

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



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

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

**П. В. Мюрсепп
У. К. Вейсманн**

**Бернхард
ШМИДТ**

1879—1935

Ответственный редактор
Н. Н. МИХЕЛЬСОН



**ЛЕНИНГРАД
«НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1984**

Мюрсепп П. В., Вейсманн У. К. Бернхард Шмидт. — Л.: Наука», 1983. — 134 с.

Книга посвящена жизни и творчеству оптика-изобретателя Бернхарда Шмидта. Родившись в Эстонии, он более тридцати лет жил и работал в Германии. Там изобрел свободную от комы широкоугольную светосильную оптическую систему, принесшую ему, правда, уже после смерти, всемирную известность. В книге использованы архивные материалы и воспоминания родственников и знакомых Б. Шмидта. Библиогр. 147 назв. Ил. 20. Табл. 6.

Рецензенты:

З. К. СОКОЛОВСКАЯ и В. А. ГУРИКОВ

Предисловие

Вышедшие в 1972 г. на эстонском и в 1976 г. на русском языках брошюры «Бернхард Шмидт» были первыми самостоятельными изданиями о жизни и деятельности создателя новой оптической системы телескопа. Свободная от наиболее трудно устранимого недостатка — комы, система эта, принесла всемирную славу ее создателю, получила международное признание, а телескопы такой системы установлены в крупнейших обсерваториях мира.

Авторам настоящего издания удалось собрать новые дополнителные сведения о деятельности Б. Шмидта и масштабах применения его телескопа. Большую помощь в получении информации, документов и фотографий оказали племянник Б. Шмидта Эрик Шмидт, проживающий на о-ве Майорка, родственница Дагмар Сийтам, проживающая в Тарту, профессор Гамбург-Бергедорфской обсерватории А. А. Вахманн, астроном ГДР Клаус Лёхель, уроженец г. Митвейды, в котором Б. Шмидт прожил значительную часть своей сознательной жизни, и ряд других лиц, лично знавших его. Фотокопии приводимой здесь переписки Б. Шмидта, ранее полученные из Германии известным советским историком астрономии Валентином Лукичом Ченакалом, скончавшимся в 1977 г., любезно предоставлены его вдовой Л. Г. Ченакал. В прилагаемой библиографии был использован список литературы о Б. Шмидте, ранее составленный Р. Паулсом и полученный через д-ра У. Хауга из Гамбург-Бергедорфской обсерватории.

Все цитируемые в книге письма Шмидта, письма о нем самом, как и его переписка с Потсдамской обсерваторией, не снабженные указанием на источник, в фотокопиях и оригиналах хранятся в личном архиве П. В. Мюрсеппа. Ссылки на два источника — работы Вахманна (Wachmann, 1962) и Лёхеля (Löchel, 1959), посвященные биографии Шмидта, — в тексте приводятся без указаний на год издания.

Введение

Творческие судьбы выдающихся исследователей, равно как и судьбы их достижений, складываются по-разному. Счастливыми можно назвать те, чьи обладатели, внося весомый вклад в науку, быстро получали признание, создали свои направления, имели учеников и последователей, и вдвойне счастливыми — если при этом тесно соприкасались с выдающимися людьми своего времени самых разных профессий. Их биографии — увлекательный рассказ о различных этапах истории страны, о духовной культуре и ее носителях. Творческая судьба Шмидта резко противоположна. Работая в одиночку, не имея сподвижников, не имея даже семьи, он не включался в общественную и культурную жизнь ни на родине, ни в Германии, где провел большую часть своей жизни, и даже в узко специальной литературе (астрономическая оптика) им самим не оставлено почти никакого следа. Но он изобрел систему, позднее названную его именем, и потому его биография — это в значительной степени и история его изобретения.

Изобретения не возникают на пустом месте, они опираются на существующую научно-техническую культуру, и предпосылками для их возникновения являются потребность в них, соответствующий уровень знаний, технические средства для осуществления. Поэтому, прежде чем изложить сущность изобретения Шмидта, следует сделать короткий экскурс в историю астрономической оптики с целью более точного описания того уровня, на котором находилась эта ветвь оптики в период появления его изобретения.

Поскольку к моменту рождения различных изобретений общий уровень знаний обычно приближался к ним, часто оказывалось, что похожие решения были найдены и другими авторами. Наиболее ярким тому примером является известное в истории техники изобретение телефона независимо друг от друга двумя авторами и зарегистрированное одним из них с опережением всего на час.

Весьма часто после опубликования крупных изобретений или открытий находились лица, кто, ссылаясь на свои более ранние высказывания или публикации, пытались оспаривать приоритет. Как правило, эти высказывания носили неконкретный характер и, выражаясь языком патентоведения, чаще всего представляли собой теоретические предложения, на данное время не воплотимые. Забегая вперед, отметим, что в этом отношении изобретение Б. Шмидта явилось блестящим примером сочетания теории и практики: он не только предложил новую оптическую систему и способ ее реализации, но и сам показал осуществимость своего способа.

Для оценки важности любого изобретения необходимо определить его место и значение в двух аспектах — во времени и среди других аналогичных решений. Применительно к изобретению Шмидта первый влечет за собой описание пути развития астрономических инструментов к началу настоящего столетия и особенно уровня, достигнутого в первую треть XX в., до изобретения Шмидта. Останавливая внимание на периоде с момента появления камеры Шмидта до настоящего времени, постараемся проследить, какое распространение получило изобретение в практике и какую роль оно играет в данной отрасли сейчас, спустя полвека. Было бы неудивительно, если бы изобретение, играющее в свое время важную роль в технике, за полвека вытеснилось бы новыми решениями. Во всяком случае, такое мы наблюдаем во многих отраслях техники (радиоэлектроника, вычислительная техника, электроизмерения и т. п.). Другой аспект приводит к рассмотрению разнообразных видов оптических инструментов, применяемых для аналогичных целей. Сюда относятся классические зеркальные телескопы с корректорами, апланатические зеркальные системы, модификации и аналоги камеры Шмидта и т. п. Забегая несколько вперед, отметим, что обзор данного класса инструментов покажет: система Шмидта широко используется до настоящего времени и несомненно найдет применение и в будущем. Теперь, когда перед астрономами в связи с космическими исследованиями опять встали проблемы, аналогичные приведшим к строительству больших камер Шмидта для ведения наблюдений с Земли (1950—1970 гг.), выдвигается проект сооружения камеры Шмидта для наблюдений из космоса до конца этого столетия.

На Родине

Шмидты — коренные жители острова Найссаар

Благодаря недавно завязавшейся переписке с Эриком Шмидтом, племянником Бернхарда Шмидта, в настоящее время живущим на о-ве Майорка, пополнились сведения об их семье. Племянник любезно представил в наше распоряжение еще не опубликованные данные из своего семейного архива. Ознакомившись с брошюрами П. В. Мюрсеппа «Бернхард Шмидт», изданными в 1972 г. на эстонском и в 1976 г. на русском языках, Эрик Шмидт в письме их автору выразил свое удовлетворение их содержанием, отметив объективность изложения, лишённого, по его мнению, всяких преувеличений и дающего верное представление о Бернхарде Шмидте как о человеке. Отдавая себе отчет в сложности, неизбежно сопровождающей сбор материала, которого, как он знает, сохранилось не так уж много, Эрик охотно делится известными ему подробностями из жизни семьи Шмидтов.

Остров Найссаар находится в 9 км к северо-западу от Таллина, в устье его бухты. Расположенный на путях сообщения между прибалтийскими землями, он издавна был известен мореплавателям, путешественникам, купцам, о чем свидетельствуют и находки там арабских монет VIII—X вв. Первое письменное упоминание о нем восходит к XI в. и принадлежит путешественнику из Бремена, монаху Адаму, который в своих рассказах о чужих странах называет остров, что лежит севернее Эстляндии, Terra Feminaeum — Земля женщин, а в переводе с эстонского Найссаар означает остров женщин (naine — женщина, saar — остров). В книге «История Норвегии» (Historia Norvegiae) второй половины XII в. описан остров с именем Virginium Terra — Земля дев. Все эти названия — видимо, отзвуки одной из наиболее распространенных легенд — легенды о некогда заселявшем остров племени амазонок (кстати, в некоторых источниках он встречается именно под этим названием — Amazonia). Много позднее эта и другие легенды послужили сюжетом поэтических произведений (поэмы «Рождение Найссаара» эстонской поэтессы Марие Ундер и

«Найссаар» финского прозаика Эйно Лейно). Но у острова есть и менее романтическое название, под которым он и фигурирует во многих навигационных книгах (например, «*Navigatio ex Daniae per Balticum ad Estoniam*» XIII в. — Морской путь из Дании через Балтийское море в Эстонию) — Nargen, или Nargö; или еще более старинное — Nargethen, что означает «узкий пролив».

Довольно большой по площади (18.6 км²), остров возвышается самыми значительными своими вершинами (две горы — Куниламяги и Суурмяед) на 25—27 м над уровнем моря. Поросшие превосходными корабельными соснами, эти вершины хорошо видны с середины Финского залива. Поэтому остров долго служил естественным морским ориентиром, а лес по этой причине категорически запрещалось вырубать. И хотя еще в XIV в. по приказу городского правления в видных с моря бухтах острова на якорях устанавливали бочки с горящей смолой, указывающие путь судам, строительство маяков началось лишь в конце XVIII в. Первые деревянные маяки были установлены в северной и южной частях острова в 1788 г. В начале следующего столетия они снабжались уже часовым механизмом, обеспечивающим мигающий огонь. Летом 1844 г. в северной части острова был заложен каменный маяк, строительство которого завершилось через пять лет. Он достигал 38 м в высоту и был разрушен в 1941 г. С 1960 г. на северной оконечности Найссаара возвышается 45-метровая железобетонная башня, на южной — стальной стержневой маяк высотой 15 м.

Коренными жителями острова можно считать эстонцев, на что указывают и первоисточники и многие закрепившиеся названия местностей, но было много и выходцев из Скандинавских стран — Швеции, Норвегии, Финляндии. Два раза — в 1730 и 1913 гг. — население насильственно изгонялось с острова, а сам он превращался в военное укрепление. Кроме нескольких десятков хуторов, на острове были три деревни — Южная, Западная, Северная. Островитяне занимались рыбной ловлей, охотой на тюленей, проводкой судов.

Издавна население острова имело права граждан Таллина. Городское правление проявляло интерес к острову прежде всего как к поставщику дров для отопления города. Как граждане Таллина жители вносились в церковные книги города, но при этом следовало указывать

фамилию. А поскольку у эстонцев таковой не было, то ее предлагал пастор, обычно немец. Отсюда и появились у эстонцев немецкие фамилии.

Так произошло и с предком (прапрадедом) Бернхарда Шмидта по имени Матс, прибывшим в середине XVIII в. из Финляндии, из окрестности Пори, и получившим фамилию Шмидт. Двое из его семи сыновей ее унаследовали, и, значит, остров Найссаар, выражаясь фигурально, вполне можно назвать «родовым гнездом» Шмидтов. Один из сыновей Матса, Ян, похоронен на местном кладбище, и Эрик Шмидт помнит, что на деревянном кресте надгробия выбит 1756 г. Видимо, год рождения того, поскольку, согласно документам бюро ЗАГС Эстонской ССР, сын Яна Якоб родился на острове в 1790 г. У Якоба в 1821 г. родился сын Маттиас, который в 1852 г. женился на Анне-Элизабет Юргенсон, а 22 марта 1853 г. (ст. ст.) у молодой четы родился первенец — Карл-Константин, в будущем — отец Бернхарда.

Начальное образование Карл-Константин получил в Таллине, в немецкой школе, поскольку на острове своей еще не было. Однако с 1866 г. детей Южной деревни, где жили Шмидты, начали обучать и там, именно в доме, принадлежащем их семейству, самая большая комната которого на время занятий превращалась в классную. Первыми учителями были миссионеры из Швеции, Бергстен и Берг, а среди первых учеников — и Мария-Хелене-Кристине Розен, будущая мать Бернхарда. Строительство собственно школьного здания завершилось только в 1876 г. Вплоть до 1925 г. преподавание велось на шведском языке, а позднее — на эстонском. Неудивительно поэтому, что до первой мировой войны почти во всех семьях острова говорили главным образом по-шведски.

В 1870 г. Маттиас умер, оставив 39-летнюю Анну вдовой с десятью детьми, из которых самый младший родился через три месяца после его смерти, а старшему, Карлу-Константину, было 18 лет. Спустя три года Карл-Константин приобрел в полную собственность усадьбу за 240 руб. (сохранилась купчая на трех языках — русском, немецком, эстонском). Дому принадлежали хозяйственные постройки: баня, кузница, несколько кладовых (для хранения одежды, сетей, салаки), конюшня, коровник, земляной погреб, сарай для сена, ветряная мельница на двоих с соседним семейством и деревянный сарайчик

на берегу для хранения сетей. Площадь участка составляла 30 лофтелей (5.4 га).

В 1878 г. 26-летний Карл-Константин женился на 18-летней дочери лодмана Георга Розена Марии-Хелене-Кристине (1860—1930) и 30 марта (11 апреля н. ст.) 1879 г. у них родился первенец — сын Бернхард-Вольдемар. За ним последовали Вильгельм-Даниель (1880—1883), Аугуст-Фридрих (1883—1973), Ольга-Хелене (1885—1931), Берта-Регине (1888—1936).

Карл-Константин служил волостным писарем, хотя в архивных документах значится лодманом. На этот же, последний, род занятий отца указывает и Бернхард во вступительном заявлении в Митвейдовский техникум. Видимо, сыну профессия лодмана казалась более почтенной. К слову сказать, в этом расхождении большой натяжки нет: почти все мужчины острова по очереди занимались проводкой судов.

Получив знание немецкого еще в школе, Карл-Константин стремился передать его своим детям, разговаривая с ними на этом языке. И хотя языком общения в семье был шведский, все хорошо владели и эстонским. Русский Карл знал недостаточно. И в последние годы жизни, уже больной туберкулезом легких, часто отправлялся в северную часть острова, где начальник маяка помогал ему переводить с русского содержание казенных циркуляров. В 1889 г., 16 ноября (ст. ст.), отец Бернхарда скончался.

Мать Бернхарда Мария-Хелене-Кристине, по свидетельству их родственницы Дагмар Сийтам (в настоящее время живет в Тарту), в детстве часто проводившей лето на острове, была женщиной оригинальной и среди сограждан очень уважаемой. По профессии акушерка, она выполняла на острове обязанности и врача. Островитяне относились к ней с трогательным доверием. После смерти отца Бернхарда мать вторично вышла замуж за своего деверя (брата умершего мужа). От этого брака родилась дочь — Эстер-Наталия (1900 г.).

Национальная принадлежность Бернхарда Шмидта всегда вызывала много споров. Попробуем разобраться, что послужило тому причиной.

Жители Найссаара принадлежали главным образом к приходам эстонских церквей Яни и Пюхавайму в Таллине, хотя в 1856 г. на острове была построена и с этого времени действовала маленькая деревянная церквушка.

Шмидты были прихожанами сначала церкви Пюхавайму, а к моменту рождения Бернхарда — Яни. В 1889 г. мать, будучи уже во втором браке, перешла из эстонского прихода в финно-шведско-михкельский приход. Как уже говорилось, остров населяли выходцы из Скандинавии, их потомки, эстонцы, а смешанные браки и вовсе переплели национальные корни. Немудрено, что о национальности зачастую судили по принадлежности к приходу. И если учесть, что предок Бернхарда был родом из Финляндии, а последним приходом семьи Шмидтов была финно-шведско-михкельская церковь, то ему, казалось бы, можно приписать и скандинавское происхождение, что позволяло и свободное владение шведским языком. Но руководствуясь подобными фактами, допустимо немецкую фамилию, знание этого языка и долгое пребывание в Германии считать указанием на принадлежность к немецкой нации. И, к слову сказать, такое утверждение проникло в литературу о нем. В опровержение этому приведем высказывание профессора А. А. Вахманна, коллеги Шмидта из Гамбург-Бергедорфской астрономической обсерватории. Он пишет: «Разрешите мне противостоять легенде о немецком происхождении Шмидта, что повторяют во многих писаниях как в Германии, так и за границей. Фамилию Шмидт, которая часто встречается среди немцев, взял один из предков Бернхарда по имени Матс, когда горстка немцев составляла в Прибалтике господствующий класс и было обычным брать себе подобные фамилии. Так эстонец Матс стал Шмидтом, но не немцем» (Wachmann, S. 30). Несомненно, Вахманну это известно со слов Шмидта. И если все же в этом вопросе абсолютной ясности нет, то одно непреложно — сам Шмидт считал себя эстонцем, о чем свидетельствует и большинство архивных документов.

Детство Бернхарда

Как вспоминает Аугуст Шмидт, Бернхард с детства был очень неразговорчив и среди остальных детей семьи выделялся сдержанностью и задумчивостью, постоянной сосредоточенностью на чем-то своем, интересном. Эти черты характера сохранились у него на всю жизнь. Трудолюбие и упорство, приобретенные еще в детстве, впоследствии помогали достигать поставленной цели.

Большая семья доставляла матери немало хлопот, да и по роду своих занятий ей приходилось часто отлу-

чаться из дому. Видимо, поэтому Бернхарду нетрудно было подолгу оставаться представленным самому себе и заниматься тем, что увлекало, а увлечений было предостаточно, и немалое место среди них занимала оптика. Правда, проникший в литературу о Шмидте рассказ о том, как он из выброшенных на берег родного острова бутылочных днищ отшлифовал песком линзы и сделал телескоп, кажется столь же маловероятным, сколь и сентиментальным. Того же мнения придерживается и Эрик Шмидт, но добавляет, что его отец, Аугуст, рассказывал, как Бернхард изготовил линзу из прозрачного куска льда с полуметровым диаметром, и когда за нее поставили свечу, или лампу, то света было «ох, как много!».

А однажды, повествует Аугуст, Бернхард приготовил взрывчатую смесь и решил испытать ее силу, для чего наполнил ею железную трубку, заткнув оба ее конца и приладив самодельный фитиль. Испытание решил проводить на краю леса, подальше от дома, чтобы взрыв не услышали там. Помощником вызвался быть 20-летний родственник местного учителя. Когда приготовления были закончены, а фитиль подожжен, Бернхард и его помощник убежали в лес. Но прошло много времени, а взрыва все не было, и Бернхард, думая, что фитиль погас, пошел посмотреть, так ли это. В тот момент, когда он поднял трубку, произошел взрыв. Кроме иных повреждений ему оторвало два пальца правой руки. Когда на следующий день пошли искать их, то нашли в 50 шагах друг от друга. Взрыв был такой силы, что Аугуст с приятелем, игравшие на берегу среди лодок, услышали его, но не поняли, что тому причиной. Когда Аугуст пришел домой, Бернхард стонал от боли. Мать завязала руку, как сумела, и в ту же ночь мальчика увезли в город не то на весельной шлюпке, не то на парусной лодке. Чтобы добраться до Таллина на веслах при тихой погоде требовалось три часа, а при попутном ветре — около двух.

В Таллине его удалось поместить только в Госпиталь приказа общественного призрения Эстляндской губернии, что очень огорчило мать. Она потом часто сокрушалась по этому поводу, видимо, тайне полагая, что, оказавшись он в другой больнице, исход был бы не столь удручающ. В госпитале Бернхарду отняли руку на десять сантиметров ниже локтя.

Поистине достойно преклонения то недетское упорство, с каким юный Бернхард преодолевал свое увечье,

стараясь подчинить его себе, научиться жить, его не замечая. И забегая вперед, скажем — он одержал блестящую победу. Как вспоминает Аугуст, вернувшись из больницы, Бернхард пытался вновь освоить игру на самодельной скрипке, прибинтовав резиновой материей смычок к искалеченной руке. Позднее он смастерил динамомашину и на испытания взял в помощники Аугуста. Тот должен был крутить рукоятку до появления тока. Но это оказалось утомительным и долгим занятием, и юный «ассистент», потеряв интерес к электричеству, убежал к великому негодованию изобретателя.

Эрику Шмидту запомнился также четырехметровый деревянный пропеллер, висевший под навесом крыши и сконструированный Бернхардом, как ему известно, тоже уже после трагического случая. Этот пропеллер Бернхард установил на весельной шлюпке, на которой ходил в Таллин. Крылья его, обтекаемые с двух сторон, при ветре могли свободно вращаться в обе стороны. Женщины «рыбного берега» насмешливо называли это сооружение «бабьей кофейной мельницей».

Наловчившись одной рукой все делать сам, Бернхард не нуждался в посторонней помощи. Дагмар Сийтам вспоминает, что еще ребенком разглядывала его с большим интересом. Его единственная рука была необычайно умелой. Он, например, очень ловко завязывал ею шнурки ботинок, вызывая удивление малышки, как видно, едва справлявшейся с этой операцией при помощи двух рук.

По свидетельству Эрика Шмидта, Бернхард четыре года проучился в начальной школе Найссаара, а затем еще три года посещал по субботам так называемую школу усовершенствования. Его одаренность была столь очевидной, что учителя зачастую прибегали к его помощи в процессе преподавания. В 1895 г., год спустя после несчастного случая, Бернхард прошел конфирмацию в финно-шведско-михельской церкви в Таллине и остался жить в городе.

Эрик Шмидт сообщает, что сохранил линзы телескопа, сконструированного Бернхардом: «Их диаметр около 12 см. Длина телескопа была 120 см. Говорили, что при его помощи можно было увидеть людей на окраине Таллина. Может быть, это и был его первый пятидюймовый телескоп?». О телескопе с такими параметрами профессор Вахманн пишет: «В одном малопопулярном, прекратившем давно уже свое существование жур-

нале *Astronomische Rundschau* фамилию Шмидта упоминают часто. Если учитывать успех, который Шмидт имел позже в области астрономической оптики, то кажется смешным совет, данный ему редактором журнала в 1899 г.: „Вы поступили бы лучше, если бы купили хороший объектив, так как 2-дюймовый дает лучшие результаты, чем Ваш самодельный 5-дюймовый“» (Wachmann, S. 29).

Этот отрывок, скорее эмоционально окрашенный, нежели информационно насыщенный, дает нам все же право полагать, что по крайней мере в период с 1895 по 1901 г. Шмидт усердно занимался исследованием неба, и в журнале, пусть даже и малопопулярном, регулярно появлялись его сообщения. А в 1901 г. о нем упоминают, как об одном из открывателей *Nova Persei*.

Таковы истоки формирования личности Бернхарда Шмидта, и в завершение к ее портрету обратимся к воспоминаниям профессора Вахманна, относящимся, правда, к Шмидту более зрелой поры жизни, но которая есть развитие и в определенной мере даже следствие ее начала, способного пролить свет на многое, что зачастую удивляло в его натуре.

По мнению Вахманна, представления о Шмидте у большинства тех, кто знал его при жизни, было едва ли не карикатурой на то, чем был он в действительности — «каким художником оптики и человеком». Трагедия, пережитая им в юности, не могла не отразиться на свойствах этой и по своей природе сложной натуры, еще более усугубив ее врожденные черты — замкнутость, немногословие. И неудивительно, что, будоража воображение людей, знавших его явно поверхностно (а глубину извещали лишь избранные), и в то же время сторонясь их общества, он, по словам Вахманна, вряд ли вызывал их симпатии.

Уверенный в том, что путь к вершинам мастерства лежит лишь через личный опыт, он даже свое искусство изготовления оптических приборов, доведенное до совершенства, не оставил в наследство другим и на просьбы описать его ответил: «Дайте другим возможность проделать те же самые опыты. Если я свои опишу, то это явится для астрономов и оптиков таким потрясением, что мне никогда больше не дадут возможность что-то конструировать». Вероятно, и сами методы не укладыва-

лись в привычные для той поры нормы их научного обоснования.

Как видно, он не слишком верил и в возможность совместного творчества, если смог сказать: «Только один человек стоит чего-то. Если людей двое, возникнет ссора. Сотня из них образует шумящую толпу, а если их тысяча или больше, тогда они начинают новую войну» (Wachmann, S. 28).

И уж если он был так скрытен в вопросах, касающихся профессионального мастерства, то его частная жизнь, факты его биографии, надо думать, были и вообще, что называется, за «семью печатями». Этим, по-видимому, и объясняется то обстоятельство, что сведений о нем сохранилось мало, а «вокруг его такой своеобразной личности после его смерти образовалось много легенд и анекдотов, которые рассказывают о нраве и характере человека больше, чем длинные биографии» (там же).

Митвейда

Начало самостоятельной жизни

Быстротечная пора детства миновала, и вот Бернхард уже на пути во взрослую жизнь. В 1895 г., 16-летним, он устраивается телеграфистом на Таллинскую береговую сторожевую станцию, но, как мы знаем, не оставляет занятий астрономией и оптикой ни тогда, ни потом, работая уже фотографом-ретушером, да и позднее — на заводе электрических машин «Вольта».

Шмидт много читает, мастерит всевозможные самоделки, шлифует небольшие линзы, но все острее ощущает недостаток в систематических знаниях и наконец в возрасте 22 лет, покинув родину, отправляется в Гётеборг с намерением поступить в Высшую школу Чалмерса (Chalmers Tekniska Högskola).

На наш запрос, направленный в ректорат этой высшей школы, пришел ответ от 15 апреля 1980 г. такого содержания: «Как Вы видите в прилагаемой копии с наших актов, Бернхард-Вольдемар Шмидт был принят студентом на третий (последний) учебный курс низшей ступени школы в сентябре 1901 г. Школа была реоргани-

зована в 1937 г. Из высшей ступени получился Технический университет Чалмерса (Chalmers University of Technology), а из низшей ступени — техническая гимназия. Вероятно, Бернхард Шмидт не приступил к учебным занятиям, так как в октябре того же года (1901) ушел из школы».

Для общего сведения укажем, что, по правилам приема на низшую ступень, абитуриент должен был быть не моложе 14 лет, иметь примерное поведение, хорошо знать религию, владеть шведским языком в чтении и письме и четырьмя действиями арифметики, включая простые и десятичные дроби. Закончив три года низшей ступени, многие стремились поступить на высшую.

Итак, как явствует из документов, Бернхард Шмидт был принят в это учебное заведение и даже успел запечатлеть себя на фотографии в форменной фуражке, но учиться не стал по причине, нам неизвестной, а 23 октября 1901 г., находясь уже в Германии, подал заявление с просьбой о зачислении его в Митвейдовский¹ техникум, что в Саксонии, куда принимали с образованием не менее шести классов.

Из скудных ответов на вопросы бланка заявлений удалось кое-что почерпнуть. Так, например, именно оттуда мы узнали, что чуть более полутора лет Шмидт проработал в бюро завода «Вольта» в качестве чертежника. И это с одной только левой рукой! И еще не столь важная, сколь забавная деталь. Заявления в оба учебных заведения составлены хоть и с очень незначительной разницей по времени, но все же не вполне одинаково. Графу о предшествующем образовании в заявлении, поданном в Школу Чалмерса, он оставляет незаполненной, зато в заявлении, поданном в техникум, в аналогичной бесстрастно выводит ... название именно этой школы. Что же, ... юридически все верно — ведь был же он туда зачислен!

В программу первого семестра техникума (октябрь 1901—март 1902) входили алгебра, стереометрия, тригонометрия, физика, электротехника, механика, сопротивление материалов, машиностроение, начертательная геометрия, черчение и немецкий язык. Прилежание по всем

¹ Митвейда — небольшой промышленный городок, находящийся на территории ГДР приблизительно в 50 км к западу от Дрездена.



Б. Шмидт — студент Чалмерского (Chalmers) высшего технического училища, Гётеборг, 1901

этим предметам оценено у Шмидта наивысшим баллом — единицей,² успеваемость — от 1 до 2; пропущен только один двойной (двухчасовой) урок. Во втором семестре (апрель—сентябрь 1902) изучались математический анализ и высшие уравнения, аналитическая геометрия, химия, металлургия и механическая технология. И опять прилежание по всем предметам единица, а успеваемость — от 1 до 1.5; пропущено пять двойных уроков. В сентябре 1902 г. Шмидт сдал предварительный экзамен по девяти предметам, получив оценки 1 и 1.5, а 25 ноября в секретариат техникума от него приходит сообщение с адресом его местопребывания — Австрия, Луссинпиколо, Виа С. Николо, № 1542 — и просьбой «оказать любезность и послать... свидетельство за летний семестр 1, 2, Z³ по данному адресу».

² В Германии принята пятибалльная система оценок, но с высшим баллом «1» и низшим «5».

³ Индекс курса и группы учащегося.

Почему он там оказался и как долго пробыл, мы не знаем, но учебу не прервал, на что указывает свидетельство за зимний семестр (октябрь 1902—март 1903). Правда, на этот раз оценки по предметам значительно хуже, чем в двух предыдущих: прилежание в большинстве случаев единица, а успеваемость по математике оценена 3, по электротехническим измерениям — 3,5, по подъемным машинам и строительным конструкциям — даже 4; пропуски — 10 двойных уроков.

15 июня 1903 г. Шмидт пишет в дирекцию техникума.

Хотел бы узнать, можно ли после ухода вновь поступить на то же отделение без повторного внесения платы за обучение. Я получил заказ отшлифовать для одной обсерватории телескопное зеркало с отверстием в 500 мм, поэтому хочу уйти из техникума.

Никогда раньше не делая зеркала такого размера, я не уверен в успехе, и поэтому должен предварительно пару недель экспериментировать. Если с этим не справлюсь, то хотел бы снова вернуться, чтобы хотя бы участвовать в экзамене семестра.

С уважением Б. Шмидт 1, 4, Z

А 16 июня получает оттуда ответ.

На Ваше письмо от 15 июня 1903 г. сообщаем, что не можем разрешить Вам уйти сейчас из техникума и вернуться в любое время учебного года, поскольку Вы записали себя на настоящий семестр и, значит, обязаны участвовать в учебной работе до конца.

Заместитель директора

12 августа 1903 г. в дирекцию Митвейдовского техникума пришло письмо от директора Альтенбургской обсерватории.

Техник Б. Шмидт с курса 1, 4, Z жил во время каникул у меня, чтобы отшлифовать мне параболическое зеркало. Работа почти готова, прекращение ее теперь и возобновление во время осенних каникул значило бы для нас большую потерю во времени, ..., тогда как сейчас он мог бы закончить зеркало в течение нескольких дней. Так как Шмидт очень талантлив, могу предположить, что незначительное отставание он с легкостью преодолеет, и прошу дирекцию техникума освободить г. Шмидта еще примерно дней на 8 от учебной работы.

С уважением Фридрих Крюгер,
директор обсерватории

Ответ от 14 августа гласит.

Господину Фридриху Крюгеру,
директору Альтенбургской обсерватории.

Подтверждаем получение Вашего письма от 12 августа и сообщаем Вам, что в виде исключения освободим г. Шмидта на

8 дней от учебной работы, чтобы он мог закончить работу, начатую у Вас.

С уважением зам. директора

В удостоверении Шмидта за время с апреля по сентябрь 1903 г. самые низкие оценки за все годы его учения: по электротехнике — 4, а по машиностроению — даже 5; пропуски — 75 двойных уроков, из которых 47 прощены. За последний семестр в техникуме (октябрь 1903—март 1904) у Шмидта опять хорошие оценки, хотя пропущено 36 двойных уроков, а 1 апреля 1904 г., прослушав полный курс (три года), но не получив диплома, Шмидт ушел из техникума.

Однако спустя два года (24 апреля 1906 г.) он вдруг опять напоминает о себе дирекции техникума.

Позволю себе представить Вам для ознакомления новейший отчет господина тайного советника профессора доктора Г. К. Фогеля, директора Королевской Потсдамской астрофизической обсерватории.

Тетрадь прошу вернуть мне через несколько дней; я мог бы лично взять ее из канцелярии.

С уважением Б. Шмидт (Вильгельмштр., 18)

Неясно, что побудило его прислать этот отчет, но, возможно, там говорилось что-либо о его личных достижениях.

Итак, шлифовку небольших зеркал, как можно себе представить, Шмидт начал в Митвейде, вероятно, уже в конце 1901 г. В городе в начале века существовал пансион мадам Кнехтель, особы добросердечной и расположенной к своим жильцам, за что они платили ей тем же. И лишь к одному из постояльцев — художавому однорукому молодому человеку — она относилась настороженно. Молчаливый и замкнутый, он будоражил любопытство хозяйки и окружающих своими таинственными занятиями: на дорогом, оберегаемом хозяйкой комод, стоявшем в его комнате, молодой человек шлифовал стеклянный диск огромных размеров. Мадам в конце концов вознегодовала, и Шмидту, а это был он, пришлось покинуть пансион.

Новую квартиру он снял, видимо не без умысла, в самой высокой части города — на горе Шейбенберг, а неподалеку расположенное помещение бывшего кегельбана оборудовал под оптическую мастерскую. Там он приступил к изготовлению параболических зеркал, проверяя их в действии в находившемся поблизости саду.

Путь из мастерской в сад, где он проводил эксперименты, лежал через ресторан «Линденгартен». Хозяйка его, Минна Бретшнейдер (скончалась в июле 1965 г. в возрасте 88 лет), в письме к профессору А. А. Вахманну вспоминала: «Шмидт пользовался нашим заведением днем и ночью, часто выбегал наблюдать за звездами. Меня он просил: „Поставьте мне бутылку хорошей водки и стаканчик, чтобы, проходя мимо, я мог выпить, не беспокоя Вас. Выпив стаканчик, я сделаю отметку на подставке“. Мы хорошо ладили с ним. Шмидт говорил, что водка повышает его потенциальную энергию» (Wachmann, S. 29). Видимо, из-за напряженной работы, часто длившейся сутками, да и наблюдений, нередко проводившихся в холодные ясные ночи, Шмидт прибегал к такому способу взбодрить себя, но никакой пагубной страсти, по отзывам знавших его, за ним не водилось.

Сын Минны Бретшнейдер, Ганс (род. в 1911 г.), писал автору этих строк (П. Мюрсеппу): «Бернхарда Шмидта я близко знал и еще довольно ясно себе его представляю. Помню его автомобиль, его неустанный трудовой энтузиазм, его 90-сантиметровое фото Луны. Шмидт слыл чудачком, абсолютно не заботящимся о своем внешнем виде».

С огромным тщанием выполнял Шмидт все точные работы, не применяя при этом никаких сложных устройств — все простейшими инструментами, им самим приспособленными для его единственной левой руки. Шлифовал и полировал астрономические зеркала на старом шлифовальном круге, варом приклеивая к нему заготовку и приводя его в движение ногой. Над большим астрономическим зеркалом Шмидт трудился многие недели и даже месяцы, бесконечно выверяя качество оптических поверхностей то методом Фуко с использованием искусственной звезды, то методом интерференции. Шмидт ощущал малейшее отклонение от идеальной формы и всегда точно знал, как и до какого предела его можно устранить. Изготовленные им зеркала в действии проверял при помощи стеклянных шариков, прикрепленных к деревьям городского парка: лучи Солнца, отраженные от них, создавали подобие точечного источника света.

Погружаясь в творчество, Шмидт бывал предельно собран. В шлифовальных и полировочных работах ему иногда помогали митвейдовский слесарь Бройер (Bräuer, умер в 1957 г.) и некто господин Краузе, но чаще его

соотечественник Эдуард Тамме⁴ (1887—1982), который с 1911 по 1914 г. учился в Митвейдовском техникуме. Однако окончательную отделку Шмидт не доверял никому, нередко по несколько суток не покидая мастерскую.

Параболические зеркала, изготовленные Шмидтом, принесли ему заслуженную славу и известность в среде астрономов-любителей. В период конкуренции между рефрактором и рефлектором в одном из журналов 1903 г. можно было прочесть: «Господину Шмидту недавно удалось собственноручно изготовить параболическое зеркало, устранив некоторые погрешности в процессе непрерывного шлифования. Его метод по уверенности почти математически точен. Поверхность зеркала должна быть исполнена в два раза тщательнее, чем объектива или линзы, поскольку в действии малейший недостаток ее примерно втроекратно возрастает. До сих пор в распоряжении астрономов было очень мало хороших зеркал. Умельцу Шмидту удалось овладеть приемом изготовления зеркал с удивительной светосилой — 1:5. Придав столь короткому рефлектору такую точность, он заслуживает высочайшей похвалы».

В дальнейшем Шмидт в совершенстве овладеет техникой изготовления больших зеркал и долгое время останется вне конкуренции в этой сфере своей деятельности. В нем удивительно сочетались тонкое понимание теории и почти колдовское мастерство единственной левой руки.

Итак, мы узнали, что Шмидт еще студентом техникума занимался шлифовкой астрономических зеркал, чем зарабатывал себе на жизнь, и вскоре небезосновательно утвердился в мысли, что и теоретически и практически достаточно подготовлен для творчества в этой области.

Переписка с Потсдамской обсерваторией

Жизнеописания выдающихся людей появляются обычно в связи с их юбилеями, а иногда и в виде некролога. Но и в этом случае, по мнению Вильгельма Оствальда¹ (1853—1932), автора известной книги «Великие люди» (Grosse Männer), такой некролог произвольно перера-

⁴ До середины 30-х годов — Грюнфельд, но в связи с тенденцией эстонизации фамилий сменил ее на эстонскую.

¹ Оствальд В. Великие люди / Пер. Г. Кваша со 2-го нем. изд. СПб., 1910. 402 с.

стает в обстоятельное описание жизненного пути, «посвящаемое памяти великого человека обыкновенно близко стоящим человеком. Критика рассматривалась бы как дерзость, порицание как измена. И то и другое подавляется. Понятно, что в этом материале, на первый взгляд кажущимся наиболее авторитетным, скоро разочаруется тот, кто стремится изучить естественную историю великих людей, он его отложит в сторону с чувством досады, что того, что он хочет узнать, ему здесь не найти. По крайней мере, в тексте он этого непосредственно не найдет. Правда, кто умеет читать между строчками, то и в таких книгах найдет некоторые ценные подробности. Но для того чтобы выработать это умение, нужно обратиться к другому материалу, почти единственному материалу, пригодному для успешных исследований в этой области. Такой материал представляют только личные высказывания великих людей» (с. 14).

Бернхард Шмидт не оставил нам своей автобиографии, но в нашем распоряжении его переписка с директором Потсдамской обсерватории Г. К. Фогелем,² которую он завязал, окрыленный признанием астрономов-любителей, подвигнувшим его на контакт с профессионалами. По тону и содержанию сугубо деловая, она тем не менее дает представление о постепенном завоевании признания мастерства Шмидта и у профессионалов.

29 мая 1904 г. Шмидт пишет свое первое письмо в адрес Потсдамской астрофизической обсерватории.

Позволю себе вопрос, интересуетесь ли Вы зеркальными телескопами? Я охотно изготовил бы зеркало для обсерватории за свой счет, чтобы увидеть, какие результаты могут быть получены при фотографировании с его установкой на место. Прилагаю снимки Луны, снятой зеркалом в 50 см (относительное отверстие 1:10), и следов звезд, снятых зеркалом в 38 см (1:4),

² Фогель Герман-Карл (Vogel), известный немецкий астроном (1841—1907), в 1874 г. прибыл в Потсдам, где активно участвовал в постройке Потсдамской астрофизической обсерватории. С 1882 г. — первый ее директор. Один из выдающихся астрофизиков своего времени, он внес весомый вклад в область спектрального анализа звезд: разработал новый метод определения вращения Солнца по доплеровскому смещению линий в спектре (1871 г.) и спектральную классификацию звезд (1874 г.); провел визуальные наблюдения спектров 4051 звезды; применяя фотографирование звездных спектров, определял лучевые скорости звезд и составил каталог скоростей 52 из них; открыл, что звезды Алгол и Спика спектрально-двойные. С 1892 г. — член Берлинской академии наук.

оба полным отверстием. Монтировка была примитивной, деревянной. Визуально я гарантирую такое же разрешение, как у рефрактора того же отверстия, даже при больших размерах.

У г. Фаута (Fauth) есть мой рефлексор с отверстием в 25 см (1:9), который разрешает γ Согопае $\Delta=0.54''$. При более слабых и той же яркости компонентах разрешение будет еще лучше. Изображение Луны также четче, чем полученное рефрактором Фаута с отверстием в 16.3 см (1:16), хотя объектив (отшлифованный доктором Паули — Pauly) очень хорош.

Я не располагаю собственными средствами для монтировки, поэтому был бы очень рад возможности прикрепить зеркало к телескопу.

Ответ любезно просит с глубоким почтением Б. Шмидт

(Шюценштрассе 37, Митвейда).

Господину Б. Шмидту, Митвейда, 1 июня 1904

На ваше любезное письмо от 29 мая сообщаю Вам, что мы интересуемся зеркальными телескопами, особенно теми, у которых большое относительное отверстие. Следы звезд от 38-см зеркала 1:4 многообещающи.

Если Вы согласны оставить это зеркало на некоторое время у нас, я готов его осенью подвергнуть основательной проверке. Сейчас при светлых коротких ночах ничего серьезного сделать невозможно.

Прошу мне сообщить: 1) вес зеркала; 2) точный диаметр и толщину зеркала, как и его фокусное расстояние; 3) цену зеркала. Тогда бы я мог дать указание на изготовление пристройки его к телескопу.

Я заявляю прямо, что предстоящую проверку зеркала ни в коем случае не следует рассматривать как обязательство его купить для института.

С глубоким уважением

Г. К. Фогель

Митвейда, 6 июня 1904

Ваше высокородие,

на Ваше ценное письмо от 1 июня позволю себе покорно сообщить, что зеркало, с помощью которого были засняты следы звезд, принадлежит г. Ф. Крюгеру из Альтенбурга. Так как зеркало пока еще не монтируют, г. Крюгер охотно согласился оставить его на некоторое время для исследования.

Но если Вам для фотографических целей покажется более подходящим другое относительное отверстие, 1:5 например, я готов принадлежащее мне зеркало в 50 см перешлифовать тотчас для любого желаемого Вами. Его вес примерно 45 кг, внешний диаметр 60 см и толщина 6 см.

Данные Альтенбургского зеркала следующие:

- 1) вес — 19.7 кг;
- 2) диаметр — 406 мм, толщина (на краю) — 64 мм, фокусное расстояние — 1525 мм;
- 3) стоимость — 1000 марок.

Так как это зеркало все-таки довольно толстое, то достаточно трех точек опоры, но для большого потребуется уже не менее шести по периферии.

Маленькое (Альтенбургское, — П. М.) зеркало я могу в любое время послать в Потсдам, но если Вы желаете большое, то могу его в течение лета перешлифовать. Шлифованное на короткое фокусное расстояние, оно при использовании для фотографических целей способно работать почти всей поверхностью, исключая зону в пределах примерно 15 мм от края, в таком случае свободное отверстие будет 57 см.

Надеясь, что мне удастся уладить это дело к Вашему полному удовлетворению, подписываюсь со всей преданностью и глубоким уважением

Б. Шмидт

Господину Б. Шмидту, Митвейда, 8 июня 1904

На Ваше любезное письмо от 6 июня отвечаю, что, приняв во внимание все сказанное в Вашем предыдущем письме, я считаю целесообразным отказаться от проверки меньшего зеркала; большее я не смогу монтировать без специального штатива из-за его значительного веса и должен поэтому отказаться и от заказа на его изготовление. Может быть, у Вас будет через некоторое время зеркало с диаметром примерно 40 см и относительным отверстием 1:5, которое Вы смогли бы предоставить мне для проверки.

Хотел бы узнать, изготавливаете ли Вы стеклянные зеркала с маленькими фокусными расстояниями?

С глубоким уважением

Г.-К. Фогель

Митвейда, 9 августа 1904

Ваше высококордие,

на Ваше ценное письмо от 8 июня позволю себе преданно сообщить, что уже изготовил зеркало с малым фокусным расстоянием, и, стремясь сделать его не слишком тяжелым, взял заготовку возможно тонкую. Материалом для него, как и для всех моих прежних зеркал, послужило стекло с посеребренной поверхностью, о чем Вы и хотели узнать.

Данные нового зеркала следующие: вес — 11.6 кг, диаметр — 402 мм, толщина — 40 мм, фокусное расстояние — 2.17 м.

В надежде этим зеркалом Вам услужить, подписываюсь со всей преданностью и глубоким уважением

Б. Шмидт

Господину Шмидту, Митвейда, 11 августа 1904

На любезное письмо от 9 августа отвечаю Вам, что хотел бы зеркало подвергнуть здесь проверке, но поскольку она не может быть осуществлена ранее октября этого года, прошу Вас прислать его сюда к началу указанного срока.

С глубоким уважением

Г.-К. Фогель

Митвейда, 3 октября, 1904

Астрофизическая обсерватория, Потсдам

Покорно сообщаю, что я уже отослал 40-см зеркало. Поскольку его назначение — послужить только исследовательским целям, внешне я его не слишком тщательно отделывал, и на поверхности остались некоторые трещины от черновой обработки.

Прилагаю еще несколько снимков следов звезд, снятых этим зеркалом при полном отверстии.

С глубоким уважением

Б. Шмидт

Господину Б. Шмидту, Митвейда

Сообщаю, что отосланное Вами зеркало, о котором говорится в Вашем письме от 3 окт., прибыло и в скором времени будет проверено. Хорошо, что Вы упомянули о некоторых трещинах на его поверхности, иначе я приписал бы плохое его состояние небрежному способу упаковки.

С глубоким уважением

Г. К. Фогель

Митвейда, 24 января 1905

Астрофизическая обсерватория, Потсдам

Позволю себе смиренно спросить, удалось ли Вам проверить 40-см рефлектор; меня очень интересует, до какой степени его можно использовать.

Ожидая только приятных известий, подписываюсь с глубоким уважением

Б. Шмидт

Господину Б. Шмидту, Митвейда, 25 января 1905

На почтительный вопрос от вчерашнего дня сообщаю, что из-за очень неблагоприятной погоды последних месяцев минувшего года провести испытания зеркала не удалось, а в выпадающие в этом месяце ясные вечера приходилось выполнять более

неотложные работы. Надеюсь предпринять исследование, как только наладятся погодные условия.

С глубоким уважением

Г. К. Фогель

Господину Б. Шмидту, Митвейда 22 марта 1905

Зеркало диаметром 40 см, присланное мне 3 октября 1904 г., я, к сожалению, не сумел испытать на фотографирование неба ввиду отсутствия возможности без больших затрат труда и средств обеспечить надежное его крепление к одному из наших больших телескопов. Но на прошлой неделе я подвергал Ваше зеркало очень точному исследованию другим способом, показавшему его высокие качества. Привожу полученные значения разниц в фокусных расстояниях для разных зон.

Зеркало (1:5) Шмидта

Расстояние зоны от середины зеркала, см	Погрешность зоны, мм	
6.5	—0.1	Если краевую зону закрывать диафрагмой, то получаются особенно хорошие снимки, а свободное отверстие будет тогда 34 см.
8.5	0.0	
10.0	—0.1	
11.5	+0.0	
13.0	+0.0	
14.5	+0.1	
16.5	+0.1	
18.0	(0.9)	
Край	—	

Положительные величины (в таблице, — *П. М.*) показывают, что фокусное расстояние больше среднего значения, отрицательные — что оно меньше. Из таблицы Вы узнаете, что, за исключением последней зоны, схождение лучей в фокусе просто превосходно. Другими словами, до отверстия 34 см зеркало очень хорошее. Ввиду того, что кривизна края слишком незначительна (фокусное расстояние больше), скоррегировать последнюю зону невозможно.

Применять это зеркало не имеет смысла, так как относительное отверстие 1:6 не обещает ничего нового. Может быть, Вашей искусной руке удастся создать зеркало с более сильной кривизной, дающей такое же хорошее схождение лучей, как и у исследованного здесь.

В настоящее время два больших оптических заведения стараются изготовить зеркала с относительным отверстием 1:2.5 или даже 1:2. Может быть, Вам удастся их опередить. Если Ваши цены не слишком высоки, я заказал бы у Вас хорошее зеркало с отверстием в 40 см и фокусным расстоянием от 80 до 100 см. Чтобы избежать деформации, толщину его нужно сделать, пожалуй, немного большей, чем у того, что здесь у меня (38 см).

Прошу Вас в ближайшее время сообщить мне, по какой объявленной цене (от нее зависит сумма страховки, — П. М.) переслать Ваше зеркало.

С глубоким уважением и преданностью

Г. К. Фогель

Митвейда, 11 апреля 1905

Ваше высокородие,

очень благодарен за Ваше любезное письмо и перспективу изготовить Вам зеркало с отверстием в 40 см и коротким фокусным расстоянием в 90—100 см. Касательно его ответу следующее:

1) зеркало смогу изготовить в течение трех месяцев после получения заказа;

2) так как раньше я такого зеркала не изготовлял, то уверенно могу гарантировать лишь разницу в фокусных расстояниях ± 0.1 мм при свободном отверстии в 40 см, но надеюсь ее свести к меньшей величине. Тогда сам стеклянный диск будет иметь диаметр примерно в 43 см.

От себя замечу еще: маленьким изъянам, оптически не важным, я не придаю значения, например царапинам и наждачным соринкам; поверхность стекла будет такой же, как у того зеркала, что сейчас у Вас, только без трещин.

Позволю себе также спросить, должно ли зеркало быть ровным по внешнему краю? У меня нет токарного станка, а край, обработанный вручную, всегда немного неправильный. Но если зеркало должно быть обязательно круглым, то могу отдать сделать это в другом месте. Обратная его сторона может, пожалуй, остаться необработанной. Такие второстепенные детали должны, пожалуй, быть обговорены.

Зеркало с диаметром в 40 см и фокусным расстоянием 2.17 м, которое сейчас у Вас, может пока там и оставаться. Его предварительной ценой я назначил 1000 марок, но, учитывая наличие на нем мелких трещин, отдал бы и за 600 марок.

Ожидая подробных указаний, подписываюсь со всей преданностью и глубоким уважением

Б. Шмидт

Господину Б. Шмидту, Митвейда, 14 апреля 1905

На Ваше любезное письмо от 11 апреля 1905 сообщаю, что закажу для Потсдамской астрофизической обсерватории стеклянное зеркало диаметром в 40 см и фокусным расстоянием от 90 до 100 см ценой 1300 марок на следующих условиях.

1. Зеркало должно иметь используемую поверхность в 40 см посеребренной при общем его диаметре примерно 43 см. После приобретения заготовки следует установить ее точный диаметр и сообщить подписавшему письмо. Край зеркала должен быть обточен, обратная сторона — грубо отшлифованной и плоской, чтобы зеркало в установке могло опираться на всю обратную плос-

кость. Толщина стеклянного диска должна быть примерно 60 мм; точный размер надо возможно скорее сообщить сюда.

2. Зеркало надо изготовить таким, чтобы расхождения в фокусных расстояниях различных зон по продольной оси для всей используемой поверхности с диаметром 40 см не превышали бы ± 0.1 мм. Зеркало должно быть сдано хорошо посеребренным.

3. Время доставки — три месяца, считая с 1 мая 1905.

4. Задатком назначаются 400 марок, что немедленно будут отправлены по получении от г. Б. Шмидта ответа, в котором перечислены все упомянутые здесь пункты и объявлено согласие.

Ожидая скорого ответа, с глубоким уважением

Г. К. Фогель

Митвейда, 14 апреля 1905

Ваше высокородие, на Ваше любезное предложение в письме от 14 апреля 1905 г. изъявляю готовность сделать для Потсдамской астрофизической обсерватории стеклянное зеркало со свободным отверстием 40 см и фокусным расстоянием от 90 до 100 см ценой 1300 марок на следующих условиях.

1. Зеркало будет иметь используемую поверхность в 40 см посеребренной; диаметр стеклянного диска будет примерно 43 см. После приобретения стеклянной заготовки Вам будет сообщен точный ее диаметр.

Край зеркала будет обточен, обратная сторона — плоской и грубо отшлифованной.

Толщина стеклянного диска будет около 60 мм; точный размер будет по возможности скоро сообщен.

2. Зеркало будет изготовлено таким, что расхождения фокусных расстояний различных зон по продольной оси для всей используемой поверхности диаметром 40 см не будут превышать ± 0.1 мм. Зеркало будет сдано хорошо посеребренным.

3. Время доставки — три месяца, считая с 1 мая 1905.

4. С задатком в 400 марок согласен.

Надеясь изготовить зеркало к Вашему полному удовлетворению, подписываюсь со всей преданностью и

глубоким уважением

Б. Шмидт

Митвейда, 20 апреля 1905

Астрофизическая обсерватория, Потсдам

Ввиду того, что на свое письмо от 14 апреля я ответа еще не получил, позволю себе почтительно просить выслать задаток за 40-см зеркало; ведь заплатить мне обещали сразу. У меня на пасху предусмотрено деловое путешествие, и в этом случае я бы мог сразу заказать стеклянную заготовку для 40-см зеркала.

Если я был в чем-нибудь неточен в своем ответе, прошу об этом любезно сообщить.

С глубоким уважением

Б. Шмидт

В тот же день, 20 апреля 1905 г., Б. Шмидту были высланы деньги (четыреста марок) из Потсдама денежным переводом.

Митвейда, 8 августа 1905

Ваше высокородие,

позволю себе преданно сообщить, что 40-см зеркало уже готово и может быть сдано.

Параболизация удалась довольно хорошо, как Вы можете видеть из прилагаемого листа кривых. При последних коррекциях я нанес некоторые царапины на поверхность, но только из-за этого перешлифовать зеркало не берусь: деформация слишком велика, чтобы опять достичь той же точности. В остальном поверхность полностью отполирована без наждачных пылинок.

Хочу еще добавить, что отклонениям можно было бы придать втрое меньшую величину, но в данном случае это не столь уж важно, поскольку для фотографических целей оно и так достаточно точное; в нескольких миллиметрах в стороне от оси геометрические отклонения имеют уже большее значение.

Это зеркало могло бы обладать лучшими характеристиками, но кривая, по которой я работал, как оказалось, имеет в зоне № 4 ошибочное значение, что я заметил только после посеребрения и проведения точных замеров, так что теперь зона № 4, по-видимому, приподнята, но так ли это в действительности, утверждать не берусь. Для этого нужно было бы измерять зеркало после того, как оно по меньшей мере от 10 до 12 часов пребывало в условиях постоянной температуры, не меняющейся и в момент проведения измерений. У себя я этого обеспечить сейчас не могу. Действительные значения будут уклоняться в крайнем случае на пару сотых миллиметра.

Зеркало было готово еще в июле, но я хотел ввести лучшую коррекцию и, таким образом, со временем сдачи несколько запоздал.

Прошу любезно сообщить, как лучше всего доставить Вам зеркало. Кроме того, позволю себе вопрос, как обстоит дело с другим зеркалом?

С глубоким уважением

Б. Шмидт

Господину Б. Шмидту, Митвейда, 9 августа 1905

На Ваше любезное письмо от вчерашнего дня сообщаю Вам со всей преданностью, что нам желательно получить зеркало возможно скорее. Я прошу Вас прислать его упакованным со всеми

предосторожностями, застраховавав, и притом большой скоростью. Все расходы на упаковку, транспорт и страхование обсерватория берет на себя.

Проверка зеркала будет начата сразу после его прибытия, и о результатах Вы получите известие так скоро, как только возможно.

С глубоким уважением

Г. К. Фогель

Господину Б. Шмидту, Митвейда, 20 сентября 1905

Вернувшись из путешествия, я, лично проверив сданное Вами зеркало с коротким фокусным расстоянием, остался очень доволен тем, что Вам настолько точно удалось выполнить поставленные условия. Выплата остатка денег за зеркало последует через некоторое время.

Одновременно сообщаю Вам, что я решил купить также и подходящее здесь зеркало диаметром 40 см и фокусным расстоянием 2.17 м, пожалуй, по указанной Вами в письме от 11 апреля этого года цене 600 марок. Прошу Вас прислать нам счет за зеркало в положенной форме (см. обратную сторону этого письма и приложение), после чего Вы получите деньги почтовым переводом.

С глубоким уважением

Г. К. Фогель

Митвейда, 27 октября 1905

Ваше высококородие,

позволю себе выразить свою благодарность за Ваше лестное для меня письмо от 20 сентября. Одновременно сообщаю, что пере-корректировал 30-см зеркало Штейнхейля, и оно уже отослано.

На этом зеркале я испробовал новый способ полировки, чтобы возможно уменьшить погрешности зон. Но из-за этого поверхность стекла получилась недостаточно чистой, что стало особенно заметным после посеребрения. Однако я решил отослать его, чтобы показать, до какой степени можно производить коррекцию оптической поверхности: ведь в оптическом смысле нарушения внешнего вида незначительны. Если же Вам желательна гладкая поверхность, могу отполировать зеркало старым способом, но не ручаюсь, останутся ли тогда погрешности зон столь же маленькими.

У меня есть замыслы улучшить свой новый способ так, чтобы одновременно поверхность стекла получалась чище.

Вероятно, из-за плохой погоды ранее высланным зеркалом фотографические снимки еще не сделаны?

Ожидая результатов измерения с 30-см зеркалом, подписываюсь с глубоким уважением

Б. Шмидт

Господину Б. Шмидту, Митвейда, 30 октября 1905

На любезное письмо от 27 этого месяца сообщаю Вам, что коррегированное Вами 30-см зеркало прибыло сюда. Как только оно будет проверено, я Вам сообщу о результате.

Сданное Вами зеркало диаметром 40 см предварительно вмонтировано, и, несмотря на плохую погоду, уже сделаны некоторые снимки неба, в общем получившиеся удовлетворительными. Об окончательных выводах говорить преждевременно, так как следует внести некоторые изменения в монтировку. Но я уже сейчас думаю выплатить Вам остаточную сумму денег в 600 марок, и дам распоряжение их сейчас же Вам выслать...

С глубоким уважением

Г. Фогель

Вот почти вся сохранившаяся переписка между Бернхардом Шмидтом и директором Потсдамской астрофизической обсерватории профессором доктором Германом-Карлом Фогелем. С кончиной последнего связи Шмидта с обсерваторией не оборвались, поддерживаемые уже ее новым директором — профессором доктором Карлом Шварцшильдом.³

Их переписка тоже сохранилась,⁴ но, ограниченные объемом книги, мы не можем ее привести. В ней содержится богатый материал о методах шлифовки, исследовании точных плоскостей при помощи измерения интерференционных полос и собственные взгляды на техническую постоянную и т. д. Из этих писем мы узнали историю создания больших Потсдамских объективов, среди

³ Шварцшильд Карл — крупный немецкий астроном (1873—1916); с 1901 г. — профессор Гёттингенского университета и директор университетской обсерватории, с 1909 г. — директор астрофизической обсерватории в Потсдаме, с 1912 г. — профессор Берлинского университета. Он внес вклад почти во все области астрономии: разработал методику фотографической звездной фотометрии; создал каталог, содержащий фотографические определения блеска 3500 звезд; занимался исследованием вопросов звездной астрономии и астрофизики; установил эллипсоидальное распределение скоростей звезд; дал общее решение интегральных уравнений звездной статистики; создал теорию лучистого равновесия звездных атмосфер; изучал двойные и переменные звезды, кометы, вопросы квантовой механики и теории относительности в применении к астрономии; известен также работами по оптике. Его именем названа открытая в 1960 г. обсерватория Астрофизического центрального института Академии наук ГДР в Таутенбурге.

⁴ В архиве Потсдамской обсерватории.

которых 50-см, по словам Шварцшильда, Шмидт превратил «из плохого в превосходный». Но коррекция 80-см Прусским министерством духовных и преподавательских дел была передана Мюнхенской астрооптической фирме «К. А. Штейнхейль и сыновья», и Шмидту не пришлось из этого объектива сделать превосходный.

7 июля 1913 г. Шварцшильд составил черновой вариант письма министру духовных и преподавательских дел.

Ваше превосходительство!

Как известно, Потсдамская обсерватория имеет два больших объектива диаметрами 50 и 80 см, которые, будучи поставлены фирмой Штейнхейль в 1900 г., по оптическим данным не совсем удовлетворительны. 50-см объектив в прошлом году откорректирован весьма успешно г. Б. Шмидтом в Митвейде за 10 недель. Теперь приходится решать вопрос о коррекции 80-см.

Имеются два претендента — фирма Штейнхейль, готовая осуществить ее бесплатно, и господин Б. Шмидт, который в случае удачи назначает цену в 22 000 марок, а в случае неудовлетворительного результата — 4000 марок для компенсации расходов. Согласно определениям прилагаемого наброска договора, результат следует считать неудовлетворительным, если в течение 6 месяцев после доставки возникнет необходимость в повторной коррекции объектива, и государством будет принято решение вернуть его еще раз фирме Штейнхейль или дать какой-либо другой.

Уважающий Вас нижеподписавшийся просит Ваше превосходительство разрешения дать объектив на коррекцию г. Шмидту, художнику своего дела. Подписавшийся убежден, что г. Шмидт произведет ее лучше и быстрее фирмы Штейнхейль. Нижеподписавшийся верит, что самый большой немецкий объектив можно усовершенствовать, и, значит, все иные соображения должны отпасть.

Господин Шмидт снял 50-см объектив в начале октября прошлого года и доставил его обратно через 10 недель, в середине декабря. Улучшение, которого он достиг, видно из фиг. 1 и 2, которые изображают кружок рассеяния объектива до и после исправления для отдельных зон в секундах дуги. Объектив превратился из плохого в хороший, а после диафрагмирования крайней зоны шириной 5 см — в отличный. Насколько при этом улучшилась гладкость поверхности, показывают фокограммы. Спутник Сириуса, известный объект для испытания объективов, был четко виден.

Фирма Штейнхейль в настоящее время работает над 60-см объективом для Гамбургской обсерватории. По сведениям, полученным от ее директора, профессора Шорра, дальнейшее разглашение которых нежелательно, фирма Штейнхейль, будто бы научившаяся делать совсем гладкие поверхности, тем не менее Потсдамской обсерватории поставляла объективы с очень грубыми поверхностями, полными эпициклоидных морщин, оставленных шлифовальной машиной. Кружки же рассеяния у Гамбург-

ского объектива в январе 1912 г. были заметно большими, чем у нашего, откорректированного Шмидтом. К июню этого года состояние объектива снова заметно ухудшилось. Вероятно, оно достигло той стадии, когда происходит беспреостанное отклонение в обе стороны от идеального, а попытка исправить в одном месте непременно повлечет за собой неполадки в другом, и только особенное искусство еще способно привести к успеху. Доверие нижеподписавшегося к качеству работы г. Шмидта состоит ... еще и в личном знании его тонкого понимания физико-математических принципов оптики телескопов, которые он, как самоучка, развил в себе.

Естественно, передача изготовленного фирмой Штейнхейль 80-см объектива г. Шмидту оборачивается большой жестокостью по отношению к фирме, тем более, что она предложением провести коррекцию бесплатно оказывает большую услугу. Это человеческое соображение ставит нижеподписавшегося в чрезвычайно трудное положение, но, думается, чисто научные интересы должны быть определяющими. С этим решением согласилось также большинство сотрудников обсерватории.

В отношении сроков работы предложение г. Шмидта тоже имеет большее преимущество. Он готов начать ее немедленно, фирма Штейнхейль — в октябре. Обе стороны обязуются закончить работу в течение 6 месяцев. Господин Шмидт и ранее показывал чрезвычайную быстроту исполнения заказов, как при исправлении 50-см объектива, так и при изготовлении зеркал для обсерватории. Напротив, фирма Штейнхейль держала большой объектив после приемки в 1899 г. еще полных полтора года, до 1900 г., не особенно преуспев в его коррекции. 60-см объектив для Гамбурга, после выговоренного себе полугодового срока, все еще не готов. Возможно, все это происходит от того, что, будучи независим, г. Шмидт вкладывает все в свой труд, не надеясь на помощь извне, а фирма Штейнхейль производит работу руками многих служащих.

Изготовление объективов — это своего рода искусство, сравнить которое можно разве что только с художественными достижениями. Разница между объективом, выполненным собственноручно мастером или просто в его мастерской, та же, что и между картиной Рембрандта и картиной его школы.

Можно предположить, что это письмо отправлено не было, если уже 12 дней спустя Шварцшильд пишет другое иного содержания.

Господину проф. Р. Штейнхейлю, Мюнхен, 19 июля 1913

Глубокоуважаемый господин профессор!

По последним кривым аберраций, которые проф. Шорр мне прислал, Гамбургский объектив если и не идеальный, то все же достаточно хорош, и я уже не вижу основания отказываться дать на коррекцию 80-см объектив Вам. Об этом я информировал также г. Шмидта и министерство.

С передачей на перешлифовку объектива Штейнхейлю оборвались плодотворные связи Шмидта с Потсдамской обсерваторией, что пошло отнюдь не на пользу этому инструменту.

Мастерская Шмидта

Мастерство Шмидта, приобретя широкую известность, привлекло к себе и множество заказов. В своей мастерской он изготавливал и линзы для объективов маленьких рефракторов. Самый большой, с диаметром 140 мм, оказался в обсерватории Йоханнесбурга в Южной Африке.

Шмидт работал совершенно обособленно, что и соответствовало его натуре. Но однажды эта независимость оказалась под угрозой. Так, в письме профессору Шварцшильду от 10 августа 1911 г. оптическая фирма «Герц» (Goerz) в Берлине делает вдруг неожиданное заявление: «Пользуемся случаем информировать Вас, что оптическая мастерская Шмидта в Митвейде с настоящего времени объединена с нашей организацией, поэтому в будущем заказы, как и их торговое оформление, следует проводить через наше учреждение, и на основании этого мы просим ради порядка переводить представленные г. Шмидту заказы нашей фирме».

К счастью, этого не случилось. Связь с фирмой была лишь временной, но каким образом Шмидту все же удалось избежать этого объединения, неизвестно. Не исключено, что если бы отношения Шмидта с «оптической мельницей», как метко он называл фирму «Герц», сложились иначе, то в свое время не появился бы венец его творчества — свободная от комы зеркальная система.

Астроном Клаус Лёхель, родом из Митвейды и один из первых биографов Бернхарда Шмидта, пишет: «Мастерская Шмидта была расположена во дворе большого жилого дома. Люди несведущие называли ее кухней ведьмы. Наполненная множеством таинственных инструментов, большими плоскими, вогнутыми и выпуклыми зеркалами, при кажущемся беспорядке, мастерская производила, действительно, странное впечатление.

Шмидт не любил рекламировать свою работу. Он никогда ничего не демонстрировал и не давал объяснений по поводу оборудования мастерской... С посетителями, которым удавалось каким-либо образом проникнуть в его мастерскую, он разговаривал очень скупно: „Здесь вы видите все!“» (Löchel, S. 199—200).



Этой манере, как повествует далее Лёхель, он изменял лишь в общении с молодежью. Случалось вечерами Шмидт принимал у себя в саду целые классы школьников и кружковцев, демонстрируя им при помощи зеркального телескопа Луну и планеты. И по сей день здравствуют те, кто сохранил в памяти незабываемое впечатление от наблюдений Марса, особенно во время его противостояния (оппозиции) в 1924 г., показанного Шмидтом при помощи телескопа.

Шмидт был хорошо известен жителям Митвейды, но немногим удавалось беседовать с «Линзеншмидтом», как его прозвали в народе. Очень непритязательный в одежде, он обычно носил жесткий головной убор и полосатые брюки, заправляя их в военные сапоги. И если

у него заводились деньги, что случалось довольно часто, он, большой любитель скачек, посещал ипподром в Дрездене или же отправлялся путешествовать в Швейцарию.

Кlaus Лёхель прислал нам ряд копий снимков Шмидта и среди них одну — с оригинала, на обратной стороне которого, как он пишет, рукой Шмидта карандашом сделана дарственная надпись: «Ко дню рождения 31-го мая 1921 г. посвящается ученице от Б. Шмидта». Видно, это одна из тех школьников, кому Шмидт охотно показывал Солнце, Луну и другие небесные светила. Klaus Лёхель добавляет, что большинство снимков, которые он репро-

дуцировал, получено от ффрау Иоханны Иопперт, близкого друга Шмидта, умершей в 1960 г. в местечке Лунценау, близ Карл-Маркс-Штадта.

Горизонтальный телескоп

В саду, где Шмидт вел свои наблюдения и проверял инструменты в действии, в 1909 г. он установил сконструированный им горизонтальный телескоп — в то время большое новшество. Тот состоял из параболического зеркала диаметром 31 см. с фокусным расстоянием 11 м и горизонтально направленной оптической осью, ориентированной с севера на юг, а также из плоского зеркала с осями вращения, перпендикулярными друг другу. Замечательным в его конструкции был поворотный механизм, представлявший собой водяные часы, специально им созданные для этой цели: с равномерным падением уровня воды в резервуаре поплавок, соединенный рычажной передачей с полярной осью, поворачивал плоское зеркало, причем с высочайшей точностью. Если, например, изображение спутника Юпитера устанавливалось в крест нитей, то в течение нескольких минут крест делил изображение на 4 совершенно равных квадранта.

Этим горизонтальным телескопом Шмидту удалось сделать превосходные снимки Солнца, Луны и планет. По мнению известного исследователя Луны Филиппа Фаута (Philipp Fauth), фотографии Луны, сделанные Шмидтом при помощи горизонтального телескопа, того же качества, что и полученные гигантским рефрактором Йеркской обсерватории в Америке. Несколько лет спустя известный астроном Хензелинг сказал, что никогда не видел лучших изображений грануляции Солнца, чем те, которые сделаны Шмидтом (Riekher, 1957, S. 370). По поводу изобретенного им горизонтального телескопа профессор Вахманн пишет: «Большое количество единственных в своем роде превосходных снимков Солнца, Луны и планет показывают не только доброкачественность зеркальной конструкции, позднее ураностатом названной, но также свидетельствуют о высоком искусстве Шмидта как наблюдателя, чему способствовали его необыкновенная выносливость и хорошие знания атмосферных условий. С помощью необычайного искусного приема — именно варварски прелестно деформировав оптическую поверхность нажимом болта, установ-

ленного в середине плоского зеркала, — он полностью устранил астигматизм, возникший из-за наклонного положения зеркала» (Wachmann, S. 30).

Принцип действия своего зеркального инструмента Шмидт излагает в статье «Описание построения траектории нормали зеркала, которую она описывает на небесном своде, при использовании однозеркального гелиостата с вращательной осью и горизонтальной установкой север—юг» (Beschreibung zur Konstruktion der Spiegelnormalenbahn, die es am Himmelsgewölbe beschreibt, bei Benutzung eines Einspiegel—Heliostaten mit einer Drehungsachse und Nord—Süd Horizontalaufstellung).¹ Позднее ураностат более подробно был описан Гартманом.²

Во время первой мировой войны Шмидт лишился работы и в поисках средств к существованию 12 марта 1916 г. обращается к директору Гамбург-Бергедорфской обсерватории — профессору Рихарду Шорру: «Разрешите мне выслать Вам некоторые астрономические снимки, сделанные мною в Митвейде». И далее, после краткого описания своей оптической системы: «Позвольте также узнать, имеется ли у Вас астрономическая оптика, требующая перешлифовки, старые линзы объектива или что-либо подобное. Я мог бы сейчас в зависимости от потребности изготовить объективы с технической постоянной 0.1. Если Вас интересует это в будущем, я всегда готов снабдить Вас необходимыми деталями».³

Снимки, высланные Шмидтом, покорили профессора Шорра, и в октябре 1916 г. Шмидт получает предложение построить горизонтальный телескоп для Гамбург-Бергедорфской обсерватории. Но немецкое командование ввиду военного времени не позволило Шмидту, как иностранцу, выехать в Бергедорф.

Однако вскоре произошли события, перечеркнувшие этот запрет.

3 ноября 1918 г. в ответ на массовые репрессии и аресты за отказ выполнить приказ германского командования о выходе военных кораблей в море для сражения с английским флотом в Киле рабочие, моряки и

¹ Осталась в рукописи, хранится в архиве Гамбург-Бергедорфской обсерватории.

² Hartmann J. — Astron. Abh. Bergedorf, Bd 4, N 1, S. 19—32.

³ Техническая постоянная (T) — критерий качества объектива, а равная 0.1, что соответствует угловому диаметру кружка рассеяния 0.2", указывает на его высокий класс.

солдаты кильского гарнизона организовали демонстрацию и митинг протеста, 4 ноября волнениями был охвачен весь флот. Левая часть немецкой социал-демократической партии, так называемая группа «Спартак», вождями которой были Карл Либкнехт и Роза Люксембург, обратилась к рабочим с призывом к всеобщей забастовке и вооруженному восстанию, начавшемуся 9 ноября. К вышедшим на улицы Берлина рабочим присоединились солдаты. Кайзера принудили отречься, монархия была свергнута, и перед рабочим классом встала задача уничтожения старой государственной машины, борьбы за социалистическую революцию. По примеру Советской России революционные рабочие Германии всюду создали солдатские и рабочие советы. В Берлине было объявлено о создании республики.

Обратившись к новой власти, Шмидт получил разрешение на поездку. О результатах ее свидетельствует профессор Шорр: «Горизонтальную систему ... из плоского зеркала с отверстием в 61 см и двух параболических зеркал с отверстиями в 55 и 60 см и фокусными расстояниями соответственно 11 и 30 м Шмидт построил для нашей обсерватории в Бергедорфе в 1920 г.» (Schorr, 1936, S. 46).

Он бы не прочь был сотрудничать и далее, но разразившийся экономический кризис в Германии лишил обсерваторию возможности поддерживать с ним творческий контакт. Шмидту пришлось уехать из Гамбурга.

Инфляция в Германии

После революции власть в Германии осталась в руках буржуазии. Истощенная войной, страна переживала жесточайший экономический кризис. Деньги обесценивались, цены росли. Монополии же стремились использовать волну инфляции для собственного обогащения. Концерну Стиннеса, например, благодаря инфляции удалось приобрести 1664 новых предприятия в Германии и за границей. Народу же она несла нищету, голод. Кризис не мог не коснуться и мастерской Шмидта. На предложение эмигрировать в Голландию он ответил, что, несмотря на всю его заманчивость, ему решительно нечем заняться в этой стране: «... не смогу там стать ни фабрикантом, ни самостоятельным мастером. Здесь, в Германии, астрономия отступила на задний план, но раз не-

чего делать в области астрономической оптики, я стал заниматься проблемами перископии» (Wachmann, S. 22).

Еще во время войны разразившаяся инфляция достигла апогея в 1923 г. Она росла такими темпами, что если отношение доллара к марке на 1 июля 1923 г. составляло 1:160 000, то на 1 октября 1:142 000 000, а 20 ноября — уже 1:4 200 000 000 000. Правительство официально объявило такое положение национальным бедствием. Была введена новая денежная система, строго ограниченная числом выпускаемых денежных знаков. Постепенно она набирала все бóльшую стабильность, и спустя несколько месяцев правительство смогло официально заявить, что экономическое состояние страны обрело равновесие, но народ был уже истощен до предела.

В 1923 г. уехав на родину, Шмидт в январе 1924 г. пишет оттуда профессору Шорру: «Когда доллар перешагнул миллионную границу бумажной марки, я счел лучшим уехать из Германии... Так как новая марка, видимо, останется стабильной, я планирую вернуться в Митвейду, надеясь получить иностранные заказы, и для их выполнения должен поехать в Германию» (Wachmann, S. 31).

Во время пребывания в Эстонии Шмидт принял ее гражданство и оставался ее подданным до конца жизни. И проживи он на пять лет дольше, то в июле 1940 г. стал бы гражданином Советского Союза. Но в условиях буржуазной Эстонии он не нашел себе применения и вынужден был вернуться в Митвейду.

Богатство идей Шмидта

Надежда Шмидта найти после инфляции в Германии работу не оправдывалась. В апреле 1925 г. он пишет: «За время моего присутствия здесь не поступило ни одного заказа, и я не верю, что в ближайшее время обстоятельства могут измениться к лучшему. Поэтому я готов, превратив весь свой инвентарь в лом, продать его как старое железо и дрова, чтобы взяться за что-либо новое» (Wachmann, S. 31). От этого шага его удержал профессор Э. Г. Шёнберг¹ из Грейфсвальда, купив у него один

¹ Шёнберг Эрик Густавович (1882—1965), учился в Варшавском, Страсбургском и Тартуском университетах. После окончания в 1907 г. физико-математического факультета Тарту-

из его горизонтальных телескопов для Бреслауской обсерватории и тем самым облегчив на некоторое время материальные трудности изобретателя. Шмидта в то время захватывают новые идеи.

А богатство его идей, как пишет Клаус Лёхель (Löchel, S. 200), было безграничным. В первую очередь оптик, он успешно занимается и в других областях технических наук. В трудные дни в Митвейде он конструирует одному крестьянину в местечке Франкенау, неподалеку от Митвейды, перископ для обозрения хлева, который находился под спальней, прямо из кровати. Он построил перископ для ведения наблюдений вниз по вертикали из закрытого пассажирского самолета, достигнув поля зрения свыше 100 градусов и четкого до края изображения. На некоторые из своих изобретений Шмидт взял патент. Велись переговоры с самолетостроительным заводом Юнкерса о практическом применении его изобретений. Однако самолетостроение развивалось столь стремительно, что его идеи старели, не успев воплотиться. Он изобрел гибкую оптическую систему, запатентованную им в 1926 г. и позднее называемую в медицине гастроскопом. Сейчас мало кому известно, что это изобретение связано с именем Шмидта.

Когда у Шмидта рождалась новая захватывающая идея, он всецело отдавался ей, обдумывая варианты решения ее обычно в уединении — то просиживая до рассвета в лесу или на живописном берегу реки, а то и в тихом уголке ресторана, — и, работая дни и ночи напролет, всегда стремился к ее воплощению.

Он живо интересуется новыми техническими проблемами. «Теперь я работаю над проблемой парусного корабля и глубоко погружен в практические вопросы. Занимаясь ими, я натолкнулся на идею, близкую идее Флетнера.² Я придумал горизонтальный ротор, похожий на пропеллер, который не нуждается во вспомогательном

ского университета — астроном в университетской обсерватории, с 1913 г. — астроном-наблюдатель, 21 марта 1918 г. получает ученую степень магистра. В 1919 г., перед тем, как покинуть Эстонию, выполняет функции директора обсерватории.

² Флетнер Антон (1885—1961), инженер, взяв за основу явление Магнуса (1852 г.), сконструировал в 1924 г. ротор, вместо парусов приводящий в движение корабль. По этому принципу были построены два судна: «Букау» с двумя роторами в конце 1924 г. и «Барбара» с тремя роторами в 1926 г. Однако роторная тяга себя не оправдала.

моторе и работает лучше всего при фронтальном лобовом ветре, в условиях которого ротор Флетнера беспомощен. Я считаю, что моя конструкция дает возможность даже только при помощи силы ветра плыть против него с небольшой скоростью, но гораздо быстрее обыкновенного парусника, который движется лавированием. Никто, разумеется, не верит в реальность этой идеи, и находятся такие, кто не без сарказма считает ее сродни вечному двигателю. Для движения против ветра я использую быстро вращающуюся легкую ветротурбину, приводящую в движение ходовой винт, при этом существенной проблемой является разработка такой его конструкции, которая обеспечивала бы преодоление давления, создаваемого турбиной» (Wachmann, S. 34).

Шмидт разработал полную теорию такого корабля (в виде объемистой рукописи хранящуюся в архиве Гамбург-Бергедорфской обсерватории), и в одном из писем он с горечью признается, что вынужден отказываться от «техники ветряной мельницы», как насмешливо он ее называет, а в конце выражает надежду получить возможность работать в области астрономической оптики.

Гамбург—Бергедорф

Работа с профессором Шорром

Как мы уже знаем, Шмидт предложил свои услуги профессору Шорру¹ в 1916 г., оставшись без средств к существованию. Но Шорр о Шмидте впервые узнал много раньше — из письма к нему Шварцшильда.

¹ Шорр Рихард (1867—1951) начал свою научную деятельность в астрономическом вычислительном институте в Берлине в качестве научного сотрудника. С 1892 г. он — наблюдатель Гамбургской обсерватории, с 1902 г. — ее директор. За переводом обсерватории из Гамбурга в Бергедорф благодаря усилиям Шорра последовало ее переоборудование новейшими инструментами, поднявшее обсерваторию до уровня первой категории. С основанием университета в Гамбурге в 1919 г. Шорр — его ординарный профессор астрономии. Им вычислены обширные таблицы для практической астрономии, издан указатель собственного движения звезд и Бергедорфское спектральное обозрение (Spektraldurchmusterung).

Глубокоуважаемый господин профессор!

Состояние коррекции Потсдамского объектива в настоящее время следующее: здесь, в Потсдаме, я ознакомился с зеркалами и с научной квалификацией г. Б. Шмидта (Митвейда) и испытываю к нему такое доверие, что согласился с передачей 50-см объектива ему на исправление, если правительство согласится с суммой, необходимой для этой цели. Если коррекция 50-см объектива удастся и я получу средства, то передам ему и 80-см объектив. Но если исправление 50-см объектива, против всех моих ожиданий, получится плохо, то я окажусь в неприятном положении и придется принимать другие решения. К этому времени результаты Вашего большого Гамбургского объектива будут налицо.

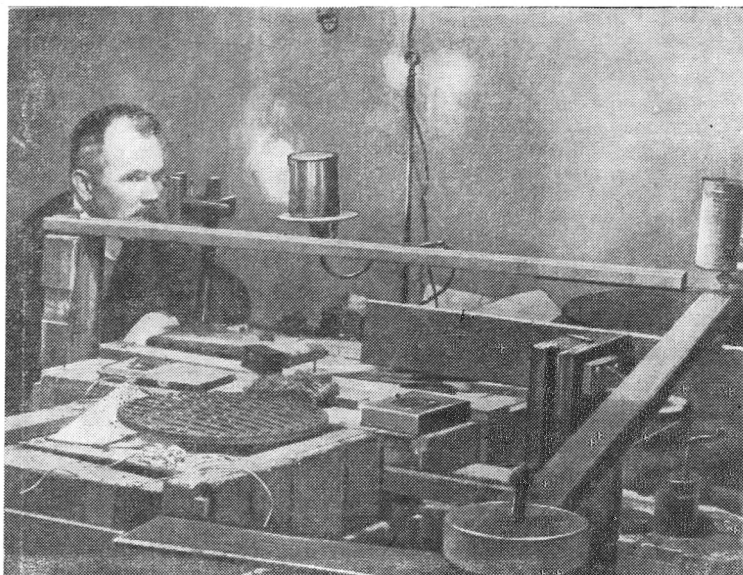
Поздравляю Вас с получением титула профессора, остаюсь Вам преданнейший

К. Шварцшильд

Но Шорр еще далеко не убежден в искусности Шмидта и в письме от 5 апреля 1913 г. пишет Шварцшильду: «Если даже результаты г. Шмидта будут успешными, то это еще не основание ... считать, что он может больше, чем Штейнхейль!»

Однако присланные ему Шмидтом 12 марта 1916 г. астрономические снимки оказались столь отменного качества, что, как уже раньше говорилось, Шорр в октябре 1916 г. поручает ему постройку горизонтального телескопа для Гамбург-Бергедорфской обсерватории. Она была осуществлена в 1920 г.

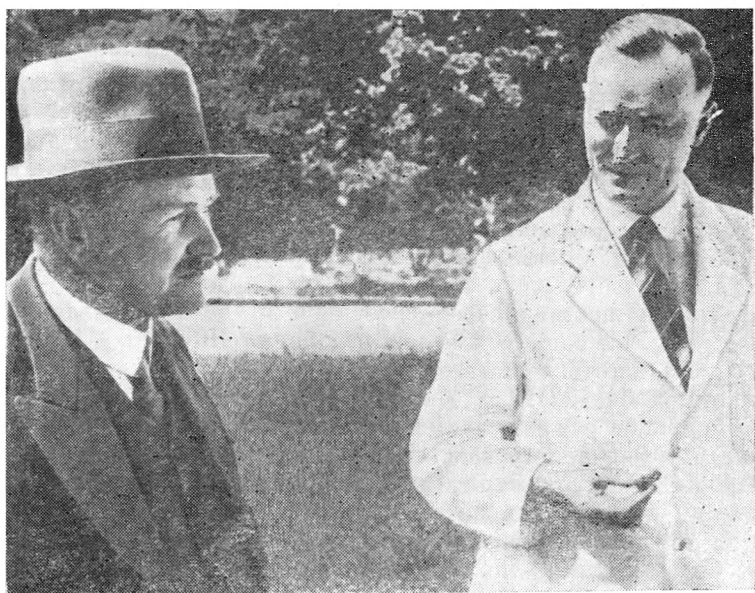
Уже после инфляции долго оставаясь не у дел, Шмидт вновь обращается с просьбой к профессору Шорру: «Нет ли у Вас какой-либо работы для меня в Бергедорфе? В последнее время я проектирую новую комбинацию зеркал Кассегрена с полным устранением комы и астигматизма». Это был первый шаг к решению большой проблемы. Ему сделали предложение поступить на работу в Бергедорфскую обсерваторию, но он долго колебался, боясь лишиться независимости. Еще свежо было в памяти посягательство фирмы «Гёрц» на его творческую свободу, да и фирма «Цейсс» в Йене старалась заполучить мастера. И все же обсерватории Шмидт отвечает согласием, оговорив себе право свободного посещения. К работе он приступил уже в 1926 г., а в 1928 окончательно перебрался в Бергедорф. В этом новом, непривычном для себя качестве — сотрудника крупной обсерватории — Шмидт обретает возможность направлен-



Б. Шмидт в своей мастерской в Бергедорфе в 1928 г.

ного применения своего мастерства. С профессором Шорром, глубоко уважавшим и ценившим Шмидта, у него сложились прекрасные отношения. Под руководством профессора он занимается точной механикой и астрономической оптикой.

Об этом периоде творчества Шмидта профессор Вахманн пишет: «Знакомство с его мастерской в подвале главного здания убеждало, что только его необычайные способности, его гениальность позволили ему здесь с помощью примитивных средств достичь поразительного. Немногим удавалось проникнуть сюда, где он творил в любое время дня и ночи. И если он считал тебя достойным, а ты к тому же умел наблюдать молча, то мог видеть настоящего художника в работе, видеть ювелирное владение инструментами. Ты чувствовал его полное слияние с объектом творчества и удивлялся почти невероятному умению в нужный момент прекратить шлифовку, чтобы в следующий момент проверить оптическую поверхность с помощью искусственной звезды или интерференции. Это его свойство и тренированный глаз, улав-



Б. Шмидт и А. Вахманн в июне 1935 г.

ливающий почти ничтожное уклонение качества поверхностей от идеального состояния, пожалуй, и явились залогом его успеха. Тонкое понимание теории и долготный опыт дали ему возможность сразу же узнавать, как и до какой степени можно устранять эти отклонения. Восхищенный, ты догадывался о необычайной чувствительности кончиков пальцев его левой, единственной руки. Шмидт сам говорил об этом: „Моя рука чувствительнее самого тонкого щупа.“ ... О шлифовке машинной он отзывался неодобрительно, говоря: „Если рука почувствует трение, нужно немедленно прекратить работу до выравнивания температуры. Ваша машина не может этого обнаружить, она бессмысленно полирует дальше, место трения, нагреваясь, поднимается, и вследствие этого дефект увеличивается.“ ... В мастерской Бергедорфской обсерватории осуществил он свою великую идею на практике. Здесь была изготовлена первая в мире свободная от комы зеркальная система с невероятно большим по тем временам относительным отверстием — $1:1.75$. При помощи такого телескопа можно было фотографировать

небо с невиданным до того широким и резким полем. По меньшей мере удивительно и не менее обидно, что, несмотря на широкую рекламу такого крупного открытия и предложенную Шмидтом дешевизну (зеркало и камера только за 5500 марок), не последовало ни одного заказа. Лишь национальные свойства его характера помогли ему справиться с этим разочарованием. В кругу друзей он выражал пророческую надежду, что когда-нибудь мир узнает о нем и заговорит. Глубокий трагизм судьбы изобретателя в том, что он не дожил до триумфального шествия своей свободной от комы зеркальной системы, начавшегося после оглашения Шорром в 1936 г. секрета изготовления коррекционной пластинки» (Wachmann, S. 31—32).

Горькие разочарования не помешали Шмидту продолжать усовершенствовать свое изобретение. Он, например, сделал набросок линзы для выпрямления поля изображения к оригинальной камере. И в дальнейшем установив, что при увеличении относительного отверстия до 1:1 и более система линз подходит для этой цели больше, чем коррекционная пластинка, сделал детальный расчет и изготовил первую деревянную модель с линзами. И пусть она была примитивной, но в руках опытного мастера обеспечивала хорошие снимки звезд.

Профессор Вахманн продолжает: «И своей старой проблеме „ветряной мельницы“ он остался верен до последних дней. Часто можно было видеть, как он с неслабеющим рвением прикреплял пропеллер к палке от метлы под различными углами наклона, чтобы изучить поведение этой конструкции при взлете и зависании в воздухе и использовать эти данные в задуманном им проекте парусного самолета. Его последним проектом была специальная зеркальная оптика: 60-см сферическое зеркало (1:2) с дополнительной оптической системой, состоящей из двух просверленных линз с посеребренными обратными сторонами...» (Там же).

По свидетельству современников, жители Бергедорфа часто могли видеть, как Шмидт среди бела дня отправлялся в лес, на ходу размахивая единственной рукой и вслух беседуя с самим собой. Им, считавшим его чудачком, было и невдомек, что перед ними великий изобретатель, погруженный в свои идеи и поэтому не видящий никого и ничего вокруг. В сырые и холодные ноябрьские дни Шмидт простудился и умер от воспаления легких

в возрасте только 56 лет. Его похоронили в Бергедорфе.

В некрологе профессор Шорр пишет: «Для персонала нашей обсерватории Шмидт всегда был любимым и отзывчивым сотрудником. Гамбургская обсерватория глубоко скорбит о смерти этого высокоодаренного, изобретательного человека, который мог бы дать астрономической науке еще много полезного» (Schorr, 1936, S. 47).

Экспедиции Бернхарда Шмидта

Бернхард Шмидт принимал участие в двух экспедициях Гамбургской обсерватории по наблюдению полных солнечных затмений: в 1927 г. — в Северную Швецию, в 1929 г. — на Филиппины (Тихий океан).

Зона полного солнечного затмения 29 июня 1927 г. проходила через Северную Европу, и экспедиция в составе профессора Р. Шорра, доктора В. Бааде, оптика Б. Шмидта и слесаря К. Фитшена 3 июня отправилась из Гамбурга, чтобы пароходом добраться до Нарвика, оттуда, по Лапландской железной дороге через Кируна, в Мурьек, а затем на автомобилях до места наблюдения — села Йокмокк в Лапландии ($\varphi = +66^{\circ}36'$, $\lambda = 19^{\circ}50'$ восточнее Гринвича, высота над уровнем моря — 240 м). Здесь, в удобно расположенном саду местной школы, 9 июня начались строительные работы по созданию наблюдательной станции. 27 июня в Йокмокк через Стокгольм прибыло еще пять бергедорфских астрономов. Б. Шмидт производил съемки при помощи сконструированного им зеркального телескопа (диаметр отверстия — 55 см, фокусное расстояние — 11 м).

Погода благоприятствовала: Солнце на протяжении всего времени полного затмения не заслонялось облаками. В результате было получено 17 снимков солнечной короны с выдержками от 1 до 25 с. Другая камера с призмой обеспечила на пленке длиной 2 м 12 спектральных снимков с выдержками от 1 до 18 с. Все снимки оказались удачными, и 3 июля экспедиция покинула Йокмокк.

Любопытно, что это же солнечное затмение в Северной Швеции, в г. Елливаре ($\varphi = 67^{\circ}7'$, $\lambda = 20^{\circ}40'$, высота над уровнем моря — 300 м), наблюдала и экспедиция Тартуской астрономической обсерватории в составе Э. Эпика, Л. Ливлендера, П. Симберга, в главную задачу

которой входило получение снимка солнечной короны при полном затмении. Но именно в этот момент появившиеся легкие облака не позволили производить фотометрирование Солнца. Снимки можно было использовать только для исследования формы солнечной короны и для изучения протуберанцев, видимых в момент затмения.

Второе солнечное затмение, которое довелось наблюдать Б. Шмидту, на сей раз на Филиппинах, произошло 9 мая 1929 г. Экспедиция Гамбург-Бергедорфской обсерватории в составе только двух человек — наблюдателя доктора Бааде и оптика Шмидта — 10 февраля 1929 г. села в Гамбурге на пароход, на борту которого в 52 ящиках размещалось ее оборудование. 28 марта она прибыла в Манилу, откуда 30 марта каботажным пароходом направилась в конечный пункт своего следования — на остров Себу, — прибыв туда 1 апреля. На пароходе Шмидт признался Бааде, что решил проблему создания светосильного телескопа, свободного от комы и с большим полем.¹

Полоса полного затмения проходила над северной частью острова. Местом наблюдения было избрано селение Согод ($\varphi = +10^{\circ}45'$, $\lambda = 124^{\circ}0'$), в саду местной школы которого были установлены инструменты (высота над уровнем моря — 30 м) и среди них — горизонтальный телескоп Шмидта (отверстие — 55 см, фокусное расстояние — 11 м), которым с успехом пользовались при фотографировании солнечной короны в Йокмокке.

В день затмения погода была благоприятная, но с его приближением местами появились высокие перистые облака (цирростратусы). К началу полного затмения Солнце покрылось едва заметной однородной пеленой, в течение второй его минуты перистые облака уплотнились, за 30 сек. до окончания Солнце полностью исчезло за облаками, а в конце все небо уже было покрыто тяжелыми тучами. Шмидту все-таки удалось при помощи своего горизонтального телескопа сделать 6 снимков с выдержками 2, 4, 7, 12, 15, 15 сек.

28 мая экспедиция покинула остров Себу, и 4 июня Бааде и Шмидт, сев в Маниле на пароход, тем же путем вернулись в Гамбург. После прибытия Б. Шмидт про-

¹ Linfoot E. H. The Modern Reflecting Telescope. — In: Proceedings of the London Conference on Optical Instruments 1950. London, 1951, p. 171—180.

должал сотрудничать в Бергедорфе до конца сентября, а затем уехал в Эстонию, на свой родной остров Найссаар.

На фоне экспедиции других стран оборудование Шмидта внешне выглядело довольно примитивным, но снимки солнечной короны, полученные с помощью его горизонтального телескопа, оказались самыми лучшими.

Тартусцы вспоминают

В начале нынешнего столетия в Митвейде изучали инженерное дело и другие эстонцы, а среди них — Э. Тамме, питомец техникума с 1911 по 1914 г. Там и состоялось его знакомство с земляком Бернхардом Шмидтом. Тамме вспоминал, что ему часто приходилось бывать в его мастерской, и вскоре оба стали большими друзьями. Хотя по характеру Шмидт был скрытен и застенчив, но, закончив очередной заказ, преображался и, изменяя обычной замкнутости, не прочь был развлечься. Вместе они принимали участие в увеселительных прогулках и пикниках, организуемых студентами-эстонцами. Учащиеся техникума создали студенческое объединение — ТДК Франкония (Technischer Dilettanten Club Frankonia), которое Тамме возглавлял в течение двух лет. На его собраниях Шмидт всегда бывал в числе почетных гостей, и хотя членом объединения не состоял, но охотно присутствовал.

Когда Шмидт купил себе автомобиль марки «Опель», то Тамме пришлось окончить шоферские курсы в Хемнице,¹ чтобы выручать друга, который из-за своего увлечения не мог получить права на вождение машины. Вдвоем они путешествовали по Германии и Швейцарии, знакомились с достопримечательностями их городов, побывали во многих живописных уголках, любовались красотами Швейцарских Альп, часто посещали ипподром в Дрездене. Автомобиль был открытый, и Тамме, сфотографировав в нем Шмидта, отпечатал снимки с перевернутого негатива, так что создавалось впечатление, что на руле лежит его правая рука. Эта фотография очень нравилась Шмидту, и он часто ее показывал своим знакомым.

Когда началась первая мировая война, всех эстонцев, а их было человек 15, заключили в тюрьму Вальдхейм,

¹ С 1953 г. — Карл-Маркс-Штадт.

как подданных вражеской страны. Среди заключенных были французы, русские и представители других национальностей, страны которых находились в состоянии войны с Германией. Тамме поместили почему-то в одиночную камеру. Позднее заключенные были переведены в лагерь для пленных и интернированных, а после освобождения из лагеря Шмидт был взят под надзор полиции. И едва приступил к астрономическим наблюдениям с помощью своего любимого детища — горизонтального телескопа, как тут же оказался заподозрен якобы в передаче световых сигналов русским воздушным силам. Телескоп конфисковали, наблюдения запретили.

Рассказывает о Б. Шмидте в своих воспоминаниях и Карин Педасте (пенсионерка, живет в Тарту). Ее отец, Я. Аккерберг, в 1910 г. с группой эстонцев в составе примерно 20 человек прибыл в Митвейду для изучения инженерного дела. Здесь состоялась их встреча с Б. Шмидтом, вошедшим в общество своих земляков. Дом Я. Аккерберга, единственного семейного человека в этой группе, для студенческой молодежи стал местом встреч, где частым гостем бывал и Б. Шмидт. Он любил детей и уделял им много внимания, водил на прогулки, показывал им свою мастерскую. Карин, в то время шестилетняя девочка, помнит большой светлый зал, где на длинных столах были разложены инструменты и материалы Шмидта. Тонкая пыль, образующаяся при шлифовке, оседая, покрывала все в этом помещении.

Много лет спустя, примерно в конце 20-х годов, Б. Шмидт, приехав на родину, навестил Я. Аккерберга, жившего тогда в Таллине. Он сокрушался, что лишен возможности применить свои способности в своей стране, где не нашлось для него работы, и ему пришлось вернуться в Германию, чтобы заниматься своим любимым делом.

Пауль Аристе, долгое время заведовавший кафедрой финно-угорских языков Тартуского государственного университета, профессор, академик АН ЭстССР, в 1932 и 1933 гг. стажировался в Гамбурге на правах научного стипендиата. Он рассказывает, что, по данным консульства Эстонской республики, в городе и его пригородах проживало в это время около 60 эстонцев. Большинство из них знало друг друга. И хотя официального объединения, как сказали бы сейчас — эстонского землячества, не существовало, сложился обычай каждый четверг

в 8 часов вечера собираться в помещении финского клуба, чтобы общаться на родном языке и обмениваться впечатлениями. Кроме завсегдатаев были и случайные участники таких встреч, к числу которых принадлежал и Бернхард Шмидт. Он говорил на несколько устаревшем эстонском языке. В течение первых месяцев 1933 г. он бывал несколько раз на четвергах и в одно из посещений пригласил Аристе в Бергедорфскую обсерваторию. Тот пришел туда в сопровождении Эрки Валли, стипендиата из Финляндии (в настоящее время — профессор Хельсинкского университета по германской филологии). Принимая гостей, Шмидт вскользь заметил, что недавно его посетил профессор Тартуского университета К. Кирде, оттиск одной из работ которого лежал на его столе. С Э. Валли Шмидт говорил по-шведски.

В 1933 г. Аристе был еще молод, и 54-летний Шмидт показался ему пожилым. Выше среднего роста, коренастый, но подтянутый, с щеточкой подстриженными усами, в сером в елочку костюме, брюки которого пузырились на коленях, Шмидт внешней своей неухоженностью сразу выдавал в себе холостяка. Несмотря на природную сдержанность, он радушно принял гостей. Позднее Аристе еще не раз бывал в его мастерской.

Телескопы до Шмидта

Из истории телескопа

Доподлинно неизвестно, кем и когда был создан прообраз нынешнего телескопа, но технические предпосылки в виде линз для очков существовали, как свидетельствуют археологические находки, вероятно, уже в античное время, а в период с XIII—XV вв. они получили уже довольно широкое распространение. Первые конкретные сведения о существовании телескопа как прибора относятся к 1608 г., т. е. к моменту получения Гансом Липперсеем в Голландии патента на изобретение. В 1609 г. описание линзового телескопа дошло до Галилея, и он, собственноручно изготовив инструмент, приступил к астрономическим наблюдениям. Эти первые телескопы состояли из двояковыпуклой (положительной) линзы в роли объектива и двояковогнутой (отрицательной)

в роли окуляра. Галилей вскоре убедился в непригодности простых очковых линз для употребления в телескопе и необходимости создания специальных оптических линз из высокосортного оптического стекла. Один из сохранившихся объективов Галилея имеет диаметр 56 мм и фокусное расстояние 1.7 м. Известно, что телескопы Галилея давали увеличение по крайней мере в 30 раз. Поисками объяснения физической сути такого явления, как увеличение с помощью линз, всерьез занимался Кеплер, предложивший, кстати, и другую оптическую схему телескопа — из двух положительных линз. Но непреодолимым недостатком оптической системы, несмотря на тщательность фокусировки, оставалась расплывчатость изображений звезд, окруженных цветным ореолом. Современный уровень знаний позволяет назвать причину — качество его страдало от сферической и хроматической аберраций.

Вскоре после изобретения линзового телескопа родилась идея применить в их оптических системах вогнутые зеркала, но в астрономическую практику зеркальный телескоп был введен Ньютоном в 1668 г. Недостаток места для наблюдателя вблизи фокуса вогнутого зеркала заставил Ньютона применить плоское диагональное зеркало, выводящее фокус из трубы телескопа. Зеркальные объективы имели перед линзовым несомненные преимущества: единственную оптическую поверхность, независимость от однородности стекла, возможность достигать больших диаметров, но главным их достоинством была свобода от хроматических аберраций. Однако изображение в телескопе со сферическим зеркалом искажалось сферической аберрацией, и только небольшая светосила первых инструментов Ньютона делала ее незаметной. И хотя уже тогда было известно, что избежать этого недостатка можно, придав зеркалу параболическую форму, но технических средств для изготовления подобного у Ньютона не было.

В соперничестве линзовых (рефракторов) и зеркальных (рефлекторов) телескопов, длившемся, надо сказать, всю историю телескопостроения, последние тогда одержали верх. И началось строительство рефлекторов со все возрастающими диаметрами зеркал. Так, в 1787 г. Гершелем был построен рефлектор диаметром в 1.22 м, а в 1845 г. У. Парсонсом (лордом Россом) — диаметром 1.82 м.

В середине XVIII столетия был найден способ улучшения качества линзовых объективов. Выяснилось, что хроматическую aberrацию можно исключить, сделав объектив из двух линз, различающихся сортом стекла. Самым известным мастером изготовления таких ахроматических объективов стал И. Фраунгофер, а его знаменитым произведением — рефрактор для Тартуской обсерватории. Этот инструмент был во многих отношениях техническим шедевром своего времени: двухкомпонентный ахромат с наибольшим в мире диаметром ($D=24$ см), превосходная экваториальная монтировка, часовой механизм новой конструкции, прецизионный окулярный микрометр. Тем самым рефракторы опять одержали верх над рефлекторами по качеству изображения, и строительство линзовых телескопов продолжалось до тех пор, пока к концу XIX столетия не был достигнут метровый диаметр: в 1897 г. в Йеркской обсерватории установили рефрактор А. Кларка с диаметром объектива 102 см. Этот рекордный диаметр не превзойден в своем классе телескопов до сих пор, поскольку линзы большего диаметра слишком прогибаются под своей тяжестью.

Классические рефлекторы

Со второй половины прошлого столетия началось бурное развитие новой ветви астрономии — астрофизики, ставившей целью физическими методами исследовать излучение, приходящее от космических объектов. Малая плотность этого излучения на поверхности Земли превращала сбор света от небесного объекта на фотопластинку, щель спектрографа или диафрагму фотометра в первостепенную задачу, еще более повышающую требования к светособирающей силе телескопов, определяемой диаметром оптики, точнее — квадратом диаметра. Опять на арену выходят зеркальные телескопы, для создания которых уже имелись научные и технологические предпосылки. Со второй половины прошлого века с изобретением Ю. Либихом в соавторстве с К. Штейнхейлем (1856 г.) и Л. Фуко (1857 г.) способа серебрения зеркал для изготовления зеркал астрономических рефлекторов вместо металлов стали применять стекло. Совершенствовались методы параболлизации вогнутых стеклянных зеркал, были найдены новые конструктивные решения для разгрузки крупных из них. Разрабатывались

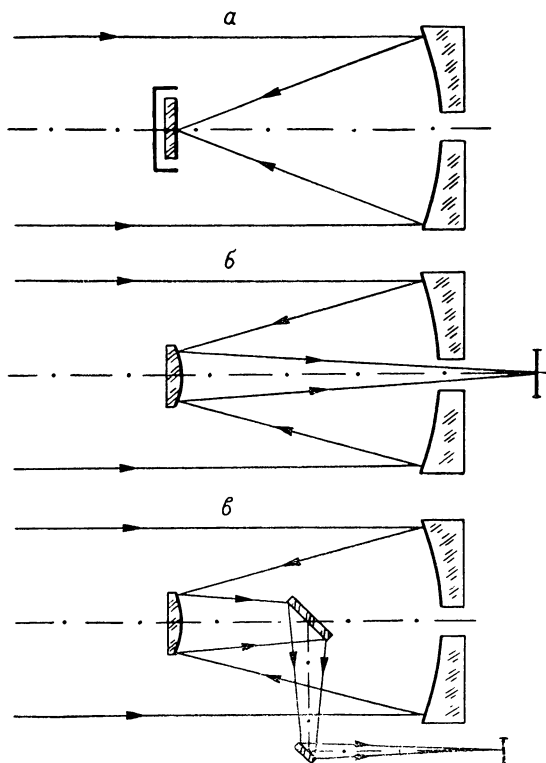


Рис. 1. Оптические схемы классического универсального рефлектора.

a — главного фокуса, *б* — Кассегрена, *в* — кудэ.

также теория оптических систем и более точные методы для контроля поверхностей зеркал.

Первым инструментом новой эры рефлекторов можно считать так называемый кросслеевский рефлектор диаметром 91 см, изготовленный для Ликской обсерватории (1879 г.). Далее следовала целая серия зеркальных телескопов, сделанных в основном в США и Англии и среди них 1,5- (1908 г.) и 2,5-метровый (1919 г.) рефлекторы обсерватории Маунт Вильсон и наиболее известный 5-метровый Паломарский рефлектор (1948 г.). Во второй половине этого столетия вступили в строй еще многие рефлекторы с диаметрами до 4 м, а также новый крупнейший телескоп мира — советский 6-метровый рефлектор (1976 г.).

Оптическая схема большинства рефлекторов, построенных в нашем столетии, — это воплощение той концепции, которую часто называют концепцией классического универсального рефлектора. Основным элемент оптической системы — главное зеркало параболической формы, которое может работать в трех оптических схемах — главного фокуса, Кассегрена, кудэ. В схеме главного фокуса (рис. 1, а) используется прямое изображение в фокусе этого зеркала путем помещения туда, например, фотопластины. Введением вторичного зеркала гиперболической формы получаем схему Кассегрена с фокальной плоскостью, выводимой из трубы через отверстие в середине главного зеркала (рис. 1, б). Вторичное зеркало, увеличивая эквивалентное фокусное расстояние системы (относительное отверстие при схеме Кассегрена обычно 1:15 или 1:16), дает возможность поместить в этом фокусе вспомогательные приборы для анализа собранного света — фотометры, спектрографы и пр. Но для более тонкого анализа необходимы спектральные приборы высокой разрешающей силы, вес которых может достигать нескольких тонн, и для направления света в них применяется схема неподвижного фокуса — кудэ. В ней, как и в схеме Кассегрена, также используется вторичное выпуклое зеркало гиперболической формы, но с еще большим увеличением эквивалентного фокусного расстояния (относительное отверстие около 1:30). Тогда с помощью дополнительных плоских зеркал лучи можно вывести из подвижной части телескопа и получить неподвижный фокус (рис. 1, в).

Классические рефлекторы нашли самое широкое применение, превосходно справляясь с задачей сбора излучения звезд, галактик, туманностей в астрофизические анализирующие приборы (фотометры, спектрографы), чего нельзя сказать об их способностях обеспечивать качественные фотографии больших участков неба. Однако прежде чем говорить об их качестве, совершим экскурс в теорию искажений изображений оптических систем.

Краткий обзор аберраций

От идеальной оптической системы мы вправе ожидать изображения точечного источника света (объекта) в виде точки, не имеющей размеров (стигматическое изображение). Но в действительности ни одна даже без-

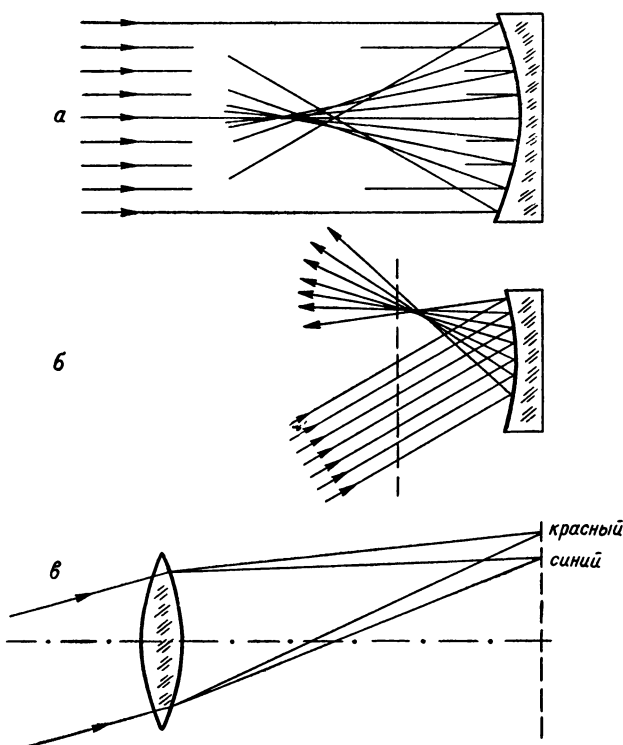


Рис. 2. Схема возникновения некоторых aberrаций.

a — сферическая aberrация сферического зеркала, *б* — кома при отражении наклонного пучка от параболического зеркала, *в* — хроматизм увеличения линзы.

укоризненно изготовленная оптическая система не дает изображения без искажений, именуемых aberrациями (Михельсон, 1976).

В 1856 г. Л. Зейдель вывел формулу суммы геометрических aberrаций, представив различные их виды (сферическая aberrация, кома, астигматизм, дисторсия) членами, зависящими от угла наклона лучей к оптической оси (угла поля зрения) w и апертурного угла, часто выражаемого через относительное отверстие A ($A = D : f$, где D — диаметр оптической системы, f — фокусное расстояние). Каждый из членов снабжен соответствующим коэф-

фициентом, а их произведения в целом выражают вклады отдельных видов aberrации.

Сферическая aberrация, которую выражает первый член формулы Зейделя, не завися от угла наклона лучей w , постоянна во всех точках поля, и под ее влиянием изображение точки превращается в расплывчатое круглое пятно. Это происходит из-за различия в фокусных расстояниях центральной и краевых зоны линзы или зеркала: лучи, отражаясь от краев сферического зеркала, собираются в фокусе, расположенном ближе к зеркалу, чем фокус центральных лучей (рис. 2, а). Для малосветосильных объективов влияние сферической aberrации пропорционально кубу относительного отверстия:

$$\rho_{\text{сф}} \sim \frac{1}{16} f A^3.$$

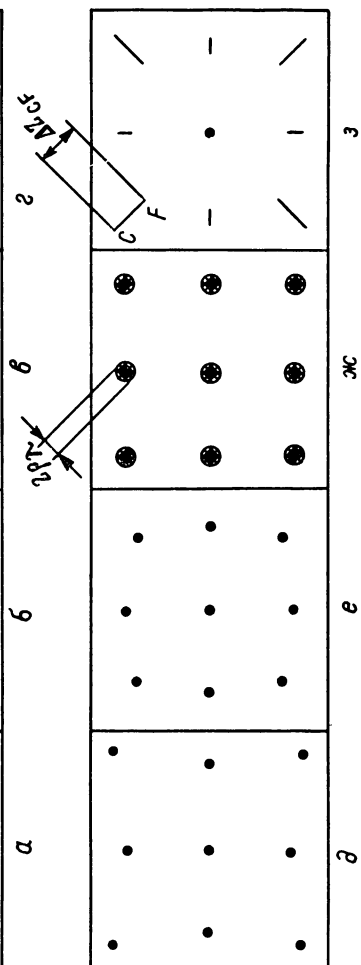
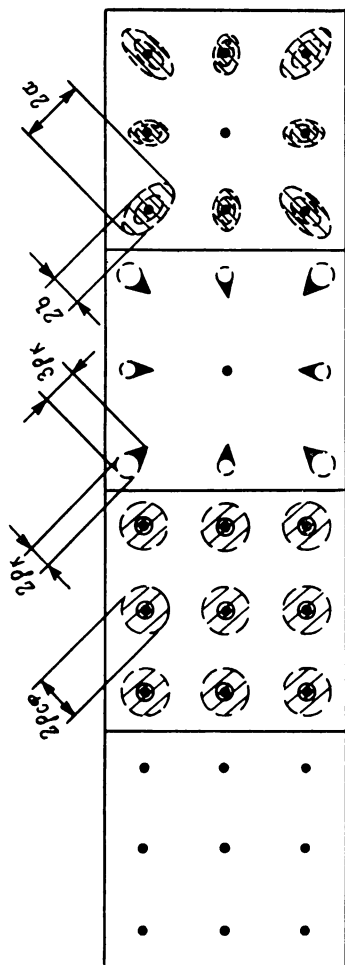
Аберрацию, называемую комой (от греческого *komē* — волосы) и зависящую от угла поля w , символизирует второй член формулы Зейделя, а результат ее влияния в следующем: звезду при некотором отклонении ее (w) от оптической оси все зоны объектива изобразят в виде колец с разными диаметрами и смещенными относительно друг друга центрами. Налагаясь одно на другое, кольца образуют своеобразно вытянутое пятно (рис. 2, б). Наружная окружность соответствует самой крайней зоне объектива. Линейные размеры пятна пропорциональны расстоянию звезды от оптической оси и квадрату относительного отверстия объектива. Иными словами, длина и ширина его пропорциональны, соответственно,

$$3\rho_{\text{к}} \sim \frac{3}{8} f A^2 w,$$

$$2\rho_{\text{к}} \sim \frac{1}{4} f A^2 w,$$

а угол раствора «хвоста» составляет 60° .

Третий член в формуле Зейделя выражает астигматизм (от греческого *astigmē* — не точка), суть которого в том, что лучи, проходящие через объектив в одной плоскости, соберутся в один фокус, а проходящие в плоскости, перпендикулярной первой, — в другой. Наложением изображений в этих главных плоскостях (меридиональной и сагитальной) и в параллельных им создается



эллипс с отношением полуосей 3:1. За меру астигматизма принимается обычно разность осей эллипса:

$$2\rho_y - 2\rho_x \sim Aw^2f.$$

Иначе говоря, астигматизм пропорционален относительному отверстию и квадрату углового расстояния от центра поля. С астигматизмом переплетается еще один вид искажений — кривизна поля, проявляющаяся в том, что система, свободная от сферической aberrации, комы и астигматизма, дает хоть и резкое изображение, но сферическое (при наличии астигматизма меридиональные и сагитальные лучи образуют сферы с разными радиусами):

$$\rho_{\text{кр. п.}} \sim \frac{1}{4} Aw^2f.$$

Четвертый член в формуле Зейделя — это вид aberrации, называемой дисторсией (от латинского *distortio* — искривление), которая, не внося искажения в изображение точки на любом расстоянии от оптической оси, смещает его относительно истинного положения. Дисторсия может быть положительной (точки смещены в направлении к краю изображения) или отрицательной (точки смещены к центру). Если представить квадрат из точек (звезд), то под влиянием этого вида aberrации он примет «подушкообразный» или «бочкообразный» вид (рис. 3, *д* и *е*). Величина дисторсии не зависит от относительного отверстия телескопа, но пропорциональна третьей степени угла поля зрения:

$$\Delta l \sim \frac{1}{2} w^3 f.$$

Дисторсия особенно мешает определению по фотографиям неба точных положений (координат) звезд.

При анализе видов aberrации формулы Зейделя мы подразумевали, что пучок лучей монохроматичен, т. е. состоит из лучей с одной длиной волны λ . Обычно эти

Рис. 3. Влияние различных отдельно действующих aberrаций на вид изображения из девяти точек (звезд).

а — идеальное, *б* — сферическая aberrация, *в* — положительная кома, *г* — астигматизм совместно с кривизной поля, *д* — положительная дисторсия, *е* — отрицательная дисторсия, *ж* — хроматизм положения, *з* — хроматизм увеличения.

виды аберрации называют геометрическими, а иногда и просто монохроматическими. Но и реально видимый свет и регистрируемое фотопластинкой излучение содержат лучи разных длин волн. В зеркальных системах они отражаются совершенно одинаково, но, проходя линзовые элементы, преломляются по-разному. Показатели преломления линз различны для лучей разных длин волн, и поэтому фокусы линзы для красных и синих лучей не совпадают (рис. 3, ж). Эта разновидность хроматической аберрации носит название хроматизма положения и проявляется в том, что, где бы мы ни поместили окуляр или фотопластинку, точечное изображение будет окружено цветной каймой. Диаметр возникающего пятна пропорционален диаметру телескопа:

$$\rho_{\lambda} \sim D.$$

Как известно из истории телескопостроения, хроматизм положения может быть исправлен в сложных (многоэлементных) объективах.

Другой вид хроматических аберраций выявляется на краю изображения: попадающие в оптическую систему под одним и тем же углом синие и красные лучи отклоняются в разной мере, и поскольку между ними существуют лучи остальных цветов спектра, то вместо точечного изображения получаем радиально направленный «спектрик» (рис. 3, з). Это — хроматизм увеличения, пропорциональный углу w :

$$\Delta z_{\lambda_1, \lambda_2} \sim w.$$

Оптические системы без хроматической аберрации называют ахроматическими, куда, разумеется, относятся все зеркальные системы. Однако в практике под ахроматами понимают объективы, где сведены изображения только двух длин волн, но, значит, остаются хроматические аберрации для лучей других длин волн (вторичный спектр).

В заключение обзора аберраций позволим себе несколько замечаний относительно астрономических инструментов. Не совсем верный термин «сферическая аберрация» одним своим названием указывает на искажения, вызванные сферичностью поверхности. Но такая аберрация полностью устранима: у зеркал — переходом от сферической поверхности к параболической, у линз —

их комбинацией из двух или большего числа (при этом решается и задача ахроматизации). Но если сферические поверхности (выпуклая и вогнутая) могут возникать и естественным путем — например, в процессе притирания двух дисков друг к другу, и, следовательно, эта работа может быть доверена довольно несложной машине, то параболизация сферы получается только в результате специальных усилий и требует от оптика большого умения. Обыкновенная линза также может быть освобождена от сферической аберрации, если ее поверхность «подрегулировать», т. е. внести в сферическую форму одной или обеих ее поверхностей заранее рассчитанные искажения.

У параболического зеркала отсутствует сферическая аберрация, но кома велика. В классических рефлекторах кома не мешала наблюдать точечные объекты на оптической оси, поскольку там она отсутствует.

Системы с устраненными сферической аберрацией и комой называются апланатическими, и среди линзовых объективов в числе первых, обладающих этими свойствами, стоит система Пецваля (1840 г.), содержащая 4 компонента.

Что требовалось?

XIX в. в астрономии ознаменовался появлением нового метода исследования небесных тел — спектроскопии, а ее «восприимчивыми» следует назвать Фраунгофера, в начале века произведшего свои известные наблюдения спектра Солнца, а также Кирхгоффа и Бунзена, открывших в середине века спектральный анализ. Вскоре после этого началось исследование спектров звезд, ставшее в наше время самым мощным методом в изучении физики звезд. Неудивительно поэтому, что первичной функцией телескопа в астрофизике становится сбор света от слабого точечного источника (звезды) для питания светоанализирующей аппаратуры (прежде всего спектрографа). Для этого вполне подошла оптическая схема куда с ее длинным эквивалентным фокусом и способностью питать неподвижный спектрограф. Параболическое зеркало на оси строит изображение, свободное от сферической аберрации, комы и астигматизма, которое вторичное зеркало не портит. Аберрации для наклонных лучей в таком случае не имеют значения по причине сверхмалости используемого поля зрения.

Следует помнить, что прошлый век дал еще один широко применяемый метод исследования — фотографию. Не стоит пространно рассуждать о преимуществах фотографии перед визуальными наблюдениями — они очевидны. Фотография обладает такими ценными свойствами, как интегрирование света, документальность, широкий спектральный диапазон, панорамность (запечатление сразу широкого участка неба), детальность (запечатление трудно различимых тонких деталей) и др. В астрономии нашлись задачи и для нее — прежде всего по составлению карт и атласов неба. По фотографии можно точно измерить расстояние между объектами, определить координаты относительно опорных звезд или относительно центра пластинки, но что самое важное — на фотографиях, сделанных с длинными выдержками, получаются изображения очень слабых звезд.

Появление возможности фотографировать небо повлекло за собой создание новых инструментов — телескопов-фотокамер, или астрографов. Требования к параметрам объективов астрографов значительно отличались от предъявляемых к визуальным телескопам и астрофизическим рефлексам. Освещенность в фокусе телескопа определяется не только площадью входного отверстия ($\sim D^2$), но и масштабом изображения ($\sim f^2$). И при фотографировании, следовательно, оптическая мощность телескопа равна отношению $\frac{D^2}{f^2}$, т. е. квадрату относительного отверстия (A^2). Стремление запечатлеть предельно слабые объекты вызывает необходимость применения чрезвычайно светосильных систем (от 1:3 до 1:1).

Кроме того, объективы астрографа по сравнению с визуальными и астрофизическими телескопами должны иметь куда большее поле зрения, позволяющее заснять значительные участки неба — от нескольких до десятков градусов, сохраняя при этом по всему полю и качество изображения, соответствующее разрешающей способности (зернистости) фотоэмульсии. Первоклассной обычно считается такая оптика, у которой диаметр кружка, изображающего звезду, не превосходит 30 мкм.

Первым объективом астрографов был четырехлинзовый «портретный» объектив Пецваля (1840 г.), а к концу прошлого века уже существовали астрообъективы — анастигматы, в которых наряду с другими аберрациями были исключены также астигматизм и кривизна

поля. Рост светосилы и полезного поля достигался увеличением числа линз, иногда до семи и более. Размеры светосильных объективов астрографов ограничены обычно 40—50 см, поскольку в производстве больших трудно добиться однородности стекла, да и поглощение света в объективе становится значительным. Для фотографирования больших участков неба (до $10^\circ \times 10^\circ$) применялись фотопластинки до 45×45 см, а проникающая сила достигала 18 зв. вел. Но когда диаметры классических рефлекторов достигли нескольких метров, оптическая мощь астрографов с линзовыми объектами стала недостаточной. Казалось, удобнее было бы производить фотографирование неба теми же телескопами, что применялись для астрофизических исследований, но используемое в фокусах Кассегрена и куда поле, будучи очень малым, не могло быть расширено хотя бы по геометрическим причинам, не говоря уже об аберрациях. В используемом обычно для фотографирования главном фокусе универсального классического рефлектора изображение объекта при его удалении от оптической оси вскоре будет искажено комой. В классических рефлекторах главное зеркало обычно имело относительное отверстие около 1:5 (как, например, у 2,5-метрового телескопа обсерватории Маунт Вильсон), тогда, задаваясь размером пятна от комы, равным 1 угл. сек (что часто соответствует диаметру кружка, вызванного атмосферным дрожанием), можно использовать в главном фокусе поле с диаметром менее 5 угл. мин. С появлением средств для изготовления более светосильных главных зеркал поле еще более сузилось. Так, например, если задаться полной длиной пятна от комы, равной 1 угл. сек, применяемое поле в главном фокусе, выраженное в секундах дуги, составит

$$2w_{\text{кома } 1''} \approx \frac{11''}{A^2},$$

и при относительном отверстии зеркала 1:3,3 угловое поле, следовательно, будет иметь диаметр около 2 угл. мин (табл. 1). То же самое можно представить в линейных размерах, задавая допуск величины фотографических зерен, например, 40 мкм: при относительном отверстии 1:3,3 диаметр полезного поля составит 4 мм. В довольно современном английском телескопе им. Ньютона ($D=2,5$ м) главное зеркало имеет относительное отверстие 1:3, и пригодное для фотографирования поле рас-

Т а б л и ц а 1

**Значения аберрации в главном фокусе классического рефлектора
с относительными отверстиями 1 : 10 (А) и 1 : 3 (Б)**

Угловое расстояние от оптической оси, угл. град.	Астигматизм	Кома	Астигматизм и кома вместе
	угл. сек		
	А		
0.5	0.4	1.7	1.9
1.0	1.6	3.4	4.2
2.0	6.3	6.8	10.0
4.0	25.0	13.6	26.2
	Б		
0.5	1.3	18.7	19.3
1.0	5.0	37.4	39.9
2.0	20.0	74.9	84.9
4.0	83.8	149.8	191.7

пространяется от оптической оси только на расстояние в 0.8 угл. мин (при том же условии односекундной комы).

Так ко многим сложным проблемам при создании крупных рефлекторов прибавилась еще одна — проблема увеличения поля, пригодного для фотографирования неба. В течение последних семидесяти лет оптиками в поисках ее решения было предложено множество схем, в основном с использованием дополнительных корректирующих элементов. Но, забегая несколько вперед, скажем, что ни одна из них уже давно не выдерживает соперничества с камерой Шмидта (с легкостью способной обеспечить поле 5° и более).

Существование широкоугольного светосильного астрографа наравне с классическим рефлектором не только желательно, но во многих случаях и совершенно необходимо. Уже с вступлением в строй 2.5-метрового телескопа стало ясно, что с помощью больших классических рефлекторов можно плодотворно исследовать далекие галактики, но чрезвычайно трудно их обнаружить. К ним, обладающим столь малым полем, необходимо в приложение составлять «путеводители» по нахождению интересующих объектов. В свое время такую задачу пробовал решить Хаббл, 2.5-метровым рефлектором получивший 1283 фо-

тографии, которые, однако, охватывали небо всего в 300 квадратных градусов. Несколько забегая вперед, скажем, что сейчас ту же площадь покрывают 8 фотографий, сделанных камерой Шмидта Паломарской обсерватории, а вся доступная наблюдению часть неба размещается на 935 фотографиях.

В подкрепление непомерной трудности такой задачи приведем еще один пример. С помощью дополнительной коррекционной линзы Росса в главном фокусе 5-метрового телескопа получают удовлетворительное поле с угловым диаметром в 18 мин дуги, что соответствует площади в 0.071 квадратного градуса. Если бы мы захотели сфотографировать все видимое небо (около 30 000 квадратных градусов) в двух цветах, нам бы пришлось произвести 1 700 000 длительных экспозиций. И если учесть, что каждая выдержка длится один час, а в году 300 часов благоприятного для наблюдений времени, то для осуществления обзора неба при помощи классического телескопа понадобится 6 000 лет.

Из сказанного становится ясным, почему Б. Шмидт, став сотрудником Бергедорфской обсерватории, приступил к поискам новых путей к изготовлению короткофокусной и светосильной камеры с большим полем зрения.

Последние 20—30 лет астрофизические рефлекторы строят часто по апланатической схеме Ричи—Кретьена с главным зеркалом гиперболической формы. В их касегреновском фокусе получают значительно большее поле, чем в фокусе классической схемы. Подбирая нужную форму вторичного зеркала, можно устранить все основные аберрации, за исключением астигматизма и кривизны поля.

Но достаточно большого поля в системах Ричи—Кретьена, используемых для фотографирования, не достичь, поскольку тогда размеры вторичного зеркала, отверстия в главном зеркале, равно как и фотопластинки, должны стать непомерно большими. Так, например, 2.5-метровый телескоп системы Ричи—Кретьена обсерватории Лас Кампанас имеет угловое поле $1.5^\circ \times 1.5^\circ$ при фотопластинках размером 51×51 см, которые к тому же приходится изгибать в соответствии с кривизной фокальной поверхности. Тем не менее стремление сохранить возможность фотографировать универсальными рефлекторами хотя бы небольшого участка неба было настолько сильным, что заставляло астрономов тратить на это мно-

гие средства, мириться со значительной длиной трубы (для работы в главном фокусе), сопутствующим этому увеличением диаметра купола, достаточно сложными расчетами и изготовлением коррекционных систем.

Проследим далее в общих чертах и эту линию, проходившую начиная с 30-х годов параллельно изготовлению и применению камер Шмидта, чтобы показать, какой ценой другими средствами достигается расширение поля для фотографирования.

Коррекционные системы для рефлекторов

Первым, кто предложил применять коррекционные линзы для увеличения поля зеркальной системы, был Р. А. Сампсон, в 1913 г. разработавший схему из трех тонких линз перед главным фокусом для устранения всех аберраций (сферической, комы, кривизны поля), за исключением хроматической, но это потребовало изменить форму зеркала («непараболическое—несферическое»). В том же году он опубликовал как эти свои расчеты, так и другие — для фокуса Кассегрена.

В 1933—1935 гг. линзовую коррекционную систему для главного фокуса 5-метрового телескопа разработал и изготовил Ф. Росс. Тоже афокальная и расположенная в сходящемся пучке лучей перед главным фокусом, она исправляла кому главного зеркала и позднее была названа именем изобретателя (линзы Росса). В своей статье на эту тему Росс ссылается на работу Сампсона о корректоре для фокуса Кассегрена, но не упоминает другую — о корректоре для главного фокуса. Вначале корректоры Росса были двухлинзовыми (как, например, у 1.5-м телескопа обсерватории Маунт Вильсон), а потом он включил в качестве третьего элемента тонкий мениск. С установкой корректора Росса поле большого паломарского телескопа увеличилось в диаметре до 15 угл. мин (при условии изображений звезд менее 1 угл. сек), но зато на расстоянии 10 угл. мин от оси диаметр изображения звезды возрастал до 5 угл. сек. Причина заключалась в неполной афокальности корректора: с его применением относительное отверстие в главном фокусе с $1:3.3$ менялось на $1:4.7$.

Далее развитие коррекционных систем пошло по двум направлениям — усовершенствования линзовых систем (в основном за счет увеличения числа линз) и введения

разных асферических поверхностей, но общей теории корректоров пока не существует.

Значительное расширение поля достигается с использованием четырехлинзового корректора, описанного К. Г. Винном в 1967 г. (Wynne, 1972), но его появление — это уже итог изысканий и расчетов с помощью ЭВМ. В качестве конкретного примера Винн произвел расчет корректора для 5-метрового телескопа и получил поле с диаметром в 25 мин дуги в спектральном диапазоне 365—1014 нм при условии изображений звезд с диаметром 0.5 сек дуги. Такой корректор был сделан для 2.5-метрового телескопа обсерватории Гринвич, и он обеспечил при тех же предпосылках диаметр поля в 40 угл. мин. На другом примере Винн достиг поля диаметром даже 2° при изображении звезд до 2 угл. сек. Одна из схем четырехлинзовых корректоров была создана группой оптиков Пулковской обсерватории во главе с Д. Д. Максutowым.

В 1935 г. М. Пауль опубликовал работу, где после обстоятельного обзора возможностей применения асферических пластинок в корректоре рассмотрел вариант с двумя асферическими пластинками и дополнительной коррекцией формы зеркала. Много позже А. Б. Мейнел указал, что вместо последнего можно ввести еще третью асферическую пластинку. Но все эти корректоры технически были трудно выполнимы, что относится и к предложенной М. Паулем двухзеркальной системе коррекции, несмотря на сферичность поверхности дополнительных зеркал (выпуклого и вогнутого). Только в 1969 г. Бейкер, рассчитав несколько двухзеркальных корректоров, доказал, что с их помощью можно достичь весьма высококачественного изображения (диаметры изображений звезд 0.01 угл. сек). Отсутствие линзовых элементов и столь малый диаметр изображения звезды позволяют применять эту схему во внеатмосферных наблюдениях.

Еще более сложные проблемы возникли при поисках способов коррекции оптических систем Ричи—Кретьена. Как известно, эта двухзеркальная система дает качественное изображение только в фокусе Кассегрена, чего нельзя сказать о главном фокусе и фокусе куда, которые без корректора использовать было бессмысленно.

В 1965 г. С. Гаскойн нашел способ исправления сферической аберрации и комы, поместив асферическую пластинку между зеркалом и главным фокусом, но из-за

астигматизма и хроматических aberrаций поле все же оставалось небольшим. В англо-австралийском телескопе ($D=3.9$ м) с помощью асферической пластинки диаметром 35 см получено плоское поле диаметром 7 мин дуги и размером изображения 0.5 угл. сек, а искривлением фотопластинки — поле диаметром до 10 угл. мин.

Лучшие результаты для главного фокуса системы Ричи—Кретьена дал двухлинзовый корректор. Поскольку кома и астигматизм у главного зеркала этой системы такие же, как и у параболического зеркала, можно было использовать опыт расчета корректоров для классических систем. Возникающую при этом сферическую aberrацию (столь сильно сказавшуюся на изображениях, полученных с параболическим зеркалом) можно использовать для компенсации сферической aberrации зеркала системы Ричи—Кретьена. Винн рассчитал двухлинзовый корректор для 2.5-метрового телескопа и получил поле с диаметром в 28 угл. мин, а для англо-австралийского телескопа ($D=3.9$ м) — 25 угл. мин.

В 1961 г. С. Росин опубликовал расчет оптической системы для телескопа с диаметром около 2 м (1:10), состоящей из зеркала гиперболической формы и двухкомпонентной коррекционной системы Росса и обладающей фотографическим полем диаметром в 1° , где было обеспечено разрешение 0.1 угл. сек.

Позднее в корректор вновь стали вводить асферические пластинки. Так, для 3.5-метрового рефлектора Европейской южной обсерватории (ESO) Г. Кёлер рассчитал корректор из трех асферических пластинок (как это сделал А. Мейнел для параболического зеркала) и одной линзы со сферическими поверхностями. Диаметр самой большой асферической пластинки — 0.5 м, а диаметр поля лежит в пределах от 40 угл. мин до 1° (в зависимости от ширины спектрального диапазона).

В 60-е годы К. Винн нашел удачное решение корректоров из трех элементов со сферическими поверхностями и рассчитал ряд схем: для 3.8-метрового телескопа Ричи—Кретьена обсерватории Китт Пик он получил поле в 50 угл. мин, для 2.7-метрового телескопа обсерватории Макдональд — даже 2° . Для сравнения Винн выполнил также расчет для 3.5-метрового телескопа ESO, получив поле в 1° . При использовании трехлинзового корректора трудноустранимым фактором, лимитирующим поле, является хроматическая aberrация высшего порядка. Поэтому

при фотографировании в разных спектральных участках (через разные цветные фильтры) целесообразно на каждом участке применять рассчитанный на эту длину волны корректор. Трехлинзовые корректоры разрабатывали также и другие оптики (Кёлер, Баранн).

Для полноты обзора коррекционных систем коротко рассмотрим корректоры для вторичного фокуса типа Кассегрена.

Первое предложение о коррекции изображения в фокусе Кассегрена исходило от уже упомянутого Симпсона (1913 г.). Его оптическая система состояла из главного зеркала эллипсоидальной формы, вторичного зеркала в виде посеребренного с тыльной стороны мениска и двухлинзового корректора. По расчету автора, вся система (1:14) была свободна от сферической аберрации и комы и имела плоское поле диаметром в 2° (при диаметрах изображений звезд в краевой зоне в 2.2 угл. сек).

С появлением усовершенствованных систем Ричи—Кретьена, способных обеспечить достаточно хорошее качество изображения, интерес к корректорам для двухзеркальных систем понижается, но не исчезает. В больших телескопах этой системы (диаметром 3.5 м и более) угловое поле лимитируется обычно уже размерами существующих фотопластинок, доходя до 30—50 угл. мин, в малых — величиной отверстия в главном зеркале и окажется не более $1\text{--}1.5^\circ$. В 60-е годы одноэлементные корректоры предложили С. Гаскойн и Г. Кёлер; последний для ESO-телескопа получил изображение величиной 0.4 сек дуги в пределах поля диаметром 30 угл. мин. В 1966 г. Д. Шульте рассчитал корректор из асферической пластинки и линзы для 1.52-метрового телескопа в Серро-Тололо, обеспечивающий поле диаметром 1.5° (изображение 0.5 угл. сек). Примерно того же достиг К. Винн двухлинзовым корректором для 3.8-метрового телескопа обсерватории Китт Пик: поле — 50 угл. мин, изображение — 0.5 угл. сек (спектральный диапазон 365—770 нм).

В заключение можно сказать, что применение коррекционных систем в классических рефлекторах и телескопах Ричи—Кретьена дало возможность фотографировать участки неба с угловым диаметром $0.5\text{--}1^\circ$. Но задача превращения зеркального телескопа в широкоугольную светосильную астрокамеру была еще не решена, хотя поиски таких решений (стремление к созданию широко-

угольной камеры и попытки применить асферические коррекционные пластинки) велись, и некоторые найденные здесь будут квалифицированы как аналоги системы Шмидта. Но нужно помнить, что почти все разработки корректоров (а с применением асферических пластинок — все без исключения) выполнены значительно позже изобретения Б. Шмидтом его знаменитой камеры. Более того: использование в рефлекторах в качестве корректоров асферических пластинок в значительной мере стимулировано изобретением Б. Шмидта.

Изобретение Шмидта

Оптическая система Шмидта

С первых лет своей работы в Бергедорфе Шмидт понял ограниченность возможностей классических рефлекторов. Переходом от сферического зеркала к параболическому было достигнуто высокое качество изображения на оси, но поле зрения из-за комы было совсем небольшим, хотя, как было изложено выше, многими оптиками и предпринимались попытки исправить этот недостаток коррекционными системами. Но Шмидт не пошел по этому пути, а обратился к сферическому зеркалу. Ему было известно, что если поставить в центр кривизны сферического зеркала диафрагму, то осевые и наклонные лучи, пройдя через оптическую систему, становятся равноправными, иными словами, система приобретает бесчисленное множество осей симметрии (рис. 4, а), избавившись от комы и астигматизма. Действительно, совершенно независимо от того, под каким углом параллельный пучок лучей падает через диафрагму на сферическое зеркало, он всегда отражается одинаково, так как каждый пучок лучей имеет здесь условно свою «главную» оптическую ось. Изображение, однако, получится при этом сферическим, а центр его кривизны совпадает с центром кривизны вогнутого зеркала. Этот недостаток можно исправить, соответственно искривляя фотопленку или фотопластинку в фокусе. Но в пределах всего поля изображение в такой системе искажено сферической аберрацией (рис. 4, б), и, следовательно, возникает проблема ее исправления без нарушения сферичности зеркала.

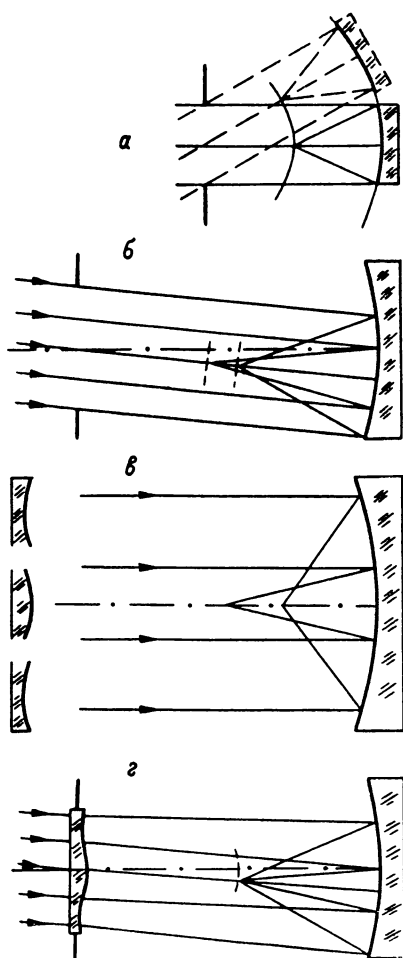


Рис. 4. Формирование принципов изобретения Шмидта.

а — сферическое зеркало с диафрагмой в центре кривизны свободно от комы и астигматизма, *б* — симметричная система из сферического зеркала с диафрагмой имеет сферическую aberrацию, *в* — необходимый для уничтожения сферической aberrации коррекционный элемент должен быть выпуклым (положительным) в середине и вогнутым (отрицательным) по краям, *г* — схема камеры Шмидта.

К тому времени Шмидт уже владел опытом так называемого переноса коррекции: ему уже приходилось исключать сферическую aberrацию в схеме Кассегрена на базе сферического зеркала коррекцией вторичного

зеркала. Такой путь мог избрать только мастер, владеющий искусством все оптические элементы изготавливать собственноручно. Но достичь исправления комы коррекцией вторичного зеркала системы Кассегрена ему не удалось. Поэтому в задуманной им своей системе он вообще отказывается от второго зеркального элемента.

Как уже было сказано, сферическая аберрация возникает из-за разности фокусных расстояний краевой и центральной зон сферического зеркала (рис. 4, б). Переделать поверхность зеркала в параболоид невозможно без утраты прежней симметричности. Введением простого линзового элемента этого тоже не достичь, так как для середины зеркала необходима положительная линза, а для краев — отрицательная. И тут он решает — мы подошли вплотную к основной идее изобретения! — ввести этот элемент в систему в виде слегка деформированной плоскопараллельной пластинки, у краев обладающей свойствами слабой рассеивающей линзы, а в центре — слабой собирающей. Это и есть знаменитая коррекционная пластинка Б. Шмидта (рис. 4, г).

Оставалось решить, как придать коррекционной пластинке необходимую форму. На это ушло немало времени. О принципе построения камеры Шмидт рассказал Вальтеру Бааде уже весной 1929 г., во время экспедиции по наблюдению солнечного затмения. Зимой 1929/30 г. в Гамбурге он признался ему, что «элегантный» способ изготовления коррекционной пластинки в принципе уже найден, но необходимы некоторые сведения из области упругости материалов. Бааде посоветовал воспользоваться только что полученным библиотекой обсерватории справочником по физике, который Шмидт, действительно, штудировал там более недели, а затем стал готовиться к работе. Сначала он сделал некоторые приспособления, и тот, кто удостоивался чести наблюдать за работой «чародея», с удивлением мог заметить среди них средства для достижения вакуума. Прошло несколько суток почти непрерывной работы, и первая коррекционная пластинка была готова.

В чем состояла суть его способа изготовления такой пластинки, знали только близкие друзья. Мастер предпочитал держать свои производственные приемы в тайне. И вышло так, что уже после того, как описание камеры стало широко известно, некоторые оптики (например,

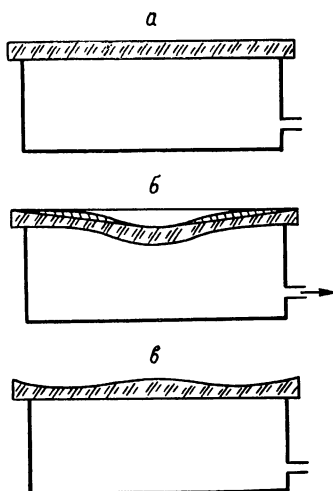
Рис. 5. Схема вакуумного метода Шмидта для изготовления коррекционной пластинки.

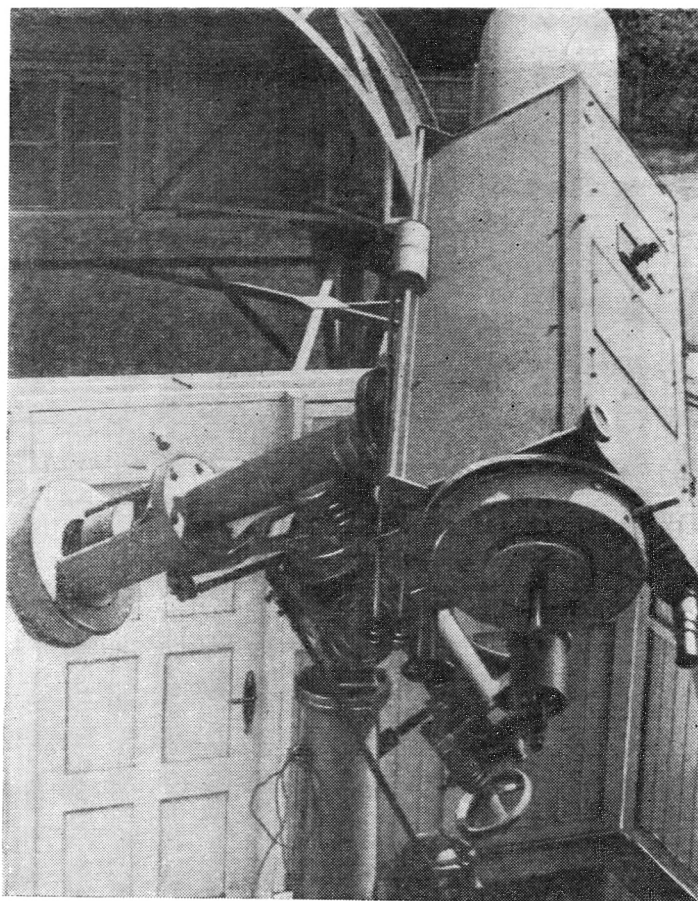
a — пластинка на вакуумном сосуде, *б* — шлифование деформированной под вакуумом пластинки, *в* — пластинка после выпуска воздуха в сосуд.

Гендрикс) самостоятельно пришли к подобному методу изготовления коррекционной пластинки,

А суть заключалась в следующем. Шмидт пришел к заключению, что упругой пластинке, деформированной под равномерно распределенной нагрузкой, можно придать нужную форму. Это наблюдение он и положил в основу своего метода. Накладывая тонкую стеклянную круглую плоскопараллельную пластинку на сосуд с отверстием несколько меньшего диаметра, чем пластинка (рис. 5), и выкачивая из него воздух, он искривлял ее под влиянием внешнего давления до нужного прогиба. Затем прекращал выкачивание воздуха и приступал к шлифованию и полированию ее поверхности. С заполнением сосуда воздухом пластинка возвращалась к своему первоначальному положению, имея нижнюю поверхность плоской, а верхнюю — искривленной по замыслу.

Всю камеру Шмидт собрал в начале 1930 г. и, приладив к ней окуляр, продемонстрировал друзьям возможности своего нового телескопа, показывая с его помощью некоторые наземные объекты — надгробные памятники, например, находящегося по соседству кладбища со свободно читаемыми на них эпитафиями. В течение последующих месяцев с помощью камеры были получены дюжины прекрасных фотографий звездного неба. Здесь приведена репродукция фотографии ветряной мельницы, в начале 1931 г. снятой с помощью той же камеры с расстояния около 3 км в безлунную ночь при выдержке в два часа. Она, правда, передает далеко не все детали оригинальной фотографии, где можно различить тонкие веточки далеко отстоящих деревьев. Как стало известно уже сейчас, коррекционной пластинкой можно снизить



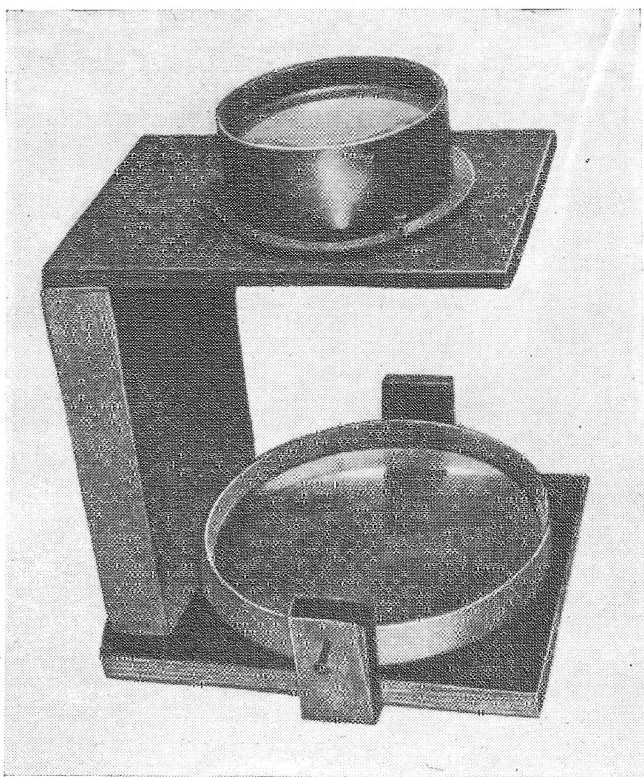


Первый телескоп системы Шмидта.

сферическую абберацию до 2—3% от первоначальной величины во всей области длин волн, используемых в фотографировании. Это обеспечивало оптимальное качество изображений на большом поле при относительном отверстии, почти на порядок большем, чем у линзовых систем. В астрономической практике камера Шмидта позволила получить такое качество изображения, которое удовлетворяло самые высокие требования. Лимитирующими факторами оказались лишь размытость изображения под



Пробный снимок камерой Шмидта.



Макет еще одной зеркально-линзовой системы (вместо коррекционной пластинки — линзовая система, относительное отверстие около 1 : 1).

влиянием атмосферной турбулентции и зернистость фотоэмульсии.

Необходимо отметить также, что состоящая из одного зеркала и тонкой, почти плоскопараллельной пластинки, камера была гораздо менее зависима от изменений температуры, чем, например, линзовые анастигматы, изготовление которых с диаметрами более 50—60 см было почти неосуществимой проблемой.

В качестве недостатков системы Шмидта следует сразу назвать сравнительно большую длину ее и кривизну изображения. Дело в том, что коррекционная пластинка должна находиться в центре кривизны зеркала,

в два раза дальше от зеркала, чем фокальная поверхность (напомним, что длину трубы классического рефлектора определяло расстояние до первичного фокуса). Упрощая, можно сказать, что труба камеры Шмидта должна быть в два раза длиннее, чем у аналогичного классического рефлектора. В камере Шмидта образуется сферическая фокальная плоскость с радиусом, равным фокусному расстоянию, и центром кривизны, совпадающим с центром кривизны сферического зеркала. При больших фокусных расстояниях можно изогнуть фотопленку или даже фотопластинку, придав им необходимую кривизну. Стеклопластиковые пластинки толщиной в 1 мм изгибаются практически без раскола почти до радиуса кривизны 90 см, а толщиной 0.75 мм — до радиуса 45 см.

Изобретение такого метода изготовления коррекционных пластинок было по силам лишь человеку, одинаково свободно владеющему практическими навыками, теорией и почти филигранным мастерством обработки оптического стекла. Хотя этот метод как интересен, так и оригинален, но нельзя умолчать об ограниченности его применения. В 1938 г. Х. Слефогт с помощью расчетов указал на большие трудности при изготовлении пластинок для телескопов с относительным отверстием более 1:2. Первый шмидтовский телескоп с относительным отверстием 1:1.75 был пределом употребления этого метода. Ведущий оптик Паломарской обсерватории Д. О. Гендрикс позднее свел недостатки метода Шмидта к следующим трем положениям: 1) при относительном отверстии выше 1:1.5 пластинка будет сломана под необходимым давлением; 2) для каждой пластинки необходим специальный сосуд и сложное вакуумное оборудование; 3) для очень светосильных камер этот метод не дает правильной фигуры, поэтому требуется последующая ручная коррекция.

В 1966 г. Э. Эверхарт (Everhart, 1966) опубликовал статью с подробным описанием метода Шмидта как наиболее удобного для изготовления коррекционных пластинок для камер с относительным отверстием до 1:2.5 (автором была выполнена пластинка с диаметром 29 см для камеры 1:5).

Развивая метод Шмидта, Г. Леметр в 1972 г. предложил более сложную вакуумную систему, с помощью которой, прилагая разные усилия к возникающим двум

зонам (внутренней и внешней) пластинки, можно добиться ее деформации и уже в этом ее виде обрабатывать до состояния плоскости. Автор утверждает, что таким путем можно изготавливать коррекционные пластинки для систем с относительным отверстием до 1:1.

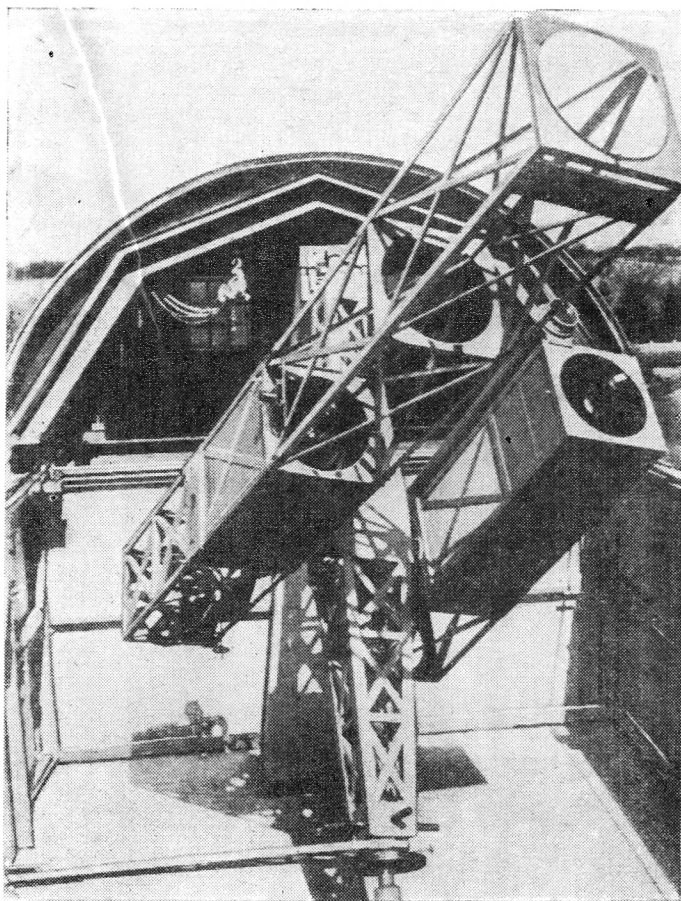
В настоящее время относительное отверстие камер Шмидта может превышать даже 1:1, а коррекционные пластинки изготавливаются путем ретуширования. И хотя процесс изготовления нелегок, сама пластинка нечувствительна к смещениям вдоль оптической оси и поворотам, и ее можно выполнить из стекла пониженной однородности. Так, например, коррекционная пластинка большой камеры Шмидта Паломарской обсерватории ($D=1.22$ м) изготовлена из витринного стекла. Устанавливая пластинку в телескоп, важно совместить ее центр с центром кривизны сферического зеркала, поскольку поперечное смещение очень сильно влияет на качество изображения. Небольшие наклоны пластинки практически не сказываются на качестве изображения.

Распространение камер Шмидта

Первая камера, построенная Шмидтом в 1930 г., имела зеркало и коррекционную пластинку с довольно близкими диаметрами¹ ($D=36/42$ см, $f=62.5$ см, 1:1.74). На искривленной пленке получились превосходные изображения звезд по полю с диаметром 16° . Правда, начиная с диаметра изображения 3 см (соответствующее поле около 2.8°) возникало виньетирование, но заметным оно становилось только при диаметре изображения более 40 мм. Долгое время в фокальной плоскости этой камеры находилась кассетная часть для пленки с диаметром 80 мм (поле — 7.3 угл. град.).

Во время второй мировой войны главное зеркало пострадало и было заменено новым. В 1962 г. камеру перенесли на наблюдательную базу Бойден в Южной Африке, а с 1969 г. установили новую кассетную часть для пленок 12.3×12.3 см ($11^\circ \times 11^\circ$). Для необходимого искривления пленок служит вакуумное оборудование. С помощью камеры получены тысячи фотографий, в том

¹ Здесь и далее первая цифра — диаметр коррекционной пластинки, вторая — зеркала.



Двойной телескоп, состоящий из камеры Шмидта ($D=60$ см, $1:5$) и рефлектора с параболическим зеркалом ($D=60$ см, $1:15$).

числе для обзора южного неба. В синей области спектра экспозиция длится 7 мин, и на пленке можно обнаружить звезды до 17^m , в инфракрасной за 45 мин достигается $23.^m5$.

Шмидт собственноручно изготовил в Бергедорфе еще и вторую камеру с входной апертурой 60 см и фокусным расстоянием 3 м ($1:5$, поле — 3.2 угл. град.), установив



Б. Шмидт при юстировке полярной оси двойного телескопа в Бергедорфе.

ее на одной монтировке с аналогичным классическим рефлектором, тоже его работы, равно как и часовой механизм и еще множество узлов инструмента. Наладкой этого инструмента он занимался до самой смерти в 1935 г.

Нельзя не упомянуть обсерваторию университета Турку, где еще при жизни Шмидта действовали два его

телескопа. Она была создана при самом непосредственном участии профессора Ю. Вайсяля, поскольку средства, отпущенные на ее постройку, были очень скудными. Вайсяля лично сооружал инструменты, как и помогал в строительстве необходимых зданий. Узнав об изобретении Шмидта, он в качестве эксперимента изготовил телескоп с отверстием 17 см и фокусным расстоянием 34 см (поле — 8 угл. град.). В 1934 г. он построил новый большой телескоп с коррекционной пластинкой диаметром 50 см и фокусным расстоянием 104 см. На пластинке 12×12 см можно было получить изображение поля величиной $6^\circ 40'$. Инструмент оказался очень подходящим для отыскания малых планет (астероидов) (Väisälä, 1935).

Ю. Вайсяля первым добился выпрямления поля изображения, поместив перед изображением тонкую двояковогнутую линзу (Шмидт применял плосковыпуклую), хроматическая аберрация которой, как известно, весьма мала, а вызванная линзой малая кома, как показал он, уменьшается небольшим приближением коррекционной пластинки к зеркалу. Последнее решение навело его на мысль уменьшить и длину телескопа, что оказалось достижимым (Väisälä, 1936). Так было положено начало модификациям системы Шмидта, которых в последующие годы появилось немало.

По-видимому, первой камерой системы Шмидта, появившейся в США, следует считать построенную Г. Пейджем в Калифорнии в 1932 г. Она имела зеркало и коррекционную пластинку равных диаметров — 23 см и фокусное расстояние 48 см (фактически вход диафрагмировали на 20 см). Прикрепленная к трубе 38-см рефлектора, она, по отзывам наблюдателей, давала превосходные изображения. Затем в 1937 г. Р. У. Портер спроектировал камеру той же системы для Паломарской обсерватории ($D=46/66$ см, $f=92$ см, пластинки 15×15 см, объективная призма — 10°). Она получила название «Большой Паломарский Шмидт», позднее перенесенное и на другую, более крупную.

В 1940 г. в обсерватории Уорнер энд Суизи была установлена камера Шмидта с $D=62/91$ см и $f=214$ см, которая была названа именем главного инженера этой фирмы — Баррелла. Диаметр фотопластинок составлял 20 см (поле — $5^\circ 16'$), радиус кривизны — 213 см. Укомплектованная объективной призмой с углом 4° камера

при выдержке 10 мин обладала проникающей силой 18.5^m , а с объективной призмой — 12.5^m .

Вскоре астрономами-любителями братьями Ч. А. и Г. А. Лауер в Калифорнии была изготовлена камера $D=20/30$ см, 1:1. Описание технологии процесса изготовления было опубликовано вначале в популярном журнале, а потом и в книге «Изготовление любительских телескопов», вышедшей в свет в 1937 г. и с тех пор выдержавшей девять переизданий.

В 1936 г. на заводе Цейсса для Йенской обсерватории изготовили камеру Шмидта с входным отверстием 36 см и полем 4° , а в следующем году — такую же для СССР (Абастуманская обсерватория). В 1938 г. в обсерватории им. Энгельгардта вблизи Казани была установлена камера Шмидта ($D=38/52$ см) с линзой для выпрямления поля. Сделанная в ГОИ известным советским оптиком Д. Д. Максutowым, она имела угловое поле диаметром 7° и относительное отверстие 1:2.5.

Открывшаяся возможность получить невиданную до того светосилу сразу же привлекла внимание проектировщиков спектрального оборудования. Для спектрографа обсерватории Маунт Вильсон начали строить несколько камер с относительными отверстиями 1:1 и 1:0.57. По заказу О. Струве, бывшего тогда директором Йеркской обсерватории, для спектрографа новой обсерватории Мак-Дональд в Техасе в Чикаго изготовили камеру с $D=9.2/12.2$ см, $f=18$ см.

С установлением Паломарской 46-см камеры началось интенсивное исследование неба: в течение 3.5 лет было сфотографировано около 3000 спиральных галактик и открыто 12 сверхновых звезд. Последние подвергались спектроскопическому исследованию с помощью 2.5-м рефлектора. Так рождалась получившая в дальнейшем развитие концепция о совместной работе астрофизического рефлектора и камеры Шмидта, что привело к дополнению 5-метрового телескопа новой большой камерой Шмидта ($D=1.26/1.83$ м, 1:2.4, поле — $6^\circ \times 6^\circ$). Этот «Большой Шмидт» был использован для составления фотографического атласа северного неба, о чем будет далее рассказано подробнее. При благоприятных атмосферных условиях с помощью больших камер Шмидта можно получить на одной фотографии более миллиона звезд до величин 21^m — 22^m , а также большое число галактик до 18^m — 19^m .

Двадцать лет спустя после смерти Б. Шмидта большая камера его системы ($D=80/120$, 1:3) была установлена и в Бергедорфе. Недавно она переведена на наблюдательную станцию Калар Алто (Испания), где условия для ведения астрономических наблюдений много лучше. Общее число камер Шмидта с входным отверстием более 50 см в мире приближается к 50, из них 8 имеют входное отверстие 1 м или более (табл. 2).

Еще со времен появления линзовых телескопов известно, что, поставив перед объективом телескопа призму, в фокусе можно увидеть спектры звезд. Объективные призмы, используемые в астрономии, не похожи на обычные: они имеют форму стеклянных дисков с плоскими поверхностями, и только при тщательном рассмотрении выясняется, что противоположные их края разной толщины (клиновидность). Длина спектров (величина дисперсии) определяется углом преломления призмы, материалом призмы (коэффициентом преломления) и фокусным расстоянием телескопа. Призменная камера используется преимущественно для одновременного изучения распределения энергии в непрерывном спектре большого числа звезд. Растяжение изображения звезды (точки) в спектр (цветную полосу) приводит, разумеется, к некоторому понижению проникающей силы телескопа.

Камера Шмидта с объективной призмой оказалась прекрасным средством для массового получения спектров звезд: на одной фотографии можно запечатлеть их сотни и тысячи. В сравнении с другими методами спектроскопии звезд этот достаточно эффективен, т. е. потери света в оптических элементах невелики, но, разумеется, не обеспечивает больших дисперсий (больших разрешающих способностей). Большинство существующих крупных камер Шмидта снабжено объективными призмами, а у некоторых из них их даже по две — с разными углами.

Рекордсменом по размерам среди камер Шмидта является универсальный телескоп Таутенбургской обсерватории (ГДР), изготовленный заводом «Карл Цейсс Йена» (диаметр коррекционной пластинки — 1.34 м, поле зрения — $3.5^\circ \times 3.5^\circ$, проникающая способность — $20^m - 21^m$). Уникальность Таутенбургского телескопа заключается еще и в том, что в нем воплощена давнишняя мечта астрономов: совмещение классического рефлектора с широкоугольной камерой. При снятой коррекционной

Наиболее крупные телескопы Шмидта

Диаметры корр.- пластинки и зеркала, см	Относи- тельное отверстие	Угловое поле	Фирма-изготовитель	Год ввода в экспл.	Обсерватория	Место установки
134/200 126/183	1 : 3.0 1 : 2.4	3.5°×3.5° 6.6°×6.6°	Карл Цейсс Йена Хендрикс—Калифорн. технол. инст.	1960 1948	Тауэнбург Паломар	Тауэнбург Маунт Паломар
122/183	1 : 2.5	6.5°×6.5°	Гребб Парсонс	1973	Эдинбург	Сайдинг Спринг (Авст- ралия)
105/150 100/162	1 : 3.4 1 : 3.1	6° 5°	Никон Карл Цейсс Оберкохен/ Хейденрейх и Харбек	1976 1972	Токио Европейск. южн. обс.	Кисо Ла Силла (Чили)
100/152 100/135 100/132 90/152 90/129	1 : 3.0 1 : 3.0 1 : 2.1 1 : 3.5 1 : 2.3	5.5° 4.5°×4.5° 5°24' 5.5° 5°24'	Аскания Фирмы Швеции ЛОМО Тексеро/ЦМГ ЛОМО	1978 1963 1960 1981 (Изг. 1975)	Венесуэла Упсала Бюракан Франция Шемаха	Мерола Квистаберг Бюракан Калерн
84/120 84/91 *	1 : 2.5 1 : 3.6	5°×5° 4.8°	Кокс-Хартгрейв-Томп- сон/Карл Цейсс Йена Гребб Парсонс	1958 1950	Угкель Армаг, Дансинк, Гарвард	Угкель (Бельгия) Блюмфонтен (Южн. Аф- рика)
80/120	1 : 3.0	5.5°×5.5°	Карл Цейсс Йена/Хей- денрейх и Харбек	1955	Гамбург	До 1980 г. — Бергедорф, с 1980 г. — Калар Алто (Испания)
80/120	1 : 3.0	5.15°	Карл Цейсс Йена	1966	Рига	Балдоне

* Система Бейкера—Шмидта.

пластинке можно вводить в оптическую схему вторичное зеркало Кассегрена или куда и получать соответственно эквивалентные фокусные расстояния 21 или 92 м. В 1972 г. телескоп был укомплектован еще второй коррекционной пластинкой, играющей роль и объективной призмы (с углом 0.5°). В результате с его помощью на фотопластинке могут быть запечатлены спектры звезд с дисперсией 250 нм/мм (около спектральной линии H_γ). Проникающая способность камеры с объективной призмой достигает 19.5^m . Отрицательно на изображении сказывается близость г. Йены (15 км), иллюминацией засвечивающей небо.

Теоретические исследования

О теоретических основах своей системы Б. Шмидтом опубликовано очень мало. Принцип ее действия был им изложен фактически в единственной статье. По воспоминаниям В. Бааде, ему и директору обсерватории профессору Шорру пришлось неоднократно напоминать Шмидту о необходимости публикации. Наконец Шмидт продиктовал Бааде черновой текст статьи, и после просмотра ее автором в 1931 г. она была опубликована в журнале оптики и механики, а в виде оттиска — в серии публикаций обсерватории. В 1946 г. Н. У. Мейелл перевел статью на английский язык, и она была напечатана в публикациях Тихоокеанского общества, после чего еще несколько раз выходила в разных изданиях.

Теоретическими исследованиями системы Шмидта впервые занялись Б. Стрёмгрен (Strömngren, 1935) К. Каратеодори (Carathéodory, 1940), Е. Линфут (Linfoot, 1949), а позднее еще ряд авторов, в том числе финская женщина-астроном Л. Отерма (1955 г.). Элегантную и впечатляющую статью о теории системы Шмидта опубликовал в 1942 г. Ч. Р. Бёрч.

Определим уравнение поверхности коррекционной пластинки, опираясь на материал, изложенный в монографии Н. Н. Михельсона (1976). Для этого сравним ход лучей при сферическом и параболическом зеркалах (рис. 6, а), вершины которых совмещены, а обе поверхности пересекаются еще в зоне y_0 . Уравнениями меридионального сечения сферы и параболоида будут, соответственно,

$$x = \frac{y^2}{4f_{\text{сф}}} + \frac{y^4}{64f_{\text{сф}}^3} + \dots,$$

$$x = \frac{y^2}{4f_{\text{пар}}},$$

где $f_{\text{сф}}$ и $f_{\text{пар}}$ — фокусные расстояния сферического и параболоидического зеркал, соответственно. Отступление параболоида от сферы с достаточной точностью может быть представлено как

$$\Delta x = \frac{y^2}{4} \left(\frac{1}{f_{\text{пар}}} - \frac{1}{f_{\text{сф}}} \right) - \frac{y^2}{64f_{\text{сф}}^3}.$$

Учитывая, что при $y = y_0$ $\Delta x = 0$, на произвольной зоне y получим

$$\Delta x = \frac{y^2 y_0^2 - y^4}{64f_{\text{сф}}^3}.$$

Именно это отступление вызывает появление сферической аберрации при отражении света от сферического зеркала:

$$\Delta S_y = 2\Delta x = \frac{y^2 y_0^2 - y^4}{32f_{\text{сф}}^3}.$$

Выразим y и y_0 в долях полупоперечника $H = \frac{D}{2}$ коррекционной пластинки, $\tilde{y} = \frac{y}{H}$ и $\tilde{y}_0 = \frac{y_0}{H}$; и обозначим \tilde{y}_0^2 через a .
Тогда

$$\Delta S_y = - \frac{\tilde{y}^4 - a\tilde{y}^2}{512} \left(\frac{D}{f_{\text{сф}}} \right)^3 D.$$

Эта сферическая аберрация должна быть скомпенсирована во входном зрачке ретушированием коррекционной пластинки. Если показатель преломления стекла, из которого изготовлена коррекционная пластинка, есть n_0 , то профиль ее ретушированной поверхности должен выражаться уравнением

$$d - d_0 = \frac{\tilde{y}^4 - a\tilde{y}^2}{512(n_0 - 1)} \left(\frac{D}{f_{\text{сф}}} \right)^3 D.$$

Напомним, что $\tilde{y}_0 = \sqrt{a}$ — зона, в которой сферическое зеркало пересекается с воображаемым параболоидом. На рис. 2, б, в утрированном виде представлены профили

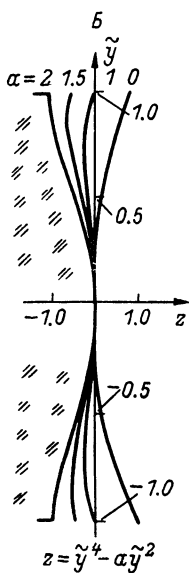
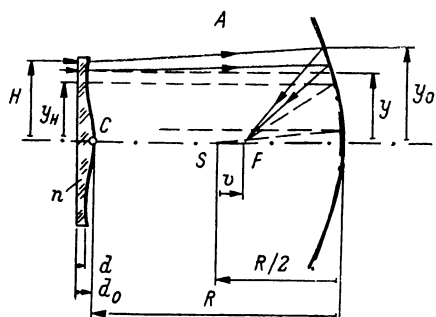


Рис. 6. Схема для определения необходимой формы коррекционной пластинки (А) исходя из сравнения с параболическим зеркалом (штрих-пунктирная линия) и возможные асферические профили коррекционных пластинок при различных значениях параметра α (Б)

коррекционных пластинок при разных значениях параметра α . От него зависит и смещение v фокальной плоскости камеры Шмидта за пределы фокуса сферического зеркала,

$$v = \frac{\alpha H^2}{8R},$$

положение нейтральной зоны на коррекционной пластинке,

$$y_H = 0.707 \sqrt{a} = 0.707 \tilde{y}_0,$$

и ее отступление от плоскости, хотя степень асферичности каждой из этих пластин одна и та же:

$$\delta_{\max} = \frac{D}{2048 (n_0 - 1)} \left(\frac{D}{f_{\text{сф}}} \right)^3.$$

Для коррекционной пластинки с $a=0$ более точным уравнением поверхности будет

$$x = \frac{1}{n-1} \left(\frac{1}{32} y^4 + \frac{3}{256} y^6 + \frac{45}{8192} y^8 + \dots \right),$$

где x выражено в единицах фокусного расстояния, а y — в единицах H . Профиль пластинки с $a=1.5$ обеспечивает минимальный хроматизм, профиль с $a=1$ наиболее прост в изготовлении.

Вообще говоря, поскольку показатель преломления стекла n зависит от длины волны, сферическую aberrацию сферического зеркала можно скорректировать только для одного значения показателя преломления и, следовательно, только для одной длины волны. Вопросами коррекции хроматических aberrаций в системе Шмидта при $a=1.5$ занимался Зоннефельд, который обратил внимание на важность положения нейтральной зоны коррекционной пластинки. Максимальный радиус хроматического кружка при этом условии ($a=1.5$) равен

$$(\delta' - \delta)_{\max} = \frac{f (n' - n) A^3}{256 (n - 1)},$$

где n — показатель преломления для длины волны, принятой при расчете коррекционной пластинки; n' — показатель преломления для той длины волны, применительно к которой выполняется расчет хроматической aberrации.

Хроматическая aberrация определяет величину максимального относительного отверстия, допустимого для камеры Шмидта. И чтобы получить оптимальное качество изображения, необходимо диаметр хроматического кружка удерживать в пределах разрешения фотопластинки.

Многие теоретические исследования связаны с попытками улучшить свойства камеры Шмидта или приспособить ее для специальных целей, и мы будем обращаться к ним по мере рассмотрения модификаций системы Шмидта. Одну из возможностей усовершенствования первоначальной оптической схемы использовал, однако, уже сам Шмидт. Как указывалось ранее, в камере Шмидта сферическая фокальная поверхность имеет радиус, равный фокусному расстоянию зеркала. Эту кривизну поля можно компенсировать специальной линзой, поставленной непосредственно перед пластинкой. Такая линза, предназначенная для спрямления поля портретного объектива Пецваля, была предложена в 1874 г. Ч. Пиаци-Смитом и носит его имя. Она плосковыпуклая, с радиусом кривизны выпуклой поверхности $(n - 1) \frac{f}{n}$, где n — показатель преломления стекла, а f — радиус кривизны исправляемого поля. Чтобы свести aberrацию к минимуму, плоскую поверхность линзы нужно поместить как можно ближе к фотометрической эмульсии. Правда, линза вносит некоторую сферическую aberrацию и на краю поля возникает незначительная кома. Детально исследовали камеру Шмидта с полеспрямляющей линзой Е. Линфут и П. А. Уейман, указывая пути изменения формы коррекционной пластинки и линзы для достижения наибольшей резкости.

В 1940 г. Ф. А. Люси опубликовал сокращенную двухчленную формулу коррекционной пластинки, при которой частично уничтожается сферическая aberrация на оси. Однако, как это позднее показал Э. М. Уормсер (Wormser, 1950), применение ее оправданно лишь в случаях, когда требуется очень широкоугольная и сверхсветосильная система с пониженным качеством изображения.

Обстоятельные изложения теории системы Шмидта и рассмотрение ее модификаций можно найти в обзорных статьях Е. Линфута (Linfoot, 1955) и Н. С. Боуэна (1963). Методику расчета объективов и анализ их aberrаций в современном виде приводит в своей монографии также и В. Н. Чуриловский (1968).

Модификации системы Шмидта

Вскоре после того, как система Шмидта стала широко известна среди астрономов и оптиков, появились разные ее модификации. Модифицированные схемы имели целью

улучшение или выполнение специальных требований. Основные недостатки камеры Шмидта заключались прежде всего в большой длине трубы телескопа (в два раза большей, чем у классических рефлекторов) и кривизне поверхности изображения. Можно назвать еще и хроматическую aberrацию, возможные паразитные отражения от плоской поверхности пластинки, положение фокальной поверхности в середине трубы и т. п. Так, например, для камер умеренного размера ($D=60-80$ см) предпочиталось относительное отверстие около $1:3.5$, в крайнем случае $1:3$. Чтобы зерно фотопластинки не было лимитирующим, следовало выбирать фокусное расстояние $2.5-3$ м, что предполагало длину трубы равной не менее $5-6$ м. Это весьма острая проблема, поскольку часто вся башня с куполом стоит больше, чем телескоп, а, по мнению некоторых исследователей, стоимость башни с куполом возрастает в 2.5 -й степени от диаметра купола.

Б. Шмидт сам указал на возможность одновременного выпрямления поля и укорочения трубы его камеры, предложив поместить непосредственно перед фокальной поверхностью плосковыпуклую линзу для достижения плоского поля, а возникающие с ее использованием aberrации — компенсировать смещением коррекционной пластинки к зеркалу. Иными словами, возникающие при смещении коррекционной пластинки в сторону зеркала aberrации будут скомпенсированы линзой (или линзами) перед фокусом.

В 1935 г. Ф. Б. Райт рассчитал широкоугольную камеру с коррекционной пластинкой и асферическим зеркалом (сплюснутый сфероид), имеющую плоское поле и длину трубы, равную фокусному расстоянию. Одновременно Вайсяля обобщил теорию для всех камер с асферическими поверхностями как у зеркала, так и у коррекционной пластинки, с широким диапазоном отношений длины трубы к фокусному расстоянию и значений кривизны поля. Но, как правило, размер хорошо исправленного поля в этих системах меньше, чем в камере Шмидта. В одной из камер Райта ($1:4$) на краю поля диаметром 3° изображения имели уже размер 9 угл. сек (из-за астигматизма).

Позднее Х. Слефогт предложил еще более приблизить коррекционную пластинку к зеркалу, в результате чего она оказалась уже за фокусом, а А. Зоннефельд разра-

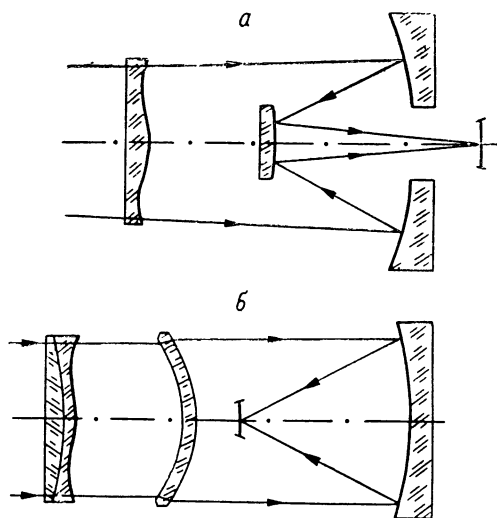


Рис. 7. Некоторые модификации системы Шмидта.

a — моноцентрическая система Шмидта—Кассегрена, *б* — система «Супер-Шмидт» (Линфута и Хаукинс).

ботал систему без коррекционной пластинки, но с деформированным зеркалом. В обеих системах для избежания хроматизма линза перед фокусом состояла из двух компонентов.

Для Дайеровской обсерватории (США) Д. Бейкер рассчитал телескоп с коррекционной пластинкой, параболическим зеркалом и сложной полевспрямляющей линзой, помещенной на некотором расстоянии перед фокальной плоскостью, чем было достигнуто плоское поле, а длина трубы стала приблизительно на 25% больше фокусного расстояния.

Но наибольшего выпрямления поля в камере Шмидта можно добиться все же переходом в схему Кассегрена — добавлением выпуклого зеркала компенсируется кривизна поля, чему сопутствует и уменьшение общей длины телескопа: коррекционную пластинку можно тогда приблизить к зеркалу (рис. 7). Такую систему Шмидта—Кассегрена с плоским полем предложили Д. Д. Бейкер (1940 г.) и Ч. Р. Бёрч (1942 г.), указав, что по крайней мере одно из зеркал должно быть асферическим (точнее, слегка отретушированным). Самый крупный телескоп

системы Бейкера—Шмидта, так называемый ADH (от названий английских обсерваторий — Армаг—Дансинг—Гарвард) в Блумфонтайне (Южная Африка), имеет диаметр 81/90 см и фокусное расстояние 270 см; на пластинках диаметром 24 см получается хорошее поле в 4.6° . Апланаты с плоским полем на основе двух сферических зеркал были предложены Х. Слефогтом (1942 г.) и Е. Линфутом (1944 г.). По этой схеме в 1946 г. был построен телескоп обсерватории Сент-Эндрюс ($D=38$ см, $1:3$).

Уменьшение отношения длины трубы к фокусному расстоянию достигается также в так называемых моноцентрических системах Шмидта—Кассегрена, где главное и вторичное зеркала сферические с совпадающими центрами кривизны и в том же центре расположенной коррекционной пластинкой. Но изображение тоже получается выпуклым. Уейман в итоге одного расчета, произведенного в 1950 г., пришел к выводу, что абберации моноцентрической системы Шмидта—Кассегрена ($1:3.5$) примерно в восемь раз выше, чем в классической камере Шмидта с аналогичными параметрами. Но несмотря на это, ему удалось получить поле в 4.5° с приемлемым качеством изображения, а для выпрямления поля он предлагал использовать простую плосковыпуклую линзу, помещенную перед фокусом.

При относительных отверстиях $1:3$ и выше лимитирующей абберацией в системах Шмидта и Шмидта—Кассегрена становится хроматизм. Предпринимались попытки исправить остаточные хроматические абберации путем внесения дополнительной асферической пластинки. Такой путь впервые указал Бейкер (Baker, 1940) (две пластинки в контакте), а затем А. Уормишем запатентовал в 1941 и 1943 гг. системы из двух сферических зеркал, обе из которых имеют «свою» асферическую пластинку в центре кривизны.

Далее в «игру» входит новый элемент — мениск — тонкая вогнуто-выпуклая линза, радиусы кривизны сферических поверхностей которой мало отличаются друг от друга. Идея его использования принадлежит Хаукинс и Линфуту (1945 г.), считавшим, что системы с относительным отверстием около $1:1$ и широким полем могут быть созданы добавлением к коррекционной пластинке этого концентрического элемента. Так как сферическая абберация зеркала, по их мнению, будет компенсиро-

ваться в основном мениском, то коррекционную пластинку можно делать гораздо менее деформированной, чем в классической системе Шмидта.

Затем Бейкер в 1951 г. ввел в схему еще один мениск — по другую сторону от коррекционной пластинки. Возникающий при использовании мениска хроматизм он предложил откорректировать двухкомпонентной коррекционной пластинкой.

В объективе Бейкера, названного «Супер-Шмидт», перед зеркалом, концентрично с ним, расположены два толстых мениска, а между ними — коррекционная пластинка. В результате получается превосходное исправление хроматической аберрации в диапазоне от 380 до 700 нм. Несколько экземпляров таких объективов было построено со следующими параметрами: $D=46/58$ см, $f=25$ см, $1:0.85$, радиус кривизны фокальной поверхности — 20 см, диаметр поля — 52° , фотопластинки — специально искривленные. Объективы «Супер-Шмидт» вначале применялись для фотографирования метеоров, а потом для слежения за искусственными спутниками Земли. Полезными они оказались также в телевизионных передающих камерах, работающих при низких освещенностях.

Этот путь добавления все новых элементов привел к появлению весьма диковинных схем, которые уже трудно причислить к модификациям системы Шмидта. Автор одной статьи, например, — Браун — утверждает, что нетрудно построить оптическую систему апланатической камеры с укороченной трубой в случае применения сферического зеркала и трех асферических пластинок?! В добавок он предлагает схему с двумя асферическими менисками и с асферизацией зеркала: одна большая пластинка — на входном зрачке, другая, малая, — перед фокальной поверхностью. Длина трубы определяется только фокусным расстоянием зеркала. Интересные данные получил В. Кюн (Kühn, 1954) при расчете четырех модификаций камер Шмидта для получения поля в 4.8° при ориентировочном фокусном расстоянии 1.8 м и относительном отверстии $1:3$. Они представляли собой: первая — систему Шмидта с линзой для выпрямления поля, вторая — вариант зеркальной системы Слефогта, третья — зеркальную систему Зоннефельда, четвертая — систему Бейкера с деформированным вторичным зеркалом. Из приводимых здесь результатов расчета

Т а б л и ц а 3
Параметры модификаций камеры Шмидта (Kühn, 1954)

Система	Длина трубы, м	Диаметр, м	
		зеркала	корр. линзы
Шмидта с линзой поля (Пиаци-Смита)	1.98	0.50	0.087
Слефогта	1.17	0.42	0.143
Зоннефельда	1.32	0.33	0.187
Бейкера	1.42	0.33	0.153

Т а б л и ц а 3 (продолжение)

Система	Экрани- рование, %	Эффект. отн. отв.	Пропускание при $\lambda = 360$ нм, %
Шмидта с линзой поля (Пиаци-Смита)	7	1 : 3.1	68
Слефогта	18	1 : 3.3	35
Зоннефельда	31	1 : 3.6	43
Бейкера	31	1 : 4.4	69

(табл. 3) становится очевидным несомненные преимущества системы Шмидта с линзой поля.

Недавно Л. Д. Шмадел (Schmadel, 1977), обратившись еще раз к задаче сильного упрощения системы Шмидта, показал, что для небольших астрокамер можно построить оптическую систему без коррекционной пластинки, т. е. состоящую только из сферического зеркала и диафрагмы в центре его кривизны. В подтверждение того факта, что при коротких фокусных расстояниях диаметр изображения звезды в итоге определяется зернистостью фотоэмульсии (диаметр зерен около 30 мкм) и дальнейшее улучшение качества оптической системы бессмысленно, он приводит рассчитанные им данные (табл. 4).

Уже к 40-м годам многие астрономы и телескопостроители пришли к убеждению, что для нормальной работы в области астрофизики и звездной астрономии обсерватории требуется по крайней мере два разных ин-

Т а б л и ц а 4

Максимально допустимые фокусные расстояния (в мм)
для системы Шмидта без коррекционных пластинок
при различных диаметрах (в мм) изображения

Отн. отв.	30 мм	50 мм	80 мм
1 : 3	100	170	275
1 : 3.5	165	275	440
1 : 4	245	410	655
1 : 4.5	350	580	930
1 : 5	480	800	1280
1 : 5.5	640	1065	1700

струмента: универсальный классический рефлектор и камера Шмидта. Поэтому неудивительны упорные попытки их объединить. Расширение поля в главном фокусе параболического зеркала уже давно стояло на повестке дня оптиков-изобретателей, но добиться того, что достигнуто в камере Шмидта, не удавалось. И тогда появились предложения ... конвертировать камеру Шмидта в астрофизический рефлектор.

Сначала появились варианты решения проблемы, так сказать, «силовым методом»: изготовить для одной монтировки и трубы два комплекта оптических узлов, из которых можно было собрать классический рефлектор и камеру Шмидта. Это предопределяло наличие двух главных зеркал в оправах, например сферическое с относительным отверстием 1:3 и параболическое 1:5, а также съемной коррекционной пластинки, вторичных зеркал и т. п. Кроме дороговизны такого «набора оптических узлов» сборка одной или другой системы была бы весьма трудоемкой из-за требований высокой точности. Одно такого рода предложение исходит от Линфута. По его замыслу, обе системы базируются на параболическом зеркале 1:4, которое с помощью откидываемой коррекционной пластинки (перед зеркалом) можно превратить в эквивалент сферического. В передней части четырехугольной трубы размещена также откидывающаяся коррекционная пластинка Шмидта. При отведенных в сторону пластинок можно на базе параболического зеркала построить, например, системы Ньютона, Кассегрена или куда, устанавливая в середине трубы соответствующие

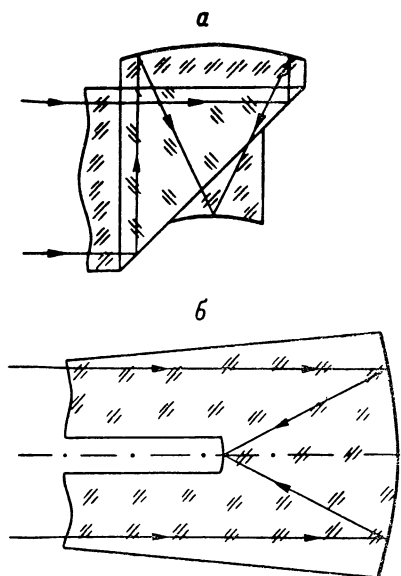


Рис. 8. Схемы сверхсветосильных камер Шмидта.

a — «ломаная» камера Гендрикса, *б* — монолитная (сплошная) камера.

вторичные зеркала. Но из-за сложности этот проект также остался невоплощенным.

Единственным существующим комбинированным крупным инструментом, где совмещены камера Шмидта и астрофизический рефлексор на базе сферического зеркала, является Таутенбургский телескоп, описанный выше.

Интересный комбинированный инструмент был построен фирмой Перкин—Элмер в 1954 г. для обсерватории А. Д. Дайера (университет Вандербилта, США), в котором, по предложению Д. Д. Бейкера, были объединены классический рефлексор (с главным фокусом и фокусом Кассегрена) и астрокамера на базе параболического зеркала. Коррекционная система состояла из двухкомпонентной линзы и коррекционной пластинки типа изобретенной Шмидтом. Диаметр зеркала телескопа — 61 см, фокусное расстояние для главного фокуса — 272 см, для фокуса Кассегрена — 10 м. Предполагалось, что в темные ночи телескоп будет использован как камера Шмидта

(относительное отверстие $1:3.3$, плоское поле — около 7°), а в лунные, с ярким фоном, — как астрофизический рефлектор.

Для более светосильных систем, чем $1:1$, например для камер спектрографов, камеру Шмидта целесообразно выполнять из единого куска стекла (так называемые толстые, или монолитные камеры). Если показатель преломления используемого стекла n , то светосила такой камеры по сравнению с обычной тех же размеров повышается пропорционально n^2 . При этом aberrации сохраняются на прежнем уровне. Элегантную схему подобной камеры предложил в 1939 г. Д. О. Гендрикс, приклеив коррекционную пластинку и зеркало к перпендикулярным плоскостям призмы (рис. 8). Другую разновидность монолитной камеры Шмидта для спектрографов разработал в 1940 г. Бейкер. Вообще, в камерах этого типа оказывается возможным достичь относительного отверстия $1:0.35$, причем асферичность коррекционной пластинки (вернее, поверхности) и поле соответствуют относительному отверстию $1:1$.

В 1945 г. Линфут нашел способ понижения хроматизма и достижения анастигматизма — введением в систему с двумя сферическими зеркалами двух коррекционных пластинок из разных сортов стекла, расположенных недалеко друг от друга.

Аналоги системы Шмидта

Система Шмидта не только решила проблему создания широкоугольной светосильной астрокамеры, но и фактически положила начало новой разновидности телескопов. С линзовым элементом размером почти с зеркало, эта оптическая система не принадлежала ни рефлекторам, ни рефракторам, а была зеркально-линзовой (катадиоптрической). В настоящее время такой вид систем насчитывает огромное количество разновидностей, и среди них почетное место занимают камера Шмидта и ее модификации.

Под аналогами камеры Шмидта следует понимать не только любые другие системы того же назначения (широкоугольные апланаты), но и другие катадиоптрические системы. Зачастую обе разновидности совпадают. К зеркально-линзовым системам можно было бы отнести все зеркальные системы с коррекционными линзами.

о которых рассказывалось выше. Что было бы не совсем верным, так как размеры коррекционных линз не соизмеримы с размерами зеркал. В таком случае одной из первых зеркально-линзовых систем следует считать систему Манжена, в 80-х годах прошлого столетия предложившего для прожекторов большую тонкую вогнуто-выпуклую линзу (мениск), задняя выпуклая поверхность которой покрыта серебром. Свет дважды проходит через нее: проникая извне через вогнутую поверхность и отражаясь задней зеркальной поверхностью. В этом случае линзовый и зеркальный элементы полностью сливаются в единое целое. Так называемые зеркала Манжена нашли применение в прожекторах, но для более прецизионных оптических систем у них слишком большие хроматические аберрации.

Классические системы на базе параболического главного зеркала имели небольшое поле в первую очередь из-за комы, не были устранены также астигматизм и кривизна поля. Уже давно зрела идея о создании апланатической двухзеркальной системы, т. е. свободной от комы, и первым, кто на основе анализа всевозможных зеркальных пар предложил такую оптическую систему в 1905 г., был К. Шварцшильд. Система состояла из вогнутого главного зеркала и, в отличие от известной схемы Кассегрена, вогнутого вторичного зеркала. Она укорачивала фокус главного зеркала настолько, что фокальная поверхность оказывалась между зеркалами. По расчету Шварцшильда, можно было добиться поля в 3° при относительном отверстии $1:3$, но оба зеркала должны были быть асферическими (а также непараболическими). Известны два случая изготовления апланатических телескопов по схеме Шварцшильда — оба для университетов США — Индиана ($D=60$ см) и Брауна ($D=30$ см).

В 1922 г. Кретьен применил методику Шварцшильда к расчету схемы Кассегрена и нашел решение, которое осуществил Г. В. Ричи. Так рождались апланатические системы Ричи—Кретьена. В 1926 г. Куде в Парижской обсерватории выполнил по схеме Кретьена апланат с $D=80$ см, $1:8$, а на краю кривого поля в 1° изображения достигали 1.7 сек дуги. В 1931 г. Ричи построил по этой схеме для Морской обсерватории США 1-метровый рефлектор (который в 1973 г. был передан Венской обсерватории). Долгое время после этого телескопы по

схеме Ричи—Кретьена не строились — астрономы опасались трудностей изготовления больших вогнутых гиперболических зеркал и сложности юстировки этих телескопов. Лишь в начале 60-х годов после освоения методов изготовления и контроля гиперболических зеркал было осуществлено строительство ряда телескопов диаметром от 3.5 до 4 м по этой схеме.

В первоначальном виде система Ричи—Кретьена была замыслена только с наличием фокуса Кассегрена. Главное зеркало (и соответственно главный фокус) имело те же кому, астигматизм и кривизну поля, что и у параболического зеркала, и, кроме того, неисправленную сферическую аберрацию. Так, например, у Англо-австралийского 3.9-метрового телескопа системы Ричи—Кретьена размер наилучшего изображения звезды в главном фокусе без корректора составляет целых 8 сек дуги. Разумеется, в таком виде главный фокус применять нельзя. Фокус куда телескопа системы Ричи—Кретьена больше подвержен влиянию комы, чем тот же классического варианта телескопа. Сферическая аберрация главного зеркала может быть здесь скомпенсирована соответствующей асферизацией вторичного зеркала. Так как в фокусе куда обычно работают со спектрографами, где важно хорошее изображение звезды на оси, то влияние комы не мешает.

Полную теорию и классификацию всех возможных типов двухзеркальных апланатических телескопов разработал Д. Д. Максудов (1932). Он же изготовил в 1940 г. оригинальный 40-см апланатический рефлексор с относительным отверстием 1:3.2, а в 1941 г. предложил новую зеркально-линзовую систему, свободную от комы, скомпенсировав аберрации сферического зеркала мениском. Преимуществами системы Максудова являются строго сферические поверхности всех элементов и более короткая труба (длина трубы приблизительно равна фокусному расстоянию) и, кроме того, ахроматичность мениска.

Первый менисковый телескоп диаметром 10 см был успешно испытан 26 октября 1941 г., и вскоре системы такого типа получили признание как в СССР, так и за рубежом, появилось много их разновидностей и модификаций. Самые крупные советские менисковые телескопы диаметром по 70 см установлены в Абастуманской обсерватории и на горе Серро-Робле в Чили.

Независимо от Д. Д. Максудова менисковые системы были изобретены А. Бауэрсом (заявка на патент — 1940 г., первое описание — 1946 г.). Однако их теория не была им рассмотрена, а идея использования ахроматического мениска принадлежит Д. Д. Максудову. Для полноты обзора следует еще упомянуть К. Пеннинга, который также в 1941 г. подал заявку на патентование концентрической апланатической зеркально-линзовой системы. К 1942 г. относится первая публикация Х. Слефогта на аналогичную тему.

Некоторое распространение нашли еще корректоры для классических рефлекторов с применением асферических коррекционных пластинок большого диаметра. Одну разновидность такого корректора впервые предложил Д. Д. Бейкер на конференции Американского общества астрономов в 1947 г. Около главного фокуса осталась двухлинзовая система, а почти на входе телескопа была установлена асферическая коррекционная пластинка с отверстием в середине. Конструктивно их можно было объединить в один снимаемый коррекционный узел. Эта система уже ближе системе Шмидта, но она гораздо короче и дает плоское изображение. В своей статье Бейкер утверждает, что при относительном отверстии 1:4.5 система может обеспечить поле диаметром в 6° . Но это надо принимать с поправками на спектральный диапазон: если расчет провели с учетом длины волны в 434 нм, то для диапазона 405—486 нм изображение на краю 4-градусного поля будет составлять 2 угл. сек, а при расширении спектрального диапазона до 588 нм изображение там же составит 8 сек дуги.

Несколько корректоров Бейкера практически осуществлены. Наибольший из них (Кейпская обсерватория) имеет диаметр коррекционной пластинки 89 см при диаметре главного зеркала в 99 см. Используемое поле зрения — $2^\circ \times 2^\circ$. В процессе анализа схемы Бейкера Винн нашел решение для системы, где в спектральном диапазоне 436—656 нм обеспечено поле с диаметром 2° при условии изображений звезд не более 1 угл. сек.

Применения и результаты

Камеры Шмидта и обзоры неба

Обзоры неба — это наборы астрофотографий, отражающих определенную (достаточно большую) часть неба, и камера Шмидта, по-видимому, как и ранее, будет играть в их создании ведущую роль. Этот вид астрономических документов находит широкое применение почти во всех областях астрономии, во-первых, для идентификации объектов и, во-вторых, для выполнения астрономических и фотометрических измерений. В 50-е годы работу по созданию обзора неба начала Паломарская обсерватория, результатом которой явился Паломарский атлас, затем размноженный на фотобумаге более чем в 200 экземплярах. В 70-е годы аналогичную работу провели в южном полушарии совместно две астрономические обсерватории — Европейская южная и Англо-австралийская. Значение обоих обзоров неба столь огромно, что имеет смысл остановиться на истории создания для них камер Шмидта и выполнения самих обзоров.

48-дюймовая Паломарская камера построена по классической схеме Шмидта. Ее оптика состоит из сферического зеркала ($D=183$ см, радиус кривизны — 612 см), а также из коррекционной пластинки ($D=126$ см). Эффективное фокусное расстояние системы — 307 см, что дает относительное отверстие 1:2.44, а масштаб изображения — 67.14 сек дуги на мм. Фотопластинки размером 14×14 дюймов (35.6×35.6 см) обычно не толще 1 мм, чтобы их можно было изгибать радиусом 307 см в кассете. Наименьшие следы изображения звезд на фотопластинке, полученные этой камерой в благоприятные ночи, имеют диаметры около 30 мкм, что определяется зернистостью фотоэмульсии. При отклонении от фокальной поверхности на 0.05 мм изображение еще не искажается (соответствующий расчетный диаметр звезды 20 мкм), но мешает хроматическая аберрация. Коррекционная пластинка была сначала рассчитана на длину волны 486.1 нм (табл. 5).

Запечатлеваемое на фотопластинке поле имеет угловой размер 6.6° , но за пределами 5.4° начинается его виньетирование, хотя даже в углах фотопластинки это вызывает снижение проникающей силы на величину ме-

Т а б л и ц а 5

Расчетные диаметры изображений звезд Паломарской
камеры Шмидта в разных длинах волн
(без учета влияния дифракции)

Длина волны, нм	Диаметр изобра- жения, мкм	Длина волны, нм	Диаметр изобра- жения, мкм
340	50	486.1	0
360	40	550	5
380	30	660	13
400	21	700	24
440	10	1000	34

нее 0.2^m . Камера снабжена двумя гидами, имеющими линзовые объективы ($D=25.4$ см, $f=396$ см). Для гидирования выбираются звезды с яркостью 9^m и ярче, но если таких нет, то микрометрами, смещая окуляр, можно их найти вне центра снимаемой области неба.

Первоначально предполагалось охватить съемками северное небо до склонения -27° , но в процессе работы выяснилось, что эти рамки можно расширить до -33° . В итоге весь атлас состоит из 935 полей, которые засняты в двух цветах (с двумя светофильтрами). Перекрытие каждого поля с соседними не менее 0.6° . Фотографирование производилось только в хорошие безлунные ночи, когда диаметр турбулентного диска, возникающего от дрожания изображения звезды под влиянием атмосферных помех, не превышал 3 сек дуги. Экспозиции для синего цвета длились около 10—15 мин, для красного — 40—60 мин. При этом для первого использовались фотопластинка Истмен 103аО, для второго — Истмен 103аЕ с красным плексиглазовым фильтром. Для одного поля обе пластинки разного цвета всегда снимались последовательно; в случае брака одной из них обе снимались вновь. За семь лет пришлось отснять 1620 пар пластинок для получения 935 пар годных снимков. Предельная звездная величина для пластинок среднего качества лежит около 21.1^m для синего цвета и 20.0^m для красного цвета.

Немало трудностей пришлось преодолеть при размножении атласа. Сначала с оригиналов снимали две позитивные копии на мелкозернистые пластинки Истмен Кодак, один комплект которых поступал на постоянное

хранение в башню 5-метрового телескопа, с другого производилось копирование на фотобумагу для институтов и обсерваторий. Но беда в том, что диапазон градаций почернения у фотобумаги уже, чем у пластинок, поэтому всю яркостную информацию на фотобумаге не удалось бы передать, и поэтому выбор был сделан в пользу слабых звезд, путем пожертвования адекватностью передачи ярких объектов. Фотобумага прижималась к пластинке так называемым вакуумным методом — откачиванием воздуха из щели между ними. Для достижения возможно более однородного освещения лампу помещали на расстоянии почти 5 м. Со всеми этими предосторожностями достигли изображения звезд с наименьшим диаметром 0.03 мм.

Так создавался Паломарский атлас неба, состоящий из 1870 фотографий на листах фотобумаги размером 36×43 см. На каждую фотографию нанесен номер с индексом «О» или «Е» (обозначение эмульсии 103aO или 103aE, что указывает и на цвет), дата и небесные координаты центра пластинки. Атлас, охватывающий более трех четвертей неба и содержащий где-то около 500 млн. изображений звезд и 10 млн. туманностей, служит и будет, очевидно, служить еще десятки лет основой самых разнообразных астрономических исследований.

На конференции, посвященной применению камер Шмидта в астрономии, австралийский радиоастроном Болтон сказал, что наши представления о внегалактической части Вселенной расширились за последние двадцать лет за счет двух факторов — радиоастрономии и Паломарского обзора неба, но особенно плодотворной явилась их связь — идентификация радиоисточников по Паломарскому атласу. И добавил, что сам он 95% из более чем тысячи идентификаций сделал по нему.

В 60-е годы предполагалось даже перевести Паломарскую камеру Шмидта в южное полушарие. Позднее Боуэн обосновал необходимость создания двух новых камер Шмидта с входной апертурой 2.44 м и фокусным расстоянием 9.1 м, обзор Вселенной для которых был бы доступен в объеме, в 20 раз большем, чем для Паломарской. Но уже при первом обсуждении выявились серьезные трудности. Для покрытия такого же участка неба, что охвачен Паломарской камерой ($6^\circ \times 6^\circ$), потребовались бы фотопластинки в три раза большего размера, что явно неосуществимо. При пластинках 53×53 см один

снимок покрывал бы на небе $3^{\circ} \times 3^{\circ}$, и тогда на полу-сферу потребовалось бы 2400 снимков (в одном цвете). При съемках в красном цвете экспозиция может достигать 2 часов! Для предложенных камер необходимо было найти места установки с хорошим астроклиматом: с диаметром изображений звезд ниже 1 сек, темным небом и большим числом пригодных в году ночей. Составление нового атласа неба затянулось бы на 12—20 лет (а по более пессимистическим прогнозам — на 140 лет). 2.44-метровая камера с проникающей силой примерно на 2.4^m большей, чем Паломарская, должна была обеспечить на фотопластинках изображение звезд в синих лучах до 23.5^m и в красных — до 22.4^m .

Несколько слов о технических проблемах планировавшегося изготовления 2.44-метровой камеры. Зеркало должно иметь диаметр 3.35 м, а длина трубы достигать 18 м. Один из авторов проекта телескопа (Дж. Ирвин) оценил в 1968 г. его стоимость в 5 млн. долларов. Предполагаемая стоимость полного атласа неба (9600 фотографий) составила бы сумму более 30 000 долларов.

Спустя некоторое время обсерватории Серро Тололо и Кит Пик выдвинули более умеренный проект создания двух новых камер Шмидта для обоих полушарий. Камеры должны были иметь апертуру 1.3 м и относительное отверстие 1:3.5. На пластинках 35.6×35.6 см при этих параметрах получается поле $4.4^{\circ} \times 4.4^{\circ}$ при разрешающей способности около 0.75 сек дуги. В первом приближении предполагалось вдобавок работать и в схеме Кассегрена.

В 1962 г. была основана Европейская южная обсерватория (ESO), которая ставила целью развивать сотрудничество астрономов в Европе и предоставить им возможность наблюдать менее исследованное до сих пор небо южного полушария. Членами ESO в настоящий момент являются Франция, ФРГ, Дания, Бельгия, Голландия, Швеция, Италия, Австрия. Организация имеет мощную наблюдательную базу в Чили, где установлен ряд телескопов, в том числе 3.5-метровый рефлектор и 1-метровая камера Шмидта. Уже со времени создания ESO дискутируются вопросы о работе над продолжением составления Паломарского атласа вплоть до южного полюса неба.

Установленная в 1972 г. в Чили камера Шмидта ESO («ESO—Шмидт») (табл. 5) во многом повторяет камеру

Т а б л и ц а 6

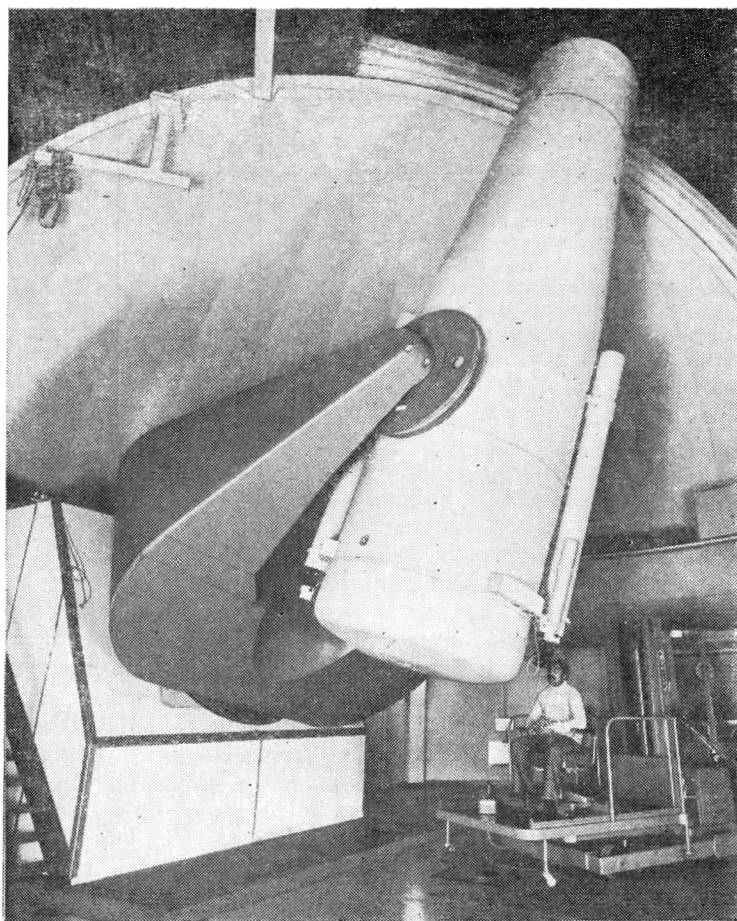
Основные данные камер Шмидта,
установленных в южном полушарии

Параметры	ESO	UKST
Входное отверстие, см	100	122
Диаметр зеркала, см	162	183
Фокусное расстояние, см	306	307
Формат фотопластинок, см	30×30	35×35
Диаметры объективов 2 гидов, см	25	† 25
Фокусное расстояние гидов, см	305	381
Высота места установки над уровнем моря, м	2 350	1 150

Гамбургской обсерватории — она построена той же фирмой (Гейденрейх и Гарбек) под руководством Стревинского, который был ведущим конструктором также и при создании Гамбургской камеры. Оптика изготовлена заводом Цейсса в Оберкохене (ФРГ).

Примерно в то же время на южном полушарии установили еще одну большую камеру Шмидта — в 1973 г. ввели в эксплуатацию телескоп, называемый UKST (Юнайтед Кингдом Шмидт Телескоп), или, сокращенно по наименованию заказчика, «SRC-Шмидт» (Бритиш Сайенс Рисерч Каунсил—Шмидт) (табл. 5). Инструмент находится в Австралии на наблюдательной базе Сайдинг Спринг, рядом с 3.9 метровым англо-австралийским рефлектором. Камера Шмидта по параметрам почти повторяет Паломарскую камеру и играет аналогичную роль: участвует в создании Атласа южного неба (совместно с камерой Шмидта Европейской объединенной обсерватории) и дополняет 3.9-метровый рефлектор. Производятся также новые систематические обзоры неба: фотографирование экваториальной зоны с улучшенной на 1.5^m проникающей силой (по сравнению с Паломарским атласом), создание обзора области плоскости Галактики в инфракрасных лучах, составление атласа спектров с объективной призмой.

Для обеспечения ахроматизма коррекционная пластинка телескопа UKST изготовлена из двух склеенных компонентов. Диаметр изображения звезды — около 2 угл. сек. В ценах 1979 г. комплекс телескопа стоил



Камера Шмидта ESO на наблюдательной базе в Чили.

около 4 млн. долларов, причем из этой суммы приблизительно в $\frac{1}{3}$ оценивался телескоп, в $\frac{1}{3}$ — башня с куполом и в $\frac{1}{3}$ — вспомогательное оборудование.

В 1973—1974 гг. телескопом ESO был выполнен так называемый быстрый обзор южного неба (от -90° до -20°), состоявший из 606 пластинок в синем цвете. Потом началось систематическое фотографирование южного неба в красном цвете, а телескопом UKST — тех же участков в синем. Необходимо добавить, что

если при создании Паломарского атласа его основным назначением считалось прежде всего идентифицирование небесных объектов, то новые обеспечивают также выполнение астрометрических и фотометрических работ. С этой целью на фотографии наносились специальные калибровочные поля и отметки. В итоге Атлас южного неба перепечатывается в техническом центре ESO (Гархинг, ФРГ) с «красных» пластинок ESO и с «синих» пластинок UKST. Предусмотрен выпуск части экземпляров атласа на фотопластинках, но большинство копий выполнено на аэропленке. Благодаря координатным меткам можно с фотографии определить положения отдельных объектов с точностью до 5—10 угл. сек.

Камеры для фотографирования спутников

Космическая эра вызвала к жизни новую область применения оптической системы Шмидта. Оказалось остро необходимым получить по возможности наиболее точные данные об орбитах искусственных космических тел. В самом начале это производилось визуальным способом, для чего были созданы большие группы наблюдателей, которые с помощью небольших телескопов «патрулировали» по небу, засекая видимые координаты искусственных спутников Земли (ИСЗ) относительно соседних звезд в моменты наблюдений. Но вскоре выяснилось, что этого можно достигнуть с большей точностью фотографированием, однако нужны широкоугольные светосильные камеры новой конструкции: не на экваториальной монтировке, с быстрым передвижением по небу и устройствами слежения. От оптики требовалось еще и хорошее, как и в астрокамерах, качество изображения. Так к концу 50-х годов появился новый вид больших камер — камеры для слежения за ИСЗ. По конструкции они сильно отличались от астрокамер, но оптические системы повторяли схему Шмидта или ее модификации.

Самой известной серией таких специальных камер стали камеры Бейкера—Нанна, первую из которых ввели в строй в США уже в 1957 г., к началу же шестидесятих годов их число достигло 12. Камера Бейкера—Нанна имеет входную апертуру 51 см и сферическое зеркало с диаметром 78 см (1:1). В центре кривизны зеркала установлен трехкомпонентный корректор, фотографируемое поле — $5^{\circ} \times 30^{\circ}$. Монтировка камеры сильно отлича-

ется от обычных астроштативов: она трехосная, азимутальная, со сложной системой управления (напомним, что наблюдаемая скорость ИСЗ при высоте около 500 км — порядка один угловой градус в секунду). В высоту около 3 м, она весила около 3 т. С помощью камер Бейкера—Нанна оказалось возможным получить координаты ИСЗ до 12^m с точностью в 3 угл. сек.

В 60-е годы в Великобритании Хьюитт создал следующую большую камеру для слежения за ИСЗ с входной апертурой 60 см и относительным отверстием 1:1, а по оптической схеме представляющей собой камеру Шмидта с линзой для выпрямления изображения (поле 10°). При регистрации изображений ИСЗ до 7^m с ее помощью достигали точности определения координат в 1 угл. сек.

В последующие годы наблюдается небывалый подъем в конструировании новых камер, созданы всемирные сети наблюдательных станций. Завод «Карл Цейсс Йена» выпустил камеру системы Шмидта, сконструированную М. Штейнбахом, со следующими параметрами: $D=42.5/50$ см, 1:1.8, поле — 11.3° , формат фотопластинок — 9×12 , диаметр полеспрямляющей линзы — 15 см. В СССР для той же цели была создана камера ВАУ с объективом «Астродар» ($D=50/107$ см, 1:1.8, поле — $5^\circ \times 30^\circ$) МаксUTOва—Сосниной. В объективе были использованы двухкомпонетная асферическая коррекционная система и мениск; диаметр кружка рассеяния по всему полю не превышал 30 мкм.

Уже с самого начала создания серии камер Бейкера—Нанна Фред Уиппл, бывший тогда директором обсерватории Смитсоновского института в США, обратил внимание на возможность использования измеренных данных полета ИСЗ для уточнения нашего представления о форме Земли. Массовые наблюдения ИСЗ скоро привлекли внимание геодезистов, также подтвердивших, что на их основе действительно можно уточнить форму нашей планеты — получить расстояния (предполагаемого) уровня моря от центра Земли с точностью в один метр. Так в 60-е годы родилось представление о «группеобразности» Земли (северный полюс выступает почти на 20 м, южный сплюснут на 25 м). Необходимо добавить, что в настоящее время точность определения углов и расстояний с помощью лазерных систем по крайней мере в десять раз выше и что первые лазерные системы слежения

за ИСЗ были построены также на базе камер Бейкера—Нанна.

По мере развития космических исследований система Шмидта нашла применение и в бортовой научной аппаратуре. При проектировании камер для межпланетных автоматических станций «Маринер-6» и «Маринер-7» вначале провели сравнение десяти разных оптических систем (нескольких модификаций систем Шмидта, Ричи—Кретьена, менисковых, линзовых и др.) и после вычисления аберраций на ЭВМ выбрали систему Шмидта—Кассегрена. Объективы состояли из коррекционной пластинки, первичного зеркала формой сплюснутого сфероида и вторичного сферического зеркала ($D=21$ см, $1:2.4$, поле — $1^\circ.88$). Для ведения наблюдений в инфракрасной области спектра из космоса научились делать коррекционные пластинки (диаметром до 40—50 см) из германия, прозрачного в диапазоне длин волн от 2 до 20 мкм.

В 70-е годы в космических исследованиях стало доминировать дистанционное зондирование поверхности Земли. Сначала оптические системы телерадиометров и телеспектрометров для дистанционного зондирования включали одно плоское зеркало, вращением или качанием которого осуществляли сканирование поверхности Земли перпендикулярно направлению полета. Это напоминало построение телевизионного изображения с механической разверткой луча. Внедрение многоэлементных приемников излучения (телевизионные передающие трубки, линейки фотодиодов, приборы с зарядовой связью и пр.) повысило требования к построению оптической системы, которая должна дать изображение достаточно широкого поля, внутри которого сканирование и последовательная передача изображения выполняются электронными средствами. Своеобразной отличительной чертой таких систем является вытянутость поля по одной координате — перпендикулярно к направлению полета ИСЗ. Поскольку по другой координате в направлении полета поверхность Земли сканируется передвижением самого ИСЗ, то здесь поле может быть сравнительно узким. Так, например, при обсуждении вариантов будущего большого телескопа для обзора земной поверхности — LEST (Large Earth Survey Telescope) — к оптической системе с диаметров 1.5 м предъявлялось требование построить изображение с угловыми размерами $7^\circ \times 3^\circ$. Спек-

тральный диапазон прибора, простирающийся от 0.4 до 25 мкм, обязывал построить систему только из зеркальных элементов. При эскизном проектировании фирма Перкин Эльмер взяла за основу системы Шмидта—Кассегрена, Боуерса—Шмидта и Бейкера—Шмидта. Но изложенные выше требования привели к мысли о необходимости использования внеосевых схем. В итоге для оптики LEST были предложены весьма своеобразные модификации и аналоги системы Шмидта: 3- и 4-зеркальные внеосевые системы Бейкера, 4-зеркальная система Бейкера—Шмидта и система Шмидта с кольцеобразным полем. Добавим, что первые две системы имеют главное зеркало не круглой формы, а в виде вырезки из кольца с размерами около 1×2 м, которое, кроме того, должно быть асферическим.

Развитие широкоугольных зеркальных систем в 70-е годы непосредственно связано с оптическими схемами Шмидта, Шварцшильда и Бейкера с использованием в основном следующих схемных элементов: апертурная диафрагма в центре кривизны сферического зеркала, два концентрических сферических зеркала, конфокальные и сопряженно работающие параболические зеркала, вытянутое в полосу поле. Отчасти эти элементы использовались еще в классических конфигурациях (системы Шмидта, Бейкера и Шварцшильда), но в приборах для дистанционного зондирования они приобретали весьма своеобразные очертания. В двухосевой системе Бейкера первое зеркало — параболическое, второе — асферическое, третье — сферическое. Скорректированная система Шварцшильда состоит из двух сферических зеркал и из одного асферического коррекционного зеркала. Разработанная на фирме Хьюз система WALRUS содержит параболическое, асферическое (близко к соединению параболического зеркала с пластинкой Шмидта) и сферическое зеркала. Кольцевой телескоп фирмы Перкин—Эльмер построен из плоского, сферического, асферического (сферическое+пластинка Шмидта) и еще двух асферических зеркал.

Проект космической камеры

Космические полеты позволили проводить астрономические наблюдения за пределами атмосферы Земли, с поверхности которой они возможны только в узких

спектральных интервалах, где атмосфера прозрачна (видимое излучение, некоторые инфракрасные «окна», радиоволны), а с орбиты оказывается доступным весь спектр электромагнитного излучения. Своими неоднородностями и постоянным движением атмосфера оказывает воздействие также и на видимые лучи: вместо дифракционного изображения звезды в фокусе телескопа обычно возникает размытое пятно (диск атмосферной турбулентции) с угловым диаметром 0.5—1.0 угл. сек и более. На орбите возможны изображения звезд с угловым диаметром 0.1 угл. сек и менее, что во многих случаях приводит также к увеличению проникающей силы инструмента.

Наличие преломляющей среды в виде коррекционной пластинки, непрозрачной в далеком ультрафиолете, заставило искать пути создания чисто зеркальных камер Шмидта, которые можно было бы использовать в космической аппаратуре. Возможность применения в камере Шмидта наклонного ретушированного плоского зеркала была известна еще в 40-е годы, когда его предложили для камер спектрографов. Вновь к этой идее обратился в 1958 г. В. Н. Чуриловский. Одиннадцать лет спустя такие камеры были построены в США. Величина ретуши такого зеркала меньше величины ретуши коррекционной пластинки, но ретушь зеркала должна выполняться по эллиптическим зонам. Изготовление такого зеркала представляет значительные технические трудности.

Предварительная проработка проблем создания широкоугольной камеры «Спейс Шмидт» для орбитальной обсерватории «Спейслаб» проводилась при НАСА и ЕСА параллельно. В 1979 г. обе опубликовали отчеты об итогах. Так как решаемые проблемы и предложенные решения весьма схожи, рассмотрим далее их в совокупности, как подготовительную стадию создания космической камеры Шмидта. В самых общих чертах исходное положение повторяет то, которое породило в свое время большую камеру Шмидта в обсерватории Паломар. В середине 80-х годов будет выведен на орбиту большой космический телескоп (Large Space Telescope) с диаметром зеркала в 2.4 м. Этот инструмент имеет разрешающую силу, в 10 раз большую, чем Паломарский 5-метровый телескоп. Но даже так называемая широкоугольная камера космического телескопа имеет поле с диаметром

только 2.7 угл. мин. НАСА прорабатывает возможности создания еще одного космического телескопа с диаметром 1 м («Старлаб»), но и в этом случае предполагаемое поле остается диаметром около 0.5° . С помощью большого космического телескопа будут проводиться измерения в далекой ультрафиолетовой области, для которой полностью отсутствуют атласы неба, а средствами, до сих пор проектируемыми, фотографический обзор неба в новых областях произвести невозможно. Отсюда следует, что большой космический телескоп необходимо дополнить широкоугольной камерой, имеющей фотографическое поле диаметром около 5° . Одна фотография, сделанная такой камерой, сможет охватить на небе площадь, которую космический телескоп способен покрыть с 10 000 выдержками!

Нельзя также забывать, что даже в доступной с Земли видимой области можно обнаружить новые, более слабые объекты, так как ограничивающий проникающую силу фон неба на орбите будет меньше.

В ходе предварительной проработки космической широкоугольной камеры европейские и американские астрономы называли множество чрезвычайно интересных проблем, которые могут быть решены с ее помощью. Перечислим некоторые из них: исследование и проведение обзора необыкновенных ультрафиолетовых объектов, исследование морфологии галактик в ультрафиолетовых лучах, наблюдение деталей в галактиках, поиск скрытых источников энергии в галактиках и в галактических туманностях, обзор объектов с ультрафиолетовыми эмиссионными линиями в спектре, уточнение распределения пыли в нашей Галактике и в других галактиках, наблюдения комет и некоторых явлений в солнечной системе. Но, несомненно, наибольшую ценность приобретает ультрафиолетовый обзор неба, который может оказаться полезным в решении самых разных и неожиданных проблем современной астрофизики. Здесь уместно употребить тот новый науковедческий термин «серендипити», которым по-английски принято теперь обозначать непредсказуемую ценность исследовательской деятельности. Как Паломарский атлас и Атлас южного неба стали справочными пособиями и исходным материалом во многих наземных исследованиях, так и космический ультрафиолетовый атлас станет универсальным пособием. Можно привести более конкретный пример. С помощью

космического телескопа будут наблюдать ультрафиолетовые источники в небе, но без обзорного атласа неба даже после нескольких лет работы нельзя быть уверенным, например, в том, что исследовались, скажем, десять самых ярких источников, поскольку неизвестно, где находятся самые яркие объекты.

Замечательным свидетельством живучести системы Шмидта является тот факт, что в предварительной проработке технического решения для космической широкоугольной камеры в обоих отчетах применение его системы представляется совершенно естественным. В американском проекте упоминается также система Бейкера—Шмидта, причем отмечается, что в этом случае достигается выпрямление поверхности изображения за счет некоторого общего снижения качества изображения. В итоге предлагается система Шмидта с зеркальным коррекционным элементом и дополнительным плоским зеркалом (рис. 9, а) со следующими параметрами.

Эквивалентный входной диаметр	— 0.865 м (=0.98 м·0.6)
Эффективное фокусное расстояние	— 1.97 м
Поле зрения	— 4.67°
Диаметр изображения	— 160 мм
Относительное отверстие	— 1 : 2 (1 : 3.28)
Масштаб на пластинке	— 0.57 мм/сек дуги
Радиус кривизны изображения	— 1.96 м
Диаметр изображения звезды	— 1.0 сек дуги

По части регистрации изображения предполагалось использовать электронно-оптический преобразователь (ЭОП) с фотокатодом, чувствительным в дальней ультрафиолетовой области (123—190 нм). На выходе ЭОП изображение регистрируется на электронографическую эмульсию. Однако не исключено, что со временем полностью электронные методы передачи изображения, основывающиеся на многоэлементных приемниках излучения, окажутся предпочтительными. Если до недавнего времени последние имели только до 800×800 элементов изображения, то сейчас в лабораториях проходят испытания приемники с 4096×4096 элементами, и, по-видимому, недалеко то время, когда электронные приемники изображения и по количеству элементов будут конкурировать с фотоматериалами.

Пока предполагается, что каждая экспозиция будет длиться 30 мин и что примерно на каждом витке орбиты

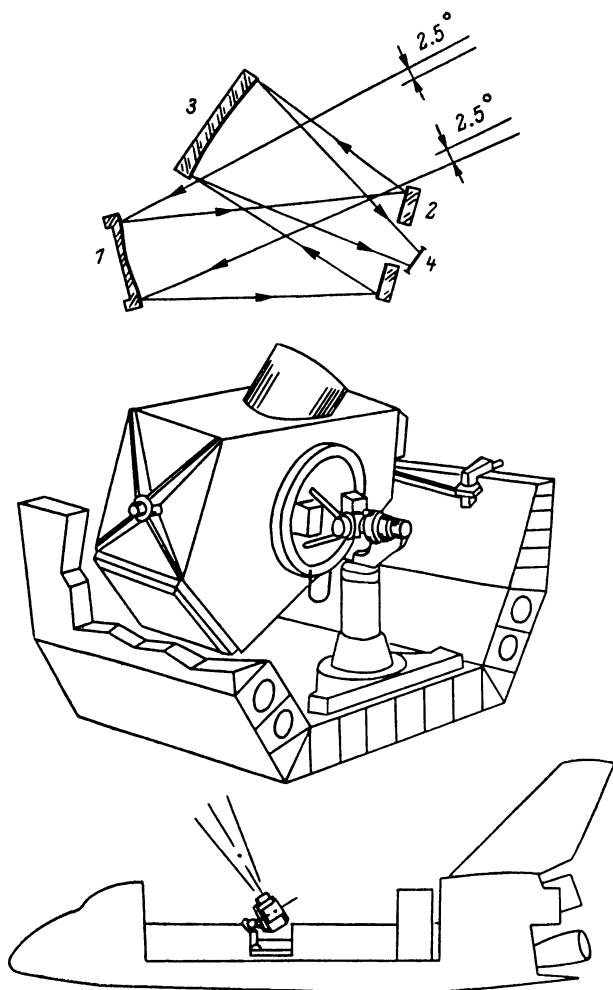


Рис. 9. Проект космической камеры Шмидта.

a — оптическая схема (1 — зеркальная коррекционная пластинка, 2 — плоское перебрасывающее зеркало, 3 — сферическое зеркало, 4 — изображение), *б* — общий вид, *в* — схема установки на «Спейс Шаттл».

можно будет получить одну фотографию участка неба площадью в 19 квадратных градусов (с учетом взаимного перекрытия фотографий — 14 квадратных градусов). Тогда примерно за 200 дней можно снять все небо.

Ожидается, что на фотографиях будут видны звезды до 26-й звездной величины, что более чем в 10 раз превосходит данные имеющихся фотографий.

Память остается

Гений своего дела

Бернхард Шмидт скончался 1 декабря 1935 г. и был похоронен в Бергедорфе вблизи Гамбурга. Изобретение его запатентовано не было. Шмидт держал в тайне метод изготовления коррекционной пластинки и делиться своими достижениями в области оптики, описывая их в литературе, отказался, несмотря на настойчивые просьбы профессора Шорра.

О своей системе Шмидт опубликовал только несколько коротких статей, а секрет обработки пластинок стал известен лишь из черновиков и эскизов, оставшихся после его смерти. Директор Бергедорфской обсерватории профессор Шорр считал возможным в 1936 г. огласить его вместе с некоторыми рисунками.

Остается только сожалеть о том, что Шмидт не дожил до того времени, когда его изобретение получило полное признание, а телескоп его системы, свободной от комы, распространился по всему миру.

Отвлекаясь несколько от главной темы, упомянем о публикациях, касающихся личности изобретателя. Первой среди них следует считать, разумеется, короткую статью Р. Шорра, опубликованную вскоре после смерти Шмидта в годовом отчете Гамбургской обсерватории за 1935 г. Но в Америке астрономы узнали о камере Шмидта и немного о нем самом со слов известного астронома Вальтера Бааде, который близко знал Шмидта. Опираясь в основном на воспоминания Бааде, рентгенолог Поль Ходжес написал уже обстоятельную статью (Hodges, 1948) о жизни Шмидта, об изобретении камеры и принципе ее действия, которая была опубликована в американском журнале рентгенологии и радиевой терапии в 1948 г., но большинство астрономов узнали о ней только после ее помещения в третьем томе книги об из-



Памятник на могиле Б. Шмидта.

готовлении любительских телескопов (первое издание — в 1953 г.).

В 1955 г., спустя 20 лет после смерти Бернхарда Шмидта, в Бергедорфе состоялась конференция, посвященная его памяти, на которую съехались астрономы всего мира и как почетный гость в ней участвовал и племянник Шмидта — Эрик, сын брата Аугуста. В эти дни на могиле Бернхарда Шмидта в Бергедорфе был открыт памятник с высеченными на нем словами «Per aspera ad astra» — «через тернии к звездам», как нельзя более

подходящими ко всей его короткой и многотрудной жизни.

В Митвейде Бернхард Шмидт учился, жил и работал более четверти века и уехал окончательно оттуда в 1928 г., когда начал работу в Гамбург-Бергедорфской обсерватории. С тех пор прошло более полувека. Посетитель, который сегодня входит в дом в Митвейде на бывшей Миттелштрассе, не найдет никаких следов деятельности великого оптика. Уезжая из Митвейды, Шмидт ликвидировал свою мастерскую полностью.

Эдуард Тамме рассказывал, что в 1935 г., находясь в Германии, он воспользовался возможностью посетить Митвейду, где в свое время получил инженерное образование, но нашел ее совсем не той, какой хранил в памяти: не было здесь прежней атмосферы доброжелательности, теплоты и приветливости, не обнаружил он и следов бывшей деятельности Шмидта, везде хозяйничали беспардонные гитлеровцы. Народ был подавлен.

В настоящее время Митвейда развивается и процветает в составе Германской Демократической Республики.

В 1956 г. в Митвейде на торжественном заседании, посвященном Великой Октябрьской революции, было вынесено решение улице Mittelstrasse, где находится дом, в котором жил и работал Шмидт, назвать его именем — Bernhard-Schmidt-Strasse, а на доме установить мемориальную доску.

В 1972 г. около 120 представителей разных обсерваторий мира собрались в Гамбурге на конференцию «Роль телескопов Шмидта в астрономии». Отмечалось огромное значение камер Шмидта в исследовании структуры галактик, астрометрии, создании обзоров неба; говорилось о проведенных измерениях положений звезд с точностью до сотых долей угловой секунды на пластинках, полученных Паломарской камерой, для определения их собственных движений.

В 1979 г. в честь 100-летия со дня рождения Б. Шмидта Гамбургской обсерваторией была организована конференция на тему «Актуальные применения системы Шмидта в астрономии». В Бергедорфе открыли комнату-музей Б. Шмидта, где кроме образцов рукописей, писем и оптических деталей выставлена посмертная маска Вальтера Бааде, которому отведена роль вдохновителя на создание системы Шмидта. На разных конференциях высказывались мнения и предложения об

учреждении бюллетеня или иного издания для публикации работ по применению камер Шмидта и обмену опытом в этой области.

В октябре 1981 г. в Крымской астрофизической обсерватории состоялось совещание по координации астрономических исследований социалистических стран, где решено было организовать «Шмидт-клуб» — рабочую группу обсерваторий, имеющих широкоугольные телескопы, поручив ей составление каталогов фотографий неба, снятых на этих обсерваториях.

В 1979 г. в Англии вышел в свет объемистый том, составители которого постарались объединить в нем наиболее важные публикации из астрономии за 1900—1975 гг. Первая часть, названная «Новые окна во Вселенную», открывается статьей Майкельсона о применении интерферометра в астрономии, а после статьи Хейла о возможностях больших телескопов следует перевод сообщения Б. Шмидта «Светосильная зеркальная система, свободная от комы». Чтобы дать представление о подборе статей в книге, перечислим тематику еще некоторых из них, помещенных в первой части, включающей 15 публикаций: первые статьи по радиоастрономии К. Янского и Г. Ребера, фундаментальные исследования по фотоэлектрической фотометрии Стеббинса, Джонсона и Моргана, результаты обработки первых фотографий обратной стороны Луны Н. П. Барабашова и Ю. Н. Липского, а также известная статья о поиске внеземных цивилизаций Дж. Коккони и Ф. Моррисона.

Родина не забывает

Хотя Бернхард Шмидт покинул Эстонию в возрасте 22 лет и позже неоднократно приезжал в Таллин и на свой родной остров, астрономам Эстонии он был неизвестен, так как и не искал контакта с ними.

На опубликованные в 1958 г. в газетах и журналах Эстонии статьи о Бернхарде Шмидте откликнулись многие читатели. Выяснилось, что у Бернхарда Шмидта в Эстонии много родственников и добрых друзей, которые в молодости либо жили вместе с ним на острове Найссаар, либо учились и жили в свое время в Митвейде. Было принято решение увековечить память великого уроженца Эстонии. К счастью, оказалось, что домик на острове, в котором родился Бернхард Шмидт, сохранился. Мини-

стерство культуры Эстонской ССР решило взять его под охрану государства. Эстонское отделение Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО) во главе с председателем Чарльзом Виллманном заказало мемориальную доску.

1 октября 1961 г. в устье реки Пирита в Таллине собралась группа астрономов-любителей и целый ряд родственников и знакомых Бернхарда Шмидта, всего около 60 человек. Было теплое солнечное осеннее воскресенье. При такой погоде поездка на яхтах доставила большое удовольствие. Примерно в 2 км от пристани Найссаара находится Южная Деревня, куда направились собравшиеся. При торжественном открытии мемориальной доски ученый секретарь Института физики и астрономии Академии наук Эстонской ССР П. Мюрсепп дал краткий обзор жизни и деятельности Бернхарда Шмидта. Родственник Б. Шмидта Ю. Воог из Таллина поделился воспоминаниями о великом оптике. Присутствующие посетили кладбище Найссаара и возложили цветы на могилы родителей Бернхарда Шмидта.

* * *

Со дня смерти Шмидта прошло около полувека. Интерес к астрономии среди широких кругов населения в связи с первыми космическими полетами особенно возрос. Наука стала развиваться невиданными темпами. Несмотря на многочисленные открытия в области астрономической оптики, оптически совершенные системы и телескопы большой светосилы и с широким полем остаются связанными с именем Бернхарда Шмидта. Ныне все передовые обсерватории мира оснащены телескопами его системы.

Основные даты жизни и деятельности Бернхарда Шмидта

- 1879 г. 11 апреля (30 марта) родился в Эстонии на о-ве Найссаар.
- 1894 г. В результате несчастного случая лишается правой руки.
- 1895 г. Телеграфист на Таллинской береговой сторожевой станции.
- 1898 г. Чертежник на заводе электрических машин «Вольта» в Таллине.
- 1901 г. В журнале «Astronomische Rundschau» о нем упоминают как об одном из открывателей Nova Persei.
- 1901 г. Сентябрь—октябрь — студент Высшей школы Чалмерса в Гётеборге.
- 1901 г. С 24 октября студент Митвейдского техникума вплоть до 1904 г.
- 1903 г. Шлифует параболическое зеркало с отверстием в 50 см для Альтенбургской обсерватории.
- 1904 г. 29 мая — дата первого письма в Потсдамскую астрофизическую обсерваторию.
- 1916 г. 12 марта — дата первого письма Шмидта проф. Шорру.
- 1916 г. В октябре получает предложение построить горизонтальный телескоп для Бергедорфской обсерватории.
- 1918 г. В конце года впервые посещает Гамбург.
- 1926 г. С конца года — добровольный сотрудник Бергедорфской обсерватории.
- 1927 г. 29 июня ведет наблюдения за солнечным затмением в селе Йокмокк, Северная Швеция.
- 1928 г. Ликвидирует свою мастерскую в Митвейде и поступает на работу в Гамбург-Бергедорфскую обсерваторию.
- 1929 г. 9 мая наблюдает полное солнечное затмение на Филиппинах.
- 1930 г. Создает первый телескоп, свободный от комы.
- 1935 г. 1 декабря — кончина.

1. Anleitung zur Versilberung von Reflektorspiegeln. — *Astronomische Rundschau*, 1904, Jg. 6, S. 115.
2. Über Einspiegel-Heliostaten für Horizontalkameras, Ableitung der Bahn der Spiegelnormalen (wobei Neigung der Spiegelachse-Funktion der Deklination), 1917. (Рукопись).
3. Beschreibung zur Konstruktion der Spiegelnormalenbahn, die es am Himmelsgewölbe beschreibt, bei Benutzung eines Einspiegel-Heliostaten mit einer Drehungsachse, und Nord-Süd Horizontal-aufstellung. Mittweida, 1917. 4 S. (Рукопись, хранится в Гамбург-Бергедорфской обсерватории).
4. Über das Aussehen des Mikrometerfadens und die Bisektierung des Fixsternbildes. — *Central-Zeitung für Optik und Mechanik*, 1919, Jg. 40, S. 313—315.
5. Ein lichtstarkes komafreies Spiegelsystem. — *Central-Zeitung für Optik und Mechanik*, 1931, Jg. 52, N 2, S. 25—26; A Rapid Coma-Free Mirror System. — *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 1946, vol. 58, p. 285—290; A Rapid Coma-Free Mirror System. — In: *A Source Book in Astronomy and Astrophysics, 1900—1975* / Ed. by K. R. Lang and O. Gingerich. Cambridge; Massachusetts; London, 1979, p. 27—29.
6. Ein lichtstarkes komafreies Spiegelsystem (Mit Tafel I und II). — *Mitteilungen der Hamburger Sternwarte in Bergedorf*, 1932, Bd 7, N 36, S. 15—17.
7. Verfinsterung des Jupitermondes I durch den Mond III 1931 Dezember ³¹. — *Beobachtungs-Zirkular der Astronomischen Nachrichten*, 1932, Jg. 14, N 7, S. 14.

Литература

- Боуэн И. С. Камера Шмидта. — В кн.: Телескопы / Под ред. Дж. Койпера и Б. Миддлхерст. М., 1963, с. 64—84.
- Димитров Г., Бэкер Д. Телескопы и принадлежности к ним. М.; Л., 1947. 308 с.
- Максутов Д. Д. Астрономическая оптика. 2-е изд. Л., 1979. 396 с.
- Масевич А. Г., Лозинский А. М. Фотографические наблюдения искусственных спутников Земли. — Научные информации, 1970, вып. 18, с. 3—36.
- Мельников О. А., Слюсарев Г. Г., Марков А. В., Куперевич Н. Ф. Современный телескоп. М., 1968. 320 с.
- Мельников О. А. История телескопа. Л., 1969. 52 с.
- Михельсон Н. Н. Оптические телескопы: Теория и конструкция. М., 1976. 542 с.
- Мюрсепп П. Выдающийся оптик XX века Бернхард Шмидт — уроженец Эстонии (1879—1935). — Изв. АН Эст. ССР. Сер. физ.-мат. наук, 1960, № 2, с. 178—180.
- Мюрсепп П. В. Бернхард Шмидт — выдающийся оптик XX века. — Земля и Вселенная, 1965, № 6, с. 45—62.
- Мюрсепп П. В. Участие Бернхарда Шмидта в экспедициях по наблюдению солнечного затмения. — В кн.: Материалы IX Межреспубликанской конференции по истории естествознания и техники в Прибалтике. Вильнюс, 1972, с. 152—154.
- Мюрсепп П. В. Бернхард Шмидт. Таллин, 1976. 52 с.
- Попов Г. М. Концентрические оптические системы и их применение в оптическом приборостроении. М., 1969. 133 с.
- Сабитов Ш. Н. Малая светосильная камера Шмидта. — Тр. астрофиз. ин-та КазССР, 1975, т. 25, с. 76—89.
- Чуриловский В. Н. Теория хроматизма и аберраций третьего порядка. Л., 1968. 312 с.
- Abel I. R., Hatch M. R. The pursuit of symmetry in wide-angle reflective optical designs. — In: International Lens Design Conference, SPIE Proc., 1980, vol. 237, p. 271—280.
- A Fast, Wide-Angle Telescope on Spacelab SPACE SCHMIDT. Assessment Study. European Space Agency, SCI (79) 5. Paris, 1979. 25 p.
- Argue A. N. Experiences in Photometry with the Cambridge Schmidt Telescope. — In: Vistas in Astronomy / Ed. A. Beer. London; Oxford; New York; Paris. 1957, vol. 3, p. 184—202; Cambridge Observatories Reprint, 1958, N 33.
- Ariste P. Veel Bernhard Schmidtist. — Edasi, N 118, 17 04 1958. На эст. языке.
- Ashcraft C. The Lensless Schmidt-Camera. — Sky and Telescope, 1974, vol. 47, N 5, p. 333—338.

- Bahner K. Teleskope. — In: Handbuch der Physik. Bd 29. Optische Instrumente / Herausgegeben von S. Flügge. Berlin etc., 1967, S. 258—295.
- Baker J. G. A family of flat field cameras equivalent in performance to the Schmidt-camera. — Proc. Amer. Philosoph. Soc., 1940, vol. 82, p. 339—349; Harvard Reprint, N 199.
- Baker J. G. A method of making aspherical surfaces of revolution by means of spherical surfaces alone. — Popular Astronomy, 1940, vol. 48, p. 78—83.
- Baker J. G. The solid glass Schmidt-camera and a new type of nebular spectrograph. — Proc. Amer. Philosoph. Soc., 1940, vol. 82, N 3, p. 323—338; Harvard Reprint, N 198.
- Baranne A. Fabrication de Lame de Schmidt — In: Optical Instruments and Techniques 1969 / Ed. by J. Home Dickson, Newcastle-upon-Tyne, 1970, p. 311—318.
- Beck H., Güssow K. Über Reflexbilder im Schmidt-Teleskop. T. I. Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen. — In: Jenaer Jahrbuch 1954. Jena, 1954, T. 2, S. 363—368.
- Behr A. Zum 100. Geburtstag von Bernhard Schmidt. — Abh. Hamburger Sternwarte, 1979, Bd 10, H. 2, S. 49.
- Bouwers A. Achievements in optics. — New York, 1946.
- Brown D. S. A family of short-tube wide-field catadioptric telescopes. — In: Optical Instruments and Techniques 1969 / Ed. by J. Home Dickson, Newcastle-upon-Tyne, 1970, p. 521—527.
- Brunckow K. Zur Wahl des Kassettenhalbmessers beim Schmidt-schen Spiegelteleskop. — Astronomische Nachrichten, 1940, Bd 270, H 1, S. 36—39.
- Buzawa J. f/0.40 Catadioptric solid Schmidt design. — J. Opt. Soc. Amer., 1961, vol 51, N 4, p. 480.
- Börngen F. Bernhard Schmidt and der Schmidspiegel. — Astronomie und Raumfahrt, 1979, N 3, S. 65.
- Börngen F. Bernhard Schmidt und die Astronomie mit Schmidspiegeln. Gedenken zum 100. Geburtstag. — Jenaer Rundschau, 1981, Jg. 26, N 1, S. 9—14.
- Cannon R. Recent research with the UK 1.2 m Schmidt-Telescope in Australia. — Abh. Hamburger Sternwarte, 1979, Bd 10, H. 2, S. 60—63.
- Caratheodory C. Elementare Theorie des Spiegelteleskops von B. Schmidt. Leipzig und Berlin, 1940. 38 S. (Hamburger Mathematische Einzelschriften; H. 28).
- Couder A. Sur l'exécution des surfaces optiques non spheriques; application an telescope de Schmidt. — Comptes Rendus, 1940, vol. 210, p. 327—329.
- Cox H. W. and L. A. The Construction of a Schmidt Camera. — J. Brit. Astron. Assoc., 1938, vol. 48, N 8, p. 308—313; In: Amateur Telescope Making (Book Three) / Ed. A. G. Ingalls. Kingsport, 1953, p. 345—349.
- Cox H. W. and L. A. Further Notes on Schmidt-Cameras. — J. Brit. Astron. Assoc., 1939, vol. 50, N 2, p. 61—68; In: Amateur Telescope Making (Book Three) / Ed. by A. G. Ingalls, Kingsport, p. 349—355.
- Cox H. W. The Construction of Schmidt Camera. — J. Sci. Instruments, 1939, vol. 16, N 8, p. 257—262.

- Dewhirst D. W., Yates G. G. The Adjustment of a Schmidt-Camera by an Auto-collimation Method. — *The Observatory*, 1954, vol. 74, N 879, p. 71—72.
- Detaille M., Moreaux R. *Lame de Schmidt en Germanium: Realisation et Resultats*. — *J. Optics*, 1980, vol. 11, N 6, p. 339—340.
- De Vany A. A Rapid Method of Making a Schmidt Correcting Lens. — *Popular Astronomy*, 1939, vol. 47, p. 197—200.
- Dieckvoss W. Zur Errichtung des neuen 800/1200-mm Schmidt-Spiegels auf der Hamburger Sternwarte. — *Die Sterne*, 1956, Jg. 32, H. 7—8, S. 129—139.
- Everhart E. Making Corrector Plates by Schmidts Vacuum Method. — *Appl. Optics*, 1966, vol. 5, N 5, p. 713—718.
- Fischer-Appelt P. Auszüge aus der Festansprache des Präsidenten der Universität Hamburg zum 100. Geburtstag von Bernhard Schmidt. — *Abh. Hamburger Sternwarte*, 1979, Bd 10, H. 2, S. 50—51.
- Friedman H. S. Method of Computing Correction Plate for Schmidt System for Near Projection, with Special Reference to System for Television Projection. — *J. Opt. Soc. Amer.*, 1947, vol. 37, N 6, p. 480—484.
- Grassmann G. Zur fotografischen Verwendung von Kugelspiegeln. — *Astronomie und Raumfahrt*, 1977, N 1, S. 17.
- Günther S. Von den grossen Schmidt-Spiegeln und ihren Beobachtungsprogrammen. — *Die Sterne*, 1952, Jg. 28, H. 3—4, S. 55—64.
- Harrington R. G. The 48-inch Schmidt-Type Telescope at Palomar Observatory. — *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 1952, vol. 64, N 381, p. 275—281.
- Hawkins D. G., Linfoot E. H. An Improved Type of Schmidt Camera. — *Month. Not. Roy. Astron. Soc.*, 1945, vol. 105, p. 334—344.
- Heckmann O. Der neue Schmidt-Spiegel der Hamburger Sternwarte. — In: *Mitteilungen Astronomischen Gesellschaft* 1954, Hamburg, 1955, S. 57—60.
- Heckmann O. The New Schmidt Telescope of the Hamburg Observatory. — *Sky and Telescope*, 1955, vol. 15, N 1, p. 26—28; *Nature*, 1955, vol. 176, p. 805—806.
- Heudier J. L. A New Schmidt Telescope in France. — In: *Modern Techniques in Astronomical Photography* / Ed. R. M. West, J. L. Heudier. Geneva, 1978, p. 237—239.
- Hendrix D. O. An Extremely Fast Schmidt Camera. — *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 1939, vol. 51, p. 158—159.
- Hendrix D. O., Christie H. W. Some Applications of the Schmidt Principle in Optical Design. — *Sci. Amer.*, 1939, vol. 161, August, p. 118—123; In: *Amateur Telescope Making (Book Three)* / Ed A. G. Ingalls. Kingsport, 1953, p. 354—365.
- Henize K. G. The Baker-Nunn Satellite Tracking Camera. — *Sky and Telescope*, 1957, vol. 16, p. 108—110.
- Herzberger M., Hoadley H. O. The Calculation of Aspherical Correcting Surfaces. — *J. Opt. Soc. Amer.*, 1946, vol. 36, N 6, p. 334—340.
- Hewitt J. An f/1 Field Flattened System for Precision Measurement of Satellite Positions. — *Photogr. Sci. a. Engin.*, 1965, vol. 9, N 1, p. 10—19.

- Hewitt J. The 24-inch Schmidt Satellite Cameras and their Use in Geodetic Investigations. — Philos. Transac. Roy. Soc., 1967, Ser. AN 1121, vol. 1262.
- Hodges M. D. Bernhard Schmidt and His Reflector Camera: An Astronomical Contribution to Radiology. Paper 1. — Amer. J. Roentgenol. and Rad. Therapy, 1948, vol. 59, N 1, p. 122—131; In: Amateur Telescope Making (Book Three). Kingsport, 1953, p. 365—373.
- Irvin J. B. The Need for Two Large Schmidts. — In: Vistas in Astronomy. Oxford; London; New York; Toronto; Sydney, 1968, vol. 10, p. 143—147.
- Jensch A. Das 2-m Universal-Spiegelteleskop und Seine Austrüstung. — Jenaer Rundschau, 1960, Bd 5, H. 5 (Beilage), S. 8—15.
- Kohoutek L. Schmidtspiegel-Durchmusterungen und die ersten Programme des Hamburger Schmidt-Teleskops am DSAZ auf dem Calar Alto. — Abh. Hamburger Sternwarte, 1979, Bd 10, H. 2, S. 64—78.
- Kienle H. Die Konzeption des 2m-Universal-Teleskops im Zusammenhang mit der Problemstellung der Astronomie. — Jenaer Rundschau, 1960, Bd 5, H. 5 (Beilage), S. 4—5.
- Kienle H. Ein 2-m Universalteleskop. — Jenaer Rundschau, 1960, Bd 5, H. 5 (Beilage), S. 6—7.
- King H. C. The History of the Telexope. London, 1955. 456 p.
- King-Hele D. G. Satellite geodesy with cameras and lasers. — Endeavour, 1974, vol. 33, N 118, p. 3—10.
- Klüber H., von. The New Reflecting Telescope at the Karl-Schwarzschild Observatory, Tautenburg. — The Observatory, 1961, vol. 81, N 922, p. 91—94; Cambridge Observatories Reprint, 1961, N 45.
- Köhler H. Die Entwicklung der aplanatischen Spiegelsysteme. — Astron. Nachr., 1949, Bd 278, S. 1—23.
- König A., Köhler H. Die Fernrohre und Entfernungsmesser. Berlin; Göttingen; Heidelberg, 1959. 476 S.
- Kühn W. Ein komafreies Spiegelsystem mit geebnetem, stigmatischem Bildfeld von 5° und kurzer Baulänge, das dem Schmidt Spiegel mit Ebnungslinse praktisch gleichwertig ist. — In: Jenaer Jahrbuch 1954. Jena, 1954, S. 352—362.
- Lemaitre G. New Procedure for Making Schmidt Corrector Plates. — Appl. Optics, 1972, vol. 11, N 7, p. 1630—1636.
- Linfoot E. H. An application of the Schmidt principle to microscopy. — J. Sci. Instruments, 1938, vol. 15, p. 405—406.
- Linfoot E. H. Some recent applications of optics to astronomy. — Month. Not. Roy. Astron. Soc., 1948, vol. 108, p. 81.
- Linfoot E. H. On the optics of the Schmidt camera. — Month. Not. Roy. Astron. Soc., 1949, vol. 109, p. 279—297.
- Linfoot E. H., Wayman P. A. On the aberrations of the field-flattened Schmidt camera. — Month. Not. Roy. Astron. Soc., 1949, vol. 109, p. 535—556.
- Linfoot E. H., Wolf E. On the Corrector Plates of Schmidt Cameras. — J. Optic. Soc. Amer., 1949, vol. 39, N 9, p. 752—756; Cambridge Observatories Reprint, 1949, N 2.
- Linfoot E. H. The Modern Reflecting Telescope. — In: Proceedings of the London Conference on Optical Instruments, 1950, London, 1951, p. 171—179.

- Linfoot E. H. Error Balancing in Fast Schmidt Cameras. — *Month. Not. Roy. Astron. Soc.*, 1951, vol. 111, N 1, p. 75—93.
- Linfoot E. H. Recent Advances in Optics. Oxford, 1955a. 288 p.
- Linfoot E. H. Modern Developments in Telescope Optics. — In: *Vistas in Astronomy* / Ed. A. Beer. London; New York, 1955b, vol. 1, p. 351—371; Cambridge Observatories Reprint, 1955, N 15.
- Lower H. A. Notes on the Construction of an F/1 Schmidt Camera. — In: *Amateur Telescope Making Advanced* (Book Two). USA, 1937, p. 410—416.
- Lucy F. A. Exact and approximate computation of Schmidt cameras. I The classical Arrangement. — *J. Opt. Soc. Amer.*, 1940, vol. 30, p. 251—254.
- Löchel K. Zum Gedenken an Bernhard Schmidt. — *Die Sterne*, 1959, Jg. 35, H. 9—10, S. 197—202.
- Marx S. Photographic Work with the Tautenburg Schmidt Telescope. — In: *Modern Techniques in Astronomical Photography* / Ed. by R. M. West, J. L. Heudier. Geneva, 1978, p. 247—254.
- Mayall N. U. Bernhard Schmidt and His Coma-free Reflector. — *Public. Astron. Soc. Pacific*, 1946, vol. 58, p. 282—290.
- Minkowski R. L., Abell G. O. The National Geographic Society — Palomar Observatory Sky Survey. — In: *Basic Astronomical Data* / Ed. K. A. Strand. Chicago; London, 1963, p. 481—487.
- Montgomery D. R., Adams L. A. Optics and the Mariner imaging instrument. — *Appl. Optics*, 1970, vol. 9, N 2, p. 277—287.
- Morgenroth O. Ein lichtstarkes komafreies Spiegelsystem. — *Die Sterne*, 1932, Jg. 12, N 7—8, S. 186—187.
- Morgenroth O. Über die Herstellung komafreier Spiegel. — *Die Sterne*, 1937, Bd 17, N 7, S. 163—164.
- Müller A. B. Technical development of the ESO 1-m Schmidt-telescope. — *Abh. Hamburger Sternwarte*, 1979, Bd 10, H. 2, S. 79—81.
- Mürsepp P. Erinnerungen der Zeitgenossen an Bernhard Schmidt. — *Die Sterne*, 1968, Jg. 44, H. 11—12, S. 242—248.
- Mürsepp P. Bernhard Schmidt, remarquable opticien du XX^e siècle. — *L'Astronomie*, 1968, vol. 82, juin-juillet, p. 275—284.
- Mürsepp P., Forbes E. G. Some Recollections by Contemporaries of Bernhard Schmidt. — *J. Brit. Astron. Assoc.*, 1969, vol. 80, N 1, p. 30—36.
- Mürsepp P. Bernhard Schmidt. Tallinn, 1972. 48 lk. На эст. яз.
- Mürsepp P. Die Jugendjahre von Bernhard Schmidt und sein Briefwechsel mit dem Potsdamer Observatorium. Tallinn, 1982. 117 S.
- Nassau J. J. The Burrell Telescope of the Warner and Swasey Observatory. — *Astrophys. J.*, 1945, vol. 101, N 3, p. 275—279.
- Oberheuser J. H. Optical Concept Generation for the Synchronous Earth Observatory Satellite. — *Optical Engineering*, 1975, vol. 14, N 4, p. 295—304.
- Ohlmüller F. Die Herstellung einer Schmidt-Kamera mit Korrekptionsplatte nach dem Schmidtschen Durchbiegungsverfahren. — *Die Sterne*, 1942, Bd 22, S. 97—102.
- Oja T. Current programmes of the Kvistaberg Schmidt telescope. — *Abh. Hamburger Sternwarte*, 1979, Bd 10, H. 2, S. 57—59.

- Paul H. E. Schmidt Camera Notes. — In: Amateur Telescope Making (Book Three) / Ed. by A. G. Ingalls. Kingsport, 1953, p. 323—340.
- Richter N. Das Karl-Schwarzschild-Observatorium der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. — Die Sterne, 1961, Bd 37, N 5—6, S. 89—96.
- Richter N. Acht Jahre Erfahrung mit der Schmidt-Kamera des 2-m-Universal-Spiegel-Teleskopes in Tautenburg. — Jenaer Rundschau 1968, Bd 13, N 6, S. 315—321.
- Rieker R. Fernrohre und ihre Meister. VEB Verlag Technik, 1957. 444 S.
- Ross F. E. The Optics of Reflecting Telescopes. — Publ. Astron. Soc. Pacific, 1934, vol. 46, N 274, p. 339—345.
- Ross F. E. The 48-inch Schmidt Telescope for the Astrophysical Observatory of the California Institute of Technology. — Astrophys. J., 1940, vol. 92, p. 400—407.
- Russell H. N. The Schmidt Camera — Introductory. — In: Amateur Telescope Making Advanced (Book Two) / Ed. A. G. Ingalls. USA, 1937, p. 393—400.
- Schlosser W. Superweitwinkelkameras als moderne Anwendung des Schmidt-Prinzips. — Abh. Hamburger Sternwarte, 1979, Bd 10, H. 2, S. 94—95.
- Schmadel L. D. Schmidtsysteme ohne Korrekptionsplatte. — Sterne und Weltraum, 1977, Bd 16, N 6, S. 214—215.
- Schorr R. Hamburg-Bergedorf Jahresbericht 1933. — Vierteljahresschrift Astron. Gesellschaft, 1934, Jg. 69, S. 219—231.
- Schorr R. Hamburg-Bergedorf Jahresbericht 1932. — Vierteljahresschriften Astron. Gesellschaft, 1933, Jg. 68, S. 185—203; Jahresbericht Hamburger Sternwarte, 1932.
- Schorr R. Bernhard Schmidt. — In: Jahresbericht der Hamburger Sternwarte in Bergedorf. Hamburg, 1935, S. 15—18.
- Schorr R. Bernhard Schmidt. — Astron. Nachr., 1936, Bd 258, N 6171, S. 46—47.
- Schorr R. Hamburg-Bergedorf Jahresbericht 1934. — Vierteljahresschrift der Astronomischen Gesellschaft, 1935, Jg. 70, S. 155—216; Jahresbericht Hamburger Sternwarte, 1934.
- Schorr R. Das B. Schmidtsche Verfahren bei der Herstellung der Korrekptionsplatten für komafreie Spiegel. — Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1936, Bd 56, S. 336—338; Mitteilungen Hamburger Sternwarte Bergedorf, 1936, Bd 7, N 42, S. 175—177.
- Schorr R. Hamburg-Bergedorf Jahresbericht 1935. — Vierteljahresschrift der Astronomischen Gesellschaft, 1936, Jg. 71, S. 114—127; Jahresbericht Hamburger Sternwarte, 1935.
- Seggewiss W. Current Programs with the Schmidt Telescope of Hoher List Observatory. — Abh. Hamburger Sternwarte, 1979, Bd 10, H. 2, S. 54—56.
- Slevogt H. Bemerkungen zu Entwurf und Herstellung der Korrekptionsplatten für komafreie Spiegelsysteme nach B. Schmidt. — Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1938, Bd 58, S. 493—495.
- Slevogt H. Über eine Gruppe von aplanatischen Spiegelsystemen. — Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1942, Bd 62, S. 312—327.
- Slevogt H. Schmidtspiegel mit konzentrischem Meniskus. — Optik, 1948, Bd. 3, S. 320.

- Smiley C. H. The Schmidt Camera. — Popular Astronomy, 1936, vol. 44, p. 415—421.
- Smiley C. H. A Note on the Schmidt Camera. — J. Brit. Astron. Assoc., 1938, vol. 49, p. 34—36.
- Smiley C. H. Flare in Schmidt Cameras. — J. Opt. Soc. Amer., 1938, vol. 28, N 4, p. 130.
- Smiley C. H. The Schmidt Camera (II). — Popular Astronomy, 1940, vol. 48, p. 175—181.
- Sonnefeld A. Zur Entwicklung der Spiegelsysteme für die Astronomie. — Die Himmelswelt, 1939, Bd 49, N 3/4, S. 46—52.
- Sonnefeld A. Zur chromatischen Korrektur des Spiegelsystems nach Bernhard Schmidt. — In: Jenaer Jahrbuch 1953. Jena, 1953, S. 210—214.
- Sonnefeld A. Die Schmidtsche Korrektionsplatte in elementarer geometrisch-optischer Betrachtung. — Die Sterne, 1957, Jg. 33, H. 9—10, S. 169—174.
- Spacelab Wide Angle Telescope — Working Group Report. Goddard Space Flight Center. Greenbelt, 1979. 80 p.
- Strewinski W. The large Schmidt Reflector at the Hamburg Observatory at Bergedorf. — VDF News (Vereinigte Drehbank-Fabriken), 1958, N 15, p. 1—10.
- Struve O. A New Slit Spectrograph for Diffuse Galactic Nebulae. — Astrophys. J., 1937, vol. 86, p. 613—619.
- Strömgren B. Das Schmidtsche Spiegelteleskop. — Vierteljahrschriften der Astronomischen Gesellschaft, 1935, Bd 70, N 1. S. 65—86.
- Takase B., Ishida K., Shimizu M. et al. The 105 cm Schmidt Telescope at the Kiso Station of the Tokyo Astronomical Observatory. — Ann. Tokyo Astron. Obs., 2nd ser., 1977, vol. 16, p. 74—109.
- Takase B. Photographic Work with the Tokyo Observatory 105 cm Schmidt Telescope. — In: Modern Techniques in Astronomical Photography / Ed. R. M. West, J. L. Heudier. Geneva, 1978, p. 241—245.
- Väisälä Y. Anastigmatisches Spiegelteleskop der Sternwarte der Universität Turku. — Astronomische Nachrichten, 1935, Bd 254, N 6093, S. 361—364.
- Väisälä Y. Über Spiegelteleskope mit grossem Gesichtsfeld. — Astronomische Nachrichten, 1936, Bd 259, N 6204, S. 197—204.
- Vegt Chr. de. Astrometry with Schmidt-telescope. — Abh. Hamburger Sternwarte, 1979, Bd 10, H. 2, S. 87—93.
- Wachmann A. From the Life of Bernhard Schmidt. — Sky and Telescope, 1955, vol. 15, N 1, p. 18—23; Mitteilungen Hamburger Sternwarte in Bergedorf, Bd 10, N 98, S. 17—25.
- Wachmann A. Das Leben des Optikers Bernhard Schmidt. — Sterne und Weltraum, 1962, N 1, S. 28—32.
- Waland R. L. Note on Figuring Schmidt Correcting Plates. — J. Sci. Instruments, 1938, vol. 15, p. 339—340.
- Waland R. L. Flat-Fielded Maksutov-Cassegrain Optical Systems. — J. Opt. Soc. Amer., 1961, vol. 51, N 3, p. 359—366.
- West R. M. The Southern Sky Surveys — A Review of the ESO Sky Survey Project. — ESO Bull., 1976, N 10, p. 25—40.

- Wormser E. M. On the Design of Wide Angle Schmidt Optical Systems.—J. Opt. Soc. Amer., 1950, vol. 40, N 7, p. 412—415.
- Wright F. B. An Aplanatic Reflector with a Flat Field Related to the Schmidt Telescope.—Publ. Astron. Soc. Pacific, 1935, vol. 47, N 280, p. 300—304.
- Wright F. B. Theory and Design of Aplanatic Reflectors Employing a Correcting Lens.—In: Amateur Telescope Making Advanced (Book Two) / Ed. A. G. Ingalls, USA, 1937, p. 401—409.
- Wynne C. G. Field Correctors for Astronomical Telescopes.—In: Progress in Optics, Amsterdam—London, 1972, vol. 10, p. 137—164.

Именной указатель

- Аккерберг Я. (J. Akkerberg) 50
Аристе П. (P. Ariste) 50, 51
- Бааде В. (W. Baade) 47, 48, 72, 85, 115
Бауэрс А. (A. Bouwers) 100
Бейкер Дж. Дж. (J. G. Baker) 67, 91, 93, 96, 100
Боуэн И. С. (I. S. Bowen) 89
Бретшнейдер Г. (H. Brettschneider) 21
Бёрч Ч. Р. (Ch. R. Birch) 85, 91
- Вахманн А. А. (A. A. Wachmann) 5, 12, 14—16, 37, 38, 40, 42, 45, 46
Винн К. Г. (K. G. Wynne) 67—69
Воог Ю. (J. Voog) 119
Вяйсяля Ю. (Y. Väisälä) 80, 81, 90
- Галилей Г. (G. Galilei) 51, 52
Гаскойн С. (S. Gascoigne) 67, 69
Гендрикс Д. О. (D. O. Hendrix) 73, 77, 97
Гершел У. (W. Herschel) 52
- Зейдель Л. (L. Zeidel) 56—58
Зоннефельд А. (A. Sonnefeld) 90, 93
- Иопперт И. (J. Joppert) 37
- Каратеодори К. (C. Carathéodory) 85
Кёлер Г. (G. Köhler) 69
Кларк А. (A. Clark) 53
Кретъен Г. (G. Chretienne) 98
Крюгер Ф. (F. Krüger) 19
Кюн В. (W. Kühn) 93, 94
- Леметр Г. (G. Lemaitre) 77
Лёхель К. (K. Löchel) 5, 35, 36, 41
Либих Ю. (J. Liebig) 53
Линфут Е. Х. (E. H. Linfoot) 85, 89, 92, 95, 97
Липперсгей Г. (H. Lippershey) 51
Люси Ф. А. (F. A. Lucy) 89
- Максутов Д. Д. 67, 82, 99, 100
Мейелл Н. У. (N. U. Mayall) 85
Мейнел А. Б. (A. B. Meinel) 67, 68
Михельсон Н. Н. 56, 85
- Ньютон И. (I. Newton) 52
- Оствальд В. (W. Ostwald) 22
Отерма Л. (L. Oterma) 85
- Парсонс У. (W. Parsons) 52
Паулс Р. (R. Pauls) 5
Пауль М. (M. Paul) 67
Педасте К. (K. Pedaste) 50
Пейдж Г. (G. Page) 81
Петцваль И. (J. Petzval) 61, 62, 89
Пиаци-Смит Ч. (Ch. Piazzysmith) 89
Портер Р. У. (R. W. Porter) 81
- Райт Ф. Б. (F. B. Right) 90
Ричи Г. В. (G. V. Ritchey) 98
Росс Ф. (F. E. Ross) 65, 66
Росин С. (S. Rosin) 68
Розен-Шмидт М.-Х.-К. (M.-H.-K. Rosen-Schmidt) 10, 11
- Сампсон Р. А. (R. A. Sampson) 66, 69

Сийтам Д. (D. Siitam) 11
Слефогт Х. (H. Slevogt) 77, 90,
92, 100
Струве О. (O. Struve) 82
Стрёмгрен Б. (B. Strömgren) 85

Тамме-Грюнфельд Э. (E. Tamme-Grünfeldt) 22, 49, 117

Уейман П. А. (P. A. Wayman) 89
Уормсер Э. М. (E. M. Wormser) 89

Фаут Ф. (Fauth) 24, 37
Фогель Г. К. (G. K. Vogel) 23—32

Фраунгофер И. (J. Fraunhofer) 53, 61

Фуко Л. (L. Foucault) 53

Хауг У. (U. Haug) 5
Ходжес П. (P. Hodges) 115

Ченакал В. Л. 5
Ченакал Л. Г. 5
Чуриловский В. Н. 89, 111

Шварцшильд К. (K. Schwarzschild) 32—34, 43

Шёнберг Э. Г. (E. G. Schönberg) 40

Шмадел Л. Д. (L. D. Schmadel) 94

Шмидт А. (A. Schmidt) 12—14

Шмидт К.-К. (K.-K. Schmidt) 10, 11

Шмидт М. (M. Schmidt) 10, 12

Шмидт Э. (E. Schmidt) 5, 8, 10, 14, 116

Шмидт Ян (Jaan Schmidt) 10

Шмидт Якоб (Jakob Schmidt) 10

Шорр Р. (R. Schorr) 38, 39, 42, 46, 47, 85, 115

Штейнбах М. (M. Steinbach) 108

Штейнхейль Р. (R. Steinheil) 33, 34

Штейнхейль К. (K. Steinheil) 53

Эверхарт Э. (E. Everhardt) 77

Оглавление

Предисловие	5
Введение	6
На Родине	8
Шмидты — коренные жители острова Найссаар	8
Детство Бернхарда	12
Митвейда	16
Начало самостоятельной жизни	16
Переписка с Потсдамской обсерваторией	22
Мастерская Шмидта	35
Горизонтальный телескоп	37
Инфляция в Германии	39
Богатство идей Шмидта	40
Гамбург-Бергедорф	42
Работа с профессором Шорром	42
Экспедиции Бернхарда Шмидта	47
Тартусцы вспоминают	49
Телескопы до Шмидта	51
Из истории телескопа	51
Классические рефлекторы	53
Краткий обзор аберраций	55
Что требовалось?	61
Коррекционные системы для рефлекторов	66
Изобретение Шмидта	70
Оптическая система Шмидта	70
Распространение камер Шмидта	78
Теоретические исследования	85
Модификации системы Шмидта	89
Аналоги системы Шмидта	97
Применения и результаты	101
Камеры Шмидта и обзоры неба	101
Камеры для фотографирования спутников	107
Проект космической камеры	110

Память остается	115
Гений своего дела	115
Родина не забывает	118
Основные даты жизни и деятельности Б. Шмидта	120
Научные труды Бернхарда Шмидта	121
Литература	122
Именной указатель	130

П. В. М ю р с е п п, У. К. В е й с м а н н

Бернхард Шмидт
(1879—1935)

Утверждено к печати
Редколлегией серии
«Научно-биографическая литература»

Редактор издательства *Г. Л. Кирикова*
Художник *И. П. Кремлев*
Технический редактор *М. Э. Карлайтис*
Корректор *Т. Г. Эдельман*

ИБ № 20585

Сдано в набор 1.11.83. Подписано к печати 3.05.84. М-10971. Формат 84×108¹/₃₂.
Бумага книжно-журнальная. Гарнитура обыкновенная. Печать высокая. Усл.
печ. л. 7.14. Усл. кр.-отт. 7.23. Уч.-изд. л. 7.22. Тираж 6000. Тип. зак. 916.
Цена 20 к.

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

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

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»

МОЖНО ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ЗАКАЗАТЬ
В МАГАЗИНАХ КОНТОРЫ «АКАДЕМКНИГА»

*Для получения книг почтой
заказы просим направлять по адресу:*

117192 Москва, В-192, Мичуринский пр., 12
Магазин «Книга — почтой»
Центральной конторы «Академкнига»;

197345 Ленинград, П-345, Петрозаводская ул., 7
Магазин «Книга — почтой»
Северо-Западной конторы «Академкнига»

- 480091 Алма-Ата, ул. Фурманова, 91/97 («Книга — почтой»);
370005 Баку, ул. Джапаридзе, 13;
320093 Днепропетровск, пр. Гагарина, 24 («Книга — почтой»);
734001 Душанбе, пр. Ленина, 95 («Книга — почтой»);
375002 Ереван, ул. Туманяна, 31;
664033 Иркутск, ул. Лермонтова, 289;
252030 Киев, ул. Ленина, 42;
252030 Киев, ул. Пирогова, 2;
252142 Киев, пр. Вернадского, 79;
252030 Киев, ул. Пирогова, 4 («Книга — почтой»);
277012 Кишинев, пр. Ленина, 148 («Книга — почтой»);
343900 Краматорск Донецкой обл., ул. Марата, 1;
660049 Красноярск, пр. Мира, 84;
443002 Куйбышев, пр. Ленина, 2 («Книга — почтой»);
191104 Ленинград, Литейный пр., 57;
199164 Ленинград, Таможенный пер., 2;
199004 Ленинград, 9 линия, 16;
220012 Минск, Ленинский пр., 72 («Книга — почтой»);
103009 Москва, ул. Горького, 8;

117312 Москва, ул. Вавилова, 55/7;
630076 Новосибирск, Красный пр., 51;
630090 Новосибирск, Академгородок, Морской пр., 22
(«Книга — почтой»);
142292 Пушкино Московской обл., МР «В», 1;
620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137 («Книга — почтой»);
700029 Ташкент, ул. Ленина, 73;
700100 Ташкент, ул. Шота Руставели, 43;
700187 Ташкент, ул. Дружбы народов, 6 («Книга — почтой»);
634050 Томск, наб. реки Ушайки, 18;
450059 Уфа, ул. Р. Зорге, 10 («Книга — почтой»);
450025 Уфа, Коммунистическая ул., 49;
720001 Фрунзе, бульв. Дзержинского, 42 («Книга — почтой»);
310078 Харьков, ул. Чернышевского, 87 («Книга — почтой»).



П. В. Мюрсепп
У. К. Вейсманн

**Бернхард
ШМИДТ**

20 к.



«НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ
ОТДЕЛЕНИЕ