



ПОД ПОКРОВИТЕЛЬСТВОМ МАРСА

На протяжении тысячелетий многие научные достижения человечества первым делом применялись в военных областях. Но в последние сто лет наблюдается и обратная тенденция: технологии, разработанные для сугубо военных задач, расширяют наши знания об окружающем мире и значительно продвигают вперед фундаментальную науку.

Текст: Алексей Левин

История связей между военными ведомствами и фундаментальной наукой началась в годы Первой мировой войны и набрала силу во время Второй мировой. Ядерная физика, гидродинамика и радиохимия серьезно продвинулись благодаря созданию атомного оружия, прогрессу радиофизики способствовала разработка радиолокаторов, а потребности обороны в вычислительных алгоритмах, компьютерах и твердотельной электронике привели к быстрому развитию информационных технологий.

Но есть вещи и менее известные. Военный пирог оказался весьма питательным и для наук о Вселенной. Расширение наблюдательной базы астрономии за счет использования всех диапазонов электромагнитного спектра, повышение разрешающей способности гигантских оптических телескопов с помощью лазерной техники, создание систем связи с космическими аппаратами – все эти достижения использовали военные технологии или хотя бы частично – военное финансирование.

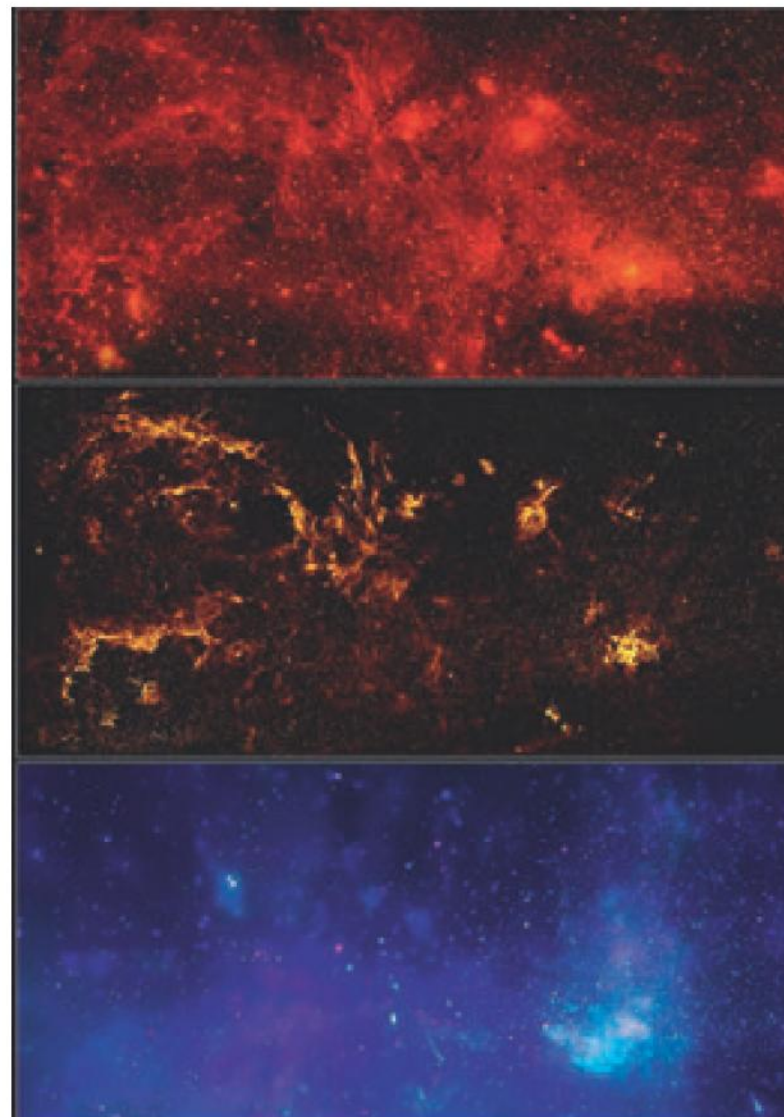
В ИНФРАКРАСНЫХ ЛУЧАХ

Выход астрономии за рамки оптических наблюдений начался с освоения инфракрасного диапазона. Первым был англичанин Чарльз Пиаци Смит, который в 1856 году с помощью термопары зарегистрировал тепловое излучение Луны. В 1878 году американский астроном и физик Сэмюэл Пирпонт Лэнгли изобрел другой детектор, регистрирующий изменения электрического сопротивления платиновой пластинки под действием теплового потока. Прибор Лэнгли, который он назвал болометром, различал перепады температур порядка сотысячной доли градуса. С его помощью астрономы измерили тепловое излучение Солнца, Юпитера и Сатурна, а затем и самых ярких звезд – Веги и Арктура. Впрочем, сенсоры на термопарах тоже не остались без дела. В 1915 году сотрудник американского Национального бюро стандартов Уильям Кобленц настолько повысил их чувствительность, что смог детектировать ИК-излучение более сотни светил нашей Галактики. В 1920-е годы американские астрономы,

прежде всего Сет Николсон и Эдисон Петтит, приступили к первому систематическому инфракрасному мониторингу ночного неба.

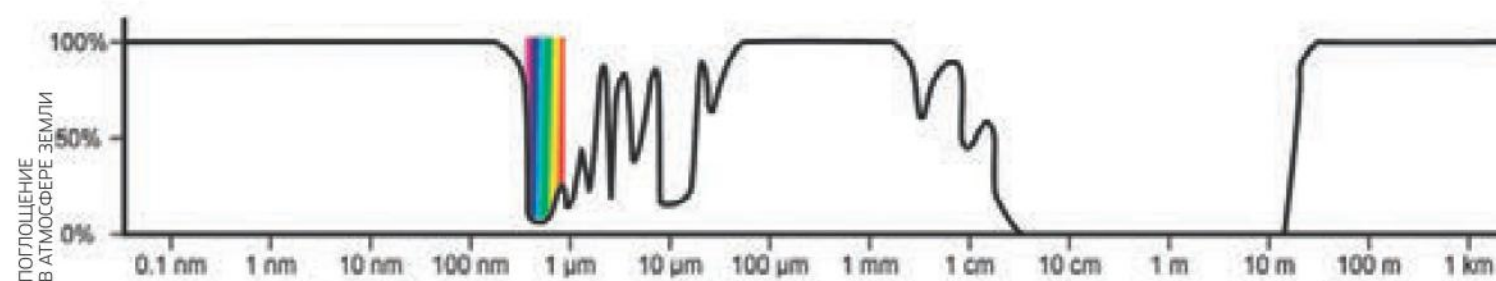
Однако прогресс ИК-астрономии в течение всей первой половины XX века сдерживался весьма ограниченными возможностями приборов. Металлические болометры и термопары просто недостаточно чувствительны для регистрации сверхслабого тепла далеких звезд и туманностей. К тому же они не обладают спектральной селективностью (это означает, что их показания зависят от дозы поглощенной тепловой энергии излучения, но не от его частотного состава). Этим бедам могли помочь полупроводниковые приборы, но их тогда не существовало.

И вот здесь астрономия получила помощь от военных. В 1932 году аспирант физического факультета Берлинского университета Эдгар Вальтер Кучнер стал изучать изменение электрического сопротивления кристаллов сульфида свинца (PbS) под воздействием теплового излучения (это свойство называется фотопроводимостью). Уже через год он получил финансирование от военного министерства, которое заинтересовалось возможностью применения этого эффекта в приборах ночного видения. В 1937 году Кучнер возглавил разработку инфракрасных систем для германских ВВС, которыми занималась фирма Electroacoustic в Киле. В 1947 году Кучнер эмигрировал в США, где сначала работал в лабораториях ВМФ,



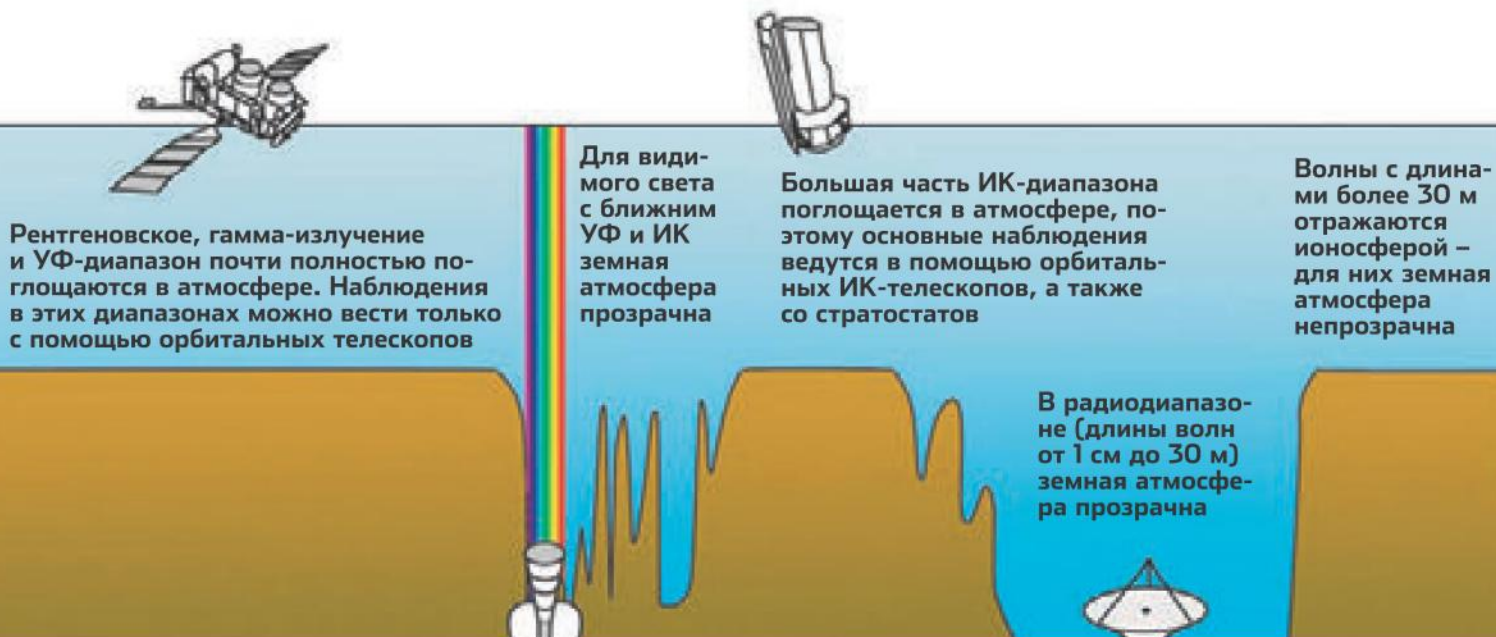
КОСМИЧЕСКИЕ ОБСЕРВАТОРИИ, создание которых стало возможным благодаря успехам ракетной техники и различных военных систем, существенно расширили возможности астрономии. На картинке – центр Млечного пути, как его видят космические телескопы разных диапазонов. Инфракрасный Spitzer (показано красным) видит облака космической пыли, Hubble в ближнем ИК (желтым) – области активного звездообразования, а рентгеновский телескоп Chandra (синим) – газ, разогретый до очень высоких температур при взрывах звезд или падении (аккреции) на сверхмассивные черные дыры.

СЕГОДНЯ ТЕХНОЛОГИИ, РАЗРАБОТАННЫЕ ДЛЯ ВОЕННЫХ ЗАДАЧ, ЗНАЧИТЕЛЬНО ПРОДВИГАЮТ ВПЕРЕД ФУНДАМЕНТАЛЬНУЮ НАУКУ. ЯРКИЙ ПРИМЕР ЭТОГО ПРОЦЕССА – СОВРЕМЕННАЯ АСТРОНОМИЯ.



НА ПОВЕРХНОСТИ И НАД НЕЙ

Земная атмосфера имеет несколько довольно узких «окон прозрачности», так что с поверхности Земли можно увидеть совсем немного (по астрономическим меркам). Усилия военных не только сделали возможным выведение научной аппаратуры в космос, но и серьезно повлияли на становление радиоастрономии (которая работает как раз в одном из «окон прозрачности»).



а потом в аэрокосмической корпорации Lockheed. Инфракрасными системами наведения для самолетов и ракет на базе сульфида свинца и сульфида таллия занимались и другие немецкие фирмы, в частности AEG и Carl Zeiss. После войны информация об этих разработках попала в Америку.

Аналогичные программы в 1940-е годы осуществлялись также в США и Британии. Подобно немецким проектам, все они были сильно засекречены. После войны в США были созданы новые полупроводниковые детекторы инфракрасного излучения с использованием селенида и теллурида свинца и антимонида индия; в британских лабораториях были разработаны детекторы на базе соединения ртути, теллура и кадмия. Уже в середине 1950-х такие детекторы появились в системах наведения американских ракет класса «воздух–воздух» Sidewinder, которые разрабатывались с 1946 года.

Осенью 1945 года о полупроводниковых детекторах ИК-диапазона узнал перебравшийся в США голландский астроном Джерард Койпер (тот самый, в честь которого назван «пояс» далеких спутников Солнца, обращающихся за орбитой Плутона). Эту информацию он извлек из бесед с немецкими учеными, которых допрашивали американские военные. Койпер связался с физиком из Северо-Западного университета Робертом Кэшманом, который с 1941 года разрабатывал такие детекторы в США, и они договорились о совместном запуске программы наблюдений звезд и планет в ИК-диапазоне в тexasской обсерватории Макдональд. Эта программа и стала первой ласточкой в области ИК-астрономии на базе полупроводниковых детекторов. В Англии подобные наблюдения вскоре начал Питер Фелгетт, который в военные годы тоже участвовал в создании детекторов на основе сульфида свинца.

Полтора десятка лет астрономы в основном использовали детекторы ИК-излучения, разработанные в рамках оборонных программ. Однако в 1961 году профессор астрономии Аризонского университета Фрэнк Лоу изобрел высокочувствительный полупроводниковый болометр, который уже был специально предназначен для телескопических наблюдений. С его помощью Лоу и его коллеги сделали много замечательных открытий – в частности, установили, что галактические ядра очень сильно излучают в дальнем ИК-диапазоне. Но несмотря на наличие гражданских детекторов, их исследования частично финансировались Пентагоном, поскольку командование американских ВВС было заинтересовано в инфракрасном картировании небосвода (как считалось, оно могло помочь в идентификации советских баллистических ракет).

ЗА ПРЕДЕЛАМИ АТМОСФЕРЫ

Простейшие радиотелескопы появились еще в 1930-х в чисто научных целях. Однако бурное развитие ра-

диоастрономии началось только в послевоенные годы, причем этому очень помогли наработки в области радиолокационных систем ПВО. Но если радиоастрономия и ИК-астрономия возникли еще до начала освоения космоса, то рентгеновская астрономия – детище ракетно-космического века. Она просто не могла появиться раньше в силу законов физики. Атмосфера надежно защищает поверхность нашей планеты от коротковолнового электромагнитного излучения, поэтому регистрация рентгеновских квантов внеземного происхождения возможна лишь на больших высотах. Рентген самых высоких энергий можно обнаружить с помощью приборов, размещенных на борту стратостатов, но целиком рентгеновский диапазон открывается только при выведении аппаратуры непосредственно в космическое пространство.

Первые эксперименты такого рода были осуществлены в конце 1940-х годов в США, причем уже непосредственно под эгидой Пентагона. Сотрудник Вашингтонской Военно-морской исследовательской лаборатории Герберт Фридман тогда сконструировал модифицированный счетчик Гейгера, детектирующий кванты высоких энергий и потому способный засечь атмосферный ядерный взрыв. С помощью этих приборов американские ученые получили информацию об испытаниях первой советской атомной бомбы 29 августа 1949 года. С сентября Фридман и его коллеги начали отправлять новые счетчики в космос в носовых конусах трофейных немецких ракет «Фау-2», которые стартовали с военного полигона Уайт-Сэндз в штате Нью-Мексико. Первый же запуск принес важнейшую информацию: Солнце испускает рентгеновские лучи.

Фридман уже тогда пытался обнаружить и рентгеновское излучение звезд, но чувствительности детекторов явно не хватало. Лишь в 1964 году его группа обнаружила рентгеновское излучение Крабовидной туманности, которая возникла на месте вспыхнувшей в 1054 году сверхновой, оставившей после себя нейтронную звезду. Однако это не было первой регистрацией рентгеновского источника за пределами Солнечной системы. Впервые этот прорыв в июне 1962 года совершили Риккардо Джаккони, Герберт Гурски, Фрэнк Паолини и Бруно Росси, причем и они немало средств получили от щедрот американских ВВС.

ВОЙНА НА ДАЛЕКИХ ЗВЕЗДАХ

Гамма-астрономия тоже нуждается в аппаратуре высотного или, еще лучше, космического размещения. Первый гамма-телескоп был отправлен в космос уже в 1961 году – на борту американского спутника Explorer-11. Но самое сенсационное открытие в этой области сделано позднее, причем с прямым участием спутников космической разведки.

В 1958 году командование американских ВВС хотело устроить ядерный взрыв на Луне (об этом стало

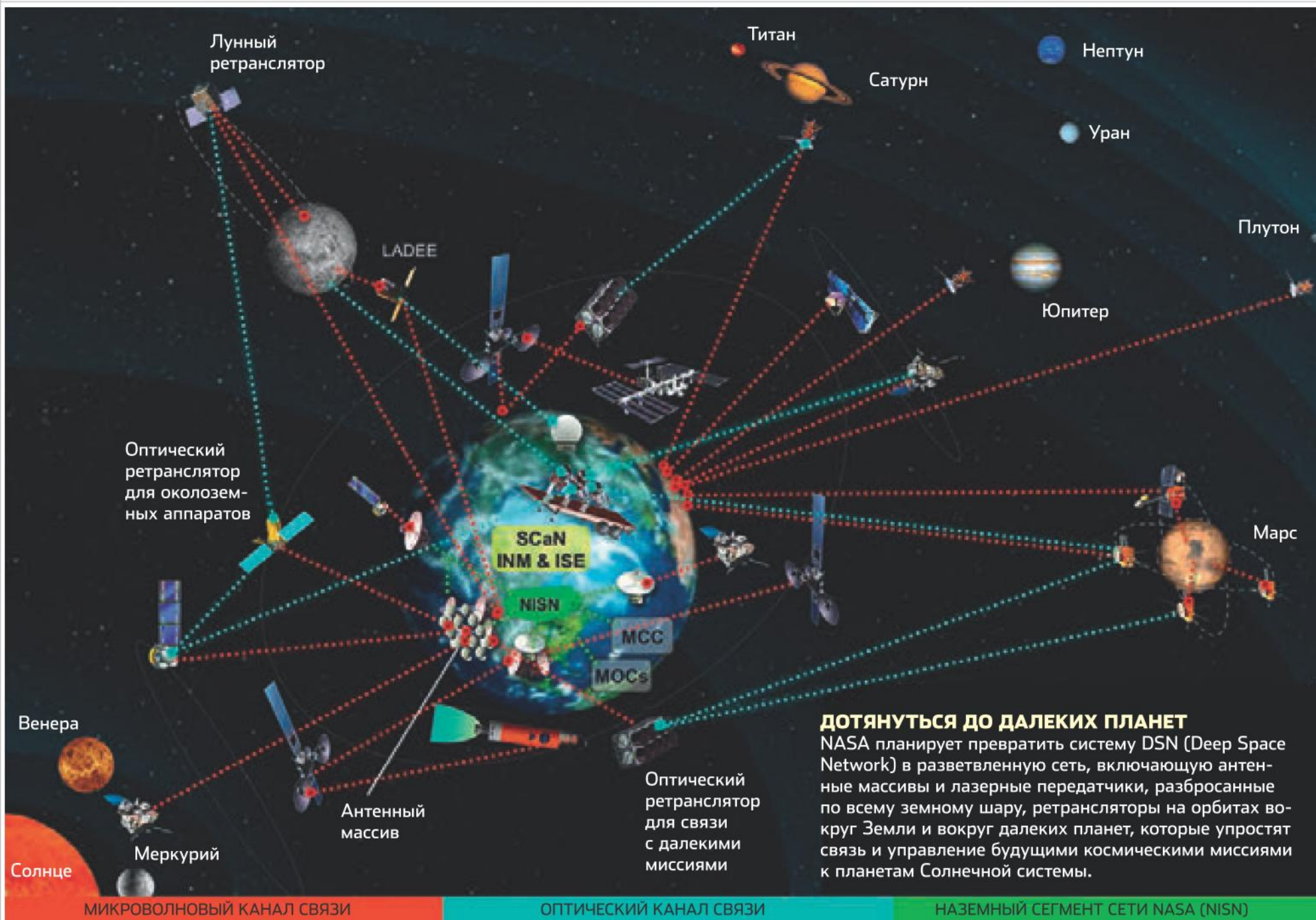
известно лишь спустя 40 лет). Дальше планов дело не пошло, однако в Вашингтоне задумались, как обнаружить советские ядерные испытания на обратной стороне Луны, если они состоятся. Физик из Лос-Аламоса Стерлинг Колгейт рекомендовал воспользоваться спутниками с бортовыми детекторами гамма-излучения, которое обязательно сопутствует ядерному взрыву. Этот проект назвали Vela (от испанского глагола *velar* – дежурить, отслеживать).

Аппараты семейства Vela уходили на орбиту парами (первая – в 1963 году) и имели на борту приборы для детектирования нейтронов, рентгена и гамма-излучения. Поначалу эти устройства не отличались особой чувствительностью, но запущенные в апреле 1967 года 350-килограммовые Vela-4 были оснащены вполне приличными гамма-сенсорами с временным разрешением порядка одной восьмой секунды. Сигналы со спутников выдавались в виде компьютерных распечаток, но анализировали их вручную, автоматической обработки подобных данных тогда не было. Этим занималась небольшая группа из Лос-Аламоса, которая

в реальном времени работать просто не успевала. В результате на данные за середину лета 1967 года впервые взглянули лишь в марте 1969-го. Именно тогда Рей Клибсадел и Рой Олсон обнаружили на распечатках от 2 июля два импульса космического гамма-излучения. Первый был очень коротким, второй же растянулся на две с лишним секунды.

Ученые были озадачены. Было ясно, что к ядерному взрыву эти импульсы никакого отношения не имели. В соответствии с архивными сведениями, 2 июля 1967 года не наблюдалось ни вспышки сверхновой, ни солнечной активности, которая тоже может дать о себе знать потоком гамма-квантов. Поскольку иных объяснений не находилось, первооткрыватели загадочного явления решили подождать и подкопить информацию. Уже были готовы к запуску спутники Vela-5, а через год за ними последовала и шестая пара. На них было установлено лучшее оборудование, чем на Vela-4, и Клибсадел с коллегами надеялись, что с его помощью ситуация станет яснее. И действительно, к лету 1973 года приборы зарегистрировали 16 гам-

ПОСЛЕ ДОЛГИХ ИССЛЕДОВАНИЙ УЧЕНЫЕ ВЫЯСНИЛИ, ЧТО ГАММА-ВСПЫШКИ ВОЗНИКАЮТ ПРИ ГРАВИТАЦИОННОМ КОЛЛАПСЕ ОЧЕНЬ МАССИВНЫХ ЗВЕЗД И ПРИ СТОЛКНОВЕНИИ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД.



ДОТЯНУТЬСЯ ДО ДАЛЕКИХ ПЛАНЕТ
 NASA планирует превратить систему DSN (Deep Space Network) в разветвленную сеть, включающую антенные массивы и лазерные передатчики, разбросанные по всему земному шару, ретрансляторы на орбитах вокруг Земли и вокруг далеких планет, которые упростят связь и управление будущими космическими миссиями к планетам Солнечной системы.

NASA

ма-вспышек, источники которых, судя по всему, распределялись по небесной сфере случайным образом. Было очевидно, что эти источники чрезвычайно далеки от Земли и что в момент возникновения импульсы обладали огромной энергией.

Теперь уже не приходилось сомневаться в серьезности сделанного открытия. Клибсадел, Олсон и работавший с ними Йен Стронг впервые сообщили о нем в заметке, опубликованной 1 июня 1973 года на страницах *Astrophysical Journal Letters*. А еще через несколько дней Клибсадел выступил с докладом на сессии Американского астрономического общества. Среди слушателей затесался репортер, пожелавший узнать, можно ли объяснить вспышки ядерными битвами внеземных цивилизаций. Клибсадел высказался в том смысле, что земные ядерные взрывы имеют совсем иные гамма-подписи, но априори отрицать возможность галактических сражений он не берется. Алчущему сенсаций журналисту хватило этого невинного замечания для статьи о звездных войнах, которая появилась в популярном таблоиде *National Enquirer*. Поэтому и получилось, что и астрономы, и широкая публика узнали об открытии практически одновременно.

Природа гамма-вспышек долго оставалась загадкой. Лишь после многолетних исследований астрофизики пришли к выводу, что они возникают при гравитационном коллапсе очень массивных звезд и при столкновениях нейтронных звезд. А ведь все началось с экзотического проекта военной разведки!

ГИБКИЕ ЗЕРКАЛА

О том, что «дрожь атмосферы» ограничивает разрешающую способность любого астрономического оптического прибора, в 1703 году догадался великий Ньютон. Он же предложил для борьбы с этими помехами устраивать обсерватории на вершинах высоких гор. Вплоть до создания космических телескопов это было единственным способом частичной нейтрализации атмосферных турбулентностей.

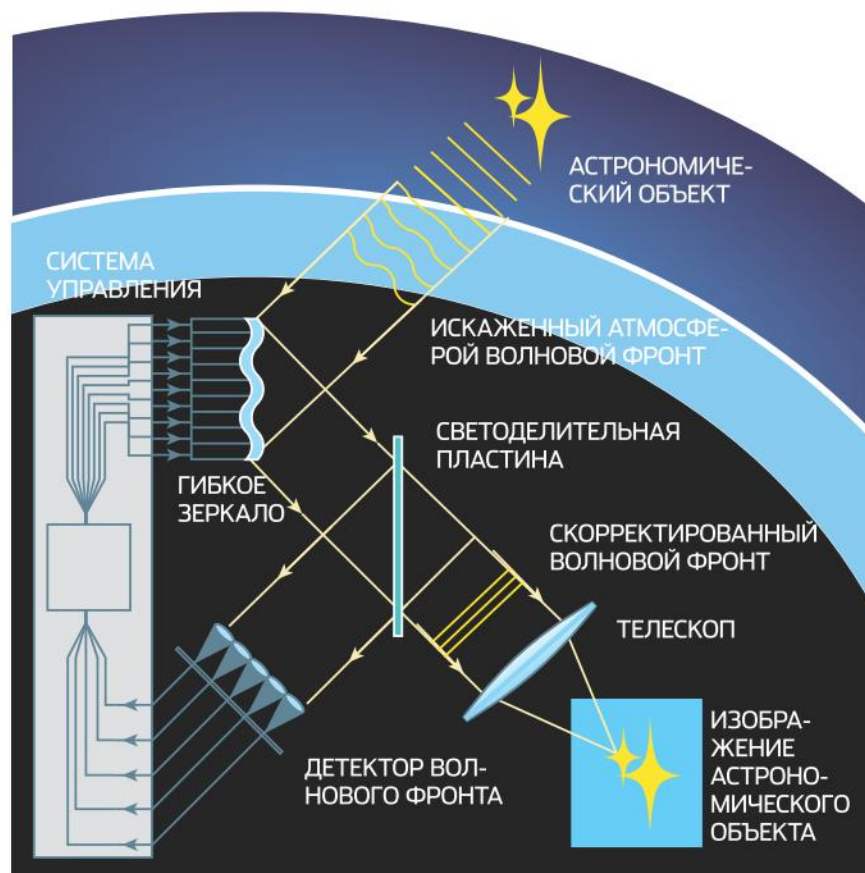
Первую идею коррекции атмосферных возмущений с помощью вариабельной оптической системы телескопа в 1953 году выдвинул американский астроном Хорейс Бэбкок. Он предложил покрыть фокусирующее зеркало телескопа тонкой масляной пленкой и варьировать форму ее поверхности с помощью электрических полей. Конечно, Бэбкок не предлагал использовать еще не изобретенные лазеры и не думал о возможности создания деформируемых зеркал – до этого наука еще не дошла. В любом случае, тогда его идея была практически неосуществима. Более реалистичную схему использования составного зеркала со смещаемыми элементами в 1957 году предложил академик Владимир Линник.

Но все сдвинулось с места, когда примерно полвека назад в Пентагоне стали думать об использовании

телескопов для получения качественных фотографий советских спутников. Этому мешали атмосферные турбулентности, приводящие к расплыванию изображений (а также к мерцанию звезд). Те же самые процессы препятствовали и разработке лучевого оружия для уничтожения боеголовок советских баллистических ракет, что входило в объявленную Рональдом Рейганом программу «звездных войн». Поэтому из американских оборонных бюджетов отпускались немалые деньги для изучения возможностей «прощупывания» неоднородностей атмосферы с помощью лазеров. Такие работы с середины 1960-х годов стали проводиться в крупном исследовательском и конструкторском комплексе американских военно-воздушных сил RADC (Rome Air Development Center) в штате Нью-Йорк. Позднее к ним подключились другие подразделения минобороны США и частные фирмы. Этой программе в Пентагоне был присвоен высокий уровень при-

АДАПТИВНАЯ ОПТИКА

Адаптивная оптика «с искусственной звездой» основана на отслеживании наведенного излучения атомов натрия, рассеянных в атмосфере на высотах порядка 90–100 км. Состыкованный с телескопом лазер возбуждает эти атомы излучением на резонансной длине волны 589 нм. Возвращаясь в нормальное состояние, атомы натрия излучают фотоны. Когда желтый свет этой «искусственной звезды» возвращается в телескоп, он проходит через атмосферные возмущения, следы которых остаются в его волновом фронте. Световой поток регистрируют датчики, которые посылают сигналы компьютерной системе, управляющей зеркалом с изменяемой геометрией. По командам компьютера рельеф поверхности зеркала «подстраивается» к возмущениям волнового фронта, улучшая разрешающую способность телескопа. В другом варианте свет зеленого лазера рассеивается на молекулах воздуха на 15–20-километровой высоте и тоже возвращается в телескоп.



оритетности. В 1982 году военные испытали первую эффективную систему нейтрализации атмосферных турбулентностей CIS (Compensated Imaging System). Созданная для этого аппаратура была установлена на 160-сантиметровом телескопе, расположенном на вершине горы Халеакала на гавайском острове Мауи. Справедливости ради стоит отметить, что американские разработчики широко применяли методы анализа турбулентностей воздушного бассейна, развитые ведущим лабораторией Института физики атмосферы АН ССР Валерианом Ильичом Татарским.

Результаты, полученные в ходе выполнения этой программы, долгое время не подлежали разглашению, однако в 1991 году их частично рассекретили. Они были использованы для разработки так называемой адаптивной оптики «с искусственной звездой», очень эффективного метода компьютерной коррекции формы вспомогательного зеркала телескопа. Благодаря адаптивной оптике с лазерным отслеживанием атмосферных возмущений в последние годы удалось настолько увеличить разрешающую способность на-

ния (JPL) была разработана технология телеметрического слежения Microlock, которая применялась при испытаниях баллистических ракет. В то время JPL была военным исследовательским центром, и лишь в декабре 1958 года ее передали под контроль только что созданного гражданского агентства NASA. Разработанная там аппаратура была задействована на станциях слежения в Нигерии, Сингапуре и Калифорнии, которые вели наблюдение за спутником. Именно с помощью этой системы на Землю пришла информация о существовании поясов Ван Аллена.

Общая концепция будущей системы глобальной космической связи также была разработана в системе минобороны США. Эту работу выполнило Управление по перспективным исследовательским проектам (Advanced Research Projects Agency, ARPA), непосредственно подчиненное Пентагону. Оно предложило создать на разных континентах три комплекса с мощными радиотелескопами, разделенными по долготе угловыми дистанциями приблизительно в 120 градусов. Такое расположение обеспечивало надежное круглосуточное

АДАПТИВНАЯ ОПТИКА С ЛАЗЕРНЫМ ОТСЛЕЖИВАНИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ПОЗВОЛИЛА РЕЗКО УВЕЛИЧИТЬ РАЗРЕШАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ НАЗЕМНЫХ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ТЕЛЕСКОПОВ.

земных астрономических телескопов, что они могут теперь соперничать с космическими обсерваториями. Телескопы с зеркалами диаметром 8–10 м, оснащенные корректирующими системами, обеспечивают угловое разрешение в 30–60 мс, в то время как без них оно при самых идеальных условиях не было бы ниже половины угловой секунды. Не случайно многие специалисты считают эту технологию крупнейшим достижением астрономической телескопии со времен Галилея и Ньютона.

РАЗГОВОР С КОСМОСОМ

Космические аппараты должны получать команды с Земли и отправлять обратно информацию. Страны, участвующие в освоении космоса, располагают специализированными радиотелескопами, предназначенными для дальней космической связи. Такую систему, Deep Space Network (DSN), имеет и NASA. В ее состав входят три станции, расположенные в Австралии, Испании и Калифорнии. На каждой станции установлен радиотелескоп с поворотной параболической антенной 70-метрового диаметра и еще несколькими вспомогательными телескопами с антеннами меньших размеров.

История этой системы вновь восходит к потребностям Пентагона. Первый американский ИСЗ Explorer 1 ушел на орбиту в январе 1958 года. К этому времени в калифорнийской Лаборатории реактивного движе-

покрытие всех участков небосвода. ARPA закупило для будущих станций 26-метровые вращающиеся антенны, которые в 1958–1961 годах были установлены в Калифорнии, Австралии и ЮАР. В 1974 году южноафриканская станция была закрыта по политическим причинам, и третий узел сети DSN перенесли в Испанию. К тому времени эта сеть уже давно была частью NASA, что, естественно, не отменяет ее военного происхождения.

Так что быстрый прогресс науки о Вселенной во второй половине двадцатого века в немалой степени обязан покровительству Марса – не планеты, а римского бога войны. **ПМ**

ДАЛЕКИЕ РОДСТВЕННИКИ Датчики, разработанные для головок самонаведения ракет, немало способствовали и прогрессу астрономии.

