Зоя Аристарховна, вначале получила образование дома, а потом училась в женской гимназии в Царском Селе. Марк Аристархович тоже учился в гимназии в Царском Селе. 1-я Николаевская мужская гимназия, директором которой многие годы был поэт И. Анненский.

Каким Аристарх Аполлонович был как человек? Предельно честным. Никогда не шел ни на какие компромиссы.

Дома Аристарх Аполлонович был хорошим мужем, ласковым, любящим отцом. Много уделял внимания детям, но воспитание детей лежало в основном на Марии Федоровне. Дом он свой очень любил. Там у него был свой кабинет, в котором он работал. Если он уезжал, то часто писал домой и очень скучал. Вид у него, по словам людей, которые его знали, был строгий, сдержанный и холодноватый, но под этим скрывалась добрая душа человека, который мог прийти на помощь каждому.

Аристарх Аполлонович с детства любил птиц и животных, но дома у них никаких зверюшек не было кроме общего любимца кота. Летом Белопопольские снимали дачу в Эстонии, и вот какой интересный случай мне рассказывала Зоя Аристарховна. Как-то

вся семья собралась за завтраком. Вдруг прилетела галка, села на плечо Аристарха Аполлоновича и стала крутить головой, как бы рассматривая всех. Радость и удивление были большие, но больше всех восторг выражал Аристарх Аполлонович. Когда он дал ей кусочек булки, она отвернулась, а когда подал ей сыр, то галка, сидя у него на плече, спокойно по-деловому (так сказал А.А.) стала его есть. А потом улетела. Она прилетала только тогда, когда приезжал Аристарх Аполлонович. В письмах к семье он всегда спрашивал:

“Как поживает моя новая знакомая”

Аристарх Аполлонович хорошо знал три языка: английский, немецкий, французский. Зоя Аристарховна говорила, что зарубежных классиков он читал только в подлиннике. Любимым его поэтом был Гете. Фауста он знал наизусть, и даже когда наблюдал, любил читать выдержки из Фауста. Часто цитировал слова Мефистофеля:

Да только презирай ты разум и науки  
Ты, силы высшие людей,  
Я заберу тебя прекрасно в руки”.

Аристарх Аполлонович любил, когда в его квартире собиралась молодежь. Иногда принимал участие в концертах, выступая с краткими, глубоко проникновенными речами о том или ином композиторе. Например, Зоя Аристарховна рассказывала: в



Ученый с семьей. Слева направо: младшая дочь Зоя, жена Мария Федоровна, сын Марк, Аристарх Аполлонович, старшая дочь Раиса. 1900-е годы

1915 г., когда пулковская молодежь решила устроить музыкальный вечер памяти А.Н. Скрябина, Аристарх Аполлонович предоставил ей свою квартиру и выступил с очень хорошей речью о Скрябине и его музыке... Во время перерыва концерта он встал, подошел к стенным часам и остановил маятник, монотонное тиканье которого мешало слушать музыку».

Об этом же во вступительной статье к собранию сочинений Белопольского сообщает О.А. Мельников и добавляет:

«Следует заметить, что Аристарх Аполлонович любил не только музыку, но и искусство и разнообразные развлечения вообще. Он очень любил цирк, часто участвовал в любительских спектаклях, которые организовывала молодежь, в “шарадах” на молодежных вечеринках и т. д. Мы уже указывали, что Аристарх Аполлонович оказывал большое содействие молодежи в научной работе, а также и в их культурных и просветительских начинаниях. Но Аристарх Аполлонович помогал молодежи и экономически. Многие практиканты и аспиранты даже обедали у него, что при отсутствии обсерваторской столовой было весьма существенно» [293, 56–57].

Возвращаясь к музыке, скажем, что любовь к ней была (и осталась) в Пулкове общей и традиционной чертой. Но Белопольский однажды воспользовался своим абсолютным слухом достаточно оригинально. В статье о проверке принципа Доплера он сообщает:

“Число оборотов колес с зеркалами измерялось счетчиком; раза два я воспользовался звуковым методом: к одному из зубчатых колес прибора подносилась бумажка и оценивалась высота звука, издаваемого от ударов зубцов о бумажку. Оба способа дали согласные между собой результаты. Оказалось, что при силе тока  $4\frac{1}{2}$  ампера колеса сделали 2 016 оборотов в 63 сек., то есть 32 об/сек.

При оценке высоты тона получилось “ля” третьей октавы, то есть 1 740 уд/сек; так как зубчатое колесо имело 49 зубцов, то число оборотов колеса было 35 в сек.” [275, 84].

“Музыкальную жизнь дома Белопольских, – рассказывала Л.О. Митрофанова, – хорошо выразил его постоянный гость Гавриил Андрианович Тихов:

Зима. Метель бушует,  
А здесь тепло, уют,  
Здесь пулковцы пируют  
Играют и поют”.

В начале книги мы цитировали отрывки из воспоминаний Г.А. Тихова, относящиеся к раннему периоду жизни Белопольского. Тихов был, вероятно, наиболее близким его учеником.



Случилось так, что Белопольский в научной судьбе Тихова сыграл такую же определяющую роль, как в его собственной судьбе Бредихин. Это не значит, что Белопольский оказывал ему особое предпочтение. Так же, как к Тихову, он вел себя и по отношению ко всем своим ученикам и молодым коллегам.

“Аристарх Аполлонович, – отмечает О.А. Мельников, – с необыкновенной горячностью и быстротой откликался на научные запросы своих товарищей и особенно молодых товарищей по науке, никому не отказывая в совете и помощи. На их письма он всегда отвечал немедленно, с первой отходящей почтой” [293, 57].

Интересные воспоминания Г.А. Тихона рисуют образ ученого, начиная с 1897 г., когда Тихов был еще студентом 4-го курса Московского университета.

“У Аристарха Аполлоновича, – начинает Тихов свои воспоминания, – было правило печатать свои работы со всеми подробностями, вплоть до отдельных измерений. Это дало мне возможность, просмотрев и проанализировав опубликованные им данные, совершить первое свое небольшое открытие. Об этом я написал Белопольскому и неожиданно быстро получил ответ.

“Ваши исследования хорошо бы напечатать. Подходящим изданием для этого, думается, будет итальянский журнал, выходящий под редакцией Таккини. Статьи принимаются на французском языке. Если хотите, я переведу статью на французский язык и перешлю в редакцию”.

Меня поразило все в этом письме: и то, что ответ был послан так скоро, и внимательность, с которой крупнейший астрофизик отнесся к работе начинающего ученого, и готовность помочь напечатать мою работу.

В скором времени статья, переведенная Белопольским, была напечатана в итальянском журнале.

Моей заветной целью стало работать с академиком Белопольским в Пулковской обсерватории. Через некоторое время я стал приезжать в Пулково и под руководством Аристарха Аполлоновича измерять и обрабатывать полученные им спектры звезды Бета Возничего. Я был очень благодарен ему за то внимание, с которым он помогал мне советами и указаниями” [298].

Тихов рассказывает еще об одном характерном эпизоде, относящемся к тому же времени:

«Весной 1898 г. мне представилась возможность ехать за границу в Париж. Перед поездкой Аристарх Аполлонович дал мне очень ценный совет:

“Ищите за границей больше тем, чем знаний. Вы кончили курс, знаете, где знания сидят, и уже сумеете их разыскать по

книгам, но темы для работы нелегко найти. Для этого нужно или счастье, или развитие, полученное, между прочим, и из путешествий. Поэтому приглядывайтесь, чем люди занимаются и как они занимаются”.

Оказал мне Белопольский и практическую помощь, дал рекомендательные письма к известным французским астрономам, с которыми он познакомился в бытность свою в Париже. Письма мне очень пригодились.

Позднее, когда я работал в Пулково, эту заботу замечательного ученого и человека я и многие другие начинающие астрономы чувствовали на каждом шагу» [298].

Действительно, письма, которыми Белопольский снабдил талантливую юношу, сыграли свою роль. Благодаря им Тихов смог в течение двух лет продолжать свое астрономическое образование, работая практикантом в Медонской обсерватории под руководством Пьера Жансена.

Вернувшись на родину, Тихов занимался преподаванием; ему не сразу удалось осуществить свою мечту о работе в Пулково, где он проработал потом больше 30 лет, до 1941 г.

«В сентябре 1906 года, – рассказывает Тихов, – меня зачислили адъютант-астрономом Пулковской обсерватории сверх штата. Я спросил Белопольского, какую работу он мне поручает. Аристарх Аполлонович просто сказал:

“Делайте, что хотите. Мы знаем, что вы глубоко интересуетесь наукой, а потому времени терять не будете”.

Такое доверие меня окрылило, и я приступил к работе с энтузиазмом...» [298].

Вот как Тихов описывает жизнь и работу Белопольского в Пулково:

“Мне хочется еще сказать несколько слов о Белопольском, работу которого я мог теперь непосредственно наблюдать.

Он был чрезвычайно точен. Жил в том же доме, где находилась астрофизическая лаборатория. Квартира была во втором этаже, лаборатория – в первом. В лаборатории Белопольский отвел для меня небольшую комнату, в которой я работал более десяти лет.

Из этой комнаты я слышал и видел, когда Аристарх Аполлонович приходил в лабораторию, когда он уезжал на заседание Академии наук в Петербург, когда выходил на прогулку.

Ровно в 9 часов утра открывалась дверь из квартиры Белопольских, и он спускался в лабораторию. На его столе был всегда полный порядок: ни одного лишнего предмета. Ровно в час дня он заканчивал работу и поднимался в квартиру.



**Здание астрофизической лаборатории, на втором этаже которого помещалась квартира А.А. Белопольского**

Ученый никогда не пользовался помощью сотрудников и лаборантов. Вся научную, вычислительную, лабораторную, даже мелкую столярную и слесарную работу делал сам.

Он утверждал, что самый лучший его помощник – домашняя работница: она убирает квартиру, готовит пищу и дает тем самым ученому полную возможность делать свое непосредственное дело.

Относительно начинающих сотрудников Аристарх Аполлонович говорил: “прежде, чем допускать к научной работе, их надо заставлять мыть полы в лаборатории, чтобы они не гнушались никаким делом”.

Я тоже до некоторой степени прошел этот стаж, выполняя обязанности истопника в трудные годы Первой мировой войны.

В те времена пулковцы ездили в Петербург через станцию Александровскую, в четырех километрах от Пулково. Обычно для этого нанимали экипаж крестьянина-извозчика, фамилию которого следует назвать: это один из наследственных извозчиков Птициных, возивших не одно поколение пулковских астрономов.

Белопольский требовал, чтобы Птицин подавал экипаж к зданию лаборатории ровно за полчаса до поезда – ни на минуту раньше, ни на минуту позже – и сам спускался немедленно...

Отличительным качеством А.А. Белопольского была колоссальная работоспособность. Даже в преклонные годы он не

тяготился работой, наблюдая на двух больших инструментах: Солнце – рано утром на спектрографе Литрова, звезды – ночью на 30-дюймовом рефракторе.

Меня всегда удивляла способность А.А. Белопольского легко переносить неудобства во время наблюдений, особенно в холодную погоду...

В каждую ясную ночь Аристарх Аполлонович выходил для наблюдений. Его сопровождал служитель Иван Осипович Камашевский, который за много лет работы хорошо изучил все тонкости и капризы башни 30-дюймового рефрактора. Аристарх Аполлонович сроднился с этим инструментом, и трудно было представить, чтобы в ясную ночь он не наблюдал небо, если только находился в Пулковке и был здоров” [323, 64–65].

В начальный период работы Тихова в обсерватории произошел случай, ярко характеризующий человеческие качества Белопольского. Тихов рассказывает:

“Шел 1909 год. В августе должно было произойти великое противостояние Марса, которое бывает один раз в 15 или 17 лет. Я почувствовал непреодолимое желание получить фотографические снимки планеты. Единственным пулковским инструментом, на котором можно было произвести эту работу, был 30-дюймовый рефрактор. Поэтому я решил обратиться к Белопольскому с просьбой предоставить инструмент в мое распоряжение месяца на полтора. Аристарх Аполлонович немедленно согласился, и мы со студентом Н.Н. Калитиным, впоследствии известным актинометристом (то есть наблюдателем солнечного излучения), получили около 1000 фотографических изображений Марса через светофильтры. Эти снимки считаются классическими, и за их получение я до сих пор глубоко благодарен Аристарху Аполлоновичу. Ведь он принес жертву: ему на время съемки пришлось отложить свои замечательные наблюдения лучевых скоростей звезд. Как трудно было ему не наблюдать в ясные ночи видно по тому, что во время моих наблюдений Марса, как я потом узнал, он ходил фотографировать спектры звезд на тот небольшой инструмент – Бредихинский астрограф, который был в моем распоряжении” [323, 70].

А этот рассказ о характере ученого относится уже к 1920-м гг.:

«Несмотря на свои 75 лет, – пишет Тихов, – замечательный астрофизик с удвоенной энергией продолжал научную работу, посвящая много времени установке привезенного из Англии нового большого солнечного спектрографа.

Для наблюдения Солнца ему приходилось по несколько раз в день подниматься в павильон, установленный на высоте крыши двухэтажного дома. В павильоне помещалось большое зеркало,

отражавшее лучи Солнца и посылавшее их в лабораторию, где был установлен спектрограф. В один жаркий летний день Аристарх Аполлонович весь в поту часто поднимался в павильон и спускался обратно. Видевшая это пожилая сотрудница обсерватории решила ему сказать:

“Пожалейте себя, Аристарх Аполлонович, возьмите кого-нибудь в помощь”.

Добрый совет вызвал бурю негодования. Белопольский кричал, что ни в чьей помощи не нуждается.

Вообще характер у Аристарха Аполлоновича был очень вспыльчивый. Иногда по всей обсерватории раздавались его гневные крики из-за какого-нибудь ничтожного обстоятельства, не столь обидные для вызвавшего крик, сколь просто неожиданные. Через некоторое время он выражал сожаление о случившемся.

Нужно сказать, что по душевным качествам А.А. Белопольский был человеком замечательным: необыкновенно скромным, никогда не выставляющим своих успехов напоказ, простым в обращении и в жизни...» [323, 31–41].

Характерный тому пример – замечание Белопольского в одном из писем Г.А. Тихову: “В Вашей лекции или статье нет надобности упоминать обо мне. Ведь мы все рядовые, делаем общее дело, и тот ли, другой ли – не все ли это равно?”.

Тихов продолжает: “Рассказывая о Белопольском, нельзя не вспомнить его заботу о молодежи, требовательную любовь к ней, которую он сохранял всю свою жизнь... Дар воспитателя особенно сказался у Белопольского в непосредственном общении с молодыми учеными, которым он никогда не отказывал в помощи и совете. Внимательно руководил Аристарх Аполлонович работой Г.А. Шайна, В.А. Амбарцумяна, А.В. Маркова и других своих учеников, ставших впоследствии известными у нас в стране и за ее пределами”.

Свои воспоминания Г.А. Тихов заканчивает словами: “Аристарх Аполлонович был человеком широкой и благородной души. Я всегда стремился следовать его примеру по отношению к моим сотрудникам и ученикам. Никогда он не переоценивал своей работы, скорее недооценивал ее. Иногда, задумываясь, он говорил:

“Почему отец не отдал меня в машинисты, к чему я имел склонность? По крайней мере я возил бы людей и товары и знал бы, что делаю полезное дело...”

Но раз уж Белопольский попал на путь ученого, он делал свое дело с большой любовью и энтузиазмом, совершенно не думая о каких бы то ни было материальных выгодах.

Помимо этого в течение всего периода научной деятельности под руководством Аристарха Аполлоновича прошли практику многие астрономы разнообразных специальностей: С.Н. Блажко, Г.Н. Неуймин, В.А. Альбицкий, Н.Н. Калитин, Д.Я. Мартынов, М.Д. Лаврова, Н.Г. Пономарев и др.” [323].

Упомянутый выше Дмитрий Яковлевич Мартынов, который долго работал в Казани, а затем в Москве, оставил интересные мемуары, в которых касается и жизни Пулковской обсерватории конца 20-х – начала 30-х годов XX века. В Пулковской обсерватории у корифея астрофотографии С.К. Костинского проходил аспирантуру знакомый Д.Я. Мартынова по университету Е.Я. Перепелкин. Д.Я. Мартынов, тогда студент Казанского университета, так описывает свои впечатления: “Именно к Сергею Константиновичу Костинскому привел меня Женя Перепелкин, когда я в зимние каникулы 1925–1926 гг. приехал ненадолго в Ленинград, имея главной целью познакомиться с Пулковской обсерваторией. Конечно, я смотрел на “астрономическую столицу мира”, главным образом на ее инструменты, не без трепета, но наша казанская астрономия не потускнела от этого, так как я замечал скорее количественную разницу, чем качественную. Однако 30-дюймовый большой рефрактор очень впечатлял. Астроному второй половины XX века этот телескоп показался бы громоздким и тяжелым, а угловатая башня его – лишенной изящества, присущего сферическим куполам, но все же лицезрение этого третьего в мире по размерам рефрактора пробуждало много мыслей и чувств! Очень внушительно выглядело расположенное рядом двухэтажное здание лаборатории, где “царили” А.А. Белопольский, С.К. Костинский, И.А. Балановский и Г.А. Тихов” [315, 426].

Заметим, что жена И.А. Балановского – И.Н. Леман была ученицей и сотрудницей Белопольского, открывая, как мы уже отмечали, при его участии изменение интенсивности линий в спектрах цефеид.

“Наконец, – продолжает свои воспоминания Д.Я. Мартынов, – летом 1929 г. я вошел в пулковский коллектив и его образ жизни прочно на целых два месяца в качестве аспиранта, командированного для стажировки. Весной и летом следующего года, с марта по июль, я провел там еще 4 месяца. Ввел меня в жизнь Пулковской обсерватории все тот же Женя Перепелкин, который в апреле 1929 г. по окончании аспирантуры был зачислен сотрудником обсерватории... В феврале 1929 г. он женился на дочери П.Н. Яшнова – Галине Петровне, и был уже вполне законченным “пулкачем”: внешне очень солидным, весьма представительным молодым мужчиной. Его товарищи по аспирантуре за глаза называли его не без уважения “Евгеш”...

Перепелкины жили в одной квартире с Яшновыми... Петр Иванович Яшнов и его жена Ольга Ивановна были очень гостеприимны. Так из старых “пулкачей” Петр Иванович стал мне наиболее близким знакомым. Естественно, что я близко познакомился с друзьями Яшновых – Балановскими, М.Н. Мориным, а также не пулковскими его друзьями Б.В. Нумеровым, Н.И. Идельсоном, В.В. Каврайским... Можно отметить, что почти все названные здесь лица пришли в Пулковскую обсерваторию в пору директорства О.А. Баклунда. Молодые тогда люди, они очень высоко ценили своего директора и, быть может, воспоминания об этих годах объединяли их в зрелые годы и как-то отделяли от других пулковских группировок, которые в замкнутом пулковском существовании были реальным фактором в жизни обсерватории...

Я уже говорил, что астрономы из “круга” Яшнова очень хорошо отзывались об О.А. Баклунде – директоре Пулковской обсерватории после Ф.А. Бредихина. Петр Иванович рассказывал, что Баклунд был очень внимателен к молодым астрономам. Довольно часто он приглашал того или другого к себе в кабинет и, расспрашивая о работе, угощал сигарой. Как только рассказ его заинтересовывал, он без церемоний отбирал у рассказчика сигару и заменял ее другой, вынутой из другого ящика.

П.И. Яшнов посмеивался над враждой между А.С. Васильевым... и С.К. Костинским. Когда-то друзья и “соратники” по градусным измерениям на Шпицбергене, они рассорились, и теперь каждый вопрос С.К. Костинского на Ученом совете, если он относился к А.С. Васильеву, расценивался последним, как подвох...

Но никогда Петр Иванович не брался иронизировать над А.А. Белопольским. Аристарх Аполлонович был настолько далек от мелочей будничной жизни обсерватории, что к нему не мог пристать никакой анекдот. А.А. Белопольский был целиком поглощен своей работой, а во всем остальном был нигилистом. Так я назвал его однажды вопросительно, и П.И. Яшнов этот эпитет одобрил” [315, 426–430].

Замечание Д.Я. Мартынова вовсе не означает, что Белопольский пассивно вел себя на заседаниях Ученого совета. О.А. Мельников пишет о приверженности астронома к живому обсуждению возникающих проблем: «Это “стремление поспорить” Аристарх Аполлонович сохранил до последних лет жизни. Он очень темпераментно, с присущей ему вспыльчивостью выступал, например, на научных собраниях, но всегда при этом был исключительно деликатным, объективным и доброжелательным» [293, 54].

Вернемся к воспоминаниям Д.Я. Мартынова. Он пишет: “...Аристарху Аполлоновичу Белопольскому – его для краткости

называли Ар-Ап – в 1929 г. было 75 лет. А он наблюдал на двух инструментах: днем на солнечной установке с 7-метровым дифракционным спектрографом, а ночью на 30-дюймовом большом пулковском рефракторе. Солнечный спектрограф был сравнительно легким инструментом. Зато рефрактор требовал изрядной физической тренировки для того, чтобы бегать вверх и вниз по высокой лестнице, а то и по двум, на нижнем и верхнем ярусах. При некоторых же положениях трубы, когда висевший на ней спектрограф чуть не касался пола верхнего яруса, приходилось для подсмотра того, что делалось на щели, ложиться на пол! Рассказывали, что Аристарх Аполлонович любил дразнить фотографов, показывая им эту ситуацию. Но дело не исчерпывалось этим. Вращение купола осуществлялось электромотором, который двигался вместе с куполом. К нему тянулись три провода, тянулись на весь необходимый поворот купола, нередко на 180-градусный. Какой соблазн был у проводов зацепиться за что-нибудь, особенно за решетку балкона, ограждавшего еще один ярус! И нужно было следить за этим в оба, так как иначе один из проводов, а то и все три рвались, и телескоп переставал работать. Евгений Яковлевич (Перепелкин), наблюдавший днем, счастливо избегал эту ситуацию. Избегал ее и Аристарх Аполлонович ночью, а вот когда мы утром рано приходили с Евгением Яковлевичем наблюдать Солнце и находили оборванные провода, мы твердо знали, что ночью работал Александр Владимирович Марков. Он имел от Белопольского задание фотографировать спектр  $\alpha^2$  Гончих Псов (за что А.В. Маркова в просторечии именовали “собакой”).

На “академическом” солнечном спектрографе Аристарх Аполлонович наблюдал вращение Солнца, фотографируя на одной и той же пластинке одновременно спектры восточного и западного краев Солнца. Фотографировал чуть ли не в шестом порядке с огромной дисперсией. Кажется, в обмере этих спектрограмм ему помогала В.Ф. Газе. Но опубликовал он свои результаты четырьмя годами позже, так как значения экваториальной скорости Солнца получились у него значительно отличающимися от того, что он получил ранее. На рефракторе он кончал набирать многолетний спектроскопический материал по звезде  $\gamma$  Геркулеса” [315, 435].

«Хочется отметить еще, – продолжает Д.Я. Мартынов, – хорошо организованную научную работу обсерватории при очень небольшом штате. Ну чего стоит такой пример! С приближением вечера по погоде было видно, будут или не будут наблюдения. Служитель – старичок Макарыч – проходил по всем инструментам и открывал люки куполов для выравнивания внутренней и



внешней температуры. Он же следил, чтобы купола были закрыты, если ночь оказывалась плохой. А меридианные инструменты, работавшие днем, тоже опекались им, только с утра. Не помню никакого “аппарата”. Бухгалтер, завхоз, секретарь, уборщица... Весь штат Пулковской обсерватории, вероятно, не превышал в ту пору 60–70 человек. Конечно, при таком малом числе сотрудников каждый из них был личностью, даже Макарыч, а заведующий механической мастерской с двумя-тремя механиками, В.А. Мессер, был уже очень влиятельной фигурой. Правда, он назывался “ученый механик”» [315, 445].

Живо описывает Д.Я. Мартынов и людей, близких Белопольскому – И.Н. Леман-Балановскую и Г.А. Тихона. О супругах Балановских он пишет: «Оба они были фотометристами, причем фотографического направления. Я не знаю в биографии Иннокентия Андреевича ничего кроме того, что он был универсальным астрономом... Инна Николаевна Леман-Балановская, по-видимому, стажировалась (до Первой мировой войны) в Германии, в Потсдаме или Геттингене. Я вспоминаю ее рассказ о Шварцшильде, у которого она работала или училась... У Балановских была отдельная фотолаборатория, находившаяся всегда в идеальном порядке. Это была очень симпатичная пара: “Баляля” – медлительный и молчаливый, с длинными усами и “Балялесса” – наоборот, очень разговорчивая (с чуть заметным немецким акцентом) и подвижная...».

А вот портрет Тихова: «Я ничего не оказал еще об одном столпе пулковской астрофизики – Гаврииле Адриановиче Тихове... Он был превосходным наблюдателем. Физики сказали бы



А.А. Белопольский с экскурсией. 1933 г.



**А.А. Белопольский в последние годы жизни**

“экспериментатором”, то есть отличался умением ставить и решать отдельные задачи, возникающие в процессе развития астрономии. Так и сейчас, в марте 1930 г., когда вся обсерватория вместе с астрономами всего мира возбуждена открытием девятой планеты Солнечной системы, которую назовут Плутоном. Еще не было окончательно доказано, что это действительно большая планета (а не астероид), и потому нужны были новые и новые наблюдения. И вот С.К. Костинский на 33 см нормальном астрографе, а Г.А. Тихов на много меньшем Бредихинском астрографе (17 см) “наперегонки” фотографируют область новооткрытой планеты, и у Г.А. Тихова планета выходит ничуть не хуже, чем у С.К. Костинского. Это – успех! Правда, определение координат нового объекта у Сергея Кон-

стантиновича в четыре раза выше, так как фокусное расстояние астрографа гораздо большее. Но зато на Бредихинском астрографе точнее определяется звездная величина планеты. Гавриил Адрианович доходит до виртуозности в применении “своего” (с 1906 г.!) Бредихинского астрографа к разным актуальным вопросам астрономии и его как будто не угнетает, что это маленький инструмент, что его возможности ограничены” [315, 437].

Еще несколько отрывков из воспоминаний, рисующих отдельные черты характера Белопольского. Мы уже говорили о Белопольском-конструкторе и наладчике инструментов, о его золотых руках. Но свое мастерство он отдавал не только науке. Л.О. Митрофанова рассказывала: “Аристарх Аполлонович умел много сделать и по дому. Он, например, из дерева и металла делал и любил дарить рамки для фотографий, шкатулки с замочком и петлями, которые также делал сам. К праздникам и дням рождения сам готовил жене и детям подарки – шкатулки для рукоделия, расписные деревянные яйца. Сам, а иногда вместе со старшей дочерью, их разрисовывал”.

Отношение ученого к отдыху описывает О.А. Мельников:

“Всю свою трудовую жизнь Аристарх Аполлонович не пользовался отпуском. Перемена мест и новые впечатления во время научных командировок и экспедиций служили ему отдыхом. Из этих поездок он неизменно возвращался освеженным и полным новых сил. Лучшим отдыхом в ежедневном труде для Аристарха Аполлоновича были прогулки в обсерваторском парке и слушанье музыки.

В старом Пулковом итоги работы подводились на встречах Нового года, которые обычно проходили на квартире у директора. Аристарх Аполлонович неизменно выступал на этих вечерах с кратким, но ярким словом. Он обычно читал небольшое стихотворение одного из мировых поэтов и на основе стихов строил свою речь, всегда жизнеутверждающую, всегда полную веры в торжество человеческого разума и всегда зовущую к новым победам на пути раскрытия загадок, которые ставит перед человеком природа...” [293, 57].

Рассказ о Белопольском, ученом и человеке, завершим словами также О.А. Мельникова: “А.А. Белопольский всегда считал, что в науке нет и не может быть остановки, наука всегда должна развиваться и идти вперед. Аристарх Аполлонович был рад всегда, когда получал хорошее совпадение наблюдений с теорией. Но еще больше любил несовпадение, противоречие, ибо именно оно давало толчок для дальнейшего развития науки. Его поговоркой было: “Совпало – хорошо, не совпало – интересно” [293, 50].

## Заключение

Мы познакомились с жизнью и творчеством выдающегося русского астрофизика, труды которого уже к концу 90-х годов позапрошлого века выдвинули его в число крупнейших астрономов мира.

Кроме диссертации о солнечных пятнах Белопольский написал всего одну книгу – “Астроспектроскопия”, последнюю часть трехтомного “Курса астрофизики”, изданного в Петрограде в 1921 г. (Первую книгу этого издания “Астрофотометрия” написал один из его учителей В.К. Цераский, а вторую “Астрофотография” один из учеников – С.К. Костинский).

Основные печатные труды ученого – это больше 250 отчетных статей о проведенных наблюдениях или исследованиях. Они написаны сжатым деловым стилем и обязательно содержат первоначальные наблюдательные данные, не прошедшие статистической обработки, с подробными указаниями на качество негативов, методические особенности измерений и т.п. Ученый прекрасно понимал, что астрономические факты сами по себе имеют огромную ценность, вне зависимости от их интерпретаций, которые могут меняться (как это действительно случилось с цефеидами). Он понимал, какую опасность для ученого представляет увлечение предвзятой схемой, из-за которой он может бессознательно упустить из вида одни факты и придать значение другим. При этом результаты наблюдений, искаженные “подгонкой” под гипотезу, могут оказаться потерянными для будущих исследователей.

Белопольский никогда не приукрашивал своих наблюдений, не боялся сообщать о неудачах или высказывать неуверенность в полученных результатах. Но за каждой строчкой его отчетов чувствуется огромная тщательная работа, проводившаяся на пределе возможностей инструментов.

Не были чужды ему и прикладные исследования. В 1916 г. он вошел в комиссию по градусному измерению на Шпицбергене, а с 1919 г. был председателем комиссии АН СССР по исследованию верхних слоев атмосферы. Как и во многих астрономических вопросах, Белопольский и в этих работах обладал умением

выбирать важные и перспективные темы исследований. В 1932 г. он стал инициатором изучения в СССР атмосферного озона. Сейчас проблема сохранения озонового слоя атмосферы Земли – одна из актуальнейших экологических задач.

Но Белопольский был не только искусным астрофизиком-наблюдателем, он был также талантливым конструктором астрофизических приборов, мудрым организатором науки и замечательным педагогом. В своем творчестве он отличался строгостью и педантизмом, будь то обработка наблюдательного материала или публичная лекция. Так, например, он резко отрицательно относился к известному французскому популяризатору астрономии и писателю Н.К. Фламариону (1842–1925), много фантазировавшему. Он не терпел фальши не только в науке, но и во взаимоотношениях людей и народов.

А.А. Белопольский всегда был патриотом своей Родины. Бывая за границей, он не мог спокойно относиться к людям, которые плохо или неправильно отзывались о России. В его дневнике путешествий по Америке в 1899 г. записано: “... не могу пропустить здесь этих диких сплетен о России, которые там передавались за достоверное. Мои возражения по этому поводу не принимаются во внимание» [293, 52]. И уж совсем он не понимал своих соотечественников, которые как академик А.Н. Савич (1810–1883) утверждали, что “россиянам науки не надобно” [337].

У А.А. Белопольского были свои очень оригинальные и глубокие мысли о развитии науки в России, о значении наук и искусств вообще в жизни человека. Эти свои размышления он не публиковал, но они, сохранившиеся в архиве ученого, точнее раскрывают нам его образ.

“Наши Университеты и Академии возникли вдруг как с неба свалились. Они созданы были для тех немногих молодых людей, которых раньше, еще может быть в XVIII столетии, посылали добывать науку за границу...

И так как у нас Университеты начали свою только учебную деятельность, о русской науке, то есть о научных работах, исполненных русскими, тогда и думать было нечего” [338].

В отличие от западных университетов Белопольский также отмечает в русских университетах слабую связь с жизнью общества.

Следующая запись в дневнике ученого содержит общеполитические рассуждения:

“20 апреля 1925 г.

На сегодняшнем вечере, половина которого посвящена была Аренскому, подбор романсов случайно или нарочно не без касательства небесных светил. В нашей обсерватории это весьма

кстати. Таинственный блеск звезд, серебряный пояс млечного пути часто вдохновляли поэтов и музыкантов всех веков, призывая их к художественному творчеству. Эти же светила вдохновляли ученых в вечных поисках законов, которыми управляются явления. Если поэт поет о любви – этой мощной сущности жизни, освещая ее лучами бесконечно далеких светил, то ученый рассказывает о вечности этой самой природы...

В этом объединении науки и искусства вся отрада нашего бытия...

Законы природы находятся при содействии чистой, отвлеченной науки и чистого искусства. Это единственные орудия в отыскании счастья, и я уверен, что эти орудия также даны вечно природой и что борьба за уничтожение отвлеченной науки и замены ее наукой прикладной бесплодна, ибо это борьба человеческого измышления с одним из основных законов природы.

Без чистого искусства, без отвлеченной науки жизни не будет, а будет духовная смерть – человек вернется к исходной ступени бытия...» [339]

Эти отрывочные дневниковые записи показывают нам ученого-практика как незаурядного мыслителя с философским складом ума и литературным дарованием. Но, конечно, самой большой “любовью” А.А. Белопольского была муза Урания. Расцвет творчества ученого пришелся на эпоху, предшествующую и подготовившую небывалый взлет астрономической науки, стремительные раздвижения “астрономического горизонта”. Стала возможна постановка вопроса о строении Вселенной в целом. На помощь науке о небе пришел мощный аппарат теоретической физики. Белопольский, будучи уже на склоне лет, понимал, что в развитии его любимой науки начинается новая эра. В своей лекции о строении звездного мира, прочитанной в январе 1924 г. в Русском клубе в Лондоне, Белопольский сказал:

“Переживаемое сейчас время в астрономии таково, что в ожидании новых неожиданно поразительных открытий старому астроному становится грустно от осознания, что застаешь новую эпоху в ее зарождении и не дождешься ее развития” [340].

Но, как видно с высоты сегодняшнего дня, труды пионеров астрофизики и не в последнюю очередь самого А.А. Белопольского как раз и подготовили наступление этой новой эпохи. С именем Белопольского связано применение принципа Доплера в астрономии. А ведь его правильная интерпретация и привела к возникновению концепции расширяющейся Вселенной – нового видения нашего мира. Хочется подчеркнуть блестящее искусство экспериментатора, присущее этому исследователю, и его высочайший культурный уровень. Белопольский хорошо разбирался



**Бюст А.А. Белопольского в музее Пулковской обсерватории. 2004 г.**

в музыке, литературе, в совершенстве владел немецким, французским, английским, итальянским и латинским языками.

Отмечая 50-летие научной деятельности А.А. Белопольского, газета “Известия” от 22 сентября 1927 г. поместила портрет академика Белопольского и следующее сообщение: “21 сентября в Ленинграде АН чествовала академика Белопольского по слу-

чаю 50-летнего юбилея его деятельности. Юбилея приветствовал президент Карпинский, академик Ольденбург и ряд представителей научных организаций. АН преподнесла юбиляру адрес, отмечающий крупные научные заслуги академика, не прерывавшего своей научной работы ни на один момент. В тяжелые годы академик Белопольский несмотря на свой преклонный возраст не покидал телескопа, обогащая русскую и мировую науку новыми ценными открытиями. Академик Белопольский один из старейших членов АН и старейший работник Пулковской обсерватории” [310].

Академик А.А. Белопольский получил всемирное признание. В 1907 г. он был избран членом Итальянского общества спектроскопистов, а в 1910 г. – почетным членом Королевского астрономического общества в Лондоне. Французская Академия наук удостоила его в 1908 г. золотой медалью им. П.Ж.С. Жансена, а в 1918 г. присудила премию им. Ж.Ж.Ф. де Лаланда. Русское астрономическое общество также дважды награждало его премией.

Академия наук СССР учредила премию им. А.А. Белопольского, которой награждаются ученые, внесшие значительный вклад в астрофизику. Первым лауреатом премии стал в 1981 г. член-корреспондент АН СССР Эвальд Рудольфович Мустель.

В 1970 г. Белопольского было увековечено вне Земли – в честь него назван один из кратеров на обратной стороне Луны, впервые сфотографированный советским межпланетным аппаратом.



## Основные даты жизни и деятельности А.А. Белопольского

- 1854 – 1(13) июля родился в Москве .
- 1865 – поступил во 2-ю Московскую гимназию.
- 1873 – поступил на физико-математический факультет Московского университета.
- 1874 – работал во время летних каникул слесарем в железнодорожных мастерских.
- 1976 – Ф.А. Бредихин пригласил Белопольского на работу в Московскую обсерваторию в качестве механика.
- 1877 – окончил Московский университет, оставлен при кафедре астрономии для подготовки к профессорскому званию; Ф.А. Бредихин поручает Белопольскому фотографирование Солнца.
- 1877–1885 – работа по систематическому фотографированию Солнца.
- 1878 – первая научная публикация (в соавторстве с Ф. Бредихиным и А. Соколовым).
- 1879 – получил место сверхштатного ассистента при Московской обсерватории.
- 1881–1883 – астроспектроскопические исследования (совместно с Ф.А. Бредихиным).
- 1883 – провел первое в России фотографирование звезд, дал оценку перспектив фотографической астрометрии.
- 1884 – 4(16) декабря выполнил фотографии пяти фаз лунного затмения, провел точные определения (радиуса земной тени на Луне.
- 1885 – начал преподавательскую деятельность.
- 1887 – 7(19) августа наблюдал солнечное затмение в г. Юрьевце, сфотографировал солнечную корону;
  - защитил магистерскую диссертацию “Пятна на “Солнце и их движение”;
  - женился на Марии Федоровне Вышинской.
- 1888 – приглашен в Пулковскую обсерваторию в качестве адъюнкт-астронома, начал работу в Пулково.
- 1890 – назначен на должность астрофизика;
  - командирован во Францию, Германию, Англию, посетил обсерватории и оптико-механические предприятия.
- 1893 – провел исследования заказанного при его участии “нормального астрографа”.
- 1894 – получил первые в мире фотографии спутника Марса Деймоса;
  - предложил схему опыта для проверки принципа Доплера в лабораторных условиях;
  - открыл изменение лучевой скорости переменной звезды Дельта Цефея.
- 1895 – провел исследование спектра Сатурна и его колец.

- 1896 – защитил в Москве докторскую диссертацию “Исследование лучевых скоростей  $\delta$  Serpeii”;
- наблюдал солнечное затмение в селе Орловском на Амуре.
- 1900 – 13(26) мая избран адъюнктом Императорской Академии наук;
- в июне–августе провел опыты по проверке принципа Доплера.
- 1903 – 19 апреля (2 мая) избран экстраординарным академиком.
- 1904 – избран председателем Русского отделения международной комиссии по исследованию Солнца (РОКИСО).
- 1905 – участвовал в съезде международной комиссии по исследованию Солнца (МКИСО) в Оксфорде.
- 1906 – 15(28) апреля избран ординарным академиком.
- 1907 – участвовал в конференции МКИСО в Медоне;
- участвовал в экспедиции в Ура-Тюбе для наблюдения солнечного затмения (из-за плохой погоды наблюдение не удалось);
- избран членом Итальянского общества спектроскопистов.
- 1908 – избран Академией наук на должность вице-директора Пулковской обсерватории;
- награжден золотой медалью Жансена Парижской академии наук.
- 1909 – открыл скачок скорости вращения атмосферы Юпитера в экваториальной зоне.
- 1910 – избран членом Лондонского королевского астрономического общества.
- 1912 – командирован в Англию для заказа астрономических инструментов.
- 1913 – участвовал в конгрессе МКИСО в Бонне.
- 1916 – избран на должность директора Пулковской обсерватории.
- 1917 – участвовал в учредительном съезде Всероссийского астрономического союза.
- 1918 – присуждена премия Лаланда Парижской академии наук.
- 1921 – издан написанный им III том курса Астрофизики “Астроспектроскопия”.
- 1923 – командирован в Лондон для приёмки астрономических инструментов;
- руководил установкой в Пулково изготовленного в Англии солнечного спектрографа.
- 1929 – выступил с гипотезой “старения квантов” для объяснения космологического красного смещения в спектрах галактик.
- 1932 – участвовал в экспедиции на Северный Кавказ для выбора места высокогорной обсерватории.
- 1934 – 16 марта скончался в Пулково.

## Список сокращений

AN	– Astronomische Nachrichten (Keil).
AOM	– Annales de l'Observatoire de Moscou.
ApJ	– Astrophysical Journal (Chicago).
BAS	– Bulletin de l'Académie des Sciences (Санкт-Петербург).
BP	– Bulletin de l'Observatoire, Central à Poulkowo.
Mél MA	– Mélanges Mathématiques et Astronomiques, tirés du Bulletin de l'Académie des Sciences.
MAS	– Mémoires de l'Académie des Sciences.
MNRAS	– Monthly Notices of the Royal astronomical Society (London).
MSI	– Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani (Roma).
MP	– Mitteilungen der Nicolai Hauptsternwarte zu Pulkowo.
Obs	– Observatory (London).
P	– Pulkowo, Poulkovo.
PA	– Popular Astronomy (New York).
PP	– Publications de l'Observatoire Cenral Nicolas.
ZfA	– Zeitschrift für Astrophysik (Berlin).
АЖ	– Астрономический журнал.
АН	– Академия наук СССР.
Бюлл. КИСО	– Бюллетень Комиссии по исследованию Солнца.
ВАГО	– Всесоюзное астрономо-геодезическое общество.
ГРАО	– Главная Российская астрономическая обсерватория.
ДАН	– Доклады Академии наук.
Дн.	– Съезда русск. ест. – Дневник ... Съезда русских естествоиспытателей и врачей.
ЗАН	– Записки Академии наук.
ИАИ	– Историко-астрономические исследования.
ИАН	– Известия Академии наук.
ИМЕН	– ИАН. VII серия по Отделению математических и естественных наук.
ИОЛЕ-ТРОФН	– Известия Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии в Москве. Труды Отделения физических наук.
ИОФМ	– ИАН. VII серия по Физико-математическому отделению (далее ИМЕН).
ИРАО	– Известия Русского астрономического общества.
Л.	– Ленинград.
М.	– Москва, Moscou, Moskau.
ОС	– Общее собрание Академии наук.
П.	– Пулково.

- |                     |   |
|---------------------|---|
| Прот. КИС           | – Протоколы Русского отделения Комиссии по исследованию Солнца. |
| РАК                 | – Русский астрономический календарь (Н. Новгород).              |
| РАН                 | – Российская Академия наук.                                     |
| Сб. отч. о прем. АН | – Сборник отчетов о премиях и наградах, присужденных АН.        |
| СПб.                | – Санкт-Петербург.  |
| ФМО                 | – Физико-математическое отделение.                              |

# Литература

## Труды А.А. Белопольского

### 1878

1. Observations de Mars en opposition / faites par A. Gromadzki; Calculées par A. Bélopolsky et A. Socoloff // AOM. 1878. T. IV, livr. 1. P. 82–94.
2. Observations des étoiles qui ont servi à la détermination de l'échelle des héhomètres /Faites par A. Gromadzki; Calculées par A. Bélopolsky et A. Socoloff // Ibid. P. 95–103.
3. Observations des étoiles filantes du mois d'Août 1877 / Faites par MM. Bredichin, A. Bélopolsky et A. Socoloff; Calculées par A. Bélopolsky // Ibid. Livr. 2. P. 84–88.
4. Observations photohéliographiques // Ibid. P. 102–114.

### 1879

5. Observations photohéliographiques // AOM. 1879. T. V, livr. 2. P. 16–21.
6. *Bélopolsky A., Socoloff A.* Inégalités des vis micrométriques des microscopes du cercle méridien // Ibid. P. 89–95.
7. *Bélopolsky A., Socoloff A.* Observations des étoiles ayant les mouvements propres // Ibid. P. 96–113; T. VI, livr. 1. P. 1–43.

### 1880

8. Observations photohéliographiques // AOM. 1880. T. VI, livr., 2. P. 144–155.

### 1881

9. *Bélopolsky A., Socoloff A.* Beobachtungen des Cometen *b* 1881 am Meridiankreise des Moskauer Sternwarte // AN. 1881. Bd. 100. S. 303–304.
10. *Bélopolsky A., Socoloff A.* Observations de Mars en opposition, faites au cercle méridien // AOM. 1881. T. VII, livr. 2. P. 1–7.
11. Observations photohéliographiques en 1880 // Ibid. P. 28–53.

### 1882

12. *Bélopolsky A., Socoloff A.* Observations au cercle méridien // AOM. 1882. T. VIII. livr. 1. P. 1–30.
13. Observations photohéliographiques en 1881 // Ibid. Livr. 2. P. 92–112.
14. *Bélopolsky A., Socoloff A.* Beobachtungen des Cometen Wells am Meridiankreise der Moskauer Sternwarte // AN. 1882. Bd. 102. S. 269–270.

### 1883

15. *Bélopolsky A., Socoloff A.* Observations au cercle méridien: Planètes et les comètes de 1881 *b* et *c* // AOM. 1883. T. IX, livr. 1. P. 1–17.
16. Observations photohéliographiques en 1882 // Ibid. Livr. 2. P. 1–34.

17. *Bélopolsky A., Bredichin Th.* Observations spectroscopiques du Soleil en 1881 // *Ibid.* P. 35–47.
18. Observations au cercle méridien // *AOM.* 1884. T. X, livr. 2. P. 1–25.
19. Essai d'une détermination du rayon apparent du Soleil au moyen de la photographie // *Ibid.* P. 26–46.
20. Observations photohéliographiques en 1883 // *Ibid.* P. 60–96.
21. Полярные сияния // *ИОЛЕ*, 1884. Т. XLI, вып. 2: ТРОФН. Т. II, вып. 2. С. 36–45. [М., 14.XII.1883].
22. Фотографирование камерой без объектива // *Светопись.* 1884. № 26.
23. Ueber die Photographie der Cometen // *AN.* (1884) 1885. Bd. 110, S. 35–38. [М., 1884. 10. Aug.].

### 1886

24. Einige Gedanken über die Bewegungen auf der Sonnenoberfläche // *AN.* 1886. Bd. 114. S. 153–156, 383. [М., 1886. Januar, April].
25. Note sur les queues anormales des comètes 1862 III et 1844 III // *AOM. Sér. II.* 1886. T. I, livr. 1. P. 65–69.
26. Photographie der Mondfinsterniss am 4. Oktober 1884 // *Ibid.* P. 97–98.
27. Ueber die Photographie der Cometen // *Ibid.*, P. 99–102.
28. Observations photohéliographiques en 1884 // *Ibid.* P. 103–118.
29. Пятна на Солнце и их движение: (Магистерская дисс.). М., 1886. 183 с. (Учен. зап. Моск. ун-та. Отд-ние физ.-мат. 1887. Вып. 7. С. 1–183).

### 1887

30. Schreiben an den Herausgeber von A. Bélopolsky, betreffend die totale Sonnenfinsterniss 1887 August 18–19 // *AN.* (1887) 1888. Bd. 118. S. 45–46. [М., 1887. 1. Nov.].

### 1888

31. L'éclipse totale de Soleil du 19 Août 1887 observée á Jurjewetz // *AOM. Sér. II.* 1888. T. I, livr. 2. P. 37–53.
32. Einige Gedanken über die Bewegungen auf der Sonnenoberfläche // *Ibid.* P. 54–57. [М., 1886. Januar].
33. Observations photohéliographiques en 1885 // *Ibid.* P. 58–82.

### 1889

34. Beitrag zur Ermittelung-von Sternparallaxen aus Durchgangsbeobachtungen // *AN.* 1889. Bd. 121. S. 113–128. [P., 1889. Januar].

### 1890

35. Об аналогии между движениями на поверхности солнца и циркуляциями во вращающейся жидкой сфере // *Тр. VIII Съезда русск. ест.* 1890, Т. I. С. 31–35. Отд. отт. 5 с. [СПб., 3. I. 1890].
36. Ueber die Bewegungen auf Sonnenoberfläche // *AN.* 1890. Bd. 124. S. 17–22. [1889. Oktober].
37. Ueber die Corona – Photographien, 1887, August 18–19 // *Ibid.* S. 183–186. [1890. Januar].
38. Sur les mouvements qui s'observent à la surface du Soleil // *Ibid.* Bd. 125. S. 251–254. [1890. Juni].
39. Beobachtungen der Sonnenfinsterniss, 1890, Juni 16–17 // *Ibid.* S. 369–372.

40. О солнечных пятнах // ИОЛЕ, 1890. Т. LXV, вып. 1: ТРОФН. Т. III, вып. 1. С. 8–9. [М., 2. III. 1886].

### 1891

41. Ueber die Rotation des Jupiter // BAS. Ser. IV. 1891. Т. II, № 1. P. 121–137; Mém MA. Т. VII, N 1. P. 103–119.  
42. Observation d'une éruption solaire // MSI. (1891) 1892. Vol. XX. P. 152–153.

### 1892

43. Ueber die Nova Aurigae // AN. 1892. Bd. 130. S. 438; Bd. 131. S. 28. [P., 1892. 20., 27. Sept.].  
44. Einige Untersuchungen über das Spectrum von  $\beta$  Lyrae // Ibid. Bd. 131. S. 139–142. [P., 1892. 5. Okt.].  
45. Zur Bestimmung der Sonnenrotation aus Fackelpositionen // MSI. (1892) 1893. Vol. XXI. P. 162–164 [P., 1892. November].

### 1893

46. Ueber die Sonnenrotation aus Fackelpositionen // AN, 1893. Bd. 132. S. 213–216. [P., 1893. Februar].  
47. Ueber die Bewegung von  $\zeta$  Herculis im Visionsradius nebst Bemerkungen über das Spectrum von T (Nova) Aurigae // Ibid. Bd. 133. S. 257–264. [P., 1893. 20 Juni].  
48. Spectrum der Nova Aurigae 1892, beobachtet in Pulkowo // BAS. Sér. IV. 1893. Т. III, № 3. P. 399–420; Mém MA. Т. VII, N 2. P. 277–298.  
49. Les changements dans le spectre de  $\beta$  Lyrae // MSI. (1893) 1894. Vol. XXII. P. 101–111.

### 1894

50. О принципе Доплера-Физо и его применении к изучению разных явлений в спектрах светил // Дн. IX Съезда русск. ест. М., 1894. № 6. С. 14. [М., 8.I.1894].  
51. Le spectre de l'étoile variable  $\beta$  Lyrae // BAS. Sér. IV. 1894. Т. IV, N 2. P. 163–195; Mém MA. Т. VII, N 3. P. 423–455.  
52. Positions apparentes des taches solaires photographiées à Poulkovo par B. Hasselberg dans les années 1881–1888 / Déduites par A. Béliopolsky et M. Morine // MAS. Sér. VII. 1894. Т XLII, N 10. 1–173.  
53. Das Spectrum von  $\delta$  Cephei // AN. 1894. Bd. 136, S. 281–884. [P., 1894. September].  
54. Étude sur le spectre de l'étoile variable  $\delta$  Cephei // BAS. Sér. V. 1894. Т. I, N 3. P. 267–306.  
55. Ein Projekt zur Reproduction der Verschiebung von Spectrallinien bewegter Lichtquellen // AN. 1894. Bd. 137. S. 33–35. [P., 1894. 25. Okt.].  
56. Notice sur le spestre de  $\beta$  Lyrae // MSI. (1894) 1895. Vol. XXIII. P. 80–83. [P., 1894. Mars].  
57. Sur le renversement de la raie  $D_{\delta}$  du spectre solaire // Ibid. P. 89–91. [P., 1894. Avril].  
58. Expériment basé sur le principe Doppler – Fizeau // Ibid. P. 122–124. [P., 1894. 3 juill.).

### 1895

59. The spectrum of  $\delta$  Cephei // ApJ. 1895. Vol. I, N 2. P. 160–161. [P., 1894. September].

60. On the spectrographic performance of the 30-inch Pulkowo refractor // *Ibid.* N 5. P. 366–371. [P., 1895. February].
61. О вращении кольца Сатурна по измерениям спектрограмм, полученных в Пулкове // *ИАН. Сер.*, V. 1895. Т. III, № 1. С. XII–XIV.
62. Spectrographische Untersuchungen des Saturnringes // *AN.* 1896. Bd. 139. S. 1–4. [P., 1895. 25. Aug.].
63. О переменной  $\eta$  Aquilae // *ИАН. Сер.* V. 1895. Т. III, № 4. С. LIII.
64. Исследование смещения линий в спектре Сатурна и его кольца // Там же. С. 379–403.
65. Исследование спектра переменной звезды  $\delta$  Cephei (3.7–4.9 в.) при помощи 30-ти дюймового рефрактора обсерватории в Пулково: Докторская дисс. СПб., 1895. 44, 1 с. [II., 1894. декабрь].

### 1896

66. Spectrographische Untersuchungen über Jupiter // *AN.* 1896. Bd. 139. S. 209–214. [P., 1895, September].
67. Spectrographische Untersuchungen über  $\delta$  Cephei // *Ibid.* Bd. 140. S. 17–21. [P., 1895. November].
68. Ueber die Eigenbewegung der helleren Componente von 61 Cygni // *Ibid.* S. 21–22. [P., 1895. November].
69. Ueber die Veränderungen in dem Sternhaufen NGC 5272 // *Ibid.* S. 23. [P., 1895. November].
70. On the performance of an auxiliary lens for spectrographic investigations with the 30-inch refractor of the Pulkowo Observatory // *ApJ.* 1896. Vol. III, N 2. P. 147–149. [P., 1895. December].
71. Sur les vitesses radiales périodiques de l'étoile à Gémeaux // *BAS. Sér.* V. 1896. T. IV, N 3. P. 341–343.
72. Observations des raies renversées dans le spectre de protubérances faites à Poulkovo // *MSI.* 1896. (Vol. XXV. P. 21–26. [P., 1896. Février].

### 1897

73. О звезде  $\alpha'$  Близнецов как спектрально-двойной // *ИАН. Сер.* V. 1897. Т. VI, № 1. С. 49–76.
74. On the spectroscopic Binary  $\alpha'$  Geminorum // *ApJ.* 1897. Vol. V, N 1. P. 1–7. [P., 1896. November].
75. Die totale Sonnenfinsterniss am 9. August 1896: Bericht über die Sonnenfinsternissexpedition der Pulkowaer Sternwarte nach Orlowskoje am Amur // *BAS. Sér.* V. 1897. T. VI, N 3. P. 271–296.
76. Новые исследования спектра  $\beta$  Lyrae // *ИАН. Сер.* V. 1897. Т. VII, № 4. с. 355–365.
77. Исследование спектра переменной  $\beta$  Aquilae (3.5–4.7 в.) // Там же. С. 366–374.
78. New investigations of the spectrum of  $\beta$  Lyrae // *ApJ.* 1897. Vol. VI, N 4. P. 328–337.
79. Researches on the spectrum of the variable star  $\eta$  Aquilae // *Ibid.* Vol. VI, N 5. P. 393–399.
80. Recherches préliminaires du spectre de l'étoile variable  $\eta$  Aquilae // *MSI.* (1897) 1898. Vol. XXVI. P. 101–106.
81. Recherches nouvelles du spectre de  $\beta$  Lyrae // *Ibid.* P. 135–143.
82. Sur le mouvement rapide de la ligne des absides dans le système  $\alpha'$  Gémeaux // *Ibid.* P. 171–179.



## 1898

83. Ueber das Spectrum von  $\lambda$  Tauri ( $3.^m4-4.^m2$ ) // AN. 1898. Bd. 145. S. 281–283. [P., 1897, 23. Dec.].
84. Sur le mouvement rapide de la ligne des absides dans le système  $\alpha'$  Gémeaux BAS. Sér. V. 1898. T. VIII, N 2. P. 133–140.
85. Определение лучевых скоростей  $\gamma$  Virginis // ИАН. Сер. V. 1898. Т. VIII, № 2. С. 141–158.
86. О принципе Доплера // ИРАО. 1898. Вып. VI, № 8/9. С. 413–421.
87. Об астрофизических работах в Пулковке за 1897 г. // Там же. С. 429–430.
88. Ueber einen Versuch die Geschwindigkeit im Visionsradius der Componenten von  $\gamma$  Virginis und  $\gamma$  Leonis zu bestimmen // AN. 1898. Bd. 147. S. 89–94. [P., 1898. Mai].
89. Определение лучевых скоростей компонентов двойной звезды  $\gamma$  Льва // ИАН. Сер. V. 1898. Т. IX, № 4. С. 369–376.

## 1899

90. Ueber die Bewegung des Sterns  $\eta$  Pegasi in der Gesichtslinie // AN. 1899. Bd. 148. S. 127–128. [P., 1898. 24. Dez.].
91. Ueber die Bewegung des Sterns  $\theta$  Ursae majoris in der Gesichtslinie // Ibid. S. 331–332. [P., 1899. 20 Febr.].
92. Ueber die Bewegung von  $\zeta$  Geminorum ( $3.^m7-4.^m5$ ) in der Gesichtslinie // Ibid. Bd. 149. S. 239–240. [P., 1899. 31. März].
93. Sur le mouvement rapide de la ligne des absides dans le système  $\alpha'$  Gémeaux // MSI. (1899) 1900. Vol. XXVIII. P. 103–108.
94. Ueber das Spectrum vom P Cygni // AN. (1899) 1900. Bd. 151. S. 37–39. [P., 1899. 3. Okt.].
95. Zur Bewegung des Sterns  $\theta$  Ursae majoris in der Gesichtslinie // Ibid. S. 39–40. [P., 1899. 3. Okt.].
96. Note on the spectrum of P Cygni // ApJ. 1899. Vol. X, N 5. P. 319–320. [P., 1899. October].

## 1900

97. Об одном способе подчеркивания слабых линий звездных спектрограмм // ИАН. Сер. V. 1900. Т. XII, № 2. С. 205–210.
98. Bewegung von Polaris in der Gesichtslinie // AN. 1900. Bd. 152. S. 199–202. [P., 1900. März].
99. Ein Versuch die Rotationsgeschwindigkeit des Venusaequators auf spectrographischem Wege zu bestimmen // Ibid. S. 175, 263–276. [P., 1900. Mai].
100. Исследование принципа Доплера-Физо. Предварительное сообщение // ИАН. Сер. V. 1900. Т. XIII, № 3. XXVII–XXIX.
101. Опыт исследования принципа Доплера-Физо, не прибегая к космическим скоростям // Там же. № 5. С. 461–471.

## 1901

102. Bearbeitung der in Pulkovo erhaltenen Spectrogramme von dem Spectral-Doppelstern  $\alpha'$  Geminorum // MAS. Sér. VIII. 1901. T. XI, N 4. P. 1–111.
103. Ueber den Stern;  $i$  Pegasi // AN. 1901. Bd. 154. S. 209–210. [P., 1901. 3. Jan.].
104. On an apparatus for the laboratory demonstration of the Doppler-Fizeau principle // ApJ. 1901. Vol. XIII, N 1. P. 15–24. [P., 1900. October].
105. Записка об ученых трудах профессора А.М. Ляпунова // Протоколы VI засед. ФМО АН, 11.IV.1901 г. СПб., 1901. § 186, прил. II. Совместно с О. Баклундом, Ф. Бредихиным, Н. Сониным и А. Марковым.

106. О новой звезде 1901 г. // ИАН. Сер., V. 1901. Т. XIV, № 4. С. XXXIII–XXXIV; Протоколы ФМО АН. 1901. § 61, 123, 165, 328.
107. Исследование лучевых скоростей переменной звезды  $\delta$  Цефея // ИАН. Сер. V. 1901. Т. XV, № 1. С. 1–16.
108. Заметка о спектре новой звезды 1901 г. // Там же. № 3. С. XLI–XLII.
109. Спектрометрические наблюдения Новой звезды 1901 г. в Пулковско // Там же. № 5. С. 473–498.
110. Результаты спектральных наблюдений Новой Персея в Пулковско // Дн. XI Съезда русск. ест. СПб., 1901. № 9. С. 380–381. [27.XII.1901].
111. Helligkeitsschätzungen des Neuen Sterns im Perseus // BAS. Sér. V. 1902. Т. XVI, N 1. P. 31–36.
112. О раздвоении линий спектра некоторых звезд // ИАН. Сер. V. 1902. Т. XVII, № 4. С. XXV–XXVI, XXVIII–XXIX.

### 1903

113. Bearbeitung der in Pulkowo angestellten Spectrographischen Beobachtungen der Nova Persei // PP. Sér. II. 1903. Vol. XVII, N 1. 1–116 P.
114. Предварительные результаты исследований вращения планеты Венеры // ИАН. Сер. V. 1903. Т. XVIII, № 3. С. XVIII; № 4. С. XIX; Т. XIX, № 2. С. IX–X.
115. Исследование спектрограмм звезды  $\beta$  Aurigae // Там же. Т. XIX, № 2. С. X–XI.
116. О спектре некоторых звезд типа I  $a_2$  // Там же. С. 33–58.
117. О лучевой скорости звезды  $\gamma$  Cephei // Там же. № 4/5. С. XXXVII.
118. О дисперсии мирового пространства // Там же. С. XLI–XLII.
119. Определение лучевых скоростей фундаментальных звезд, сделанное в Пулковско, 1902–1903 // Там же. С. XLII–XLIII.
120. Отзыв о статье г.-м. Гарновского: “Открытие четырех занептунных планет” // Протоколы XII засед. ФМО АН, 29.X.1903 г. СПб., 1903. § 326.

### 1904

121. Исследование спектрографа Пулковской обсерватории № III // ИАН. Сер. V. Т. XX, № 1. С. 1–16.
122. Spectrographic observations of Standard velocity stars at Pulkowo // ApJ. 1904. Vol. XIX, N 2. P. 85–104. [P., 1904. January].
123. Ф.А. Бредихин: Некролог // ИАН. Сер. V. 1904. Т. XXI, № 2. С. I–IV.
124. К определению лучевых скоростей светил // Там же. С. 85–102.
125. Определение лучевых скоростей звезды  $\beta$  Aurigae в связи с дисперсией мирового пространства // Там же. № 3. С. 153–170.
126. Отзыв о труде г. Егермана: “Über die beim Kometeh Borelly 1903 IV beobachtete hyperbolische Bewegung der Schweifmaterie” // Там же. № 4. С. XII.
127. Совместно с О.А. Баклундом, М.А. Рыкачевым, А.М. Ляпуновым и кн. Б.Б. Голицыным. Доклад об ученых трудах профессора П.Н. Лебедева // Протоколы XV засед. ФМО АН, 17.XI.1904 г. СПб., 1904. § 392.

### 1905

128. О задачах Русского отделения Союза для исследования Солнца // Прот. КИС. 1905. 3 янв., прил. IV. С. 21–23.
129. On the determination of radial velocities at Pulkovo // ApJ. 1905. Vol. XXI, N 55–73. [P., 1904. November].
130. Отзыв о трудах Г.В. Хилля (G.W. Hill) // ИАН. Сер. V. 1905. Т. XXII, № 2. С. 5–7; Протоколы I Засед. ФМО АН, 19.I.1905 г., СПб., 1905. § 33.

Совместно с О.А. Баклундом, Н.Я. Сониным, А.А. Марковым и А.М. Ляпуновым.

131. Beschreibung der Umkehrung der Spectrallinien *Ga* und *H* im violetten Teil des Spectrums des Sonnenrandes nach im Jahre 1901 in Pulkowo erhaltenen Spectrogrammen // МР. 1905. Bd. I, N 1. S. 1–11; N 2. S. 13–27; N 3. S. 31–34.
132. Bestimmung der radialen Geschwindigkeiten der “Standard velocity Stars” // Ibid. N 3. S. 34–38.
133. Ueber die Methode die radialen Geschwindigkeiten von Sternen zu bestimmen // Ibid., N 6. S. 73–81.
134. Доклад Комиссии о реформе Календаря в России: [Протокол, составленный акад. А.А. Белопольским]; Прил. к протоколу XIV засед. ОС АН, 3.XII.1905 г. (к § 237) // ИАН. Сер. VI. 1911. Т. V, № 4. С. 195–200.

## 1906

135. Versuch einer Bestimmung der Sonnenrotation auf spectrographischem Wege // МР. 1906. Bd. I, № 7. S. 85–90.
136. Untersuchung der Geschwindigkeit im Visionsradius von  $\beta$  Persei (Algol) am Pulkwoer 30 Zöller // Ibid., N 8. S. 101–106.
137. Отчет о Съезде делегатов отделений Союза для исследования Солнца в Оксфорде // Прот. КИС. 1906. 31 янв., прил. 1. С. 21–23.
138. Исследование лучевых скоростей переменной звезды Алголя ( $\beta$  Persei) // ИАН. Сер. V. 1906. Т. XXIV, № 1/2. С. 1–34.
139. По поводу статьи проф. П.Н. Лебедева “Об особенностях спектра  $\beta$  Aurigae” // Там же. С. 97–99.
140. О спектре солнечных пятен. // Там же. Т. XXV, № 1/2. С. 99–122.
141. Untersuchung der *Ca* Linien am Sonnenrande // МР. 1906. Bd. I, N 12. С. 153–171.
142. Untersuchung des Objectivs “Chromat” der Camera des Pulkwoer Sternspectrographen № III. Ibid. S. 171–174.
143. Ueber das Spectrum von  $\zeta$  Bootis // Ibid. S. 175.
144. Отзыв о работах Р.О. Егермана: 1) “Ueber die beim Kometen Borelly 1903, IV beobachtete hyperbolische Bewegung der Schweifmaterie” (ЗАН. Sér. VIII. 1905. Vol. XVI, N 12); 2) “The motion of the matter composing the tail of comet 1903, IV observed July 24, 1903” (ApJ. 1905. Vol. XXI, N 4); 3) “Die Bewegung der Schweifmaterie des Kometen 1903, IV auf einem zur Sonne konvexen Bogen” (AN. Bd. 168, N 4025); 4) “Die Bewegung der Kometenschweifmaterie auf hyperbolischen Bahnen” (Рукопись) // Отчет АН СПб., 1906. С. 170–174; Сб. отч. о прем. АН (I, 1906). СПб., 1908. С. 1–5. Совместно с О.А. Баклундом, М.А. Рыкачевым и кн. Б.Б. Голицыным.

## 1907

145. Ueber Eigentümlichkeit des Objectivs des 30-zölligen Refractors // МР. 1907. Bd. II, N 15. S. 29–31.
146. Ueber das Spectrum der Sonnenflecken // Ibid. S. 32–41. [P., 1907. April].
147. Представление о нуждах Русского отделения Международного союза по исследованиям Солнца // Прот. КИС. 1907, 27 апр., прил. III. С. 27–28.
148. Die Expedition der Nicolai – Hauptsternwarte nach Turkestan zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss am 13./14. Januar 1907 // МР. 1907. Bd. II, N 18. S. 95–99.
149. Доклад о деятельности Съезда делегатов Международного союза для исследования Солнца в Париже // Прот. IX засед. ФМО АН, 5.IX. 1907. СПб., 1907. § 322.

150. Герман Фогель, 1842–1907: Некролог // ИАН. Сер. VI. 1907. Т. I, № 13. С. 487–488.
151. Исследование лучевых скоростей переменной звезды Алголя: По наблюдениям в Пулковско в 1905–1907 гг. II // Там же. № 16. С. 706. См. № 158.
152. Le spectre de la comète de 1907. *d* // МР. 1907. Bd. II, N 20. S. 119–121.

### 1908

153. О новой двойной спектральной звезде // ИАН. Сер. VI. 1908. Т. II, № 1. С. 54.
154. П. Жансен, 1824–1907: Некролог // Там же. № 3. С. 231–232.
155. Записка об ученых трудах академика князя Б.Б. Голицына // Протоколы III засед. ОС АН, I. III. 1908 г. СПб., 1908. § 62, прил. III. Совместно с О.А. Баклундом и А.А. Марковым.
156. Untersuchung der Radialgeschwindigkeit des veränderlichen Sterns Algol ( $\beta$  Persei) in den Jahren 1905–1907 // МР. 1908. Bd. II, N 22. S. 185–219.
157. Anomale Formen der Spectrallinie Ca (K) in den Protuberanzen während der Jahre 1906 und 1907 // Ibid. N 24. S. 239–260.
158. Исследование лучевых скоростей переменной звезды Алголя по наблюдениям в Пулковско в 1905–1907 гг. II // ЗАН ФМО. Сер. VIII. 1908. Т. XXIII, № 2. С. 1–90.

### 1909

159. Записка об ученых трудах профессора Якова Каптейна (Jacobus C. Kapteyn) // ИАН. Сер. VI. 1909. Т. III, № 4. С. 211–212.
160. Записка об ученых трудах профессора Эдуарда Пикеринга (Edward C. Pickering) // Там же. С. 212–213.
161. Исследование движения центра в системе переменной  $\delta$  Цефея по спектрограммам, полученным в Пулковско в 1894–1908 г. // Там же. С. 249–278.
162. Untersuchung der Bewegung des Schwerpunkts im System des veränderlichen Sterns  $\delta$  Cephei nach in Pulkowo in den Jahren 1894–1908 aufgenommen Spectrogrammen // МР. 1909. Bd. III, N 28. S. 63–71.
163. Nachtrag zu der “Untersuchung der Radialgeschwindigkeit des Algo” // Ibid. S. 71–73.
164. Фотографические наблюдения спутника Марса, Деймоса, в 1894 г. в Пулковско // ИАН. Сер. VI. 1909. Т. III, № 13. С. 873.
165. О вращениях Юпитера // Там же. С. 874–875.
166. С. Ньюкомб, 1835–1909: Некролог // Там же. № 15. С. 1013–1014.
167. Об определении лучевых скоростей  $\beta$  Aurigae в связи с дисперсией в пространстве // Там же. № 16. С. 1103–1106.
168. Untersuchungen über die Radialgeschwindigkeit von  $\beta$  Aurigae in Beziehung zur Frage über die Dispersion im Weltraume // МР. 1909. Bd. III, N 30. S. 101–148.

### 1910

169. Bestimmung der radialen Geschwindigkeiten einiger “Standard velocity Stars” // МР. 1910. Bd. III, N 35. S. 209–220.
170. Сэр Вильям Хэггинс 1824–1910; Некролог // ИАН. Сер. VI. 1910. Т. IV, № 11. С. 811–814.
171. Отчет о командировке на 4-й Съезд для кооперации по наблюдениям Солнца, состоявшийся в Обсерватории на горе Вильсон, близ г. Пасадены, в Калифорнии // Там же. № 15. С. 1213–1218.

## 1911

172. Bemerkung zu dem Aufsatz von Herrn G. Neumin: "Über die radiale Geschwindigkeit von  $\alpha$  Cygni" // МР. 1911. Bd. IV. N 38. S. 20–21.
173. Über die Rotation der Venus. [СПб., 1911]. 4 S. (Отдельное издание – циркуляр).
174. Спектр кометы 1911 с. // ИАН. Сер. VI. 1911. Т. V, № 15. С. 1085–1087.
175. Spektrum des Kometen 1911 с (Brooks), beobachtet in Pulkowo // AN. 1911. Bd. 189. S. 439–440. [P., 1911. 24.Okt].
176. Über die veränderliche Geschwindigkeit des Centrums des Algolsystems // МР, 1911. МР. 1911. Bd. IV. N 45. S. 171–177.
177. Записка о заслугах кандидата в почетные члены Академии Николая Сергеевича Мальцева // Протоколы X засед. ОС АН, 10.XII.1911 г. СПб., 1911. § 274, прил. I. Совместно с другими.

## 1912

178. Отзыв о работе Р.О. Егермана "Die Bewegung der Kometenschweifmatekше auf hyperbolischen Bahnen" (рукопись) // Сб. отч. о прем. АН (III, 1908). СПб., 1912. С. 9–13.
179. Über das Spectrum der Nova Geminorum nach Aufnagmen am Spektrographen N III in Pulkowo // МР. 1912. Bd. V, 2, N 50. S. 25–34.
180. Спектр Новой в созвездии Близнецов по наблюдению в Пулково // ИАН. Сер. VI. 1912. Т. VI, № 7. С. 501–506.
181. Eine Bemerkung über den veränderlichen Stern Algol // BAS. Sér. VI. 1912. Т. VI, N 15. P. 937–938.
182. Исследование лучевых скоростей и спектра переменной звезды Алголя по наблюдениям в Пулково в 1907–1911 гг. III–IV // ЗАН ФМО. Сер. VIII. 1912. Т. XXXI, № 2. С. 1–76.

## 1913

183. Современные задачи астрономии // ИАН. Сер. VI. 1913. Т. VII, № 3. С. 131–152.
184. Доклад о деятельности Русского отделения Союза по исследованиям Солнца в 1907–1912 гг. // Прот. КИС. 1913. 19 апр. С. 3–4.
185. Ephemeride für  $\alpha$  Canum Venaticorum // AN. 1913. Bd. 195. S. 15, 159–160. [P., 1913. 20 Juni].
186. Das Spectrum von  $\alpha$  Canum Venaticorum // BAS. Sér. VI. 1913. Т. VII, N 12. P. 689–704.
187. Отчет о командировке за границу летом 1913 г. // ИАН. Сер. VI. 1913. Т. VII, № 13. С. 771–774.
188. Über das Spectrum von  $\alpha$  Canum Venaticorum // An. 1913. Bd. 196, S. 1–8. [P., 1913. Juli].
189. Записка об ученой деятельности члена Парижской Академии наук, директора Парижской Обсерватории Бенжамена Байо (Benjamin Baillaud) // Протоколы XV засед. ФМО АН, 13.XI 1913 г. СПб., 1913. § 752, приложение. Совместно с О.А. Баклундом.
190. Записка об ученой деятельности члена Баварской Академии наук, профессора и директора Обсерватории Мюнхенского университета д-ра Гуго Зеелигера (Hugo R. von Seeliger) // Там же. Совместно с О.А. Баклундом.

## 1914

191. Die Geschwindigkeiten im Visionsradius des veränderlichen Sterns  $\delta$  Cephei // МР. 1914. Bd. VI, 3, N 63. S. 31–53.

192. Note sur éléments de l'orbite de l'étoile Polaire. ВР. 1914. Vol. VI, 5, N 65. P. 103–104.
193. Записка об ученых трудах В.К. Цераского // Протоколы XV засед. ФМО АН, 26.XI.1914 г. СПб., 1914. § 726. V, приложение. С. 300–302.
194. Записка об ученых трудах Анри Деландра (Henri Deslandres) // Там же. С. 302–303.

### 1915

195. Исследование звезды  $\alpha$  Гончих Собак по спектрограммам, полученным в Пулково // ИАН. Сер. VI. 1915. Т. IX, № 1. С. 33–44.
196. О температуре солнечных пятен: Памяти П.Н. Лебедева // Там же. № 2. С. 83–86.
197. О спектре ядра кометы Делавана (1913 f) // Там же. № 6. С. 541–542.
198. Спектрально-двойная звезда 4 Н. Дракона ( $\alpha = 12^h 8^m$ ,  $\delta = +78^\circ 10'$ ) // Там же. № 12. С. 1301.
199. Василий Павлович Энгельгардт: Некролог // Там же. № 14. С. 1451–1452.
200. Об элементах орбиты спектрально-двойной Полярной звезды // Там же. № 15. С. 1561–1598.
201. Essai d'une recherche sur le spectre du noyau de la comète Delavan (1913f) // ВР. 1915. Vol. VI, 8, N 68. P. 132–133.
202. Recherches sur le spectre de l'étoile  $\alpha$  des Chiens de Chasse en 1913 et 1914 // Ibid. Vol. VI, 10, № 70. P. 161–231.
203. Sur le mouvement de l'étoile 4 Н. Draconis ( $\alpha = 12^h 7^m, 5$ ,  $\delta = +78^\circ 10'$ ) // Ibid. Vol. VI, 11, N 71. P. 233–249.
204. Записка об ученых трудах С.К. Костинского // Протоколы XV засед. ФМО АН, 18.XI.1915 г. СПб., 1915. (прил. II. § 592. С. 268–270.
205. Записка об ученых трудах Ф.-У. Дайсона (Frank Watson Dyson) // Там же. С. 272.

### 1916

206. О системе  $\alpha$  в Гончих Собаках // ИАН. Сер. VI. 1916. Т. X, № 10. С. 867–870.
207. Оскар Андреевич Баклунд 1846–1916: Некролог // Там же. № 13. 1171–1172.
208. Новый способ измерений на спектрокомпараторе для определения лучевых скоростей звезд // Там же. № 14. С. 1277–1282.
209. Oscar Backlund // ВР. 1916. Vol. VII, 7, N 79. P. 155–156.

### 1917

210. Исследование спектра переменной звезды  $\gamma$  Bootis // ИАН. Сер. VI. 1917. Т. XI, № 1. С. 27–48.
211. Исследование спектра звезды  $\delta$  Кассиопеи // Там же. № 3. С. 241–255.
212. Отчет за 1916–1917 год, представленный Комитету ГРАО ее директором. Пг., 1917. 50 с. [1917, Март].

### 1918

213. Отзыв о сочинениях К.Д. Покровского: 1) “Der Schweif des Kometen 1910 a”; 2) “Synchronen im Schweife des Kometen 1910 a” // Сб. отч. о прем. (АН. VII, 1912). Пг., 1918. С. 387–389. Совместно с О.А. Баклундом.
214. Отчет за 1917–1918 год, представленный Комитету ГРАО ее директором. Пг., 1918. 32 с. [1918. Март].

215. Исследование спектров свечения Гейслеровых трубок // ИАН. Сер. VI. 1918. Т. XII, № 10. С. 1033–1046. [П., 1918].
216. Николай Яковлевич Цингер: Некролог // Там же. № 16. С. 1759–1760.
217. Исследование орбиты  $\beta$  Цефея по спектрограммам, полученным в Пулково // Там же. С. 1783–1810.
218. О спектре Новой 1918 г.: (Предварительное сообщение) // Там же. № 18. С. 2247–2268.

### 1919

219. Отчет за 1918–1919 год, представленный Комитету ГРАО в Пулкове ее директором. Пг., 1919. 33 с. [1919. Март].
220. Спектрально-сложная звезда  $\gamma$  Геркулеса // ИАН. Сер. VI. 1919. Т. XIII, № 12/15. С. 615–618. [П., 1919. Сентябрь].

### 1920

221. Новая 1920 в созвездии Лебеда // ИАН. Сер. VI. 1920. Т. XIV. N 3. С. 219–210.
222. Сравнение спектров новых звезд 1892, 1901, 1912, 1918 и 1920 гг. // Там же. 221–226. [П., 1920. Октябрь].
223. Новая 1918 г. Ч. II. // Там же. С. 227–240.

### 1921

224. Курс астрофизики, т. III. Астроспектроскопия. Пг., 1921. 227, III с. (Науч. книгоизд.).
225. *Каптейн Я.К.* Строение Вселенной / Пер. под ред. и с доп. А.А. Белопольского. – Пг., 1921. (Науч. книгоизд.).
226. О спектрах новых 1892, 1901, 1912, 1918 и 1920 гг. по наблюдениям в Пулково // Сб. ГРАО. 1921. № 1. С. 5–9.

### 1922

227. Исследование элементов орбиты спектрально-двойной Полярной звезды. II // ИАН. Сер. VI. 1922. XVI. H<sub>2</sub>. С. 185–204.
228. Theory of Comet's Tails // Obs. 1922. Vol. XLV. P. 110–112.
229. Vergleichung der Spectra der Neuen Sterne 1892, 1901, 1912, 1918 und 1920 nach den in Pulkowo erhaltenen Spectrogrammen // AN. 1922. Bd. 216. S. 5–8. [P., 1921. November].
230. Сравнение спектрограмм новых звезд 1892, 1901, 1912, 1918 и 1920 гг., полученных в Пулково // Изв. Науч. ин-та. Лесгафта. 1922. Т. V. С. 71–76.

### 1923

231. О кометных хвостах // Отчет ГРАО, 1922 г. Пг., 1923. С. 85–90. [14.I.1922].
232. Описание приборов для спектральных исследований Солнца // Там же. Стр. 109–116. [11.XI.1922].
233. Comets and ionization // Obs. 1923. Vol. XLVI. P. 124–125. [P., 1923. Febr. 15].
234. О хвосте комет // ИРАО. 1923. Вып. XXV, № 1/4. 11–15.
235. Записка об ученых трудах А.С. Эддингтона (A.S. Eddington) // ИАН. Юнг Ч. Солнце: Популярная монография / Пер. П.А. Давыдова с изм. и доп. А.А. Белопольского. М.; Пг., 1923. VIII, 223 с.

## 1924

237. Записка об ученых трудах Джорджа Э. Хеля (George Ellery Hale) // ИАН. Сер. VI. 1924. Т. XVIII. С. 432–435.  
238. Записка об ученых трудах В.В. Кемпбелля (W.W. Campbell) // Там же. С. 435–439.  
239. Записка об ученых трудах М. Вольфа (M. Wolf) // Там же. С. 440–441.

## 1925

240. Гуго фон-Зелигер: Некролог // ИАН. Сер. VI. 1925. Т. XIX, № 9/11. С. 293–296.  
241. Витольд Карлович Цераский, 1849–1925: [Некролог] // Там же. № 18. С. 821–822.  
242. Записка об ученых трудах проф. А.А. Иванова // Там же. С. 869–871.

## 1927

243. Физическое строение кометных хвостов // РАК. 1927. вып. XXX. С. 137–161. [П., 1926. Сентябрь].  
244. К двухсотлетию со дня кончины Исаака Ньютона // Очерки по истории знаний. Л., 1927. I: Ньютон, 1727–1927. С. 3–10.  
245. Исследование элементов орбиты спектрально-двойной Полярной. III // ИАН. Сер. VI. 1927. Т. XXI, № 3/4. С. 167–176.  
246. Über die Intensitätsveränderlichkeit der Spectrallinien einiger Cepheiden // ВР. 1927. Vol. XI, 2, N 101. P. 79–88.  
247. Предисловие к статье Б.П. Герасимовича “Исследование интенсивности спектральных линий звезды  $\alpha$  Гончих Собак (Canum Venaticorum)” // Ibid. P. 89.  
248. Записка об ученых трудах проф. А.Я. Орлова // ИАН. Сер. 1927. Т. XXI, № 18. С. 1431–1435.  
249. Записка об ученых трудах проф. К.Д. Покровского // Там же. P. 1435–1438.  
250. Записка об ученых трудах проф. Г.А. Тихова // Там же. С. 1438–1441.  
251. Записка об ученых трудах проф. В.Г. Фесенкова // Там же. С. 1441–1445.

## 1928

252. Об изменении интенсивности линий в спектре некоторых Цефеид // ИОФМ. 1928. № 1. С. 1–8. [П., 1927. Август].  
253. О новых переменах в спектре звезды  $\alpha^2$  в Гончих Псах // ДАН. Сер. А. 1928. № 8. С. 473–475. [П., 1928. Август].  
254. Erscheinung heller Linien im Spektrum von  $\alpha^2$  Canum Venaticorum // AN. 1928. Bd. 234. S. 93–96. [1928. 30. Aug.].

## 1929

255. Die Fixsterne und Extra-galaktischen Nebel // AN. 1929. Bd. 236. S. 357–358. [P., 1929. September].

## 1930

256. Новые исследования спиральных туманностей // РАК. 1930. Вып. XXXIII. С. 119–124. [П., 1929. ноябрь].  
257. Исследование спектра звезды Гамма Геркулеса (3.79 Mg) по наблюдениям в Пулково // ИОФМ. 1930. № 3. С. 187–204. [1929. Декабрь].



258. Spektraluntersuchungen des Sternes  $\gamma$  Herculis nach Beobachtungen in den Jahren 1919, 20, 21, 24, 25, 27 und 29 in Pulkowo // AN. 1930. Bd. 238. S. 49–52 [P., 1929. Dez].
259. Хель Г.Е. Пятиметровый телескоп / Пер. А.А. Белопольского [и В.П. Цесевича] // Мироведение. 1930. № 3/4. С. 69–81.

#### 1931

260. О короткопериодическом изменении лучевых скоростей звезды Веги ( $\alpha$  Лиры) // ИМЕН. 1931. № 4. С. 479–489.
261. Über kurzperiodische Änderungen der Radialgeschwindigkeit bei dem Stern Vega // ZfA. 1931. Bd. 2. S. 245–253.

#### 1932

262. Солнечный спектрограф Академии наук // Бюлл. КИСО. 1932. № 1. С. 1–6.
263. О вращении Солнца: (Предварительные результаты) // Там же. № 2. С. 5–9.
264. The solar rotation: (Preliminary results) // Poulk. Obs. Circ. 1932. № 1. P. 3–8. [1931. Aug. 19].
265. Принцип Ритца // ПАК. 1932. Вып. XXXV. 126–131. [П., 1931. Сентябрь].
266. Über die Bahnelemente des spektroskopischen Doppelsternes Polaris // ZfA. 1932. Bd. 5. S. 294–296. [P., 1932. August].

#### 1933

267. О вращении Солнца // Природа. 1933. № 3/4. С. 30–36.
268. Макс Вольф (Max F. Wolf): Некролог // ИМЕН. 1933. № 4. С. 471–474.
269. Исследование спектрально-двойной Полярной звезды. IV. Там же. С. 537–550.
270. О движении материи на поверхности Солнца // Тр. Ноябрь. юбил. сес. АН. Л., 1933. С. 63–72.
271. Bestimmung- der Sonnenrotation auf spektroskopischem Wege in den Jahren 1931, 1932 und 1933 in Pulkowo // ZfA, 1933. Bd. 7. S. 357–363.

#### 1934

272. Вращение Солнца по спектрографическим наблюдениям в Пулкове в 1931, 1932 и 1933 гг. // Бюлл. КИСО. 1934. № 5/6. С. 5–16. [Вышло после смерти А.А. Белопольского.
273. Определение вращения Солнца в 1933 г. академическим спектрографом // Там же. №. 9. С. 5–12.

#### 1936

274. Нормальный спектр Солнца // Курс астрофизики и звездной астрономии. М.; Л., 1936. Т. II.

#### 1954

275. Белопольский А.А. Астрономические труды, М.; 1954.

## Работы о А.А. Белопольском

276. Автобиография // Материалы для биографического словаря действительных членов императорской Академии наук. Пг., 1915. Ч. I. С. 121–122. Список трудов: С. 122–126.
277. Автобиография // Огонек. 1927. 23 окт., № 43. С. 2, портр.
278. *Баклунд О.А., Бредихин Ф.А., Сонин Н.Я.* Записка об ученых трудах адъюнкта А.А. Белопольского // Протоколы I засед. ФМО АН, 8.I.1903 г. (СПб., 1903. § 22, прил. II; Протоколы III засед. ОС АН, 1. III.1903 г. (СПб., 1903 г. § 70), прил. VI.
279. *Баклунд О.А., Сонин Н.Я., Ляпунов А.М.* Записка об ученых заслугах А.А. Белопольского // Протоколы I засед. ФМО АН 11. I. 1906 г. (СПб., 1906., § 42 приложение); Протоколы III засед ОС АН, 4.III.1906 г. (СПб., 1906, § 72, прил. II.
280. Белопольский Аристарх Аполлонович // Энциклопедический словарь / Брокгауз и Ефрон. 1905. Т. I (дополн.). 347.
281. *Белопольский А.А.* Новый энциклопедический словарь. Т. VIII. С. 940, портр., табл. XXXII.
282. Белопольский А.А. Большая советская энциклопедия. М., 1927. С. 350–351.
283. *Бердичевская В.С.* Аристарх Аполлонович Белопольский // *Астрономический календарь на 1954 г.* М.: Физматгиз, 1953.
284. *Блажко С.Н.* А.А. Белопольский // *История астрономической обсерватории Московского университета.* М., 1941. (Учен. зап. МГУ. Вып. 58, раздел “Астрономия”).
285. *Блажко С.Н.* Белопольский А.А. // *Большая советская энциклопедия.* М., 1950. Т. 4.
286. *Блажко С.Н., Фесенков В.Г.* Памяти А.А. Белопольского // *Мироведение.* 1936. № 5.
287. *Бредихин Ф.А., Баклунд О.А., Бейльштейн Ф., Сонин Н.Я., Рыкачев М.А.* Записка об ученых трудах А.А. Белопольского // Протоколы II засед. ФМО АН 9.II.1900 г. СПб., 1900., § 66, прил. IV; Протоколы IV засед. ОС АН, 1.IV.1900 г. СПб., 1900, § 91, прил. II.
288. *Воробьева Б.Я.* Работа А.А. Белопольского в комиссии по исследованию Солнца // *Вопросы истории астрономии / Ленингр. отд. ВАГО.* М., 1974.
289. *Газе В.Ф.* А.А. Белопольский // *Творцы науки о звездах.* Л.: Красная газета 1930. С. 23–28, 2 портр.
290. *Герасимович Б.* Академик А.А. Белопольский, 1854–1934 // *Фронт науки и техники.* 1934. № 5/6. С. 193–194.
291. *Герасимович Б.* А.А. Белопольский, 1854–1934 // *АЖ.* 1934. Т. XI, № 3. С. 251–254, портр.
292. *Еропкин Д.И.* А.А. Белопольский // *Вестн. АН СССР.* 1934. № 9. Портр.
293. *Мельников О.А.* А.А. Белопольский (1854–1934): Научно-биографический очерк // *Белопольский А.А. Астрономические труды.* М., 1954. С. 5–58.
294. *Перель Ю.Г.* Выдающиеся русские астрономы. М.; Л.: Гостехиздат, 1951. С. 85–107.
295. *Покровский К.Д.* А.А. Белопольский: (К 50-летию его научной деятельности, 1877–1927) // *РАК.* 1928. Вып. XXXI. С. 123–135, 4 портр.
296. *Покровский К.* Умер академик А.А. Белопольский // *Известия ЦИК.* 1934. 18 мая, № 115(5663). С. 4.
297. *Покровский К.Д.* Академик А.А. Белопольский // *Природа.* 1934. № 8. С. 77–79, портр.
298. *Тихов Г.А.* Воспоминания об учителе // *Знание – сила.* 1957. № 9.

299. *Фесенков В.Г.* А.А. Белопольский // Люди русской науки. М.: Гостехтеориздат, 1948. Т. 1.
300. *Эйгенсон М.С.* Акад. А.А. Белопольский // За социалистическую науку. 1934. 20 мая, № 14 (58).
301. А. Belopolsky // *Die Sterne*. 1934. Н. 7/8. S. 175.
302. Dr. A.A. Belopolsky // *Popular Astronomy*. 1934. Vol. 42, N 6. P. 347.
303. *Gerasimovič B.P.* Aristarch Belopolsky // *AN*. 1934. Bd. 252. S. 203–204.
304. *Newall H.F.* Aristarch Belopolsky // *MNRAS* 1935. Vol. 95. P. 338.
305. *Struve O.* А.А. Belopolsky // *PA* 1935. Vol. 43. P. 16.

## Использованная литература

306. *Байков А.А.* Пулковская обсерватория в 1905–1907 гг. // ИАИ. М., 1959. Вып. V.
307. *Воробьева Е.Я.* К истории вопроса о космической дисперсии света // ИАИ. М., 1976. Вып. XII.
308. *Зельдович Я.Б., Новиков И.Д.* Строение и эволюция Вселенной. М., 1975.
309. Известия. 1917. 4 марта.
310. Известия. 1927. 23 сент.
311. Итоги науки в теории и практике. М., 1911. Т. II.
312. Ленин и Академия наук. М., 1969.
313. *Луначарский А.В.* К двухсотлетию Всесоюзной Академии наук // Новый мир. 1925. № 10.
314. *Луцкий В.К.* История астрономических общественных организаций в СССР. М., 1982.
315. *Мартынов Д.Я.* Воспоминания // ИАИ. М., 1985. Вып. XVII.
316. *Мельников О.А.* О приоритете отечественной спектроскопии // АЖ. 1953. Т. XXX.
317. *Михайлов А.А., Мельников О.А.* Славные страницы истории // ИАИ. М., 1988. Вып. XX.
318. *Невская Н.И. Ф.А.* Бредихин. М.; Л., 1964.
319. *Орлов БА.* Пулковская обсерватория // Главная астрономическая обсерватория АН СССР. М., 1953.
320. Письма Д.Д. Гедеонова к В.В. Витковскому // ИАИ. М., 1958. Вып. IV. С. 509–571.
321. *Пономарев Д.Н.* Зарождение и развитие фотографической астрометрии в России // ИАИ. М., 1982. Вып. XIV.
322. *Струве О., Зебергс В.* Астрономия XX века. М. 1968.
323. *Тихов Г.А.* Шестьдесят лет у телескопа. М., 1959.
324. *Шайн Г.* Звездная спектроскопия // Астрономия в СССР за 15 лет: (Наука в СССР за пятнадцать лет, 1917–1932): Сборник. М., 1932. С. 69–78. В статье даны сведения о работах А.А. Белопольского.

## Архивные материалы

325. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 706. Оп. 2. № 6.
326. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 706. Оп. 2. № 5. Л. 7.
327. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 706. Оп. 1. № 124. Л. 132.
328. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 706. Оп. 1. № 124. Л. 139.
329. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 706. Оп. 1. № 106.
330. Черновик письма П.Н. Лебедева А.А. Белополюскому // Архив РАН. СПб. отд. Ф. 293. Оп. 2. № 44. Л. 34.
331. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 328. Оп. 2. № 4. Л. 10.
332. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 706. Оп. 1. № 99. Л. 12.
333. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 704. Оп. 4. № 92. Л. 1.
334. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 706. Оп. 1. № 189. Л. 2–4.
335. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 706. Оп. 2. № 1. Л. 17.
336. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 706. Оп. 2. № 15. Л. 12.
337. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 706. Оп. 1. № 106.
338. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 706. Оп. 1. № 135. Л. 1–2.
339. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 706. Оп. 1. № 134. Л. 1.
340. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 706. Оп. 1. № 197. Л. 2.
341. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 293. Оп. 4. № 2.
342. Архив РАН. СПб. отд. Ф. 6. Оп. 1. № 26. Л. 113–114.

## Содержание

<b>Введение</b> .....	5
<b>Глава 1</b>	
<b>Начало биографии</b> .....	7
<b>Глава 2</b>	
<b>Школа</b> .....	17
<b>Глава 3</b>	
<b>Мастерство</b> .....	40
<b>Глава 4</b>	
<b>Признание</b> .....	74
<b>Глава 5</b>	
<b>Наука и жизнь</b> .....	106
<b>Глава 6</b>	
<b>Человек и ученый</b> .....	118
<b>Заключение</b> .....	132
<b>Основные даты жизни и деятельности А.А. Белопольского</b> .....	137
<b>Список сокращений</b> .....	139
<b>Литература</b> .....	141

Научное издание

**Житомирский** Сергей Викторович  
**Козенко** Александр Васильевич

**Аристарх Аполлонович Белопольский**  
**1854–1934**

*Утверждено к печати  
Редколлегией серии  
“Научно-биографическая литература”  
Российской академии наук*

Зав. редакцией *Е.Ю. Жолудь*  
Редактор *А.Н. Беркутова*  
Художник *В.Ю. Яковлев*  
Художественный редактор *Т.В. Болотина*  
Технический редактор *М.К. Зарайская*  
Корректоры *А.Б. Васильев, М.Д. Шерстенникова*

Подписано к печати 12.01.2005  
Формат 60 × 90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура Таймс. Печать офсетная  
Усл. печ. л. 10,0. Усл. кр.-отг. 10,3. Уч.-изд. л. 8,8  
Тип. зак. 799

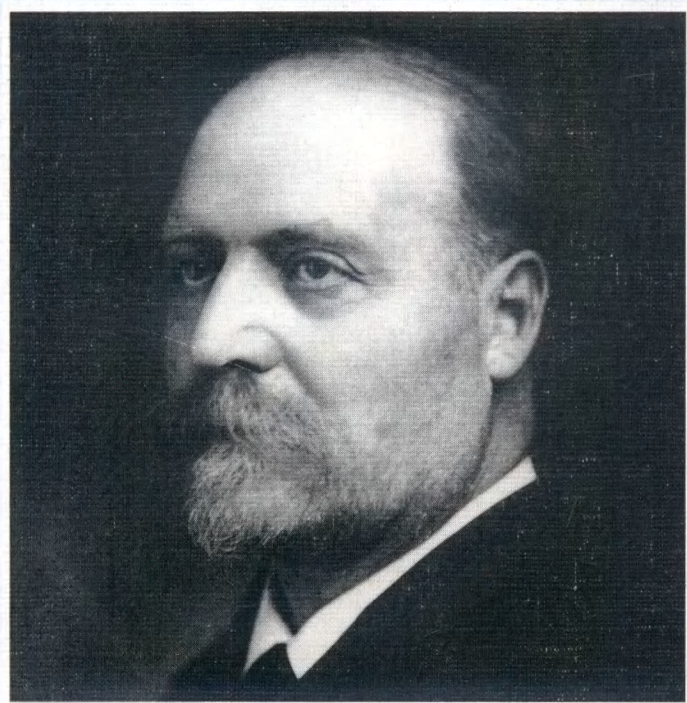
Издательство “Наука”  
117997, Москва, Профсоюзная ул., 90

E-mail: [secret@naukaran.ru](mailto:secret@naukaran.ru)  
Internet: [www.naukaran.ru](http://www.naukaran.ru)

Отпечатано с готовых диапозитивов  
в ГУП “Типография “Наука”  
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12



НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ  
ЛИТЕРАТУРА



*С. В. Житомирский*  
*А. В. Козенко*

**Аристарх**  
**Аполлонович**  
**БЕЛОПОЛЬСКИЙ**

С. В. Житомирский А. В. Козенко

Аристарх Аполлонович Белопольский

## НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

Книга представляет собой первую научную биографию выдающегося русского астрофизика академика Аристарха Аполлоновича Белопольского (1854–1934). А.А.Белопольский был одним из основоположников астрофизики в России, директором Пулковской обсерватории. В трудное для страны время революции и Гражданской войны много сделал для сохранения астрономической науки. Им осуществлена экспериментальная проверка принципа Доплера. Его астрофизические исследования Солнца, звезд, планет и комет получили всемирное признание. Его именем названа малая планета и кратер на Луне.

ISBN 5-02-033211-9



9 785020 332119

