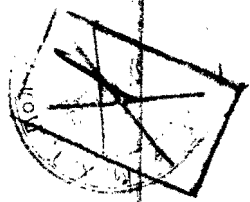


5-1860

Д. О. С В Я Т С К И Й

ЧТО ТАКОЕ СТРАТОСФЕРА

БИБЛИОТЕКА
Моск. механ.
ин-та
бесприписок



28663
36684

ЛЕНИНГРАД 1935 МОСКВА

Д. О. СВЯТСКИЙ

52700
С 25

ЧТО ТАКОЕ СТРАТОСФЕРА



БИБЛИОТЕКА
Моск. механ.
ич-та
Бесприпасов



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

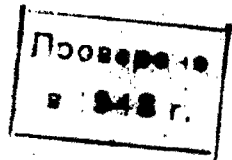
ЛЕНИНГРАД 1935 МОСКВА

28663

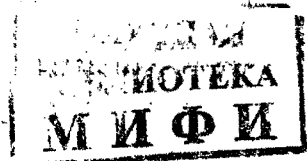
36684

Handwritten scribbles and marks, possibly initials or a signature.

*Иллюстрации, супер-обложка,
обложка и титул работы
художника В. А. Тронева*



*Всесо-бюро
ФРК. Инв. 780735*



5-68

ПРЕДИСЛОВИЕ

Разделение атмосферы, окружающей Землю, на нижнюю часть — тропосферу и верхнюю — стратосферу было предложено в науке еще в начале нашего столетия, но до последнего времени широкие круги читателей мало были знакомы с понятием стратосферы. Проф. Пиккару и нашим советским стратонавтам удалось проникнуть в стратосферу на значительную высоту, а в течение 1934 г. был совершен уже целый ряд подъемов в разных странах на шарах и даже на аэроплане в эту, казавшуюся запретной, область нашей атмосферы. Поэтому понятие стратосферы стало достоянием широкого круга читателей, но далеко не для всех ясно и понятно, что же такое представляет собою стратосфера и зачем нам нужно стремиться непременно проникнуть в нее?

Предлагаемая книжка ставит своей целью дать ответы на эти вопросы в популярной и возможно занимательной форме, чтобы неподготовленный читатель постепенно мог ознакомиться с предметом и затем уже перейти к чтению более специальных книг по вопросам, затрагиваемым здесь. Автор вовсе не ставил себе задачей

непрерывно исчерпать рассмотрение всех явлений, связанных со стратосферой, но желал сосредоточить внимание читателя на тех из них, которые наиболее доступны для широкого круга людей и изучение которых возможно без особой предварительной подготовки, надеясь удовлетворить этим не только простую любознательность читателя, но и пробудить у него желание к самостоятельным наблюдениям явлений, происходящих в стратосфере, в роде аномальных зорь, зодиакального света, северных сияний и пр., которые доступны всем и требуют только внимания и наблюдательности.

При описании подъемов в стратосферу были использованы сведения о всех, имевших место поднятиях до конца 1934 г.

Д. О. Святский.

1. ОТ ТВЕРДИ НЕБЕСНОЙ К ВОЗДУШНОМУ ОКЕАНУ

На заре истории человеческого рода голубой свод неба, простирающийся над Землею подобно опрокинутой чаше или куполу, представлялся пастухам-номадам, кочевавшим со своими стадами в долинах Передней Азии, подобием шатра, под которым протекала обычная их пастушеская жизнь. В Библии небо прямо названо шатром или кожею, поскольку последняя служила покрытием походного шатра. И хотя это образное сравнение не было в сущности объяснением голубого небесного покрывала над Землею, покров этот не мыслился древним человеком как нечто воздушное или легкое, каким он представляется современному человеку. Как это ни странно, небо казалось нашим отдаленным предкам твердым, отделяющим верхние воды от нижних (Бытия, I, 7), и только этим объяснялся факт удерживания воды на высоте, выделявшейся путем испарения с поверхности водоемов. Поэтому-то в Библии небо называется твердью и по своей структуре сравнивается с литым медным зеркалом (Иова, XXXVII, 18). Академик Н. Я. Марр полагал, что материально-реальное представление о

небо-тверди получается лишь с яфетидологическим пониманием еврейского слова в Библии *gokia* (твердь), что означает «железо». Небо-твердь буквально означало небо-железо, откуда Н. Я. Марр выводит и все термины материальной культуры, связанные с железом. Откуда же возникло такое странное представление железного неба? В древности считалось, что метеориты происходят из небесного эфира, а в средние века, по словам Фламариона, метеориты прямо считались обломками небесного свода. Если приять во внимание, что большинство известных в древности метеоритов имело железный состав, то станет понятно, почему небо считалось железным. В греческом языке также встречается слово *sidiros*, которое означает и звезду и железо. Замечательно, что в книге Иова гром, а может быть и звуки при падении метеоритов, считаются треском небесного шатра (XXXVI, 29).

Однако с таким представлением не вязалась чистота и прозрачность небесного купола, и потому представление о железном небе заменилось впоследствии представлением о кристаллическом, подобном камню сапфиру (Исход. XXIV, 10), или хрустальном небе. Таким образом сохранялась мысль о твердости неба с одновременным представлением о прозрачности его. По воззрениям средних веков небо «леденовидно от воды аки хрусталь» и своими краями упирается в горизонт и будто бы один миссионер даже дошел до этого «края света» и пролез под этот край купола неба, чтобы рассмотреть механизм вселенной (рис. 1) Таким образом наивные представления смешивались с фантастическими вымыслами.

Птоломеева система, пытавшаяся объяснить движение всех планет и звезд вокруг Земли, допускала существование целого ряда хрустальных сфер, концентрически заключенных одна в другую вокруг земного шара, а высшее или «эмпирейское» небо отодвигала превыше всех. При таком представлении давался уже большой простор для всей поднебесной, т. е. области внутри хрустальной сферы, где движутся планеты, а ближе к поверхности земного шара происходят различные оптические явления (радуга, круги около Солнца и Луны), плавают облака, производящие гидрометеоры,

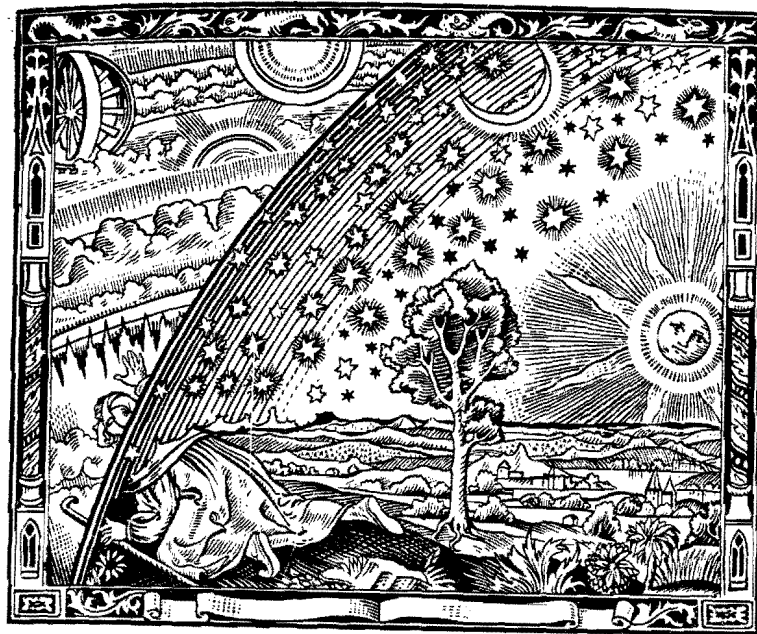


Рис. 1. Средневековый миссионер у «края неба».

где от «воскурения газов», поднимающихся с Земли, вспыхивают падающие звезды и даже образуются целые кометы. Таково было представление древности об атмосфере.

Коперник своим учением о движении Земли вокруг Солнца разрушил хрустальные сферы Птолемея, но не дерзнул еще тронуть высшее «эмпирейское» небо, существование которого допускал и такой великий ум, как Кеплер, «законодатель неба», давший нам математическое объяснение движения небесных тел по их орбитам, который полагал, что Солнце — в центре мира; оно, как Земля и планеты, окружено эфирной оболочкой (*aiga aetherea*); наконец, вселенную замыкает твердая звездная сфера, которая, по оценке Кеплера, имеет примерно 2 немецких мили толщины (около 15 км). Он на-

зывает ее мировой «одеждой» (tunica), кристалльным поднебесным шаром, состоящим из льда или кристалла, она задерживает тепло и свет Солнца и отражает его обратно. Внутренность звездной сферы наполнена «эфирным воздухом». По этому эфирному океану движутся планеты. По временам этот эфир или воздух сгущается в облака, производящие кометы. Таким образом, понятие атмосферы планет и атмосферы всей вселенной у Кеплера смешивается.

Как видим, человеческая мысль, задышавшаяся под хрустальным колпаком небесной тверди древних времен, не так то легко и быстро освобождалась из-под этой покрывки. Первый мифический герой древности, отважившийся проникнуть к богам на небо и укравший у них тайну огня, — Прометей — был жестоко наказан за это и прикован у моря на одной из горных скал Кавказа. Другой мифический герой — Икар — пытался подняться на небо на искусственных крыльях, скрепленных воском, но, презирая советы отца не слишком увлекаться, сильно приблизился к Солнцу, которое растопило воск, и он упал в море. Боги древних любили только покорных, беспрекословно исполняющих их волю. Таких они брали живыми к себе на верх стеклянного небесного потолка, так улетели туда на огненных колесах легендарные библейские герои Енох и Илья. Все эти легенды древности любопытны в том отношении, что являются показателями полета человеческой мысли, уже в то отдаленное время стремившейся преодолеть всякие преграды и проникнуть за пределы хрустального неба.

Однако, с того времени, как с хрустальным небом было покончено, встал другой вопрос. Если нет вокруг Земли и всего солнечного мира твердой скорлупы и воздух облегает земной шар со всех сторон, то как далеко он простирается от нее во все стороны? Есть ли это только оболочка земного шара, как и у других планет, между которыми царит абсолютная пустота межпланетного пространства, или же эта воздушная среда представляет собою только наиболее сгущенную вокруг планет часть вещества, разреженно наполняющего собою все мировое пространство или, по крайней мере, пределы нашей солнечной системы?

Вопрос этот приблизился к своему разрешению лишь тогда, когда был изобретен барометр, т. е. инструмент, позволяющий определять давление воздуха (baros — тяжесть и metron — мера). В XVII в. флорентинские водопроводчики заметили, что вода по вертикальным трубам для фонтанов не поднимается выше 32 футов (более 10 м). Это обстоятельство удивило всех, так как в то время существовало мнение, что «природа не терпит пустоты», стремясь заполнить ее. Пришлось ввести поправку, что природа не терпит пустоты лишь до известного предела. В 1642 г. Торичелли, размышляя над этим, пришел к открытию барометрического давления. Он думал, что вес столба воздуха определенного сечения, мысленно вырезанный из всей толщи атмосферы, может уравновеситься столбом воды того же сечения в 10,4 м высотой. Он остановился на мысли, что если из какой-либо трубки выкачать воздух и открытый конец ее погрузить в резервуар с водою, то давление воздушного столба на резервуар с водою заставит воду подняться в трубке до той высоты, на которой вес поднявшейся в трубке воды сравняется с весом воздуха, давящего на такую же поверхность сосуда, как поперечное сечение трубки. Торичелли заменил воду ртутью, которая в 13,6 раз весит больше воды и этим путем избавился от необходимости производить громоздкий опыт с водою. Ртуть могла уравновесить соответственный столб воздуха, будучи высотой всего 760 мм. Опыт был произведен и, таким образом, был изобретен ртутный барометр.

Но если причина поднятия воды или ртути заключается в давлении воздуха, то в атмосфере на разных высотах вследствие уменьшения массы воздуха, остающегося вверху, вес ртутного столба, а следовательно, и высота его должны постепенно уменьшаться. Такие опыты вскоре же были произведены. В Клермоне ртуть стояла на высоте 722 мм, между тем как на вершине горы около этого же города высота ртутного столба была только 627 мм. Это и последующие подобные же измерения показали, что мы имеем легкое и надежное средство для определения массы всей атмосферы и вместе с тем для определения высот над уровнем моря различных возвышенных точек земной поверхности.



Рис. 2. Торичелли, изобретающий ртутный барометр.

Масса всей атмосферы, окружающей Землю, оказалась в 100 000 раз меньше массы самой Земли. Так как литр воды

весит в точности 1 кг, то вся атмосфера весит столько же, сколько 5 млн. куб. км воды. Но если бы атмосфера состояла из воды, то она окружила бы Землю очень тонким слоем, всего в 10 м высотой. Если бы вся масса воздуха, окружающего Землю, сгустилась в один шар, то он весил бы столько же, сколько сплошной медный, имеющий в диаметре около 107 км.

Вес всей атмосферы превышает вес всего Кавказского хребта, имеющего в длину 1200 км при средней ширине 100 км и средней высоте самого хребта в $3\frac{1}{2}$ км. Если Кавказский хребет скопать и сделать из него куб, то сторона этого куба будет 55 км, тогда как куб той же плотности, равной по весу всей атмосфере, имел бы стороной 130 км.

Исходя из законов физики, выводится математическим путем формула, выражающая изменение атмосферного давления с высотой; она дает возможность, зная температуру, влажность, барометрическое давление внизу, а также учитывая предполагаемое уменьшение температуры и влажности с высотой, вычислять давление атмосферы для любой высоты. Так например, на высоте 10 км давление атмосферы равно 199 мм, 20 км — 42 мм, 50 км — 0,32 мм, 100 км — 0,02 мм. По этой же формуле вычисляется, что до высоты 5,52 км находится половина всей массы атмосферы, а выше 18,5 км — только 0,1 массы атмосферы.

Если произвести теоретический расчет, до какой же предельной высоты может простираться атмосфера, удерживаемая притяжением Земли, во время ее движения в мировом пространстве, то, рассматривая уменьшение тяжести совместно с приращением центробежной силы, приходим к выводу, что на расстоянии 6,64 земного радиуса центробежная сила уже равняется тяжести, т. е. если бы были возможны на этом расстоянии от Земли какие-либо воздушные частицы, то они оторвались бы от нее. Выражая это расстояние в километрах, получим 42 150 км. Как видим, расстояние это громадно и 0,1 массы всей атмосферы, остающаяся уже за пределами высоты 18,5 км, будучи рассеянной на пространстве остающихся 42 131,5 км, дала бы практически совершенно разреженную пустоту, на самом же деле границы ощутимой атмосферы, как увидим, простираются, вероятно, не дальше 1 000 км.

погоды, характеризующие климат той или иной местности, и в ней же сосредоточено наибольшее и разнообразнейшее проявление жизни на Земле.

Стратосфера — это наименьшая по весу, но наибольшая по объему внешняя часть атмосферы Земли. Она по своим физическим особенностям значительно отличается, особенно в высших слоях, от тропосферы, и все дальнейшее изложение наше будет посвящено ей. Прежде же, чем перейти к описанию стратосферы, нам необходимо для отчетливого понимания разницы в строении и значении для нас этих двух сфер, несколько остановиться на тропосфере.

Выше мы говорили о давлении атмосферы. При более детальном изучении его на разных высотах убедились, что с высотой меняется не только давление, но и плотность самой атмосферы. Если бы плотность воздуха всюду была одинакова и не менялась с высотой, то уже на высоте 8 км был бы предел нашей атмосферы и до нее почти достигал бы пик Сталина, а вершина горы Эверест лежала бы за пределами однородной атмосферы. На самом же деле плотность атмосферы с высотой уменьшается постепенно и определенную границу между «следами воздуха» и безвоздушным пространством провести вряд ли возможно. На высоте 40 км при давлении всего в 1 мм плотность воздуха уже исчезающе мала; практически же атмосфера для нас существует немного выше 10—13 км. Это и есть область, называемая тропосферой. Облака, плавающие в тропосфере на разных высотах, не поднимаются выше 13 км. Самые низкие из них — слоистые, дождевые и кучевые — располагаются на высоте 0,5—3 км и потому нередко даже закрывают собою верхушки гор. Облака перисто-кучевые, в среднем, бывают на высоте 5—7 км, перистые, состоящие уже из сплошных ледяных кристаллов, — на высоте 6—9 км, а в некоторых случаях поднимаются до высоты 10—13 км. Таким образом, уже по внешнему виду этих облаков можно приблизительно судить, на какой высоте проходит несущее их воздушное течение, направление которого нередко не совпадает с направлением ветра у поверхности земли. Уже это простое наблюдение показывает нам, что на разных высотах в тропосфере бывают разные течения.

II. ТРОПОСФЕРА КАК НИЖНЯЯ ОБЛАСТЬ АТМОСФЕРЫ

Атмосфера, окружающая земной шар, вместе с тем проникает собою гидросферу и биосферу. Под гидросферой принято понимать совокупность всех водоемов: океанов, морей, озер, рек и подземных вод. Биосфера представляет собою зону деятельности живых организмов и распространяется в гидросфере, атмосфере и частично даже в литосфере (земной коре). Атмосферу разделяют на две неравных по величине области, сильно различающихся по своим свойствам — тропосферу и стратосферу.

Тропосфера — это большая по массе, но меньшая по объему часть атмосферы, непосредственно прилегающая к земной поверхности и простирающаяся в высоту над уровнем моря в средних широтах не более 10—12 км. Ближе к полюсам граница тропосферы снижается до 8—9 км, а у экватора, наоборот, поднимается до 15—16 км. Это область, в которой образуются и движутся облака, конденсируются и выпадают на землю осадки в виде дождя, снега и града и происходят не только горизонтальные, но и вертикальные движения воздушных токов. Вообще говоря, тропосфера — это среда, в которой происходят всевозможные перемены

Все смены погоды на Земле стоят в тесной связи с воздушными массами, переносящими погоду из одного места в другое. Этот перенос погоды воздушными массами, обусловливающими тот или иной тип погоды, происходит в тропосфере в горизонтальном направлении; но вместе с тем, в воздушных массах, горизонтально передвигающихся по поверхности земли, происходят и вертикальные движения воздуха. Холодный воздух, как более плотный, стремится растекаться вниз, а теплый, наоборот, подниматься вверх. Поэтому и различаются нисходящие и восходящие токи воздуха. Кроме того, холодный воздух скопляется главным образом в приполярных областях, откуда избыток его растекается в направлении к экватору, теплый же воздух, нагреваясь в экваториальных и притропических странах, направляется к полюсам.

Между 50 и 70 параллелями в тропосфере обычно происходит встреча двух течений, арктического и тропического воздуха. В этой зоне встречи двух течений зарождаются циклоны, в которых тропические языки воздуха, устремляясь поверх холодных масс арктического воздуха, образуют восходящие воздушные токи, поднимающие испарения с водоемов и поверхности земли и формирующие в облаках осадки, которые выпадают затем обратно на землю. Холодные же массы воздуха вклиниваются под теплые и вытесняют их наверх, откуда теплые потоки, постепенно охлаждаясь, направляются в полярные страны, поддерживая и питая там постоянный запас холодных масс воздуха; все эти образования в основном происходят в тропосфере.

Вследствие движения Земли круговорот в «атмосферной машине» или так называемая «атмосферная циркуляция» происходит не в точности с юга на север и обратно, а с уклоном от запада к востоку, причем ветры в циклонах северного полушария вращаются против движения часовой стрелки. Холодный воздух, замещающий место прошедшего циклона, устремляясь с севера на юг, образует антициклоны — обратную систему ветров — по движению часовой стрелки в нашем полушарии. При этом антициклоны приносят с собою обычно сухую и в большинстве случаев ясную погоду, холодную зимой и жаркую летом, когда арктический воз-

дух прогревается над сушей. Таким образом циклоны и антициклоны выполняют роль трансмиссионных колес в «атмосферной машине» между арктическими и тропическими массами воздуха.

Арктический и тропический токи воздуха отличаются один от другого не только по своей температуре, но и по составу самого воздуха. Массы воздуха, притекающие из Арктики, отличаются чистотой и прозрачностью холодного воздуха, тогда как тропические массы воздуха, направляясь на материк Евразии (так называется у географов Европа, взятая вместе с Азией) с Атлантики, проходя над океаном, захватывают частицы морской воды с солью, а если они направляются из Африки, то несут с собою большое количество минеральных частиц из Сахары, замучивая воздух, ухудшая видимость и его прозрачность и вместе с тем конденсируя на пылевых частицах осадки.

Пыль играет большую роль в атмосферном режиме. Образуется она не только указанным путем, но также и за счет продуктов вулканических извержений, а также примитивных организмов (бактерии, плесень) и пыли космического происхождения (осадок от сгоревших в стратосфере падающих звезд). Измерения при помощи специального аппарата Айткина показали, что в каждом кубическом сантиметре чистого воздуха тропосферы у поверхности земли бывает от 32 000 до 130 000 пылинки. На горах при большей разреженности и чистоте воздуха оказывается от 421 до 1 305 пылинок, если ветер дует с гор, и от 1 092 до 5 755, если, наоборот, ветер дует из населенных мест в горы. В жилых же комнатах насчитывается от 1 860 000 до 5 420 000 пылинок на 1 куб. см. Отсюда видно, как жилищные условия загрязняют воздух.

Разреженность воздуха на высотах, значительно удаленных от поверхности Земли, ощутили первые аэронавты, поднимавшиеся на воздушных шарах. Уже на высоте 7 км они нередко впадали в обморочное состояние. Аэронавты на воздушном шаре «Зенит», поднимавшемся в 1875 г., нашли себе смерть на высоте 8 800 м, и только один Тиссандье каким-то образом остался жив (рис. 3). Но еще до полетов на воздушных шарах люди знали, что на высоких горах

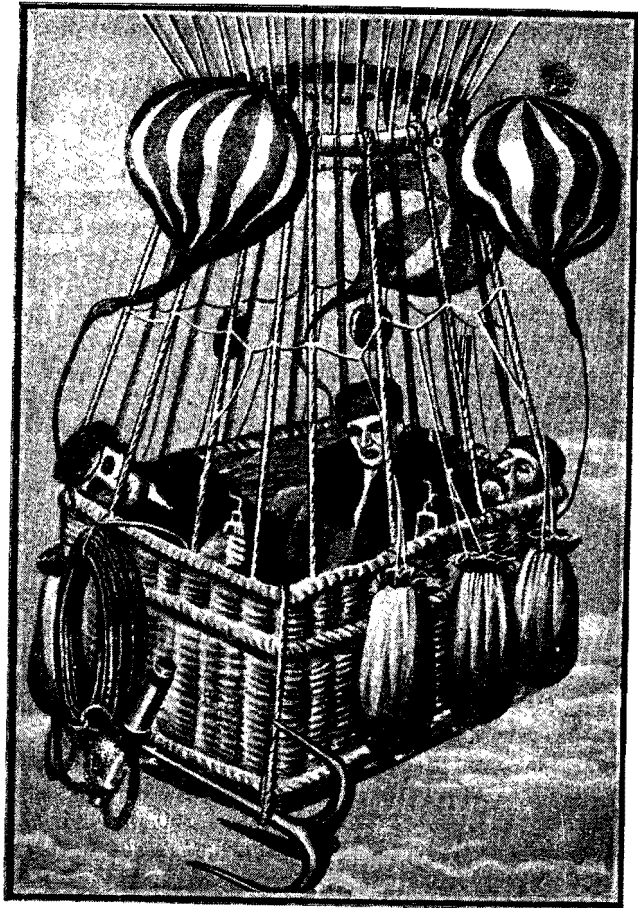


Рис. 3. Гибель аэронавтов на воздушном шаре «Зенит» 15 апреля 1875 г., впавших в обморочное состояние.

плотность атмосферы настолько изменяется, что вызывает так называемую «горную болезнь», описанную в XV в. да-Костой. Однако на высоте 4—5 км встречаются человеческие

жилища. Так например, некоторые монастыри на склоне Гималаев расположены на высоте 4,5 км, а Тибетский монастырь Ганле находится на высоте 5 039 м. Самая же высокая точка земной поверхности — гора Эверест или Гауришанкар в Гималаях имеет высоту 8840 м. На очень больших воздушных высотах парят птицы, эти наилучшие пловцы воздушного океана. Из них кондор может парить на высоте 8500 м, почти достигая вершины Эвереста, ягнятник поднимается до 7 800 м — высота пика Сталина, коршун — до 7 000 м, орлы — выше 5 500 м, соколы — выше 4 000 м и ласточки — 2 500 м. Насекомые живут в горах на высоте 3—5 км. Фламарион во время своих полетов на аэроста-тах встречал бабочек на высоте 3 км, где ему никогда не приходилось видеть птиц. Бактерии же находятся на значительно больших высотах и, повидимому, как показало исследование проб воздуха, полученного на высоте 16 км, проникают даже в стратосферу.

Совокупность наблюдений над температурой воздуха, произведенных с воздушных шаров и шаров-зондов, показывает, что температура в тропосфере постепенно убывает до пределов стратосферы, где она становится почти постоянной. В средних широтах летом уже на высоте 3,5 км она переходит через 0° С. На высоте 5 км она достигает уже — 10°, на высоте 7 км — 20°, 8 км — 30°, 9,5 км — 40°, 10 км — 45°. Зимой, при температуре у поверхности земли немного выше нуля, на высоте 1,5 км она переходит через 0° С, на высоте 3,5 км уже оказывается — 10°, на высоте 5 км — 20°, 6 км — 30°, 7 км — 35°, 8 км — 45°, 9,5 км — 50°, 10 км — 55°. Таким образом от 3,5 км высоты тропосфера в среднем имеет отрицательные температуры. Вот почему облачные образования выше этих пределов несут в себе в большинстве случаев уже замороженные пары в виде кристаллов и форма облаков там имеет перистое строение. Конечно, при мощных восходящих течениях эта «средняя» граница предела положительных температур нередко нарушается и происходит потепление в верхних слоях тропосферы.

Границу тропосферы со стратосферой мы иногда можем как бы видеть, наблюдая очень высокие, тонкие по своей структуре и не быстро движущиеся перистые облака.

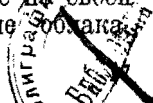
36684 - 980735 -

149884

28663

БИБЛИОТЕКА

2 Саятский. — Что такое стратосфера. Моск. мехам.



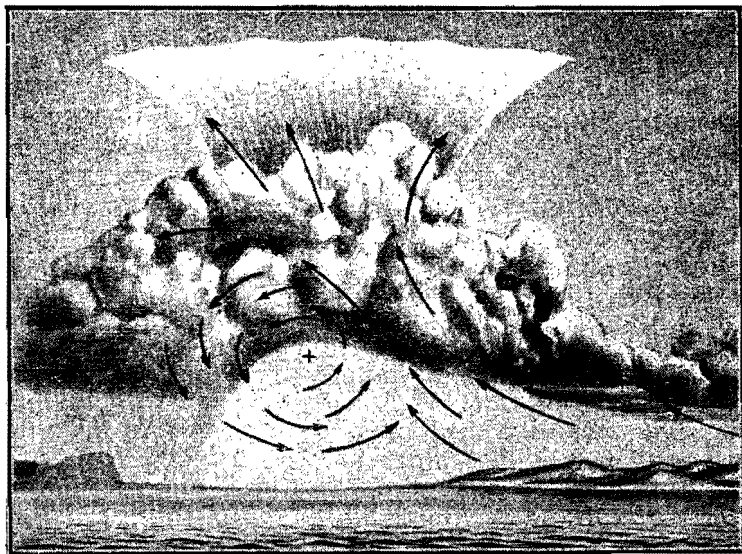


Рис. 4. Образование грозовой тучи из кучевых облаков и появление «наковальни».

достигающие в некоторых случаях 10—13 км высоты. Также, наблюдая за грозовой тучей, можно иногда видеть, как она образуется из кучевых облаков восходящих токов воздуха и как иногда над нею образуется род «наковальни» вследствие того, что восходящие токи, достигнув верхних слоев тропосферы, встречают иные физические условия и расплываются в стороны и даже опускаются вниз, а из грозовой тучи начинают вырастать кверху метлой так называемые «ложные» перистые облака (рис. 4). Они, впрочем, по структуре своей тоже состоят из кристаллов льда вследствие низкой температуры на потолке тропосферы.

Наконец, верхние пределы тропосферы, граничащие со стратосферой, можно бывает видеть в том случае, когда происходит извержение вулкана. Столб дыма, пепла и па-

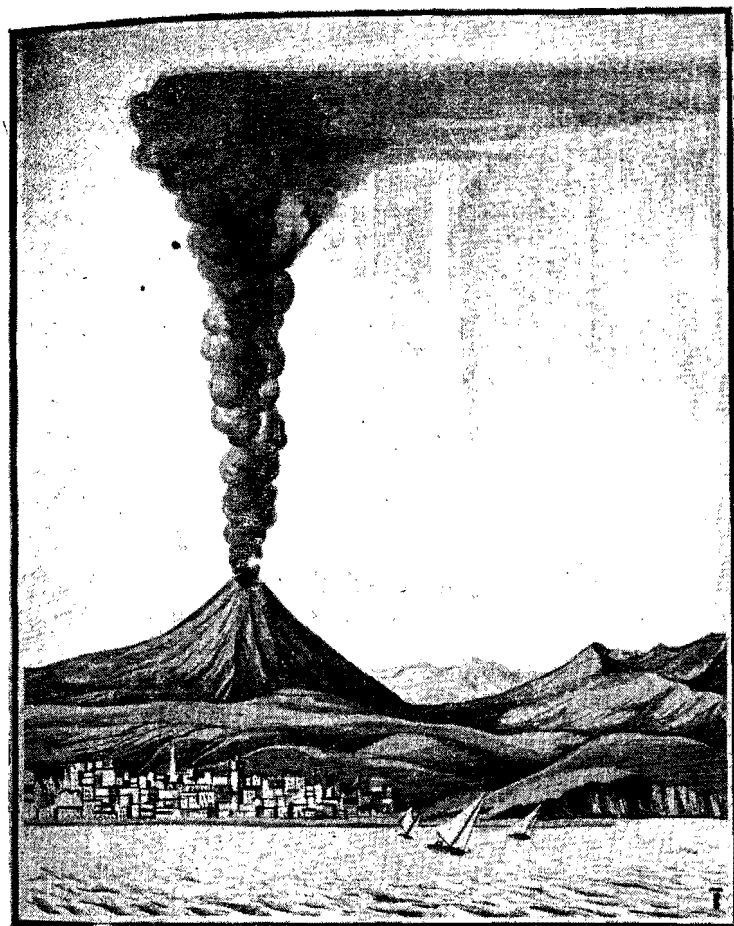


Рис. 5. Пиннеобразное облако во время сильного извержения вулкана.

ров, вылетающий из жерла вулкана, превращается обычно у границ со стратосферой в особое горизонтально расплыв-

вающееся, так называемое «пинеобразное» облако, напоминающая собою пинию, т. е. южную сосну, крона которой в отличие от нашей прямостоящей северной сосны, имеет уширенную кверху и распластанную форму (рис. 5). Название это первоначально было дано столбу извержений, очень часто наблюдавшемуся над Везувием в Италии, и отсюда перешло и на другие вулканы. Нужно, однако, заметить, что продукты очень сильных извержений проникают иногда и в стратосферу, образуя пинеобразные облака выше границы тропосферы. Так, вулкан Кракатоа выбрасывал продукты извержения на высоту 20 км. Во время взрывов пороховых складов и заводов также наблюдается подобного рода явление, отграничивающее «пинеобразным» облаком тропосферу от стратосферы.

III. КАКИМ ПУТЕМ ШЛО ИЗУЧЕНИЕ ТРОПОСФЕРЫ?

Мысль поднять в верхние слои атмосферы саморегистрирующие приборы с целью узнать там состояние воздуха пришла человеку на ум, как оказывается, раньше, чем мысль подняться туда самому для научных наблюдений. В 1749 г. два молодых студента в Шотландии, Вильсон и Мельвиль, запустили воздушные змеи с подвезанным к ним минимальным термометром. Сперва они запустили маленький змей, затем к его шнуру прикрепили второй, несколько больший, к нему третий и т. д. Первый змей поднялся до такой громадной высоты, что временами даже скрывался в кучевых облаках. Опыт этот удался и был неоднократно повторен, но, к сожалению, это любительское предприятие оставалось не опубликованным до 1825 г., а самый результат измерения температуры на высоте остался неизвестным. В 1752 г. запустил свой знаменитый змей Франклин в Филадельфии с целью извлечь электрическую искру из туч по металлическому проводу, протянутому к змею и тем доказать, что молния есть не что иное, как электрическая искра. Опыт блестяще удался.

Ломоносов и Рихман в Петербурге проделали подобные же опыты, выставив на крышах своих домов шесты. Жертвой одного из этих опытов стал Рихман, убитый шаровой молнией, выскочившей из этой «громовой машины». Через год у Ломоносова возникла новая мысль построить маленькую «аэродромическую» машинку, которая бы поднимала вверх термометры и другие метеорологические инструменты. В этой машинке при помощи крыльев, приводимых в действие часовой пружины, нагнетался воздух и машинка поднималась вверх, чтобы при помощи присоединенных к ней метеорологических приборов можно было исследовать состояние верхнего воздуха. Машина подвешивалась на веревке, перекинутой через два блока и уравнивалась подвешенными с противоположной стороны грузами. Ломоносов даже демонстрировал ее академикам, но в дальнейшем не мог добиться уменьшения веса прибора и, увлеченный другими работами, оставил мысль об усовершенствовании своего изобретения.

В июне 1783 г. братья Монгольфье произвели вблизи Лиона свой знаменитый подъем шара, наполненного нагретым воздухом (рис. 6). Этот опыт произвел большое впечатление в Европе и в ноябре того же года был повторен и в Петербурге; в ноябре в Париже впервые происходит подъем шара уже с людьми, а 1 декабря на шаре, наполненном водородом, поднялся физик Шарль и брал с собою барометр и термометр. Первый показал давление 500,8 мм и второй температуру — $8^{\circ},8$. Дата 1 декабря 1783 г. может таким образом, быть названа началом эпохи научного воздухоплавания.

В следующем 1784 г. в Лондоне поднялся 30 ноября на воздушном шаре для производства метеорологических наблюдений Д. Джефриз. Высота подъема была 2 700 м, на которой барометр показал 450 мм, а температура опустилась до $-1^{\circ},9$, в то время как в Лондоне было $10^{\circ},6$. С этого времени уже вошло в обыкновение при подъеме шаров с людьми брать не только барометр, термометр, но и другие приборы. Особенно участились такие подъемы за границей в начале XIX века, но, к сожалению, следует отметить, что качество производившихся наблюдений было не высоко, результаты получались противоречивые или прямо ошибоч-



Рис. 6. Первый полет воздушного шара из Парижа в 1783 г.

ные. Такие же неудовлетворительные результаты дал и первый научный подъем в Петербурге нашего академика Захарова с воздухоплавателем Робертсоном в 1803 г. После этого вплоть до 1868 г. в России никаких научных воздушных подъемов не предпринималось.

Однако научная мысль в этом отношении у нас работала, и здесь необходимо отметить настойчивое и упорное стремление известного общественного деятеля начала XIX в. В. Н. Каразина добиться организации государственной службы погоды и регулярных подъемов привязного аэростата с целью изучения состояния электричества и метеорологических условий в верхних слоях атмосферы. Свои соображения В. Н. Каразин изложил в записке, написанной в 1818 г. и поданной Александру I, который передал ее на заключение Академии наук. В этой замечательной записке В. Н. Каразин предлагал: 1) учредить Метеорологический комитет для объединения метеорологических наблюдений, которые, по его мысли, должны были производить учителя школ, и 2) отпустить средства на производство опытов с подъемом привязного шара, с целью изучения и извлечения атмосферного электричества для практических целей и производства на высоте метеорологических наблюдений. Записку поручили рассмотреть узкому специалисту-математику академику Фусу, который высказался против проектов Каразина, не поняв широты замысла талантливого человека. Фус полагал, что для метеорологии нужен не Комитет, а открытие закона перемен погоды, и что электричество можно добывать путем лейденских банок и гальванического столба с меньшими затратами. Через 22 года после этой неудачи Каразин пытался снова, уже на закате дней своих, осуществить свою заветную мечту организации метеорологической сети и аэрологических наблюдений, вступив в переписку по этому вопросу с шефом жандармов Бенкендорфом и основателем Главной физической обсерватории Купфером. Позже последний поздравил Каразина, уверяя, что с основанием проектируемой обсерватории будет осуществлена его идея Метеорологического комитета, но Каразин остался недоволен — главная его идея аэрологических наблюдений осталась не

понятой. Замечательно, что в письме Бенкендорфу от 23 октября 1840 г. Каразин говорит: «Направление самих ветров в 4—6 верстах от земли, которые не всегда дуют согласно приземным, можно наблюдать аэростатами посредством неважного механизма на них и зрительной трубы. Аэростаты же могут служить и для телеграфии». Неизвестно, к сожалению, как реагировал на все это Бенкендорф, но через два года Каразин умер и идея, выдвинутая им, основательно была забыта; не вспомнил о ней и Купфер при открытии Главной физической обсерватории в 1849 г.

А между тем за границей за этот период времени уже стали пускать в высоту небольшие шары-пилоты для определения направления ветра, и в течение 1809—19 гг. Форстер выпустил больше 30 таких шаров, тогда как у нас Каразин еще и в 1840 г. должен был доказывать целесообразность подобного рода наблюдений. Идея Каразина — привязной шар для исследования атмосферы — была высказана также немецким физиком Брандесом в 1826 г., но надобно заметить, что и в Западной Европе с начала 20-х годов вплоть до 50-х годов подъемы шаров и змеев, по видимому, прекращаются — по крайней мере сведений об этом не сохранилось. И только в Америке идет увлечение подъемами змеев со спортивной целью, причем иногда пытались по змеям определять высоту облаков, когда они достигали слоя облачности.

После столь продолжительного застоя в деле научной аэрологии, с началом 50-х годов замечается перелом. В Англии в течение 15 лет (1852—1867) было совершено 32 подъема исключительно с научной целью. Из этих подъемов особенного внимания заслуживают наблюдения Уельша, который первый понял, что при определении температуры воздуха на шаре самым отрицательным явлением оказывается застой воздуха около термометра и что для устранения этого нужна вентиляция воздуха около резервуара термометра, что он и осуществил, построив примитивное приспособление для вентиляции. Впоследствии известный физик Ассман, именем которого до сего времени называется аспирационный термометр с вентилятором, употребляемый во всякого рода путешествиях, вполне по

достоинству оценил наблюдения Уельша, когда критически разбирал всякого рода температурные наблюдения, производившиеся до 90-х годов XIX в. на аэростатах.

В 70-х годах в России поборниками и горячими пропагандистами необходимости метеорологических наблюдений во время полетов явились наш климатолог А. И. Воейков и знаменитый химик Д. И. Менделеев. Последний говорил, что «наши метеорологические выводы останутся суждениями краба, ползающего по дну морскому и здесь решающего вопросы морских бурь и изменений... Там (наверху) лаборатория погоды, там образуются облака, там они движутся и там редко помещаются измерительные приборы. Придет время, когда аэростат сделается таким же постоянным орудием метеоролога, каким ныне стал барометр».

И дальше: «на аэростатах можно подниматься выше, чем поднимались до сих пор». Для этой цели необходимо «замкнутое со всех сторон помещение, в котором наблюдатель будет и на высотах оставаться в безопасности и управлять подъемом и спуском шара и, между тем, изучать условия верхних слоев атмосферы». Эти замечательные предвидения Менделеева в наше время полностью оправдались. Он, однако, не только пропагандировал полеты, но и сам предпринял научный полет во время полного затмения Солнца в 1887 г., картинно описанный им в «Северном вестнике» за этот год. Он никогда не был воздухоплавателем, и тем не менее решил лететь один в самый последний момент, когда выяснилось, что подъемная сила воздушного шара, предоставленного военным ведомством, недостаточна для поднятия двух человек. Поднявшись в воздух и оставшись в гондоле один, он уверенно начинает в ней хозяйничать, выбрасывает балласт, стараясь подняться как можно выше; вылетев за слой облачности, на высоту нескольких километров, наблюдает пробежавшую по облакам лунную тень, созерцает солнечную корону, записывает, потом открывает клапан, опускается под Москвою среди озадаченных его появлением крестьян, которые кричат ему: «Куда ты летишь?».

За границей подъемы с научной целью производились в Англии и главным образом во Франции. В 1862 г. английские метеорологи Глэшер и Коксвель достигли высоты

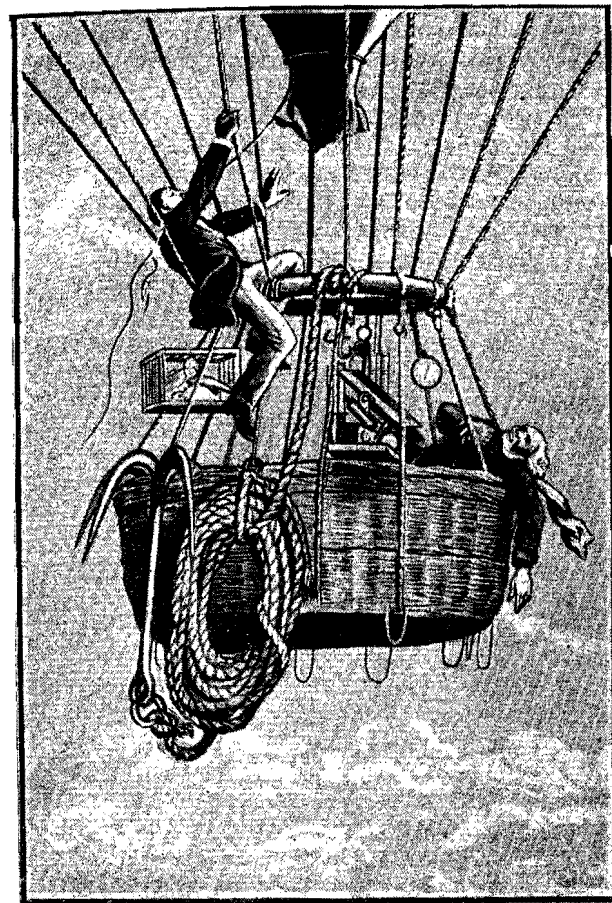


Рис. 7. Глэшер и Коксвель, достигшие в 1862 г. высоты 8838 м.

8838 м — рекорд, оставшийся не превзойденным до 1894 г. (подъем Берсона на высоту 9155 м). Глэшер потерял сознание, но был спасен своим спутником, во-время открыв-

шим клапан, веревку от которого он, однако, вынужден был тянуть зубами, так как руки ослабели настолько, что не действовали (рис. 7). Температура на достигнутой высоте была, отмечена — 32°.

Во Франции целый ряд полетов в тропосферу был совершен Тиссандье в период 1868 — 75 гг., описанных им в его книге «Воздушный океан». Все визуальные наблюдения, произведенные им на высоте, имеют громадный научный интерес, в особенности во всем, что касается облаков и оптических явлений в атмосфере. Тиссандье был первым человеком, дерзнувшим проникнуть в таинственные кладовые грозного мифического Ягве, который когда-то говорил библейскому Иову, как о недоступном для человека: «Входил ли ты в хранилища снега и видел ли сокровищницы града?» (Иова XXXVIII, 22). Тиссандье не побоялся побывать в этих «сокровищницах» и первый видел зарождение снега на больших высотах, наблюдал структуру перистых облаков, действительно, оказавшихся состоящими из ледяных игл. 15 апреля 1875 г. Тиссандье, однако, едва не стал жертвой своей научной любознательности. На этот раз, на воздушном шаре «Зенит», объемом в 3000 куб. м, он поднялся со своими спутниками Сивель и Кроче-Спинелли на высоту 8600 м. Уже на высоте 7000 м аэронавты впали в обморок и вскоре спутники Тиссандье умерли от удара, вызванного внутренним давлением воздуха в организме, переставшим уравниваться давлением атмосферы снаружи. Аэронавты думали, что, вдыхая в себя взятый кислород, они могут противостоять этой громадной разнице давления, но этого было недостаточно. Только один Тиссандье каким-то образом остался жив (рис. 3).

Известный астроном К. Фламарион, совершивший сам двенадцать полетов, описанных им в его «Воздушных путешествиях», находясь под впечатлением смерти спутников Тиссандье, писал: «На основании этих прискорбных опытов можно заключить, что наибольшая высота, за которую человек не должен переходить, равняется 8 000 м». Повидимому, трагический полет «Зенита» действительно охладил рвение воздухоплателей, так как до 1894 г. никто уже выше не

поднимался. Стратосфера еще долго охраняла свои тайны. Но Фламарион оказался не прав. Как видим теперь, человек проник и за пределы, казалось, совершенно запретной для него зоны. Но в то время стремление к научному изучению больших высот направилось по другому пути.

Самопишущие метеорологические приборы были известны уже давно. Так, в Главной физической обсерватории термограф был установлен еще в 1870 г., но только с 90-х

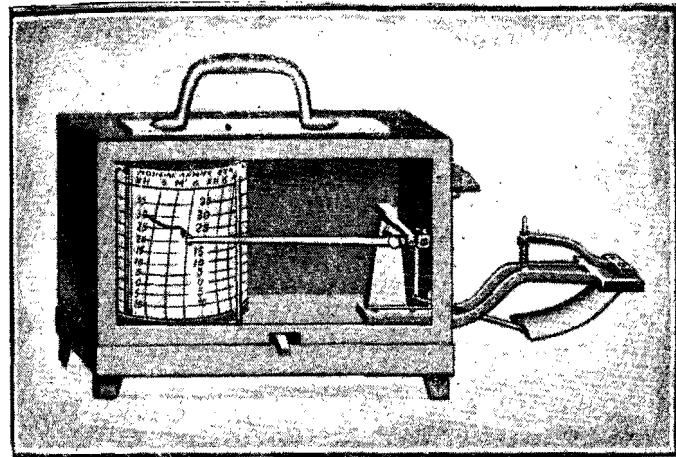


Рис. 8. Термограф (самопишущий термометр).

годов входят в повсеместное употребление удобные самописцы фирмы бр. Ришар, по типу которых конструируются они и в настоящее время. Рассмотрим один из них, например термограф, т. е. самописец температуры. В нем имеется барабан, равномерно вращающийся при помощи часового механизма, и приемник, заменяющий шарик термометра и состоящий из металлической пластинки, спаянной из двух металлов, имеющих различную расширяемость от температуры, подобно часовому маятнику. Этот приемник — основная часть прибора, он соединяется с пером, которое

по мере вращения барабана, отмечает все изменения температуры, двигаясь по барабану вверх или вниз; барабан же, вращаясь, дает движение перу в вертикальном направлении и в результате получается кривая линия на бумаге барабана, разграфленной в горизонтальном направлении по времени и в вертикальном — по делениям шкалы термометра, т. е. по градусам (рис. 8). Для записи других метеорологических элементов подобным же образом сконструированы барограф, гидрограф, анемограф и пр. Приемником в барографе является металлическая пустая и герметически закрытая коробочка, как в барометре-анероиде. Упругость этой коробочки под влиянием барометрического давления изменяется, и эти изменения передаются перу самописца. Описанный тип самописцев облегчил их применение в аэрологии; их стали брать при полетах на аэростатах, особенную же ценность они приобрели, когда их стали подвешивать к змеям и малым свободным воздушным шарам без гондолы, которые получили название шаров-зондов, поскольку при помощи их производится зондирование атмосферы на разных ее высотах.

Змеи, употребляемые в метеорологических целях, обычно бывают не плоские, а коробчатые (рис. 9). Первый такой змей был сделан в 1890 г. Харгрэвом. У нас в Слуцкой метеорологической (б. Павловской, под Ленинградом) обсерватории ежедневно поднимаются подобные же змеи, запускаемые на струнной проволоке, при помощи лебедок. Часто к основному, головному змею, присоединяются еще вспомогательные, чтобы поднять приборы на большую высоту. Приборы эти подвешиваются к главному змею в особой коробке, называемой метеорографом; в ней заключены самописцы, соединенные в одно целое: барограф, термограф и анемограф для записи давления, температуры, влажности и скорости ветра. У нас такой метеорограф сконструирован был В. В. Кузнецовым. Средняя высота змейковых подъемов достигает обычно 1,5—4 км. Рекордно высокое поднятие у нас в Слуцке было в марте 1928 г. — 5170 м, а близ Берлина в Аэронавтической обсерватории был случай подъема до 9740 м — мировой рекорд. Однако еще не было случая, чтобы змей проникли за пределы тропосферы.

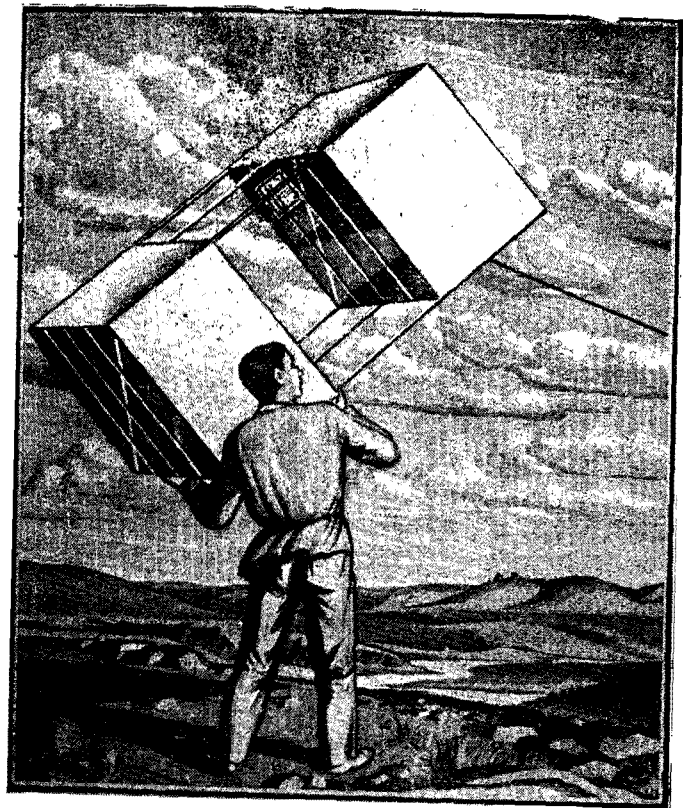


Рис. 9. Коробчатый змей, запускаемый в метеорологических целях.

Таким образом, этот аэрологический способ изучения верхних слоев атмосферы не простирается дальше пределов тропосферы. Другое дело шары, запускаемые без всякой привязи и называемые шарами-зондами, и вновь изобретенные теперь радио-зонды. Они входят уже в пределы стратосферы. Подробнее об этих подъемах будет сказано, когда мы будем говорить об освоении стратосферы.

IV. ПОЧЕМУ НЕБО ГОЛУБОЕ, А ЗАРЯ КРАСНАЯ?

Выше мы видели, что древние люди, считавшие небо твердым, сравнивали его с сапфиром или железом, характеризуя этим и цвет небесного свода, поскольку оно напоминало цвет сапфира или цвет стали, иногда имеющей синеватый отлив. Но в книге Иова небо сравнивается с литым медным зеркалом. Медным небо называется также и в Илиаде. Эти странные на первый взгляд сравнения, вероятно, имеют в виду желтую и медно-красную вечернюю или утреннюю окраску небосклона, обязанную происхождением окраски зари. Эти эффектные и не всегда одинаковые краски зари, равно как и дневная небесная лазурь и ночная синева неба, постепенно сгущаясь по мере угасания сумерек, таят в себе ключ, как оказывается, к открытию нам первых приближенных представлений о высоте атмосферы.

Что представляет собою небесная лазурь, несомненно существующая, эта синева, подобно завесе скрывающая от нас днем звезды?

Леонардо да-Винчи так объяснял синеву неба: «Светлое на темном кажется синим, и синева тем красивее, чем

больше разница между светлым и темным; синева воздуха является следствием большой толщи воздуха, находящегося между Землею и окружающею темнотою; воздух бесцветен, почему синева его тем лучше, чем сильнее находящаяся за нею темнота. По той же причине отдаленные горы, не освещенные, кажутся синеватыми, а освещенные имеют свой собственный цвет».

Гёте объяснял голубой цвет неба следующим образом: «Для появления цветов необходимы темнота и свет — светлое и темное; на свету первым делом является впечатление желтого цвета, а на темном фоне — цвет, который мы называем синим. Если мы рассматриваем темноту мирового пространства чрез мутную среду, освещенную дневным светом, то является синий цвет. Сам же воздух белого цвета, только темный фон делает его синим».

В общем эти взгляды не противоречат тому, что принято в современной науке. Но только общераспространенный теперь взгляд тот, что синева неба явление не субъективное, а в действительности существующее.

Замечательно, что Гёте назвал воздух мутною средою (Dunst). Как раз это соображение лежит в основе современной теории происхождения синевы неба Рэллейя. Под мутною средою следует понимать прозрачное тело, к которому примешаны частицы другого тела, обладающего другою преломляющей способностью, но настолько мелкие, что их не видно и они почти не изменяют прозрачности самого тела. По Рэллею, поток лучистой энергии, проникающий в мутную среду, изменяется — часть ее, лучи длинных волн, проходит через среду, другая же — лучи коротких волн, отбрасываются частицами среды в виде шаровых волн, центрами которых являются сами частицы. Большое значение имеют размеры частиц по отношению к длине волн данного потока. Интенсивность шаровых волн, идущих от частиц более мелких, чем длина волн, как математически показывает Рэллей, обратно пропорциональна четвертой степени длины волны. Отсюда вытекает, что из волн, исходящих из частиц воздуха, наибольшей интенсивностью обладают короткие волны (фиолетовые и синие лучи) и наименеею — длинные волны (красные, оранжевые,

желтые); четвертая степень является указателем на значительную разницу в этом отношении между волнами того и другого порядка. Вследствие этого небо должно казаться нам синим, как разбрасывающее преимущественно короткие волны, т. е. фиолетовые, синие и голубые лучи. Наименее отражающиеся — красные и оранжевые лучи — всего легче проходят через воздух.

Простейшим опытом можно проверить теорию синевы неба. Он состоит в том, что растворяют в спирте кусочек гуммиарабика, не более грамма весом, и размешивают этот раствор стеклянной палочкой в стакане воды. Если теперь сзади стакана поставить темный экран, то в отраженном свете вода в стакане покажется небесно-голубого цвета. Наоборот, в проходящем свете (если смотреть через стакан на свет) жидкость будет казаться красновато-желтой.

В дальнейшей разработке своей теории Рэллей пришел к предположению, что воздух сам по себе, с его молекулами без всяких посторонних частиц, представляет мутную среду синего цвета. Теория Рэллея не устанавливает размеров частиц мутной среды, вызывающей впечатление синевы, и требует только, чтобы эти частицы были значительно меньше длины световой волны; чем размеры их меньше, тем синева интенсивнее. Отсюда вытекает, что чистый воздух без всяких примесей должен производить впечатление синевы более интенсивной, чем обыкновенное небо. Следовательно, на высоких горах и с гондолы аэростата небо должно казаться более темным. Кроме того, здесь имеет значение и то обстоятельство, что вследствие разреженности наверху воздуха число воздушных молекул в единице объема значительно меньше.

Фламарион в описании одного из своих воздушных путешествий говорит: «За пределами 3000 м высоты небо кажется темным и непроницаемым. Его цвет в местах, близких к зениту, становится темным, серо-голубым».

Пиккар при подъеме своим на стратостате определил цвет неба на высоте 12—13 км черно-синим (bleu noir) и на высоте наибольшего его подъема (16,2 км) аспидно-серым (gris ardoise). Прокофьев, Годунов и Бирнбаум видели небо в высшей точке своего подъема (19 км)

темно-фиолетовым. Таким образом, из наблюдений стратонавтов видно, что уже с высоты 13 км небо над головой темно-фиолетовое, а на высоте 22 км даже черно-серое, как определили его Васенко и Федосеевко, судя по их записям, сохранившимся в гондоле катастрофически погибшего стратостата «Осоавиахим». Станным только кажется то, что наши стратонавты не видели на небе хотя бы ярких звезд, которые иногда бывают видны даже с вершины высоких гор, где воздух более разреженный и небо темнее. Полагают, что им сильно мешал отраженный свет от поверхности Земли и освещение внутри самой гондолы. Известно ведь, что ночью на освещенной улице звезды труднее рассмотреть, чем в совершенной темноте. Кроме того, большую роль при этом играет известная подготовленность, т. е. знание наперед, в какой части неба и как ориентированы, относительно Солнца наиболее яркие планеты и звезды. При дальнейших подъемах, когда на это будет обращено внимание, вероятно удастся рассмотреть и звезды или, по крайней мере, такие яркие планеты, как Венера, которая во время полетов наших стратостатов, к сожалению, была очень близка к Солнцу и потому не могла быть видима.

Последовательный ход сумерек и заревые эффекты позволяют судить о стратосфере и ее пределах. Сумерками называется переход от полного дневного освещения к ночной темноте вечером и наоборот, от ночной темноты к полному рассвету утром. Сумерки принято разделять на гражданские и астрономические. Под гражданскими сумерками понимается вечером промежуток от захода Солнца до того времени, когда за недостатком света становится уже невозможным разбирать среднюю печать. Этот переход от сумерек к темноте обычно бывает резко заметным и соответствует погружению Солнца на 8° под горизонт места наблюдения. Но полной темноты еще не наступает, — это наступили астрономические сумерки, рассеянный свет продолжает быть заметным и на западе виден освещенный сегмент неба, исчезновение которого считается концом астрономических сумерек. В это время Солнце погружается на 16° под горизонт, в среднем, хотя в разных местах и в разное время находили для этого момента различную степень погружения

Солнца под горизонт — от 15° до 24° . После конца астрономических сумерек, однако, все еще бывает в течение некоторого времени заметна синева неба, пока она не сольется совершенно с мраком ночи. Разумеется, здесь речь идет о явлении сумерек в южных широтах, для севера же это будет справедливым только в зимнее полугодие. В летнее же время белые ночи не позволяют проследить все явления сумерек, так как астрономические сумерки продолжаются беспрерывно всю ночь от вечерней зари до утренней.

Уже давно было высказано предположение, что конец гражданских и астрономических сумерек соответствует моментам освещения Солнцем верхнего предела тропосферы и некоторого слоя в стратосфере, которые по своим физическим свойствам резко разнятся между собою. Зная размеры радиуса земного шара в километрах и степень погружения Солнца под горизонт данного места, математически определяют высоту того слоя атмосферы, который освещен Солнцем в соответствующий момент окончания гражданских и астрономических сумерек. Для гражданских сумерек получается высота 11 км, соответствующая, повидимому, пределам тропосферы. Для астрономических же сумерек, принимая среднее погружение Солнца под горизонт — 16° , получаем высоту 70 км. Вот средний предел того слоя воздуха в стратосфере, который еще настолько материален, что в состоянии отражать свет и вызывать освещенность ночью сумеречного сегмента неба. Пытались также определить и время исчезновения синевы неба, т. е. полное прекращение какой бы то ни было освещенности неба. Оказалось, что в это время Солнце погружается на 30° под горизонт. Отсюда получилась высота 210 км, на которой все еще существуют, повидимому, какие-то следы воздуха.

В последнее время явления сумерек наблюдал А. Вегенер в Гренландии, где они отличаются наиболее четкой видимостью. Он наблюдал там и измерил две сумеречных дуги — синюю и фиолетовую, которые приписываются им рассеянию света на высоте 700 км. Некоторые исследователи полагают, что и зодиакальный свет, принимаемый обычно за внешние области солнечной короны, на самом



Рис. 10. Зодиакальный свет вечером 10 апреля 1926 г.

деле земного происхождения и объясняют его как сумеречный эффект в самых высоких слоях стратосферы (рис. 10).

С явлением сумерек не надо смешивать явления вечерней и утренней зари. Явление вечерней зари начинается еще до захода Солнца, когда Солнце приближается к горизонту, небо у горизонта изменяется в окраске, по сторонам Солнца становится желтовато-зеленым, а над Солнцем — белым и синим, затем, когда Солнце совсем низко подойдет к горизонту, белое пятно над ним поднимается выше и розовеет, а после захода Солнца оно становится розовым или пурпурным, место же над зашедшим Солнцем сначала бывает охвачено светлым сиянием и, наконец, спустившееся к горизонту пурпуровое пятно сливается с красным цветом зари, разлившись вдоль горизонта.

С момента захода Солнца на востоке также наблюдаются эффекты так называемой противозари. Они выражаются в появлении темно-синего сегмента, который есть не что иное, как тень Земли, отбрасываемая ею на верхние слои воздуха. Обычно она бывает окаймлена мутно-пурпуровым широким бордюром, иногда переходящим в оранжевый цвет, в зависимости от состояния атмосферы.

Иногда заревые эффекты принимают большое развитие, становятся аномальными. В тропосфере происходят, как мы видели выше, разнообразные метеорологические процессы, вызываемые сменой воздушных масс, различных по своим физическим свойствам. Арктические массы воздуха отличаются своей чистотой, тропические, наоборот, загрязненностью. Взаимодействие и смена масс воздуха отражается на ходе заревых эффектов, вызывая разнообразные по окраске и продолжительности зори.

Пылевое загрязнение атмосферы особенно становится сильным после проникновения в верхние ее слои вулканического пепла, а иногда вероятно и космической пыли, попадающей в атмосферу извне, из мирового пространства. Тогда примесь этих посторонних частиц вызывает в атмосфере оптические возмущения, выражающиеся в усилении заревых эффектов, что носит название иллюминации сумерек или ненормальной зари. Ненормальные зори особенно были интенсивны в 1883—1885 гг., после извержения Кракатоа, причем измерение высоты различных сумеречных и заревых дуг привели к заключению, что вулканический пепел поднимался в стратосферу до высоты 32 км в августе 1883 г. После этого он медленно оседал и был на высоте 24 км в сентябре того же года, на высоте 25 км в октябре, 26 км в ноябре, 19 км в декабре и 17 км — в январе 1884 г. Как видим, нижние слои стратосферы были насыщены им, причем временами пепел даже приподнимался в ней, в общем же продолжал постепенно оседать.

После этих зорь подобные же ненормальные зори наблюдались в 1902—1904 и 1912—1914 гг. Первые были вызваны извержением вулкана Мон-Пеле на Мартинике 8 мая 1902 г. и вторые — вулканом Котмай в Аляске 6 июня 1912 г. Но эти оптические возмущения

не были так широко распространены по земному шару, как в 1883—1885 гг.

Загрязнение лашей атмосферы вулканической пылью сказывается, повидимому, еще на одном явлении уже чисто астрономического порядка — мы разумеем затмения Луны. Обычно во время лунных затмений тень Земли, отбрасываемая на Луну, бывает прозрачной и принимает более или менее красный, медно-красный или кровавый оттенок, который был еще Кеплером объяснен преломлением солнечных лучей в земной атмосфере; проходя нижние и самые плотные ее слои, лучи солнечные окрашиваются и бросают на Луну тот пурпурно-красный свет, какой мы замечаем во время наших солнечных закатов.

Однако иногда бывают случаи, когда тень Земли во время лунных затмений бывает настолько непрозрачна, что во время полной фазы затмения Луна как бы совсем исчезает с неба. Эти два типа лунных затмений были замечены еще в глубокой древности. Так, в Талмуде говорится, что Луна во время затмения может превратиться или в кровь или в «темный мешок». По свидетельству русских летописей при затмении 1624 г. Луна сделалась «аки сукно черно», тогда как при затмении 1682 г. «яко медь красная». По рассказам западно-европейских наблюдателей, во время лунных затмений 1642, 1761 и 1816 гг. совершенно невозможно было указать на небе место затмившейся Луны.

Фламмарин наблюдал подобное темное затмение в 1834 г. и заметил любопытную подробность. Тень от Земли на Луне была отграничена как бы кружком особой прозрачной полутени голубовато-серого цвета. Эта прозрачная тень, которую не следует смешивать с оптической полутенью, движущейся впереди земной тени, не есть ли, по словам Фламмарина, тень от земной атмосферы? Если это так, то, исходя из угловой величины этого голубовато-серого бордюра, можно вывести, что высота верхнего предела стратосферы около 360 км, т. е. на этой высоте частицы воздуха еще способны давать какой-то световой прозрачный эффект голубовато-серого цвета, отражающийся на Луне при условии полного потемнения всей остальной тени

Земли. Любопытно, что затмение 1884 г. произошло после извержения Кракатоа, когда стратосфера три года была загрязнена вулканическим пеплом, который, очевидно, являлся причиной помрачения земной тени во время затмения Луны.

Подобное же темное затмение Луны, при полном отсутствии каких бы то ни было признаков красных тонов в земной тени, наблюдалось 30 марта 1903 г., и опять вокруг тени появился загадочный голубовато-серый бордюр. Это затмение наблюдалось и автором этой книжки, который определил тем же методом Фламариона высоту стратосферы около 410 км. Замечательно, что это затмение произошло тоже после извержения на Мартинике, когда стратосфера была загрязнена вулканическим пеплом. К сожалению, после этого таких мрачных затмений пока не наблюдалось.

V. СЕРЕБРИСТЫЕ СВЕЯЩИЕСЯ И ПЕРЛАМУТРОВЫЕ ОБЛАКА В СТРАТОСФЕРЕ

После извержения Кракатоа в 1883 г., кроме аномальных зорь, наблюдалось еще одно интересное явление так называемых серебристых светящихся облаков, появившихся в сумеречном сегменте вечерней зари. Облака эти по своей структуре похожи на перистые, но отличаются от них тем, что, несмотря на свое положение в сумеречном сегменте зари, светятся ярким серебристым светом, тогда как обычные перистые облака на фоне сумеречного сияния представляются в виде темных полос. Отсюда следует, что серебристые облака находятся значительно выше обычных перистых облаков. Выходя из сегмента сумерек, они перестают быть видимыми и, следовательно, их верхний предел видимости совпадает с границей сегмента. Изучением этих облаков занимался Йессе в 1885—1891 гг. и определил их высоту от 80 до 89 км, в среднем в 82 км над поверхностью Земли. Таким образом, впервые было обнаружено, что в стратосфере также могут быть облака, но это не обычные земные облака восходящих токов, а особенные образования, объяс-

ные своим происхождением вулканическим извержениям. По поводу физической природы этих облаков высказывались различные соображения. Думали, что это мельчайшие частицы пепла, отражающие солнечный свет, или пары воды, заброшенные силой извержения в стратосферу или, наконец, частицы водорода, выделившиеся из продуктов извержений.

Позднее, в 90-х годах серебристые облака наблюдались и фотографировались В. К. Церасским в Москве и К. Д. Покровским в Юрьеве, которые изучением своих фотографий подтвердили соображения Иессе о большой высоте, на которой плавают в стратосфере серебристые облака.

30 июня 1908 г. произошло явление, заставившее много говорить о нем не только в специальной, но и в общей печати. В эту ночь повторилось явление аномальных зорь, которое на этот раз правильнее было бы, пожалуй, назвать явлением аномальных сумерек, так как оно обратило внимание на себя не столько яркостью заревых красок, сколько необычайным удлинением гражданских сумерек, вызвавших явление настоящей белой ночи даже на крайнем юге России.

Вот как описывает его одна наблюдательница в Курской губ.: «Явление было замечено около 10 час. веч., когда после сумерек начало точно рассветать. Северо-западная сторона небосклона, а потом и северная его сторона стали светлеть как перед утренней зарей. Вскоре все предметы осветились эффектным светом, похожим на электрический, но с несколько золотистым оттенком. В начале 11 часа стало настолько светло, что можно было не только читать, но даже различать все предметы до мельчайших подробностей. Избы, церковь, деревья, залитые необычайным золотистым электрическим светом, приняли какой-то фантастический вид. Из бледно-лазурного небосклон над горизонтом стал золотистым, облака окрасились слабым розовым оттенком. Затем по небосклону разлился красно-алый цвет, а облака окрасились ярким ало-розовым цветом. Ночной рассвет пробудил пернатое царство, принявшее его за наступление утра. Домашняя птица заволновалась и закричала. В поле с разных сторон слышалось веселое пение пе-

репелов. С криком потянулись стайки пробудившихся чибигов, слышался крик и других птиц. Все это дополняло красивую картину несвоевременной зари». По словам Л. Я. Апостолова, явление белой ночи 30 июня 1908 г. в Ставрополе Кавказском поразило всех настолько, что некоторые в 10 ч. вечера взобрались на крышу и думали, что Солнце взойдет очень скоро на севере. На Черном море видимость вдаль с палубы шедших ночью пароходов поразила всех пассажиров, словно бы это было на Балтийском море.

Во время этой белой ночи были сфотографированы Д. Д. Рудневым в Орловской губ. также и серебристые облака, заполнявшие собою весь северный небосклон. Эта оптическая сумеречная аномалия охватила собою все северное полушарие Земли, она наблюдалась не только в Европе и Азии, но и в Северной Америке. Ученые терялись в догадках и никак не могли объяснить себе ее происхождение. Никаких вулканических извержений около этого времени не было и оставалось допустить только вторжение в атмосферу Земли какого-то космического облака. Однако ни комет, ни падающих звезд в значительных размерах около этого времени также не наблюдалось.

Так и осталось на некоторое время это явление необъясненным. А между тем, утром того же дня, 30 июня 1908 г. в Сибири наблюдалось грандиозное явление падения яркого метеорита, вызвавшее ряд световых и акустических явлений чрезвычайной силы и наблюдавшееся на обширной территории. Но никому в голову не приходило тогда сопоставить его с явлением необычайных сумерек того же вечера. Впрочем, об этом падении метеорита в Сибири, в Европейской части России, а тем более за границей, почти никто не знал. Правда, сибирская пресса много писала о падении метеорита, но место его падения оставалось невыясненным вплоть до 1921 г. В европейской же России тогда же были напечатаны совершенно фантастические и граничащие с простым вымыслом сведения о падении этого метеорита.

Метеоритная экспедиция Академии наук под руководством Л. А. Кулика впервые научно описала явление и

собрала обширный материал о падении метеорита, на основании которого было приблизительно определено место падения метеорита на Подкаменной Тунгуске. Из опросов тунгусов и обследования области падения метеорита было выяснено, что явление это — исключительное по своим размерам. Метеорит, оказалось, ворвался в земную атмосферу с космической скоростью, причем вызвал при своем падении сотрясение почвы, отмеченное сейсмографом в Иркутске, на расстоянии 890 км от места падения. Воздушная волна, образовавшаяся в атмосфере после пролета через воздух космического небесного тела грандиозных размеров, из Сибири докатилась в Европу и была отмечена микробарографами в Слуцке под Ленинградом, в Гринвиче и в других местах. При падении метеорита этой воздушной волной был повален и обожжен горячими газами лес в Тунгусской тайге на пространстве 30 кв. км. Тунгусские чумы взлетели на воздух и погибли стада оленей. Над местом падения высоко вверх взвился в воздухе столб дыма и газов.

Когда все эти явления были установлены и изучены, для меня стало понятно, что между этим утренним падением и вечерней сумеречной оптической аномалией существует несомненная связь. Возгонка газов в тропосферу с места падения была, по видимому, столь велика, что проникла и в стратосферу и мельчайшие частицы газа вызвали там образование мощных серебристых облаков. Теперь это объяснение принято всеми.

Л. А. Кулик полагает, что вообще серебристые облака обязаны своим происхождением метеоритам, наиболее мелкой и легкой части продуктов возгонки вещества при их вторжении в земную атмосферу. Так как каждые сутки миллионы метеоров врываются в нее, то, следовательно, и образование легчайших облаков из остывших продуктов возгонки идет непрерывно. Эта тончайшая пыль распределяется вечно волнующимся, от новых вторжений падающих звезд, слоем в стратосфере, на высоте, примерно, 80—100 км. Обычно этот слой невидим. Но если Земля пересекает «активную» часть орбиты той или иной кометы, особенно в момент благоприятного освещения зоны суме-

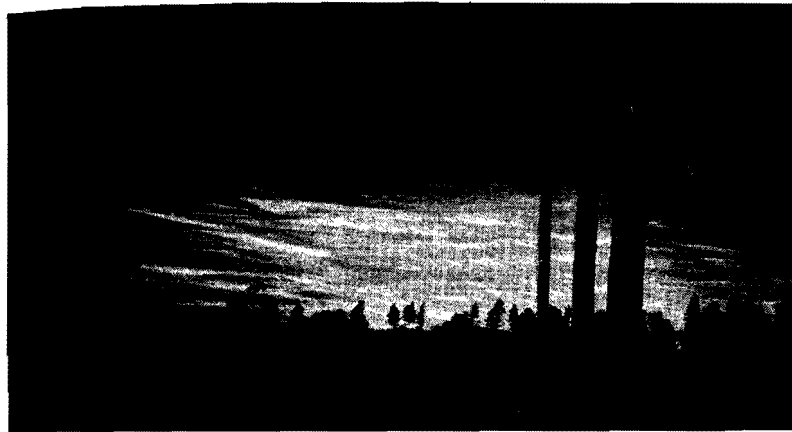


Рис. 11. Серебристые облака под Ленинградом в ночь с 28 на 29 июля 1933 г. в 23 ч. 33 м. Пулковского времени. (Фотография Е. Л. Кривога).

речного сегмента неба, то обилие продуктов возгонки может обусловить собой образование экрана, который на фоне сумеречного сегмента станет отражать лучи зашедшего уже Солнца. Этот эффект и будет нам казаться серебристыми облаками. Таким образом, серебристые облака после падения тунгусского метеорита, наблюдавшиеся затем хотя и в более слабом развитии, но в течение двух недель, возникли не только в результате возгонки продуктов самого метеорита, но и всего того космического облака, в котором он встретился с Землей на ее пути в мировом пространстве.

Серебристые облака наблюдались затем в 1925 г. В. А. Мальцевым в Ленинграде, который получил ряд хороших фотографий их. Изучение фотографий показало, что высота этих облаков также составляла около 82 км. Двигались они в стратосфере с востока на запад со скоростью 824 км/час и охватывали громадное пространство в 1 180 000 кв. км.

Серебристые облака были наблюдаемы также в Ленинграде 28 июля и 2 августа 1933 г. (рис. 11). Они были в это время необычайно эффектны. Их сфотографировал Е. Л. Кринов в 60 км к югу от Ленинграда. Следует обратить внимание на то обстоятельство, что как раз незадолго до появления этих облаков пришло сообщение, что вулкан Суаль на острове Суматра возобновил свою деятельность и начал выбрасывать пепел и камни на высоту свыше 1 км. Соседние деревни были засыпаны пеплом.

В ночь с 30 июня на 1 июля 1934 г. мною и другими в Ленинграде снова наблюдались серебристые светящиеся облака. Особенно любопытно, что это появление их произошло опять в тот же день, когда 26 лет назад в их сопровождении упал на землю тунгусский метеорит. Повидимому, около 1 июля Земля встречает на своем пути метеоритное облако, части которого, попадая в стратосферу, ведут к образованию светящихся облаков.

Высота, на которой появляются серебристые облака, сначала была известна нам только по измерениям Иессе, которому удалось получить фотографии одновременно из двух мест. Все же последующие соображения базировались на предположении, что верхний предел видимости этих облаков совпадает с верхним пределом сумеречного сегмента при том или ином погружении Солнца под горизонт. Этот расчет давал высоту для облаков в пределах 74—82 км. Однако Карл Стермер, наблюдавший в Норвегии в 1932 г., 10—11 и 24—25 июля, светящиеся облака, смог получить фотографии их с разных пунктов, по которым определил их высоту от 74 до 85 км (в среднем, около 81—82 км). Ему удалось также еще в декабре 1926 и в январе 1929 г. сфотографировать перламутровые, т. е. окрашенные в легкие цвета радуги, светящиеся облака, оказавшиеся по измерениям на высоте 23—30 км (рис. 12). По его мнению, эти облака были связаны с восходящим током теплого фронта циклона, проходившего под ними, и потому по своей природе скорее похожи на обычные, чем на высокие настоящие серебристые. По структуре они были также менее тонки и прозрачны, чем высокие серебристые, наблюдающиеся к тому же лишь летом, двигались в том же направлении, как и



Рис. 12. Перламутровые облака вечером 13 января 1929 г. по фотографии К. Стермера в Осло (Норвегия).

циклон, т. е. с запада на восток, и показывали быстрое внутреннее движение.

Это наблюдение ценно в том отношении, что указывает на необходимость пересмотра установившегося мнения о границе тропосферы на высоте 10—13 км. Вероятно во время прохождения циклонов, вследствие сильных восходящих токов, иногда тропосфера сильно всучивается над ними и восходящие токи проникают далеко в область стратосферы, вынося туда облачные образования. Появление перламутровых облаков в Норвегии совпало с редко наблюдаемым состоянием погоды — низким барометрическим давлением при ясном небе, тогда как обычно циклон сопровождается облаками и дождем. Стермер и другие исследователи полагают, что циклоны вообще сопровождаются возникновением облаков в стратосфере и что изучение этих облаков может пролить свет на образование циклонов.

Фиккер, основываясь на аэрологических наблюдениях, полагает, что стратосфера пад циклонами, наоборот, понижается, но, во всяком случае, он также допускает, что стратосфера принимает участие в образовании циклонов; любопытны также некоторые наблюдения резкого понижения температуры после серебристых облаков, указывающие на прохождение холодного фронта вслед за теплым фронтом циклона.

Сопоставляя различные виды высоких облаков, внешне похожих между собою, можно разделить их на три типа: 1) перистые облака в тропосфере на высоте 10—13 км, 2) перламутровые облака в стратосфере на высоте 23—30 км и 3) ночные серебристые облака на высоте 74—85 км. Облака первых двух типов состоят из ледяных кристаллов или переохлажденных частиц воды, структура же облаков третьего типа остается не выясненной. Возможно, что они бывают как космического происхождения (метеорная пыль и газы), так и земного (продукты вулканических извержений). Во всяком случае остается открытым вопрос, каким образом водяные пары проникают в стратосферу, хотя бы только до высоты 30 км.

Мы остановились особенно подробно на явлении серебристых и перламутровых облаков потому, что эти, к сожалению, мало еще изученные феномены, тем не менее могут пролить очень много света на вопросы строения стратосферы. Но для этого надо собирать наблюдения и копить материал, доступный решительно всем наблюдателям. Особенно же желательно привлечь к ним внимание фотографов-любителей. Одновременное фотографирование таких облаков из двух пунктов, отстоящих на десятки километров, дало бы исследователям ценные документальные снимки для проверки определения высоты облаков.

VI. ЗАВЕСА ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ В СТРАТОСФЕРЕ

Кто не слышал о красоте и богатом разнообразии форм полярных сияний? Этот загадочный бледно-зеленый свет, появляющийся ночью на северном горизонте неба, переходящий затем в белые дуги и лучи (рис. 13), иногда окрашивающиеся в красный цвет колеблющейся завесы, известен почти у всех народов севера и средних широт под именем северного сияния, северной зари (*auroga borealis*), на нашем севере носит название «сплохов», «пáзорей». Это явление известно было с глубокой древности, сначала считалось чудесным знамением грядущих войн и кровопролитий, затем, по мере падения веры во всякие чудеса и с развитием научных знаний, его пытались объяснить естественным путем — игрой света Солнца из-под горизонта в водах далекого Северного океана или отражением солнечных лучей в земной атмосфере и, наконец, пришли к предположению об электрическом характере этого явления. М. В. Ломоносов думал, что холодные токи воздуха, опускающиеся из «верхней» атмосферы, замерзшими частицами заключенного в них пара вызывают трение при



Рис. 13. Северное сияние, зарисованное 5 марта 1926 г.

соприкосновении их с восходящими токами теплого воздуха из не замерзающего зимою полярного моря; это трение возбуждает в атмосфере электричество и световые эффекты, наблюдаемые нами под названием северного сияния.

Эта гипотеза нашего талантливого ученого была высказана им в то время, когда об атмосфере и воздушных течениях в ней имели самые смутные понятия, на северное сияние смотрели как на оптическое явление, и потому надо удивляться смелости мысли и богатой интуиции нашего исследователя, впервые понявшего схему круговорота теплых и холодных токов воздуха и электрическую сущность северного сияния. Но гипотеза его имеет теперь большее историческое значение. Тайна северного сияния оказалась более глубокой, чем он думал; она — не земного, а космического порядка и связана не с тропосферой, а с стратосферой. Красивые «драпери», т. е. завесы северных

сияний, как оказывается, бывают видны на очень большой высоте от 65 до 1000 км над поверхностью Земли и появляются под влиянием особого рода лучей или корпускул, исходящих из Солнца. Германский физик Гольдштейн первый высказал мысль, что Солнце испускает в пространство лучи, подобные катодным, и ими объяснял связь между изменениями в солнечных пятнах и соответственными колебаниями в магнитных элементах на Земле и вспышками северных сияний.

Биркеланд, а затем К. Стермер предложили гипотезу, по которой причиной полярных сияний являются корпускулярные излучения, идущие от Солнца и улавливаемые верхними слоями атмосферы под влиянием магнитного поля Земли, и эта гипотеза в настоящее время является общепринятой. От солнечных пятен, в которых происходят грандиозные электромагнитные явления, несутся корпускулы, или мельчайшие частицы в пространство по всем направлениям. Некоторые из них достигают Земли и под влиянием ее магнитных сил, по своеобразным искривленным траекториям в магнитном поле Земли, в конце концов собираются в виде кольца около каждого из магнитных полюсов, вызывая свечение в стратосфере. К. Стермер дал математически обоснованную теорию, объясняющую все богатое разнообразие причудливых форм северных сияний. Вся стратосфера оказывается подобной гигантской катодной трубке, осаждаемой мириадами электронов, бомбардирующих Землю извне.

Для проверки этих взглядов сначала Биркеланд, а потом Брюхе поставили опыты с воспроизведением искусственного полярного сияния. В лаборатории они устанавливали «тереллу» — миниатюрную искусственную Землю — стальной, намагниченный шар, помещая его в разреженный газ и бомбардируя электронами из катодной трубки. Тогда вокруг полюсов «тереллы» появлялись два светлых венца, повторявших все формы настоящих полярных сияний.

Самая важная заслуга Стермера в деле изучения стратосферы заключается в том, что он предпринял изучение северного сияния путем систематического одновременного



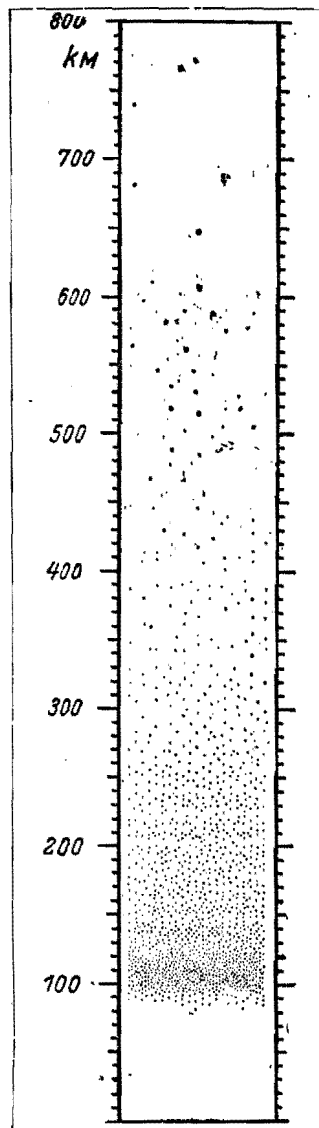
Рис. 14. Северное сияние 15 октября 1926 г. по фотографии К. Стермера.

фотографирования этого феномена из ряда пунктов, соединенных телефонной связью, с целью определения высоты, на которой появляются сияния (рис. 14).

Первоначальные работы в 1910 и 1913 гг. показали, что северные сияния лежат на высоте между 87 и 350 км и при этом наблюдаются два замечательных максимума повторяемости на высоте 101 и 106 км. Датский геофизик Эгедал выдвинул оригинальную гипотезу, по которой во время отлива в стратосфере врывающиеся извне лучи корпускул проникают глубже, чем во время прилива, так как в первом случае они попадают в углубление волны, а во втором—на вершину волны. Он разобрал около 1700 случаев сияний в зависимости от времени прилива и обнаружил определенное подтверждение правильности своего объяснения.

Дальнейшие работы Стермера в 1920—1929 гг. показали, что некоторые лучи северных сияний лежат на необычайной высоте—от 300 до 800 км (рис. 15). Нанесение этих лучей на диаграмму, на которой была проведена граница солнечного освещения с тенью Земли, обнаружило, что лучи сияния до высоты 400 км обычно лежат в ночной области, т. е. в той части стратосферы, которая закрыта от Солнца земной тенью, лучи же от 400 до 800 км,

Рис. 15. Высоты северных сияний в южной Норвегии с 1911 до 1922 г.



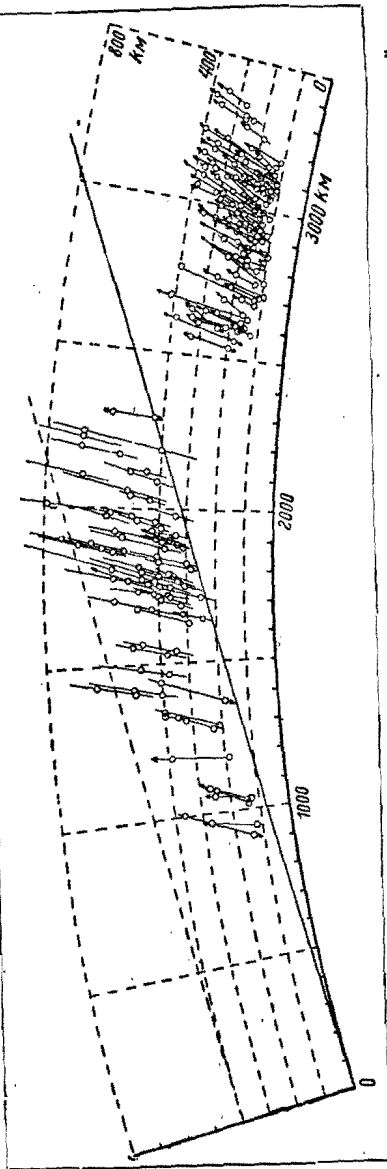


Рис. 16. Положение лучей северных сияний относительно земной тени, по данным сияний 22—23 марта 1920 г. и 13—14 мая 1921 г.

как оказалось, находится в освещенной Солнцем части стратосферы (рис. 16). Во время северного сияния 8 сентября 1926 г. был замечен луч, достигавший даже 1 000 км, это крайний, вообще, предел видимости нами каких бы то ни было феноменов в стратосфере! Замечательно, что лучи, открытые Стермером в освещенной Солнцем области, отличаются от более низких и внешним своим видом — они не зеленые, как обычно, а слабые, серо-фиолетовые и на видимом небосклоне проектируются больше к той части его, которая приходится ближе к зашедшему или восходящему Солнцу.

Во время северного сияния 15 марта 1929 г. Стермером было установлено еще одно любопытное обстоятельство: некоторые лучи состояли из двух частей, причем одна часть лежала в пространстве, освещенном Солнцем, а другая — в тени, при этом обе части были разделены друг от друга темным промежутком. Отсюда Стермер делает заключение, что поток корпускул, который, пронизывая стратосферу, образовал данный луч северного сияния еще в области, освещенной Солнцем, вызвал свечение; это свечение, погаснув при вступлении в земную тень, вскоре, под влиянием ниже лежащих более плотных слоев стратосферы, пронизываемой корпускулами, появилось вновь, чтобы погаснуть уже на высоте всего 100 км.

В последнее время Стермер обратил внимание на то обстоятельство, что лучи, освещенные Солнцем во время вечерних северных сияний, были длиннее, чем во время утренних. Это Стермер объясняет тем, что под влиянием ионизации атмосферы в течение дня интенсивность лучей сияния вечером усиливается, а утром, когда она только что начинается, лучи еще слабы.

Сотрудник Стермера проф. Крогнесс объясняет происхождение лучей, освещенных Солнцем, предположением, что вследствие давления солнечных лучей верхняя часть стратосферы отталкивается, образуя нечто вроде небольшого кометного хвоста, при этом корпускулярное излучение, попадающее в этот хвост, образует верхние лучи северного сияния, освещенные Солнцем.

Проф. Бартельс думает, что едва ли можно допустить, что выше 500 км стратосфера в нормальном состоянии еще настолько плотна, что может светиться, как на высоте 100 км. В виду того что северное сияние достигает наибольших высот как раз при сильных магнитных возмущениях, можно было бы думать, что под электростатическим действием прибывших от Солнца зарядов атмосферная оболочка Земли испытывает временное расширение, подобно заряженному мыльному пузырю. Однако подсчет показывает, что заряд атмосферы, по видимому, для этого недостаточен.

Самое парадоксальное — это видимость ночью слабых фиолетовых лучей, освещенных Солнцем. Впрочем, это не должно особенно удивлять нас, если мы вспомним, что северные сияния, хотя и в редких случаях, иногда наблюдались днем. Днем же наблюдались и некоторые ко-

меты и даже с их хвостами, а последние — не менее причудливые образования, чем лучи северного сияния. Такова, например, комета Скьеллерупа, наблюдавшаяся днем возле Солнца в 1927 г.

Самые низкие из измеренных Стермером лучей и дуг северных сияний были не ниже 77 км. 8 марта 1932 г. Бауэр и Харанг (в Тремсе и Тенесси) получили одновременные снимки полярного сияния в виде дуги, нижний край которой имел темнокрасную окраску. Оказалось, что нижний край этой дуги был расположен всего на высоте 65 км над земной поверхностью. Бауэр полагает, что темнокрасная окраска, резко отличающаяся от обычного красного цвета полярных сияний, обусловлена глубоким проникновением возбуждающих корпускул в земную атмосферу. Любопытно, что это же сияние наблюдалось также мною в Медвежьей Горе (Карелия), откуда также была видна красная его окраска.

Таким образом выходит, что северные сияния не достигают тропосферы. Следует ли из этого тот вывод, что сияния вовсе не наблюдаются в тропосфере? Сам Стермер не берет на себя утверждать этого и замечает, что все наблюдения низких сияний были визуальные, и потому результаты их более или менее сомнительны. Однако, например, астрофизик И. И. Сикора, обработавший наблюдения сияний на Мурмане за период времени 1901—1911 гг., категорически утверждает, что сияния следует подразделить на общие, вызываемые индуктирующей силой, лежащей вне Земли — в Солнце, и местные, обязанные своим происхождением главным образом индуктируемой среде.

Местный характер сияний особенно ясно виден в том случае, когда их наблюдали в тундрах на фоне гор, между паромом и берегом, видели исходящими из котловин. Наблюдателям сияний известны также случаи, что после окончания их на небе появлялись перистые облака, перестраивавшиеся сообразно лучам сияния (наблюдения Н. Н. Калитина сияния 8 марта 1918 г.). В серии гравюр сияний, наблюдавшихся М. В. Ломоносовым, также обращает внимание одна, показывающая связь лучей сияния с облаками (рис. 17).

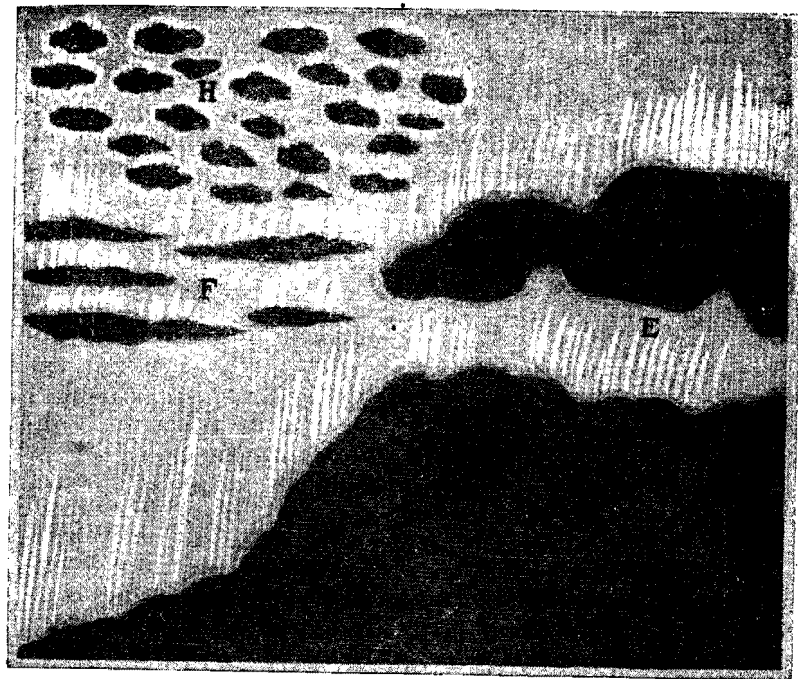


Рис. 17. Северное сияние, зарисованное М. В. Ломоносовым, в виде лучей, исходящих из облаков (рисунок с гравюры на меди).

Но так как перистые облака являются образованиями уже тропосферы, то надо предположить возможность проникновения импульсов сияния и в тропосферу. Стермер говорит, что «когда удастся фотограмметрически констатировать такие низкие сияния, то это будет иметь чрезвычайно большое научное значение, особенно если при этом будет установлено, что эти сияния проникают из внешнего пространства через всю атмосферу. В этом случае мы имели бы, вероятно, дело с проникающим корпускулярным излучением, напоминающим известные космические лучи». Перестраивание перистых облаков сообразно лучам сияния

не есть ли видимый след этого проникающего излучения?

Остановившаяся пескoлькo подробнее на возможности явления «местных сияний», мы имеем в виду широкий круг любителей-наблюдателей природы, а также наблюдателей-зимовщиков в Арктике, полагая, что это побудит их внимательнее относиться к такого рода наблюдениям. Накопление подобных фактов прольет больше света на явление сияний, во многом еще загадочное.

Однако проникновение корпускулярных воздействий до поверхности Земли видно уже из одного факта возникающих во время сияний магнитных бурь, когда все магниты земного шара содрoгаются и стрелки буссолей и компасов отклоняются то в одну, то в другую сторону от обычного своего положения. Удалось даже подметить связь в скачках магнитных элементов с отдельными фазами полярных сияний. При этом, чем ярче сияние и чем на большую часть земного шара оно распространяется, тем интенсивнее проявляется магнитная буря, часто расстраивающая наши телеграфные аппараты. Иногда телеграфистам приходится совершенно прекращать прием и передачу депеш по этой причине. Во время грандиозной магнитной бури 13—20 мая 1921 г. в Карлштадте даже сгорела телеграфная станция. Пожар возник от земных токов, которые сожгли изоляцию в кабелях, после чего огонь распространился на помещение и в несколько часов уничтожил всю станцию. В Нормандии также сгорел кабель от сильных земных токов и прекратил сообщение со Стокгольмом.

VII. КАКИЕ ГАЗЫ ВХОДЯТ В СОСТАВ АТМОСФЕРЫ

У становление химического состава воздуха было сделано великим французским химиком Лавуазье в 1777 г., когда он произвел свой знаменитый опыт количественного анализа воздуха с помощью нагревания в колбе ртути (рис. 18). Из полученной окиси ртути он выделил газ, увеличивающий горение, названный им оксигеном — кислородом. Газ, оставшийся в колбе, он назвал азотом. «Анализ атмосферного воздуха, — говорит Лавуазье, — дал его разложение на две упругие материи, одну — поддерживающую дыхание, другую — его не поддерживающую». Первый газ, кислород, давал, по его несовершенным определениям, 73 части, а второй 27 частей всего объема воздуха. Позднее Гей-Люссак и Гумбольдт нашли в 100 частях воздуха 79 частей азота и 21 кислорода. Это соотношение частей уже было более точным. Значительно позже было выяснено, что в составе воздуха находятся и другие газы, но в очень малых количествах. В нижеследующем ряду приводится, по П. И. Броупову, соотношение всех составных частей воздуха по объему, причем берутся 100 частей

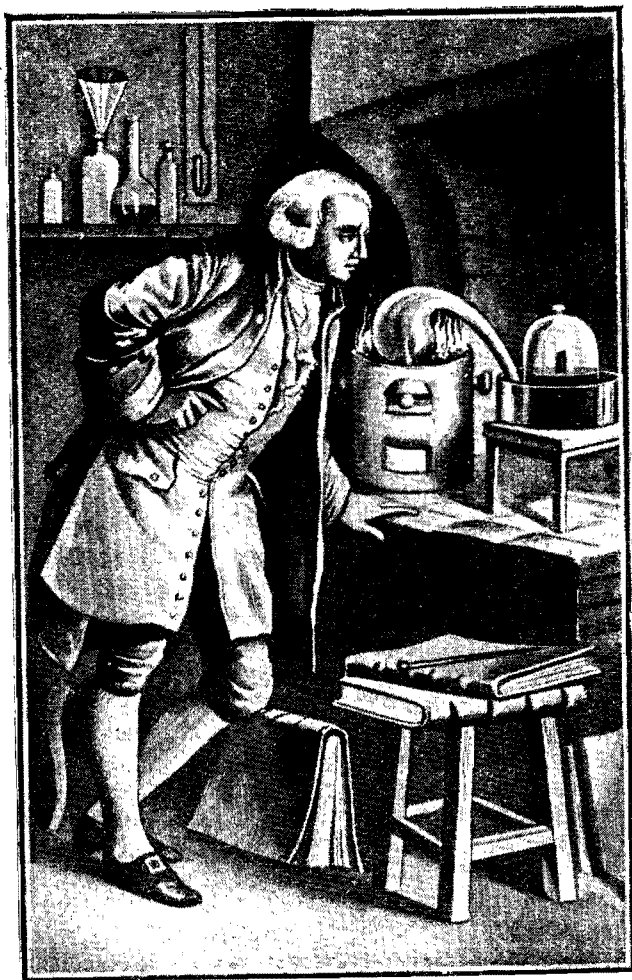


Рис. 18. Лавуазье, устанавливающий химический состав воздуха.

сухого воздуха, без содержания водяных паров. В следующем нижнем ряду указаны плотности этих частей по отношению к водороду, принимаемому за 1.

Газы	Азот	Кислород	Аргон	Углекислота	Водород	Неон	Гелий
Объем	78,03	20,99	0,94	0,03	0,01	0,0015	0,00015
Плотность	13,92	15,94	19,82	22,01	1,00	9,91	1,97

Приведенное соотношение газов в составе воздуха имеет в виду атмосферный воздух вблизи земной поверхности.

Является вопрос, как далеко вверх простирается это соотношение, по крайней мере, в главных своих составных частях? По закону Дальтона, вытекающему из лабораторных опытов, давление смеси газов, химически не действующих друг на друга, равно сумме давлений, которые обнаруживал бы каждый из газов, если бы он один дополнял весь тот объем, который занимает наша смесь. Давление каждого отдельного газа называется парциальным давлением. Давление смеси газов должно равняться сумме парциальных давлений всех газов, составляющих данную смесь. Исходя из этого закона, атмосферу можно рассматривать как составленную из ряда как бы самостоятельных атмосфер азота, кислорода и т. д. Общее давление у поверхности Земли должно равняться сумме парциальных давлений каждой из этих отдельных атмосфер. По закон Дальтона имеет в виду только лабораторные условия при одинаковом давлении. Выше же мы видели, что барометрическое давление с поднятием вверх уменьшается. Следовательно и условия распределения газов в воздухе верхних слоев должны изменяться. Уменьшается там и сила тяжести. Таким образом, каждый газ внизу более сгущен, наверху более разрежен, причем упругость каждого газа убывает вверх различно, в зависимости от его плотности. Вследствие этого, теоретически рассуждая, оказывается, что на разных высотах состав воздуха неодинаков и находится в зависимости от плотности газов и господствующей там температуры. При помощи математического вычисления по так называемой барометрической формуле, в которую входит степень расширения газа и температура, находят, что

в общем количество кислорода должно убывать вверх и на высоте 90 км этот газ почти совершенно исчезает. На высотах около 50 км атмосфера должна состоять почти на 87% из азота, а на еще больших высотах 100—110 км атмосфера уже почти целиком должна состоять из водорода и гелия,

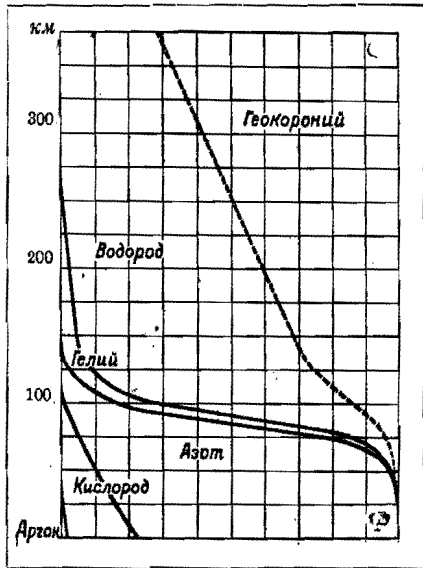


Рис. 19. Химический состав атмосферы на разных высотах (каждое деление соответствует 25 км высоты).

вертикальными воздушными потоками, перемешивающими более нагретые воздушные массы нижних слоев атмосферы с более охлажденными массами высших слоев; он характерен также значительной влажностью и служит ареной облакообразования. Французский физик Тейсеран-де-Бор в начале 1900 г. предложил назвать этот нижний слой атмосферы

1) Все эти расчеты по барометрической формуле предположительно, так как все зависит от того, какие значения температур вводятся в вычисление.

тропосферой (от слова *tropos* — поворот), т. е. атмосферой обратимых, конвекционных — восходящих и нисходящих течений, в отличие от верхнего слоя — стратосферы (от слова *stratus* — слой). Последним термином он назвал верхние слои атмосферы, лежащие над тропосферой, в которых падение температуры замедляется, а затем, повидимому, происходит ее нарастание, где уже нет восходящих и нисходящих токов, но возможны лишь движения посплошно в горизонтальном направлении.

Мы уже видели выше, что резкого отличия тропосферы от стратосферы на высоте 10—12 км в действительности не существует: восходящие токи проникают до высоты 20 и даже 30 км, где образуются перламутровые облака. Что же касается химического состава воздуха в пикней части стратосферы, то анализ пробы воздуха, взятого во время полета первого советского стратостата на высоте 18 500 м, показал, что воздух содержит в себе 20,95% кислорода и 78,13% азота. Уменьшение кислорода и увеличение азота, как видим, прямо-таки ничтожно. Это тем более удивительно, что Бусеню, бравший пробы воздуха на высотах от 1323 до 2650 м получал путем анализа 20,70—20,65% кислорода. Как будто бы дело обстоит так, что, уменьшаясь на небольшой высоте в тропосфере, кислород в стратосфере снова становится по объему почти таким же, как у поверхности Земли. Это говорит не в пользу теории о преобладании на больших высотах более легких газов и требует пересмотра теоретических соображений, основанных на барометрической формуле.

В 1780 г. Фан-Марум при помощи сильной электрической машины пропускал большое количество искр через трубку, наполненную кислородом. Вскоре он убедился, что газ получил запах. Он думал сначала, что это запах «электрического вещества», так как напоминал подобный же запах, иногда распространявшийся после разряда молнии. Через 60 лет Шонбейн в Базеле разложил при помощи вольтова столба воду и был поражен тем же самым запахом газа, отделявшегося на положительном полюсе. Открытым им газ он назвал озоном, т. е. пахнущим газом. Впоследствии газ этот подвергся детальному изучению и оказался

очень любопытным с химической точки зрения. Только в 1851 г. было окончательно установлено, что озон не есть новый химический элемент, а представляет собою кислород как бы в сгущенном состоянии. Это особенное состояние вещества называется химиками аллотропией, т. е. свойством являться в различных видах. Озон получается действием на кислород электричества.

Присутствие озона в воздухе у поверхности Земли чрезвычайно ничтожно, и большого значения он здесь не имеет. Но в последнее время начали подозревать, что количество его увеличивается с высотой. Уже давно было замечено, что спектр небесных светил, наблюдаемых астрономами через толщу всей нашей атмосферы, виден не полностью, а со стороны своего фиолетового конца, как бы обрезан. Все газы, входящие в состав нашей атмосферы, как показали лабораторные опыты, не в состоянии абсорбировать, т. е. поглощать ультрафиолетовые лучи, а между тем это явление наблюдалось всеми в спектрах всяких небесных светил. Оставалось допустить, что в атмосфере имеется еще какой-то неизвестный газ, вызывающий абсорбцию ультрафиолетовых лучей. Английский физик Гартлей нашел, что ультрафиолетовые лучи очень сильно поглощаются озоном и первый высказал предположение, что поглощение этих лучей в спектрах небесных светил происходит от атмосферного озона. А между тем было известно, что количество озона в воздухе столь мало, что он не может вызвать это явление поглощения. Как же можно было разрешить это противоречие? Полосы озона, наблюдавшиеся в спектрах разных небесных светил, долго не были обнаруживаемы в спектре Солнца, но когда спектрограф был направлен в зенит при низком положении Солнца у горизонта, то полосы озона земного происхождения довольно отчетливо появились в солнечном спектре. Из этого сделали заключение, что озон находится в нашей атмосфере на очень большой высоте. При этом допущении становилось понятным, что луч Солнца, низко расположенного над горизонтом, сначала проходит в горизонтальном направлении через большую толщу атмосферного озона, а затем проникает по вертикальному направлению из зенита в спектрограф и об-

разует достаточно яркий фиолетовый конец спектра, чтобы обнаружить в нем полосы озона, принадлежащие земной атмосфере.

Существование озона в верхних слоях атмосферы подтвердилось и другими, более сложными исследованиями, причем оказалось даже возможным определить, какую толщину имел бы озон, если бы можно было все количество его собрать у поверхности Земли в один слой, при нормальной температуре и давлении. Слой этот оказался чрезвычайно тонким, всего в 3 мм толщиной. По отношению к допускавшемуся нами ранее концентрированию всей земной атмосферы у поверхности Земли до 8 км высотой, слой озона составит всего 0,00004% по объему. И однако столь малое количество озона оказывается достаточным для того, чтобы предохранить нас от чрезвычайно вредного, даже убийственного действия коротких ультрафиолетовых волн на организмы. Оказывается, озон защищает нашу кожу именно от ультрафиолетовых лучей Солнца, вызывающих у нас явление загара. Если бы в атмосфере не было совершенно озона, солнечные лучи причиняли бы нам столь быстрые и сильные ожоги, что жизнь вообще вряд ли была бы возможна на нашей планете.

Когда было установлено присутствие в верхних слоях атмосферы озона, интересно было выяснить, на какой высоте он находится? Вследствие кривизны слоев воздуха, концентричных с земною поверхностью, длина пути луча в слое озона изменяется с изменением зенитного расстояния, но величина изменения зависит от высоты слоя озона. Чем слой выше, тем изменение меньше. По вычислению, оказывается, что слой озона расположен между 40 и 65 км над поверхностью Земли, колеблясь в разные дни и спускаясь иногда, как показывают последние наблюдения, даже до того предела стратосферы, который уже достигается человеком. Гётц нашел, что летом на Шницбергене слой озона оказался на высоте всего около 25 км (рис. 20). Однажды он спустился даже до границы стратосферы (26 августа 1929 г.). В 1934 г. проф. Регенер (Берлин) обратил свое внимание на исследование содержания озона в атмосфере. Для этой цели он сконструировал особый автоматический спектро-

граф, регистрирующий спектр солнечного света, отраженного от горизонтальной пластинки, покрытой магнезией. Наблюдения с этим прибором привели Регенера к определенному заключению, что озон находится не в самых высоких слоях стратосферы, как это предполагалось до сих пор, а главная его часть сосредоточена в слое от 15 до 30 км.

Есть еще один чрезвычайно ценный метод изучения химического состава и физической природы высоких слоев

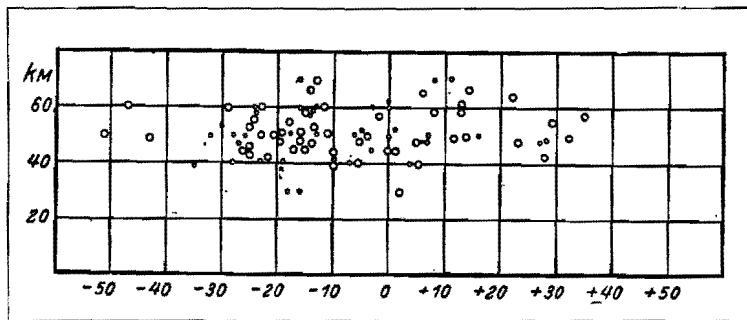


Рис. 20. Высота и величина слоя озона (отклонения содержания озона от средней месячной величины).

стратосферы путем наблюдения и спектрографирования падающих звезд или метеоров. Эти мелкие космические тельца в большом количестве встречаются нашей планетой при ее движении в пространстве и прорезают стратосферу с огромными скоростями в десятки километров в секунду, зондируя ее по всем направлениям в пределах от 30 до 150 км. Эти небольшие космические тела имеют в диаметре не больше 1 мм, а масса их выражается всего 4—6 мг. Несмотря на столь ничтожную величину и большую удаленность от нас, метеоры иной раз светятся как яркие звезды 1-й величины. Происходит это оттого, что светится не только метеор, но и охватывающий его поток газов на большом пространстве. Следы, остающиеся на небе после потухания метеоров, в особенности болидов, т. е. крупных и ярких метеоров, дающих видимый диск, представляет

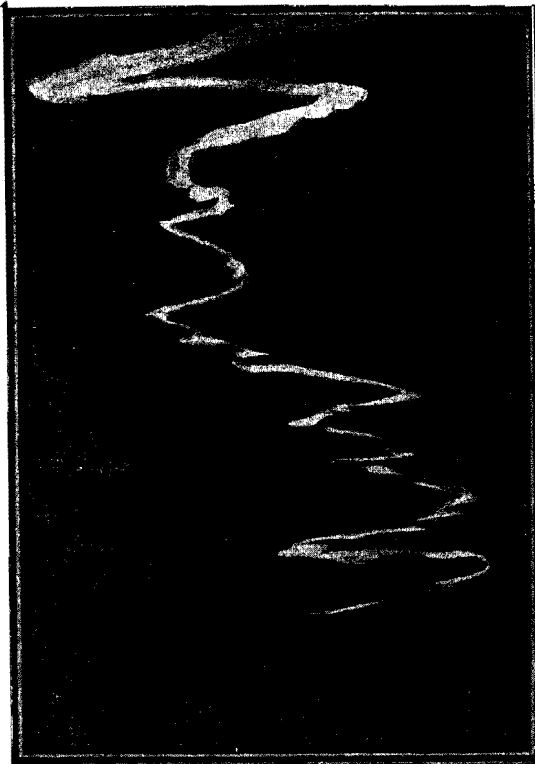


Рис. 21. След, образовавшийся на небосклоне после полета Алашанского метеорита 12 декабря 1905 г.

собой тоже светящийся газ, который держится иной раз несколько минут. Эти следы обычно бывают видимы на высоте около 80 км. Следы, постепенно исчезая, иногда изменяют свою внешнюю форму, искривляются, изгибаются и пр. (рис. 21). Это указывает на то, что и на такой большой высоте существуют какие-то течения, деформирующие видимую нами светящуюся разреженную материю. Совокупность этих наблюдений, а также движение серебристых

облаков показывают, что направление ветра в стратосфере зависит как от места, так и от времени. Между 30 и 80 км высоты в Европе и Северной Америке господствуют восточные ветры, над ними — западные.

Полагают, что температура при возгорании метеоров достигает 7000°. Этот тепловой эффект достигается вследствие трения пролетающего метеора о частицы воздуха и сжатия воздуха впереди метеора. Для метеоров, состоящих из мельчайших частиц железа, Н. Т. Турчинович указал еще одно обстоятельство, содействующее воспламенению; именно, металлическое железо, содержащее некоторое количество водорода, в мелкодробленном состоянии обладает так называемыми пирофорическими свойствами, т. е. само собой возгорается в воздухе. Каждая частица железа при этом накаливается и, соединяясь с кислородом воздуха, превращается в окись железа. Озон стратосферы должен значительно содействовать усилению этого явления.

Изучение спектров метеоров показало, что чрезвычайно трудно различить, какие линии в спектре происходят от вещества самого метеора, а какие от свечения окружающего метеор воздуха. Визуальные наблюдения спектра метеоров указывали на желтую линию, приписывавшуюся раньше натрию, и даже допускалось поэтому присутствие поваренной соли в воздухе. Но скорее всего — это линия гелия. Точно измеренные спектры метеоров показали присутствие водорода и железа, причем железо, вероятно, принадлежит самим метеорам, а водород — окружающей атмосфере на высоте их стгорания.

По последним данным наибольшая яркость метеорных вспышек лежит между 82—96 км высоты. Повидимому, этот слой, по своей плотности, наиболее благоприятствует этим вспышкам.

Северные сияния, о высоте которых мы подробно говорили выше, также дают нам ряд указаний о химическом составе тех областей стратосферы, где они вспыхивают. Вегарду удалось измерить около 30 линий спектра сияния, от красного до ультрафиолетового, и, по его измерениям, преобладающее число линий принадлежит азоту, но он не нашел линий легких газов — гелия и водорода. Особен-

ное внимание он обратил на яркую зеленую линию сияния, известную и до него всем наблюдавшим спектроскопически северные сияния, которую А. Вегенер приписывал гипотетическому газу геокоронию, названному так потому, что эта же линия была обнаружена в составе солнечной короны. Заморозив азот в лаборатории низких температур и заставив светиться под ударами электронов кристаллики твердого азота, Вегард рассматривал это свечение в спектроскоп и обнаружил в спектре присутствие яркой зеленой линии, длина волны которой довольно близко подходила к зеленой линии северных сияний. Сенсационная гипотеза Вегарда о слое твердого азота на короткое время привлекла всеобщее внимание. Некоторые вспомнили даже по этому случаю библейскую небесную твердь, и выходило так, что в «Бытии» Моисея твердый азотный слой давным-давно был предусмотрен. Однако сам Вегард не говорил о сплошном твердом слое азота. По его гипотезе выходило, что твердый азот распылен в стратосфере по одной молекуле на 10 куб. м.

Но сенсация твердого азота скоро рухнула. В 1925 г. Мак-Леннан и Шрум произвели очень важное открытие. Оказалось, что смесь гелия и кислорода при некоторых условиях дает спектральную линию, длина волны которой очень близка к зеленой линии северного сияния. По последним исследованиям зеленая линия вызывается неустойчивым состоянием атома нейтрального кислорода. Есть предположение, что зеленая линия получается во время ночного распада молекул озона, образовавшихся в течение дня.

Странным образом зеленая линия в лабораторных условиях усиливается от примеси инертных газов в кислороде. Так, примесь аргона делает ее в 85 раз ярче, чем в чистом кислороде. Поэтому-то думают, что в спектре северных сияний яркость зеленой линии настолько ослабляет другие линии кислорода, что они до сих пор совершенно не обнаруживаются. Повидимому, в тех слоях стратосферы, где происходят полярные сияния, какие-то другие примеси усиливают знаменитую зеленую линию значительно, чем усиливает ее аргон в лабораторных условиях, а остальные линии кислорода остаются вполне подавленными.

Любопытно отметить, что Вихерт и Бэбкок обнаружили и тщательно исследовали зеленую линию вообще в спектре ночного неба, независимо от сияния. Оказалось, что она отмечает собою вообще свечение ночного неба, но с меньшей степенью интенсивности, а также имеет колебания в яркости. В спектре же северного сияния, кроме этой линии, видны еще полосы азота, которых в спектре ночного неба не бывает, причем они появляются даже и в тех случаях, как указывает Стермер, когда лучи сияния достигают 800 и даже 1000 км. Таким образом в самых высших, известных нам слоях стратосферы азот еще существует.

VIII. ТЕМПЕРАТУРА И ДРУГИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСШИХ СЛОЕВ СТРАТОСФЕРЫ

В низших слоях стратосферы, начиная от границы ее с тропосферой, как это мы видели выше, вплоть до 40 км высоты температура почти одинакова и равна приблизительно -50°C , но дальше она, повидимому, начинает повышаться. Какая же тому причина?

Из того обстоятельства, что озон поглощает ультрафиолетовые лучи Солнца, Линдеман и Добсон сделали вывод, что температура слоя озона должна быть больше, чем в слое воздуха, лежащего выше или ниже слоя озона, и оценили эту температуру в 27° выше нуля. Они же пытались из наблюдений над падающими звездами заключить о плотности воздуха вдоль пути метеора; эта плотность по их расчетам оказалась такой, что стратосфера в области возгорания метеоров должна быть разреженнее, чем обычно принимают. На значительное повышение температуры на высоте наводят и соображения, вытекающие из наблюдений над пушечной стрельбой, взрывами и другими акусти-

ческими явлениями, о чем будет сказано дальше. По этим данным на высоте даже 40 км температура должна быть около 30° выше нуля. Наиболее яркие следы метеоров между 82—96 км, о чем было сказано выше, показывают что метеоры проходя этот слой иногда по несколько раз, вспыхивают и ослабевают в блеске, что, повидимому, указывает на неоднородность как в плотности, так и температуре всего этого слоя (рис. 22).

Здесь следует вспомнить, что на высоте 70—80 км наблюдаются серебристые облака, которые А. Вегенер считал состоящими из кристалликов льда, хотя, быть может, здесь происходит конденсация не паров воды, а какой-либо иной составной части атмосферы. Но допущение Вегардта о замерзшем азоте должно быть отвергнуто потому, что в этих слоях стратосферы невозможна столь низкая температура даже в теневой стороне Земли, какая требуется для замерзания азота, т. е. -210°C .

Большое значение имеет для исследования стратосферы акустический метод, т. е. изучение законов прохождения в атмосфере звуковых волн. Путь нормального звукового луча обусловлен температурой и распределением ветра в тропосфере. При обычных условиях звуковые лучи на некотором расстоянии на Земле ослабляются и звука уже не слышно. Но иногда он бывает слышен на Земле на больших расстояниях. Это происходит тогда, когда звуковые волны, вышедшие из источника наискось вверх, снова отклоняются к Земле. Это может случиться только тогда, когда скорость звука увеличивается с высотой. В ясные, тихие ночи, когда воздух сильнее остывает у поверхности Земли, вследствие излучения, чем вверху, скорость звука увеличивается с высотой. Кроме того, звук, повидимому, увлекается ветром; ветер, задерживаемый вблизи Земли трением, на высоте сильнее, чем внизу, так что звуковые лучи искривляются против ветра кверху, а по ветру вниз.

Однако уже давно было замечено, что при больших взрывах складов взрывчатых веществ и т. п. наблюдается любопытная акустическая аномалия. Звук взрыва громко слышен вблизи места взрыва, постепенно ослабевая с расстоянием, и на расстоянии больше 50 км совершенно зату-



Рис. 22. Фотография болида 13 августа 1928 г., показывающая неравномерность его вспышек (сфотографировано на фоне Млечного пути).

хает. Но вдруг оказывается, что дальше, на расстоянии начиная со 100 до 300 км звук взрыва делается опять слышимым. Если нанести на карту значками те пункты, в которых звук слышен, то оказывается, что промежуточная территория между двумя областями слышимости располагается

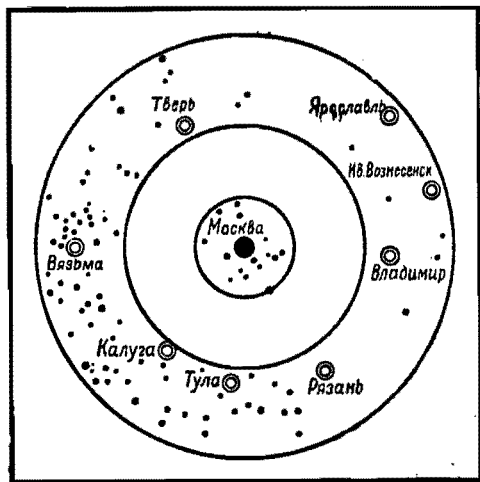


Рис. 23. Пояс тишины во время московского взрыва 9 мая 1920 г.

вокруг источника взрыва концентрически в виде особой зоны или «пояса тишины» (рис. 23).

Мировая война доставила обширный материал для изучения этого явления со времени бомбардировки в 1914 г. Антверпена, когда голландский проф. Ван Эвердинген опубликовал собранный им материал. После войны немцы и французы стали специально производить взрывы, заранее подготавливая к ним наблюдателей, благодаря чему явление «пояса тишины» в настоящее время достаточно изучено. Ставились подобные же исследования и у нас. Оказалось, что существует еще второй «пояс тишины» между 200 и 300 км, и далее звуки при некоторых благоприятных условиях могут быть прослежены до 400 км.

Ширина зоны слышимости между двумя зонами тишины колеблется по временам года. В среднем зимою она равна 110 км, летом 190 км. Наблюдения в этой зоне показали, что принимаемый звук запаздывает здесь против нормальной его скорости. Это можно объяснить только тем, что звук достигает этой зоны не по поверхности Земли от места взрыва, а поднимается сначала кверху до 40—50 км, откуда возвращается обратно на Землю, отразившись от какого-то слоя. Одним словом, получается акустический мираж. Если бы скорость звука все время уменьшалась с высотой, как это имеет место в тропосфере, то луч звука, поднимаясь все круче, обратно на Землю не вернулся бы; только при возрастании скорости звука с высотой можно ожидать поворачивания луча вниз обратно к поверхности Земли.

Чем же объяснить явление поясов или зон тишины и слышимости? Аэрологические подъемы пока ничего не дают для объяснения этого аномального распространения звука, потому что температуры, измеренные на высоте, оказываются чрезмерно низкими. Направление ветра так же не может иметь тут никакого значения, так как этим можно было бы объяснить только одностороннее распространение звука, но не концентрические зоны. Из физики известно, что при повышении температуры воздуха скорость звука возрастает. Слой высокой температуры в таком случае мог бы отразить звуки, и они достигли бы внешней зоны слышимости. Поэтому из наблюдений акустического миража заключают, что на высоте 40 км преобладают температуры порядка $+30^{\circ}\text{C}$ выше нуля. Делается даже допущение, что на высоте 50 км температуры достигают $50\text{--}70^{\circ}$ выше нуля. Два пояса тишины и две внешних зоны слышимости, повидимому, указывают также на два слоя с повышенной температурой в стратосфере, что обнаруживают, как мы видели выше, и прерывистые вспышки метеоров.

Происхождение горячего слоя в стратосфере объясняется обычно действием на кислород стратосферы ультрафиолетовых солнечных лучей. В арктических странах, во время полярной ночи, следовало бы ожидать охлаждения горячего слоя в виду длительного отсутствия Солнца. С этой целью во время последнего Международного полярного года (1933 г.),

посвященного всестороннему изучению Арктики, нашими и немецкими геофизиками были поставлены опыты со взрывом аммонала в трех пунктах Новой Земли. В этих же пунктах, а также на острове Гукера и на земле Франца Иосифа производился прием непосредственных звуков взрыва и сравнение их с передачей моментов взрыва по радио. К этому были привлечены другие полярные станции и суда, находившиеся в районе Новой Земли. Исследования, однако, показали, что акустическая картина в полярных странах не меняется и теплый слой в стратосфере над полярными районами существует. Если не допускать мысли о том, что повышенное количество озона в полярную ночь приходит из южных широт, то не остается ничего другого, как допустить наличие другого фактора, действующего и ночью. Добсон рассматривает корпускулярное излучение Солнца как озонообразующий фактор на полюсе, а может быть и на всей земле. Однако Гётц не смог на Шницбергене установить связи озона с магнитными возмущениями и полярными сияниями.

Радиолюбителям известен еще один слой в стратосфере, названный слоем Хивисайда-Кеннели, по именам исследователей, которые еще в 1902 г. объясняли, почему электромагнитные волны беспроволочного телеграфа не распространяются в пространстве прямолинейно, а огибают кривую поверхность Земли. Высота этого слоя в стратосфере, зеркально отражающего радиоволны на Землю, колеблется от 90 до 130 км ночью в летнее время. Зимой, в последние три ночных часа, часто наблюдается слой, поднимающийся до 250—350 км; но как только солнечные лучи касаются атмосферы, нижняя граница слоя опускается до 100 км. В течение дня ниже основного слоя Хивисайда, повидимому, образуется еще вторичный, всего на высоте 40—50 км.

Полагают, что в слое Хивисайда-Кеннели имеется большое число ионизированных частиц и этот слой является электропроводящим слоем. Величина его так называемой ионной проводимости на высоте 100 км, характеризующая электрическое состояние газа, по подсчетам, в 10 миллиардов раз выше наблюдаемой у поверхности Земли. Благодаря этим особым электрическим свойствам верхний слой

играют роль как бы зеркального слоя для радиоволн, отражающего их обратно на Землю.

Любопытно, еще ранее Стюарт (1882 г.) и Шустер (1886 г.) сделали предположение о существовании в атмосфере Земли особого проводящего слоя, при помощи которого они объясняли суточные изменения магнитного поля Земли. Это, в сущности, и есть слой, существование которого допустили впоследствии Хивисайд и Кеннели.

Следует упомянуть еще о явлении так называемых радиопомех, хорошо известных всем радиолюбителям. Их называют атмосферными шумами и обычно приписывают грозовым процессам в атмосфере. Возможно, однако, что некоторые из них связаны с слоем Хивисайда-Кеннели, который неоднороден, волнист и как бы хаотичен. Радиопомехи были отмечены также в Слуцке в октябре 1933 г. во время обильного дождя падающих звезд, бомбардировавших стратосферу и вызывавших в ней, очевидно, какие-то изменения электрического порядка.

Таким образом, изучение электрических и магнитных явлений оказывается также важным методом познания состава, строения и возмущений стратосферы. Это изучение может облегчить понимание и количественный учет внешнего магнитного поля Земли. Оно также может дать количественную характеристику степени ионизации и движения ионизированной массы на больших высотах в стратосфере и привести к пониманию законов действия радиоволн на высотах, что может быть использовано для определения высоты и направления полетов в стратосфере.

IX. ИТОГИ НАШИХ ЗНАНИЙ О СТРАТОСФЕРЕ

Попробуем теперь подвести итоги всему сказанному о стратосфере и представить себе общую схему ее строения, как она обрисовывается в свете последних научных достижений (см. рис. 24, где внизу горы, кучевые и перистые облака; *a* — перламутровые облака; *b* — наивысший подъем шара-зонда; *c* — серебристые облака и метеоры; *d* — максимум повторяемости северных сияний).

1. Граница между тропосферой и стратосферой, определяемая высотой 10—12 км, конечно, очень условна. Она изменяется в пределах нескольких километров от положения места — на экваторе она выше, чем у полюсов. Под влиянием атмосферных процессов в тропосфере граница эта также меняется. В тропосфере температура падает примерно на 5—7° при поднятии на каждый километр, летом несколько больше, чем зимой. Для средних широт тропосфера кончается на высоте 10—11 км с температурой около —55°. На экваторе предельная температура около —80° на высоте 16 км.

2. Выше тропосферы температура почти не меняется и начинается стратосфера или изотермический слой. Здесь уже почти нет тех конвекционных, т. е. вертикальных передвижений масс воздуха, которые характерны в циклонах, и нет облаков обычного типа, температура становится постоянной, в среднем —55°. Однако, хотя слово «стратосфера» и означает собою наличие только горизонтальных перемещений, все же, повидимому, иногда и здесь бывают вертикальные движения, выносящие продукты извержений и газы вулканов в более высокие области; здесь же иногда появляются и перламутровые облака. Эта область, по составу воздуха, повидимому, мало отличается от тропосферы и простирается в высоту до 40—50 км; в ней находится слой озона на высоте 45—60 км, иногда спускающийся до границы с тропосферой.

3. От 40 км температура поднимается и достигает наибольших значений на высоте около 50 км, где, быть может, находится даже горячий слой воздуха (40—70°). Вероятно, здесь плотность и ход температуры меняются,



Рис. 24. Схематический разрез земной атмосферы.

понижаясь и снова повышаясь, что указывает на слоистость строения этой части стратосферы. Об этом говорят нам перемежающиеся вспышки падающих звезд.

4. Верхняя часть стратосферы, начиная с высоты 70—80 км, характеризуется сильным понижением в ней кислорода, уменьшением азота и, быть может, по мнению Гемфриса, увеличением водорода. Температура здесь снова начинает быстро и резко падать. В этой области иногда появляются серебристые облака, задерживаются и прихотливо деформируются следы метеоров, что говорит о наличии здесь конвекционных процессов, вследствие чего Вегенер называет эту часть стратосферы верхней тропосферой. Температуры этого слоя в точности не известны. Судя по серебристым облакам, обнаруживающим своей формой кристаллическое строение, надо предполагать здесь резкое и быстрое понижение температуры с высотой. На высоте 80 км, по расчетам Вегенера, температура должна быть около -100 — -110° .

5. Выше 100 км находится второй изотермический слой стратосферы, температура которого, по наблюдениям над сумерками, получается различной, в зависимости от того, какой состав воздуха мы примем на этих высотах: если там преобладает водород, то температура будет около -220 — -230° , если же гелий, то -170 — -200° . В этой области происходит богатое разнообразие игры полярных сияний. Максимумы повторяемости сияний на высоте 101 и 106 км говорят, быть может, о волнообразном колебании нижней части этой области стратосферы. Здесь же лежит и верхний предел слоя Хивисайда-Кеннели, отражающего радиоволны. Этот слой стратосферы, простирающийся до 300—400 км, еще в состоянии бросать тень на Луну во время ее затмения. Ионизированные слои лежат вероятно и выше.

6. Самый верхний предел стратосферы, устанавливаемый нами по наблюдениям над северными сияниями, лежит на высоте около 1 000 км. Судя по спектральным наблюдениям сияний, здесь все еще существует азот. О температурах здесь мы ничего не знаем; но можем думать, что они быстро приближаются к абсолютному ми-

нимуму, т. е. температуре межпланетного пространства, определенной опытным путем в -273° (температура, при которой молекулы не совершают больше движений и находятся в покое). Что касается границы нашей атмосферы, то вероятнее всего, что она не имеет ее, но постепенно переходит в межпланетное пространство, заполненное легчайшими газами в крайне разреженном состоянии, а также электронами, корпускулами, несущимися от Солнца, и метеорной пылью.

Х. КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ И МИРОВОЕ ЭХО

Теперь мы должны остановиться еще на одном факторе, имеющем большое значение для Земли и ее атмосферы. Мы разумеем космические лучи или проникающую радиацию. В настоящее время большинство исследователей полагают, что лучи эти приходят на нашу планету из глубин мирового пространства, откуда-то из-за пределов Млечного пути, хотя А. Пиккар, изучавший их во время своих полетов, полагает, что космические лучи возникают не в мировом пространстве, а в высших слоях земной атмосферы. Лучи эти имеют длину волны более короткую, чем даже рентгеновские лучи, но по сравнению с ними мощность и пронизывающая или проникающая способность космических лучей значительно выше. Если рентгеновские лучи задерживаются свинцовым экраном в 1,25 см толщиной, то космические лучи преодолевают не только эту преграду, но и более значительную. Лучи радия являются результатом распада ядер атомов радия, космические же лучи говорят нам, повидимому, о том, что в глубинах вселенной распад атомов

происходит в гигантских масштабах. Под влиянием космических лучей происходит выделение из частиц воздуха мельчайших зарядов электричества — ионов, в результате чего образуется сильная ионизация стратосферы. А ионизированные слои в стратосфере, как полагают, отражают радиоволны. Таким образом, изучение космических лучей имеет важное значение для раскрытия всех тайн, которыми полна далекая от нас стратосфера, в которую удалось пока проникнуть на незначительную высоту. Как осуществляется действие космических лучей и какова их природа — это все еще подлежит дальнейшему выяснению.

Космические лучи, достигающие поверхности Земли, значительно изменяются при прохождении через атмосферу, претерпевая в особенности сильное поглощение в нижних слоях тропосферы, а также и за счет образования ими в атмосфере вторичных лучей. Проф. Милликен, первый давший им название «космических», искал абсолютный экран для полной защиты электроскопа от разряда. Электроскопом же он исследовал эти лучи. В 1929 г. он погрузил его в закрытом сосуде в горное озеро на глубину 50 м, причем вода в этом озере была не радиоактивной. Только экран из воды этого озера, толщиной в 50 м и вся, находившаяся над ним атмосфера оказались недостаточными, чтобы исключить влияние космических лучей на электроскоп, предохранив его от разряда. Этот экран оказался равным по значимости слою свинца в 5 м толщиной.

Таким образом, чтобы установить «космичность», т. е. внеземное происхождение вновь обнаруженных лучей, пришлось сначала зарываться в глубину. Удивительный парадокс научно-исследовательской работы!

Для того же, чтобы исследовать космические лучи в наименее искаженном атмосферой виде, необходимо было произвести измерения, конечно, на возможно больших высотах. Еще в 1910 г. Гоккель, поднимавшийся с электроскопом на воздушном шаре на высоту 4 км, обнаружил усиление проникающей радиации с увеличением высоты. Отсюда Гоккель заключил, что радиация исходит не от Земли, а идет сверху. В 1912 г. Колгерстер повторил опыт Гоккеля, достигнув высоты 9 км. Оказалось, что скорость

разряжения электроскопа быстро возрастает, начиная с 3-го км. На высоте 9 км самопроизвольное разряжение протекает в 8 раз скорее, чем на уровне земли. В 1921 г. электроскопы были подняты, по проекту Милликена на высоту 15 500 м, они были подняты на шарах-зондах с автоматической регистрацией. Оказалось, что разряжение и здесь происходило, но с тем отличием, что явления протекали в четыре раза медленнее, чем можно было ожидать по расчету для высоты 15 км. В 1932 г. проф. Регенер снова предпринял измерение космических лучей на шарах-зондах с автоматическими приборами для регистрации, а проф. А. Пиккар измерял их при своем подъеме на стратостате и, наконец, такие же измерения были произведены у нас 30 сентября 1933 г. К. Д. Годуновым во время полета стратостата «СССР».

Напряженность проникающей радиации определяется степенью ионизации в герметически закрытых сосудах с углекислым газом, где давление достигает 10 атмосфер, с электрометрами. За напряженность радиации принимают число пар ионов, образующихся под действием радиации в 1 куб. см воздуха при нормальном давлении в течение одной секунды времени.

Сопоставление измерений, полученных у нас Годуновым на стратостате «СССР», с результатами измерений Пиккара и Регенера дает удовлетворительное совпадение наших результатов с измерениями Пиккара и расхождение свыше 30% с результатами измерений Регенера. Полагают, что причина расхождения результатов измерения на стратостатах и на шарах-зондах лежит в разной методике наблюдений, но вопрос этот требует дальнейшей проверки. Опираясь же на измерения Пиккара и Годунова, можно пока придти к тем выводам, что изменение радиации от поверхности Земли кверху происходит в порядке, указанном в табл. стр. 85 (см. также рис. 29).

Вот как сильно ослабляется интенсивность космических лучей по мере углубления в тропосферу! Что же касается верхних слоев стратосферы, то там она, повидимому, достигает колоссальных размеров. Там напряженность космических лучей по их энергии вероятно пре-

восходит все, что дают наши установки, и даже энергию грозовых разрядов. Таким образом, все полеты в стратосферу вводят человека непосредственно в насыщенное космическими лучами пространство.

Высота в метрах

0
1
2
9
11
12
14
15
16
17

Число пар ионов
Пиккар Годунов

2 —
5 —
10 —
108 —
205 —
— 226
292 —
— 342
315 —
— 360

Пиккар, пораженный колоссальным увеличением по мере поднятия в высоту, напряженности космических лучей, говорит: «Объяснение природы космических лучей будет, быть может, иметь значение и для практического технического прогресса. ... Я думаю — бодрствуя, а не во сне, — о дешевой энергии будущих дней, о раздроблении бесконечной энергии атомов и молекул, находящихся повсюду вокруг нас. Хотя осуществление этих возможностей и может стать делом будущих поколений, они уже не являются мечтой, но занимают место среди реально осуществимых задач физики».

Поскольку напряженность космических лучей усиливается по мере увеличения высоты, постольку изучение стратосферы сопряжено с огромным риском для отважных стратонавтов. Биологическая опасность или безопасность для них космических лучей пока не выяснена. Поэтому необходимо использовать опыты подъема для выяснения размеров риска и либо освободиться от этих опасений, если они окажутся необоснованными, либо, если они оправдаются, принять меры к их устранению. В незначительном количестве, как мы выше видели, космические лучи проникают в биосферу. Лучи радиоактивных веществ также существуют в биосфере и в самих организмах, не

принося им вреда. Все зависит, очевидно, от количества их, и до сих пор в биологии ничего не известно о действии космических лучей на организмы. Проф. Н. К. Кольцов полагает, что необходимо поставить опыты над влиянием космических лучей на организмы, защищенные от их действия свинцовыми оболочками, с одновременным наблюдением над деятельностью тех же организмов вне этой защиты.

Проф. Меллер показал, что под влиянием рентгеновских лучей значительно усиливается мутационный процесс у мухи дрозофилы. Подсчитывая процент возникающих здесь генов, т. е. носителей наследственности, можно очень точно определить эффективность рентгеновских лучей или лучей радиоактивных веществ. Но эти же мутации, как известно, возникают у дрозофилы и без воздействия рентгена или радия, только процент их гораздо ниже. Не космические ли лучи являются причиной тому? Для проверки этого, по мнению проф. Кольцова, необходимо поставить опыты с дрозофилой, учитывая возникающие у нее мутации, под свинцовой защитой и без нее. С этой же целью он предлагает на будущее время, при полетах в стратосферу, брать в пробирках дрозофил для выяснения степени влияния на них космических лучей в стратосфере.

Во время подъема в стратосферу американских летчиков Сэттля и Форднера также были поставлены наблюдения пад космическими лучами. Обработка наблюдений обнаружила, что в верхних слоях стратосферы есть еще другие, до сих пор не исследованные космические лучи. Они значительно медленнее передвигаются и поглощаются атмосферой раньше, чем достигают Земли, и потому на поверхности Земли не встречаются.

Необходимо в заключение еще упомянуть, что через всю атмосферу проникает до Земли так называемое мировое эхо. Оказывается, что выше ионизированных слоев, за пределами самых высоких областей стратосферы, примерно на полпути между Землей и Солнцем, находится среда, также обладающая способностью отражать идущие с Земли радиоволны, как их отражает слой Хивисайда-Кеннели. Первым это явление заметил Стермер, исследова-

тель северных сияний. Во время приема радиосигналов было обнаружено эхо коротких волн, приходящее через много секунд после основного сигнала, иногда через 25—30 секунд. Математические расчеты показывают, что для объяснения этого эхо недостаточно уже стратосферы и приходится допустить, что оно отражается от потока корпускул, летящих от Солнца в межпланетном пространстве и вызывающих игру полярных сияний и магнитные бури на Земле. Но вопрос этот еще требует дальнейших исследований для окончательного выяснения.

XI. ПОЧЕМУ МЫ СТРЕМИМСЯ В СТРАТОСФЕРУ?

Освоение человеком тропосферы достигло теперь уже такого совершенства, какое людям прошлого столетия еще казалось мечтой. Аэроплан вошел в обиход нашей жизни, как один из видов нормальных способов сообщения, и с этой точки зрения в процессе дальнейшего усовершенствования самолетов оказывается более важным не рекорд высоты, а рекорд скорости его передвижения. В самом деле, наибольшая скорость на железных дорогах достигается электровозами — свыше 200 км/час, на воде глиссеры развивают скорость 24С км, по шоссе автомобили—450 км, самолеты же дали за последнее время 682, 705 и даже 742 км/час в пределах тропосферы.

Дальнейшее развитие воздушных средств сообщения требует повышения скоростей летания, но воздух тропосферы своей плотностью и, следовательно, своим сопротивлением которое возрастает пропорционально квадрату скорости, создает этому стремлению определенные преграды. Так например, если бы мы захотели увеличить скорость полета втрое, то сопротивление воздуха возросло бы в де-

вать раз. Еще хуже обстоит дело с мощностью моторов. Она возрастает пропорционально кубу скорости. Таким образом, при увеличении скорости втрое потребовался бы мотор в 27 раз более мощный. Так как в стратосфере, как мы видели, благодаря пониженному давлению, воздух разрежен и чем выше, тем больше, то невольно является мысль о том, что и сопротивление такого разреженного воздуха должно благоприятствовать развитию там больших скоростей. Таким образом, оказывается, что для того, чтобы летать быстрее, надо летать выше. Действительно, по подсчетам выходит, что в стратосфере с мотором в 1000 лошадиных сил можно достигнуть громадных скоростей от 1700 до 1800 км/час, какие совершенно недостижимы в тропосфере.

В связи с этим и в области конструкторской мысли образовались два направления—гиперавиация и суперавиация. Гиперавиация, разрабатывающая вопросы полетов аэропланов в тропосфере, как мы видим, уже дошла почти до своих пределов. Девять десятых мощности моторов самолета затрачивается на преодоление трения самолета о воздух, на преодоление сопротивления. Величина этого сопротивления с увеличением скорости растет чрезвычайно сильно. Практически все, что можно выгадать, увеличивая мощность, мы теряем на увеличении сопротивления.

Суперавиация разрабатывает вопросы полетов аэропланов в стратосфере, и самые самолеты, предназначенные для этого, уже получили название стратопланов. Здесь плотность воздуха на наибольших, достигнутых пока человеком высотах, в 15—25 раз меньше, чем на поверхности Земли, и техника уже рисует перспективы достижения в стратосфере сверхскоростных полетов до 1500—3000 км/час и даже более, решая сейчас проблему типа мотора, который должен быть применен для летания в разреженных областях стратосферы. Четыре вида транспорта уже намечаются для этого: 1) Статопланы винтомоторные, т. е. самолеты с крыльями и моторами с приспособлением для добавочного питания воздухом (компрессорами). Они уже построены и испытываются в Германии, Франции и Италии. Но в таких стра-

топливах расход энергии весьма значителен, и потому экономически они мало выгодны. 2) Стратопланы винтомоторные и с реактивным (ракетным) двигателем. Имеются пока только проекты. 3) Стратопланы невинтомоторные. В них двигателем служит ракета на жидком или твердом топливе. Стратоплан, снабженный ракетным двигателем на жидком топливе (жидкий кислород и бензин), на высоте 15—16 км сможет развить скорость до 1000 км/час. 4) Ракета сама по себе, без крыльев — способ передвижения, испытанный уже на опыте до высоты 8 км. В будущем вырисовывается перспектива достижения ракетой даже мирового пространства за пределами стратосферы.

Не трудно себе представить огромное народно-хозяйственное и оборонное значение сверхскоростной и сверхвысотной авиации, которая может обеспечить быстрейшую связь между отдаленнейшими областями нашего Союза.

Однако нельзя сконструировать такие самолеты вполне обстоятельно и надежно, не изучив точным образом всех свойств и особенностей стратосферы на разных ее высотах. Вот почему изучение стратосферы в настоящее время тесно связано с лозунгом техники — «борьба за скорость».

Изучение стратосферы, кроме того, приобретает чрезвычайно важное значение для целого ряда научных и технических дисциплин. Для физики, например, весьма важным является вопрос космических лучей, для астрономии — влияние стратосферы на спектральные наблюдения небесных светил, для биологии микронаселенность воздуха и физиологические эффекты низких давлений на больших высотах, для метеорологии — влияние стратосферы на «службу погоды», проводимую в тропосфере, что тесно связано со всеми видами аэрологии. Загадочные космические лучи, фотохимическое действие солнечной радиации, особенно ультрафиолетовой части солнечного спектра, потоки корпускул, несущихся от Солнца и вызывающих целые магнитные бури на Земле, от которых расстраиваются, а иногда даже и разрушаются наши телеграфы — все это тесно связано со стратосферой, проникает ее и взаимодействует с нею. И все это еще так мало нам известно и понятно и

несомненно таит в себе огромные возможности для техники будущего.

Вот почему Всесоюзная Академия наук уделяет большое внимание вопросам стратосферы и создала особую Всесоюзную конференцию, состоявшуюся в Ленинграде 31 марта — 6 апреля 1934 г., на которой было установлено, что в СССР изучение стратосферы развернуто чрезвычайно широким фронтом и имеет определенную научно-практическую направленность. В конференции приняли участие как многочисленные научно-исследовательские институты и различные другие организации, так и отдельные выдающиеся ученые.

ХII. МЕТОДЫ ПРОНИКНОВЕНИЯ В СТРАТОСФЕРУ

Запускаемые в воздух для метеорологических исследований змеи не выходят, как мы видели выше, за пределы тропосферы. Шары-пилоты, употребляемые на метеорологических станциях для определения высоты облаков и направления ветра, представляют собою резиновую оболочку, наполненную водородом. Достигая высоких слоев атмосферы, шар летит в каком-либо направлении, которое указывает господствующий там ветер. Скорость, с которой летит шар, указывает скорость ветра. Высота, на которой шар скрывается в облаках, определяет высоту облачного слоя. За полетом их наблюдают обычно при помощи теодолитов, т. е. зрительных труб, соединенных с угломерными инструментами, по отсчетам которых определяется высота, скорость и направление полета шара. В конце концов шар-пилот исчезает из поля зрения и лопается. Подобный же, но больший по размеру шар с прикрепленным к нему метеорографом, т. е. прибором с самопишущими метеорологическими инструментами носит название уже шара-зонда (рис. 25). Наполняемый

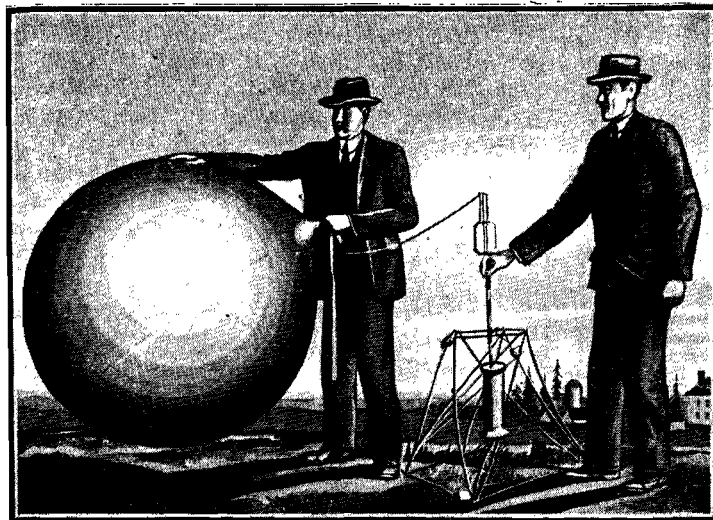


Рис. 25. Шар-зонд с метеорографом, запускаемый в Кью-обсерватории в США.

водородом шар-зонд обычно раздувается до 500—600 см в окружности и в диаметре имеет почти 2 м. Метеорограф в легкой металлической оболочке привязывается к этому шару, с добавлением еще привязываемого к нему меньшего шара, для того чтобы при спуске, когда большой шар лопнет, метеорограф мог бы плавно спуститься на землю, причем после спуска меньший шар остается на некоторой высоте на привязи, обозначая тем самым место спуска и облегчая розыски метеорографа. Иногда добавочный шар заменяется парашютом. До недавнего времени самый высокий подъем шара-зонда был зарегистрирован в Италии, где он долетел до высоты 36 км. В 1933 г. в Павии (тоже в Италии) шар-зонд достиг высоты 37,5 км, где было обнаружено давление всего в 2 мм ртутного столба.

Невыгодная сторона этого способа изучения стратосферы заключается в том, что шары-зонды часто опускаются в неизвестном и малодоступном месте, падают в воду, в болото, в чащу леса и таким образом результат исследования погибает для науки. Иногда, попадая в руки малокультурного человека, метеорограф, несмотря на предупредительную надпись на нем, вскрывается и результат также теряется для научных целей. Все же, до 70% пусканных в СССР шаров-зондов сохранялось и доставлялось, хотя некоторые из них заносились ветром за 300—600 км от Слуцка (б. Павловска под Ленинградом).

Полет человека на обыкновенном аэроплане не только возможен, но и осуществлялся уже с соблюдением необходимых условий, обеспечивавших дыхание летчика кислородом, причем наибольшая высота, достигавшаяся аэропланом — 14 630 м (Уилли Пост в Америке 3 декабря 1934 г.). Однако обыкновенный аэроплан по своей конструкции оказался негодным для стратосферы, и техника сейчас работает над вопросом построения стратоплана.

Наиболее же целесообразным и плодотворным в настоящее время является метод исследования стратосферы при помощи стратостатов, т. е. воздушных шаров большого объема с летчиками в закрытой или открытой гондоле, но с приспособлениями для поддержания нормального дыхания. О такого рода воздушном путешествии в герметически закрытой гондоле мечтал еще американский романист Эдгар По, давший в 1835 г. описание этого способа путешествия в своем романе «Беспримерные приключения некоего Ганса Пфюоля». Замечательно, что в этом фантастическом произведении, однако, правильно излагаются те главные принципы, которые впоследствии стали применяться при сооружении герметически закрытых гондол стратостатов.

Первый подъем на воздушном шаре в стратосферу состоялся не в закрытой гондоле, а с приспособлениями для дыхания, причем кислорода было взято 4000 л, которые под высоким давлением были сжаты до 10 л. Подъем состоялся в Германии в июле 1901 г. Немецкие ученые Берсон и Зюринг поднялись на аэростате «Пруссия», объемом 8400 куб. м, до высоты 10 800 м. На высотах около 10 000 м

температура колебалась между — 30 и —40°. Выше ртуть во взятом ими барометре замерзла, часовой механизм остановился. Организм летчиков потерял свое нормальное равновесие. Зюринг говорит: «В этом мы вскоре могли убедиться, так как на высоте 10 250 м мы вдруг потеряли нашу первоначальную свежесть памяти, и поэтому воспоминания об этом промежутке времени очень не точны и неодинаковы у нас обоих». У обоих воздухоплавателей наступили припадки большой слабости, и они пришли в себя лишь во время спуска — на высоте 6 км.

Замечательными были также подъемы в стратосферу американского капитана Грея в 1927 г. на воздушном шаре в открытой гондоле, кончившиеся для него трагически. Первый подъем 4 мая прошел удачно. Грей достиг высоты 12 944 м, где было отмечено давление в 122 мм, и температура — 55° С. Грей надевал кислородную маску и костюм летчика с мехом наружу поверх шерстяных рубаш и зимней шинели. Шар был наполнен водородом и имел объем в 2265 куб. м. Вот как Грей описывает свои впечатления на высоте 12 км: «Облака лежали далеко подо мною, а сверху было глубокое синее, почти кобальтовое небо. Частицы пыли, делающие солнечный свет белым, остались внизу, чистый и редкий воздух создавал эту великолепную окраску. Отчетливо звучало радио, донося до моего слуха громкие звуки оркестра». Спустившись на парашюте с высоты 2,5 км, Грей достиг благополучно Земли, но высказал мысль, что подниматься выше 15 км никак нельзя, так как между 12 и 15 км высоты «имеется точка, в которой давление воздуха становится настолько слабым, что мышцы человеческого тела оказываются не в силах расширять легкие, и, таким образом, человек, вдохнувший кислород, не может произвести достаточно сильного мускульного движения, чтобы снова освободить легкие, приготовив их к новому вдоху. Достигнув этого предела высоты, человек погибает».

И все-таки, 4 ноября 1927 г. Грей повторяет свой опыт подъема в стратосферу, откуда ему однако уже не суждено было вернуться на Землю живым. Грей достиг той же высоты, но вследствие замедлившегося снижения погиб от удушья,

так как не хватило кислорода. Шар спустился с мертвым пилотом.

В 1928 г., 15 сентября, испанский воздухоплаватель Молас поднялся на воздушном шаре «Испания» у города Алкала. Объем шара был 2200 куб. м, гондола была также открытой. Шар достиг высоты 11 000 км, но пилот также погиб, повидимому, от неисправности в аппарате для вдыхания кислорода.

Все эти первые отважные попытки штурма стратосферы дали незначительные, к сожалению, научные результаты, но зато побудили конструкторскую мысль искать выхода из положения, с сосредоточением внимания на устройстве герметически закрытой гондолы. В 1931 г. фантазия Эдгара По осуществилась. Гондола была сооружена, и брюссельский проф. Пиккар совершил свой полет в стратосферу из Аугсбурга 27 мая, на шаре объемом 14 130 куб. м, наполненным водородом. С Пиккаром летел его ассистент Кипфер. Гондола герметически закрывалась. Она имела шарообразную форму, была выкрашена наполовину в белый и наполовину в черный цвет и имела приспособление для вращения, чтобы по желанию можно было регулировать поворот ее к Солнцу черной (сильно нагревающейся) или белой (охлаждающей) стороной. В гондолу были взяты два аппарата Дрегера с кислородом, два барографа, из которых один помещался между гондолой и шаром, а другой хотя и помещался внутри гондолы, но был соединен с атмосферой резиновым шлангом, кроме того термограф и ряд специально изготовленных приборов для наблюдений над космическими лучами (рис. 26).

При поднятии шара произошел ряд повреждений: в стенке гондолы образовалась трещина, вследствие чего давление внутри гондолы начало падать; однако трещину удалось заделать в пути замазкой (вазелин с воском). Часовой механизм метеорографа от толчка перестал работать вскоре же после старта и возобновил работу лишь после спуска. Клапанная веревка запуталась во время полета и стала недоступной аэронавтам, вследствие чего стратостат пробыл более 16 часов в стратосфере. Разбился один из барометров и разлившаяся ртуть могла разесть



Рис. 26. Пиккар перед первым своим полетом у гондолы.

оболочку гондолы, разбился кристалл, вставленный в дно гондолы для соединения с прибором, помещавшимся вне гондолы, для изучения космических лучей; был поломан аппарат с сжатым кислородом; испортился вариометр. И, однако, несмотря на ряд таких повреждений, Пиккар

и Кишфер отважно стали подниматься. Виды земли и неба, открывшиеся им, были необычайно величественны и красивы. Под ними расстилались Альпы с их снеговыми вершинами, глетчерами, долинами и реками. Вокруг же них было небо, на горизонте светло-голубое, а над ними—темно-синее и почти черно-синее. Вид вдаль простирался на 440 км.

В начале подъема, в виду быстрого поднятия вверх, температура внутри гондолы настолько понизилась, что водяные пары образовали в ней как бы облака, из которых временами шел снег, а на стенках гондолы осаждался иней. В дальнейшем, от сильного нагрева гондолы Солнцем температура внутри ее доходила до 41° С, и воздухоплаватели страдали от жары, от которой начала деформироваться резиновая прослойка смотровых отверстий, и воздух медленно стал уходить из гондолы. Вследствие того, что двигатель, который должен был вращать пропеллер для поворота шара, был убран, чтобы разгрузить аккумуляторы, стратонавты лишены были возможности, поворачивая шар, попеременно подставляя его к Солнцу темной или белой половиной, и таким образом страдали то от холода, то от жары.

Шар, между тем, плыл над полем перистых облаков. При погружении в них ясно было видно, что это скопление ледяных игл. Когда Солнце начало заходить, стратостат пошел на снижение и вскоре достиг такого положения, на котором внутреннее давление сравнялось с внешним. Тогда можно было открыть люки. Настушила лунная ночь. Стратостат приближался к глетчеру Обергуль Хребта Отцаль, где и опустился на высоте 2 500 м над уровнем моря. Весь полет продолжался 17 ч. 40 м. Пиккар достиг при этом полете высоты 15 781 м. Ионизация воздуха здесь оказалась меньше, чем найденная раньше Кольхерстером на высоте 9 000 м.

Второй полет его состоялся 18 августа 1932 г. Гондола была сделана новая и на этот раз более прочная и окрашена вся в белый цвет, чтобы предотвратить сильное нагревание. Научное оборудование осталось такое же, как и при первом полете. Старт состоялся близ Цюриха в Швейцарии. С Пиккарсом поднимался бельгийский физик Макс Козинс. На высоте 16 114 м небо опять оказалось уже не голубым, а

темно-фиолетовым, почти аспидно-серым. Барометр показывал 73 мм. Предельная высота подъема была 16 300 м, где температура внутри гондолы упала до —15°. При спуске, на высоте 3500 м открыли люки и вскоре спустились в Италии, в Новаларо близ Денцано. При спуске шар несколько раз подпрыгнул и гондола перевернулась, вследствие чего некоторые инструменты разбились. Когда стратонавты вышли из нее, то принуждены были сначала прилечь около нее вследствие большого упадка сил, пока не пришли в себя. На этот раз весь полет продолжался 12 ч. 7 м. Главным научным достижением этого полета были наблюдения над космическими лучами, усиление интенсивности которых на высоте было несомненно установлено. Данные эти были приведены нами выше.

30 сентября 1933 г. в Москве состоялся подъем первого советского стратостата «СССР», в котором приняли участие Г. А. Прокофьев (командир), Э. К. Бирнбаум и инж. К. Д. Годунов. Объем оболочки стратостата значительно превосходил все предыдущие и равнялся в наполненном состоянии 24 340 куб. м, что соответствует диаметру в 36 м. Гондола стратостата была сделана из алюминия, шарообразная, диаметром 2,3 м и объемом 6,2 куб. м; окрашена она была в небесно-голубой цвет с красными буквами «USSR» и пятиконечной звездой (рис. 27). Гондола покоилась на ивовом плетеном амортизаторе, в виде усеченной пирамиды. В стенках гондолы имелось 9 окон и два люка, герметически закрывавшихся и открывавшихся в течение 10 секунд. У стекол гондолы сделаны были приспособления, механически закрывавшие отверстия в случае повреждения стекол. Оборудование стратостата состояло из высотомера, устроенного по принципу анероидной коробки, и ртутного барометра, специально сконструированного для этой цели. Оба они соединялись с наружным воздухом через трубку, проходившую сквозь стенку гондолы. Вне гондолы были подвешены два метеорографа, т. е. самопишущие приборы, регистрирующие давление, температуру и влажность воздуха. Внутри же гондолы помещался специально сконструированный электрический термометр. Снаружи гондолы были помещены приборы для взятия проб воздуха. Они состояли

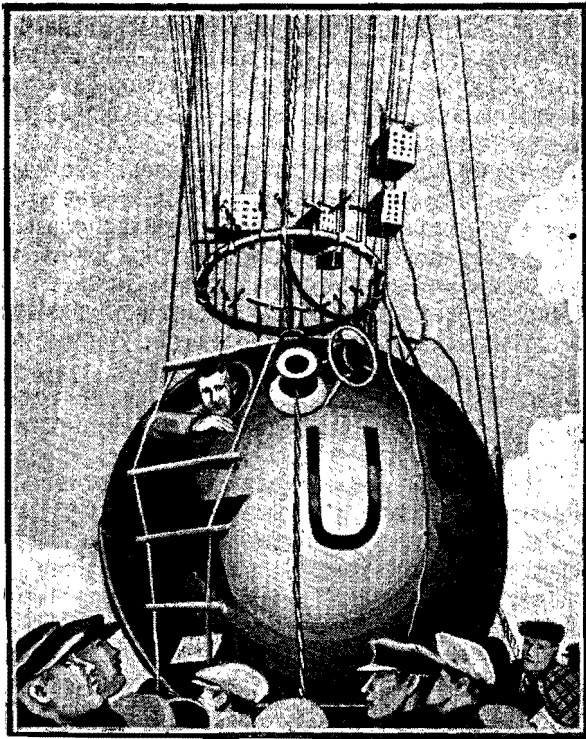


Рис. 27. Гондола стратостата «СССР» перед полетом.

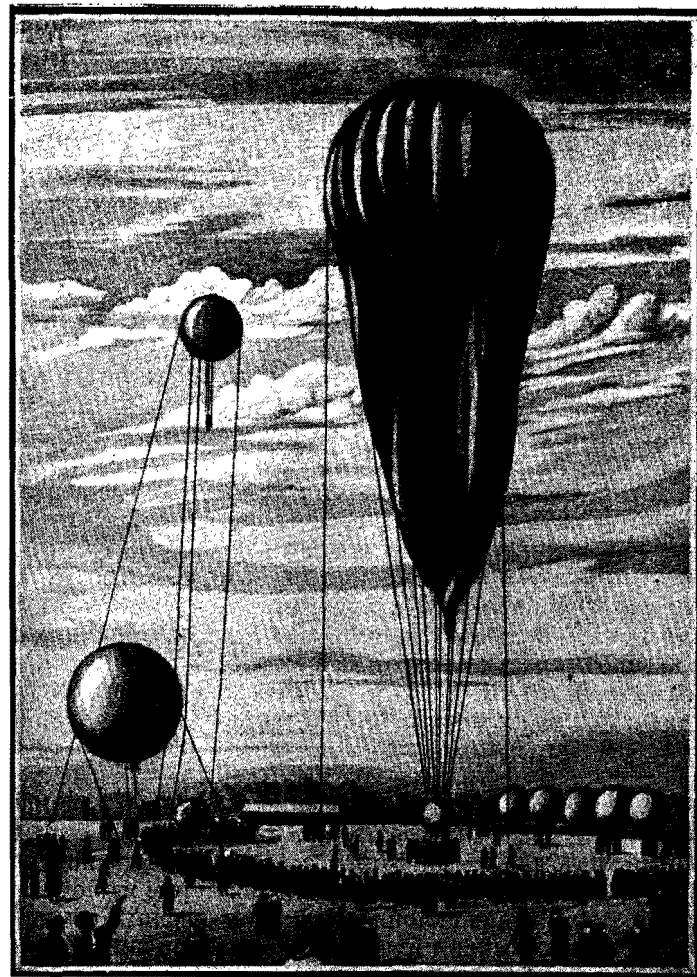


Рис. 28. Подъем стратостата «СССР» в Москве 30 сентября 1933 г.

из запаянных стеклянных сосудов, емкостью 1,5 л, помещавшихся в легких металлических каркасах, предохранявших их от случайных толчков. Сосуды были запаяны после того, как из них был выкачан воздух до давления 0,001 мм рт. ст., что было практически равносильно пустоте. При пропускании через такой сосуд тока по впаянным проводам освобождался особый грузик, который при своем падении разбивал горлышко сосуда и через образовавшееся отверстие в сосуд попадал воздух. Вторая пара впаянных в сосуд проводов со спиральной платиновой проволокой

предназначалась для того, чтобы ток, нагревая платину, расплавил стекло и этим закрывал отверстие сосуда. Таким путем были взяты пробы воздуха тремя приборами. Кроме того на стратостате была установлена коротковолновая радиостанция для поддержания связи с Землей.

Полет стратостата и спуск его прошли удивительно спокойно и хорошо, причем была достигнута высота 18 800 м. Весь полет продолжался 8 ч. 20 м. Все время в поле зрения стратонавтов были Москва и Кремль. Только на высоте 17 900 м картина подернулась легкой дымкой. Отчетливо была видна тень от насыпи железной дороги, с расстилающимися над нею дымками поездов. Небо было темно-фиолетовым.

Научные результаты полета таковы. На потолке тропосферы температура была -62° . В самой стратосфере она колебалась около $-53-56^{\circ}$. При спуске стратостата в момент выхода из стратосферы температура оказалась -60° (рис. 29). Следовательно, инверсия, т. е. резкие изменения температуры при переходе из тропосферы в стратосферу сказались как при подъеме, так и при спуске. Влажность воздуха у поверхности Земли составляла 96%, т. е. воздух был почти насыщен парами. У границы стратосферы влажность упала до 42% и дальше продолжала медленно снижаться. Анализ пробы воздуха, взятой на высоте 18,5 км, показал, что влаги в нем было не более 0,7%. Химический состав этого воздуха дал: 20,95% кислорода, 78,13% азота, 0,92% — остальные газы (аргон, углекислота, неон, гелий). У поверхности же Земли кислород составляет 20,29%, азот 78,03% и остальные 0,98%. Выше мы уже указывали на то, что такая большая разница была неожиданностью, так как теоретически можно было предполагать о большом убывании кислорода. Впрочем, за последнее время некоторые метеорологи (Чапман и др.) стали склоняться к тому мнению, что изменение состава атмосферы начинается только на высоте 20 км.

Наблюдения над космическими лучами подтвердили данные Пиккара, о чем было сказано выше.

20 ноября 1933 г. американский пилот Сэттль и майор Форденей поднялись в городе Акроп (штат Огайо в Северной Америке) на стратостате, объем шара которого состав-

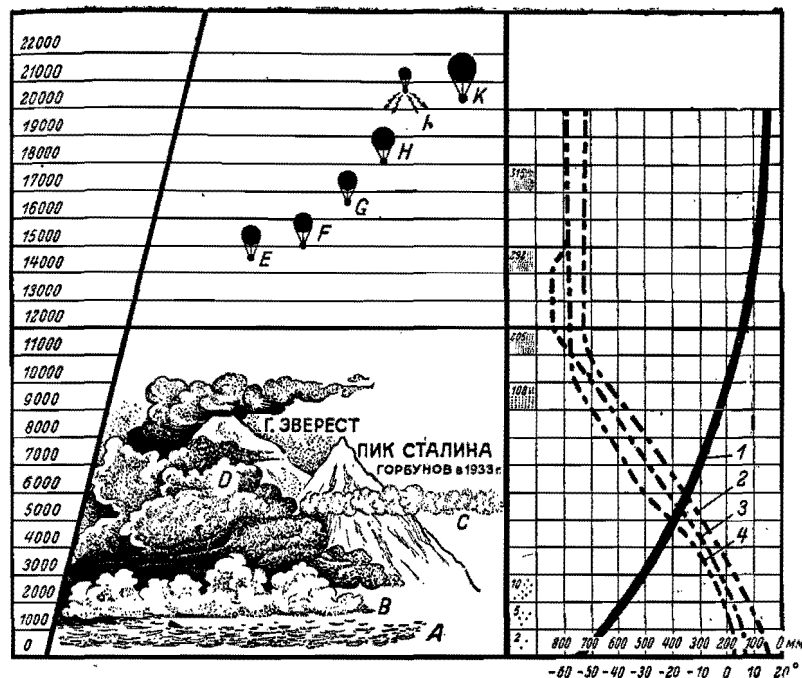


Рис. 29. Схематический разрез тропосферы и стратосферы.

A — слоистые облака; B — кучевые; C — высоко-кучевые; D — кучево-дождевые; E—F — подъемы Пиннара на стратостате в 1931 и 1932 г.; G — подъем Сеттля в 1933 г.; H — подъем стратостата «СССР» в 1933 г.; K — подъем радиозонта Молчанова; K — подъем стратостата «СОАХ-1» в 1934 г. Кривые на боковом чертеже означают изменение космической радиации (число пар ионов обозначено точками в первом столбце); 1 — изменение барометрического давления с высотой; 2 — изменение температуры над Западной Европой летом; 3 — ход изменения температуры при полете стратостата «СССР»; 4 — температура над Западной Европой зимой.

лял 15 575 куб. м. Гондола была сделана из патентованного материала, в виде шара диаметром 2,13 м. Стратостат достиг 18 860 м. Воздухоплаватели все время сообщались с различными городами по радио. При спуске, вследствие израсходования всего балласта, чтобы ослабить падение, они выбросили из гондолы радиобатареи и некоторые другие инструменты, спустились в пустынной и болотистой

местности в штате Нью-Джерсей. Весь полет продолжался 8 ч. 33 м. В gondole у Сэттля были спектрометры, камера для снимков инфракрасными лучами и инструменты для измерения интенсивности космических лучей, но результаты обработки наблюдений пока неизвестны.

30 января 1934 г. в Москве состоялся второй в СССР полет стратостата, продолжавшийся 7 ч. 15 м. и окончившийся трагической гибелью пилотов: командира П. Ф. Федосеевко, инж. А. Б. Васенко и И. Д. Усыскина. На этот раз поднимался стратостат «СОАХ-1», объем которого был 24 920 куб. м. Его gondola была построена из особого сорта стали, с одним люком. Все приборы, кроме метеорографа, были размещены внутри gondoly. Для исследования космических лучей были взяты электрометр Кольгерстера (измерение интенсивности лучей) и электрометр Гесса (измерение проникающей способности). Для проб воздуха было взято 20 колб, помещенных в особые амортизаторы на стенке gondoly. В gondole, кроме научных приборов, были радиостанция и приборы для пополнения запасов кислорода, поглощения углекислоты и влаги и др. Сами стратонавты были одеты в особые костюмы, снабженные электрическими подогревателями. Стратостат быстро достиг высоты 19 км и для того, чтобы подняться еще выше, израсходовал значительную часть балласта, вследствие чего достиг конечной высоты в 22 км.

Однако при спуске произошло резкое увеличение скорости стратостата, когда он снова вступил в область тропосферы. Оно вызвало увеличение давления на нижнюю поверхность стратостата и, повидимому, разрыв аппендиксистой (придаточной) уздечки, что повело к образованию из оболочки стратостата парашюта искаженной формы, и как следствие — мгновенное торможение системы, а следовательно возникновение дополнительной нагрузки на талелаж, т. е. на снасти и стропы стратостата. Результатом этого был разрыв строп и резкий крен gondoly, резкие ее броски и колебания и, наконец, полный отрыв от оболочки стратостата. Таково, в общем, заключение специальной комиссии, устанавливавшей причины катастрофы. Предположение, что стратостат обледенел наверху, отвергается,

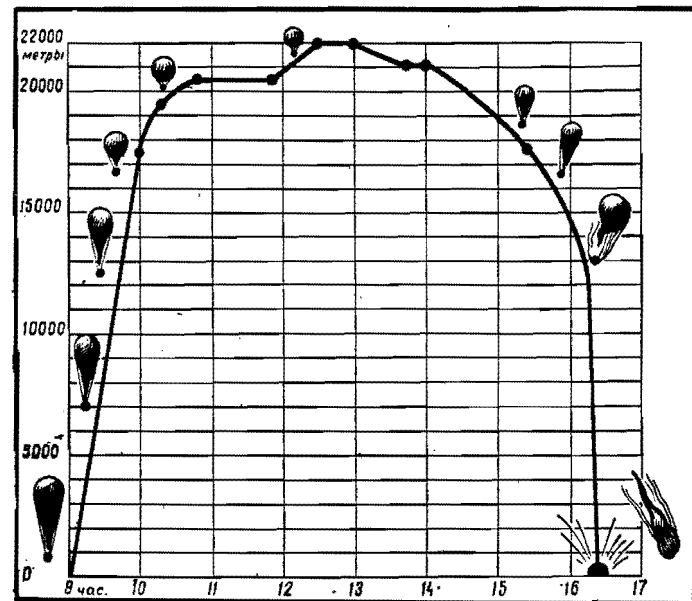


Рис. 30. Диаграмма полета стратостата «СОАХ-1» 30 января 1934 г.

так как в стратосфере влажность отсутствует, а в тропосфере не было значительного увлажнения (рис. 30).

С момента отрыва от оболочки скорость падения gondoly стала катастрофической. По словам очевидцев, перед падением gondoly был слышен сильный звук, словно свист снаряда и при ударе послышался как бы взрыв снаряда, что объясняется взрывом воздуха, ворвавшегося сквозь разбитые окна внутрь gondoly, где давление было примерно равно половине атмосферного давления. Все приборы, находившиеся в gondole, оказались совершенно разбитыми, но записи бортовых наблюдений сохранились и позволяют установить ряд ценных наблюдений стратонавтов, заплативших жизнью за свою смелую попытку пробраться в оставшиеся недосыгаемыми высоты стратосферы, где они целиком выполнили научную программу. Сохранились

записи, относящиеся к наблюдениям электрометров, — которые дадут возможность осветить вопрос о происхождении космических лучей. Было взято 20 проб воздуха, из них 12 на высоте 19—20 км, но все они разбились и погибли для науки. Сохранились записи метеорографа. Произведено до 70 различных аэронавигационных измерений, подлежащих обработке, свыше 50 наблюдений по атмосферной оптике.

13 мая 1934 г. в Германии поднимался к потолку стратосферы субстратостат «Барч-фон-Зигсфельд». Этот полет был организован Биттерфельдским обществом воздухоплавания для изучения космических лучей и состояния тропосферы при вторжении холодных масс воздуха, которое началось после аномального тепла, стоявшего в первой декаде мая. Субстратостат должен был достигнуть потолка—12 км. Большая скорость ветра, развившаяся в тропосфере при наступлении холодной волны, отнесла аэростат на восток. Он пролетел над Франкфуртом и Кенигсбергом и 13 мая в 8¹/₂ утра был обнаружен упавшим у нас близ границы в районе Себежа. В открытой гондоле, сплетенной из камыша, был найден метеоролог Мазух, а в 4 км от оболочки и гондолы в озеро Ольвито вывалился из гондолы д-р Шренк. Оба погибли, повидимому, уже давно на высоте, и субстратостат носился целые сутки без управления. В сохранившемся борт-журнале имеется запись о том, что в 9 ч. 45 м. 13 мая субстратостат достиг максимальной высоты 10 км, где температура была —38°.

Полагают, что катастрофа произошла не вследствие технических недостатков конструкции, а была вызвана перебоями в работе прибора, снабжавшего аэронавтов кислородом; это и привело к тому, что оба аэронавта потеряли сознание, а затем скончались от удушья.

1934 год оказался очень богат подъемами в стратосферу. В июне поднимался стратостат в Новой Зеландии, достигший высоты 18,6 км. Он был оборудован радиодиаппаратурой, приборами для изучения космических лучей и для других научных наблюдений.

Национальным географическим обществом и Воздушным корпусом армии в США был сооружен гигантский стратостат, на котором Стивенс, Кепнер и Андерсон подня-

лись 28 июля 1934 г. Объем его — 84 000 куб. м, т. е. в 3,5 раза больше советских стратостатов и в 5 раз больше стратостата Пиккара. Гондола — сферическая, из легких сплавов, имеет в диаметре 2,75 м. Приборы и инструменты для научных наблюдений во время полета были автоматизированы. Для записи показаний приборов предусматривалось применить небольшие автоматические киноаппараты, установленные перед приборами и через определенные промежутки времени делающие снимки.

Старт состоялся в Рэпид Сити (штат Южная Дакота) 28 июля в 7 ч. 45 м. утра. Стратостат достиг высоты 18 475 м, но затем оболочка шара разорвалась. Однако организаторы полета приняли ряд особых мер, повышающих безопасность подъема. Стратонавты были снабжены индивидуальными парашютами. Кроме того, особый парашют огромных размеров имела гондола, чтобы в случае аварии обеспечить нормальный спуск ее на землю. Этот парашют, однако, в последний момент отказался работать, хотя до полета он прошел ряд успешных предварительных испытаний.

Первоначально разрыв оболочки имел в длину около 15 м и в ширину около метра, затем он продолжал увеличиваться.

Вначале стратонавты еще частично управляли спуском, но затем скорость приближения к земле начала возрастать. На высоте 6096 м стратонавты выбрались на верх гондолы и безуспешно пытались привести в действие ее огромный парашют. До высоты около 3300 м стратонавты передавали по радио сообщения о своем спуске. На высоте 2400 м гондола оторвалась от оболочки и быстро начала падать. Стратонавты воспользовались тогда индивидуальными парашютами и благополучно прыгнули на землю с высоты 1500—1050 м. Гондола была разбита.

Командир стратостата майор Кепнер испытывал затруднения в управлении стратостатом в течение всего полета.

18 августа 1934 г. поднялся в стратосферу Макс Козинс, бывший спутник Пиккара. Полет состоялся в Намюр (Бельгия).

Стратостат Козинса построен по тому же типу, как и

все последние стратостаты: он состоит из герметически закупоренной сферической кабины, прикрепленной к очень легкой и большой оболочке, наполненной чистым водородом.

Вся оболочка стратостата весит 735 кг, объем ее — 14 000 куб. м.

Поскольку Козинс имел целью не ставить рекорд высоты, а произвести максимально продолжительные научные наблюдения космических лучей и атмосферных явлений на разной высоте, он снабдил свой стратостат новым приспособлением, которого не имели прежние стратостаты. Это приспособление, состоящее из резиновых труб длиной в 40 м, находящихся внутри оболочки шара, и управляемое из гондолы, давало возможность стратонавтам регулировать утечку газа и задержать шар на различной высоте во время подъема.

Козинс предполагал продержаться в воздухе 12 часов. Стратостат был рассчитан на подъем не выше 17 000 м. Козинс взял с собой 1000 кг баласта, из них 250 кг воды и 300 кг свинцовых пластин. Последние были снабжены маленькими парашютами для предупреждения несчастных случаев при падении на землю. Стратостат был снабжен парашютом.

Спустился он возле деревни Зенавле на реке Мур, вблизи пункта, где сходятся границы Австрии, Югославии и Венгрии. Таким образом стратостат пролетел над всей Европой, покрыв всего около 1000 км.

Стратостат поднялся на высоту 16 000 м, что, по словам Козинса, вполне достаточно для достижения тех научных целей, которые он себе ставил при полете. Аппараты оказались в полном порядке.

23 октября 1934 г. в Америке поднялся на стратостате Жан Пиккар с женою — брат Августа Пиккара, совершившего первые полеты в стратосферу. Стратостат благополучно спустился близ Детройта, достигнув высоты 17 672 м.

Трагическая гибель наших и германских стратонавтов не остановила и, конечно, не остановит стремления человека в стратосферу. Удачи и неудачи всех состояв-

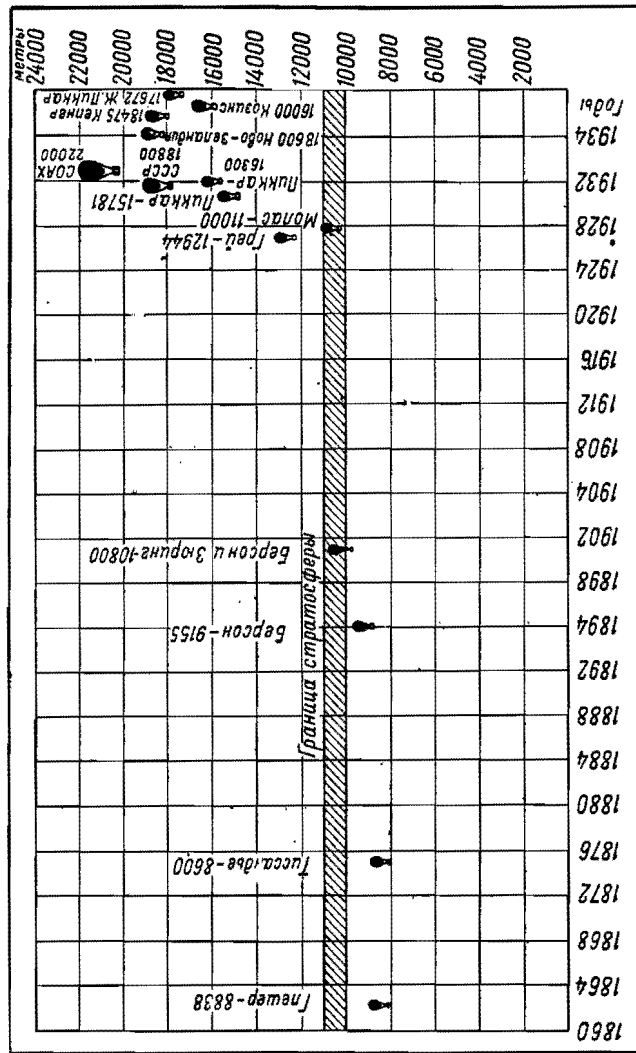


Рис. 31 История пилуума стратосферы.

шихся до сих пор подъемов на стратостатах послужат несомненно материалом, на основе которого научная и техническая мысль выработает наиболее усовершенствованные и наиболее гарантированные от неудач способы и средства посылки в стратосферу хорошо оборудованной лаборатории для научных исследований. И сейчас уже известен целый ряд новых проектов и предположений. В Испании намеревался подняться подполковник Геррер до высоты 20 км на шаре объемом в 24 000 куб. м и диаметром в 36 м, в открытой гондоле из полотна, чтобы вести свободно наблюдения, делать фотоснимки и захватить побольше научных приборов. Для защиты от холода и для обеспечения дыхания он намерен был надеть на себя специальный костюм из алюминия, снабженный трубками для дыхания. Пока, однако, полет этот не осуществился.

Американец Ридж работает над новым проектом полета в стратосферу. Он также намерен подняться на стратостате не в закрытой, а в открытой гондоле. Для защиты от холода, космических лучей и давления воздуха Ридж изготавливает вместе с доктором Хэдденом особую герметически закрытую со всех сторон и приготовленную из особого состава одежду, внутри которой должен быть обеспечен приток воздуха. Ридж устраивает ее по тому же принципу, как и костюм водолаза. Изготовленная Риджем модель одежды при испытании выдерживала условия давления, господствующего на высоте около 27 км.

У нас в Ленинграде по проекту инж. Чертовского уже изготовлен первый опытный подобный же костюм для стратонавтов—скафандр. Его вес не превышает 25 кг вместе с парашютом. В нем пилоту обеспечивается свобода движений и нормальные жизненные условия. Для этой цели скафандр изготавливается из специальной прочной и наименее растяжимой ткани с особым шарнирным устройством в суставах, и снабжается специальными приборами—кислородным аппаратом, поглотителем углекислоты и влаги, аккумулятором и т. д. Испытательские работы дали удовлетворительные результаты.

В Ленинградском бюро воздушной техники Осоавнахима в настоящее время разрабатывается проект стратосферного

дирижабля и экспериментального стратоплана. Последний предназначается для научно-исследовательских работ на высоте 15—26 км. Скорость передвижения его намечается 500—600 км, на нем предполагается установить мотор мощностью в 340 лошадиных сил. Статоплан будет иметь убаирующие шасси. Он сможет поднять в стратосферу 5—6 человек.

Так как значительная часть наблюдений, производящихся на стратостатах, автоматизирована, то естественно возникает вопрос о поднятии в стратосферу шаров без летчиков, но с самопишущими приборами. Этот вопрос был разрешен уже тогда, когда в атмосферу стали запускать шары-зонды. Однако они достигали большой высоты лишь в редких случаях. Кроме того, невыгодность такого способа подъемов заключается еще в том, что метеорографы шаров-зондов потом находятся не сразу; в местностях же малонаселенных, в пустынях, а тем более в полярных странах их пускать совершенно почти нет смысла. На помощь пришло всемогущее радио. Нашему аэрологу П. А. Молчанову удалось сконструировать шар-радиозонд, в котором, в отличие от обычных шаров-зондов, записи метеорологических приборов, при посредстве специальной автоматики, превращаются в особые радиосигналы, передаваемые маленьким радиопередатчиком радиозонда в эфир (рис. 32). Эти сигналы принимаются на Земле обычным путем. Первый такой радиозонд был выпущен во Франции в 1927 г., затем в Слуцке 30 января 1930 г. Однако прибор радиозонда вместе с батареями, передатчиком и т. п. тяжел, а потому приходится его поднимать на целом ряде шаров или на одном очень большом шаре. Радиозонды на 10—12 малых шарах достигают не более 10—13 км высоты. На одном большом шаре в 1 м диаметром достигают уже 15 км. За последнее время у нас начали приготавливать специальные оболочки для шаров в 2 м диаметром. Первый такой пробный подъем состоялся 12 марта 1934 г. Предельная высота подъема шара была 18 600 м. Затем шар разорвался и начал снижаться. Но и во время падения радиозонд подавал сигналы, позволявшие определять температуру в различных слоях стратосферы. Сигналы о состоянии влажности были приняты до высоты

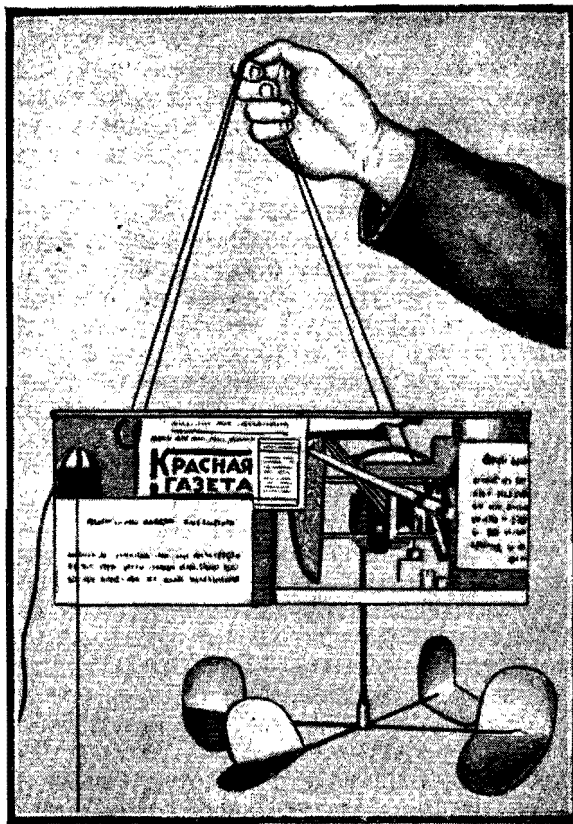


Рис. 23. Радиозонд П. А. Молчанова.

9 000 м. Температура на высоте 18 000 м составляла -55° . Скорость ветра достигала в среднем 100 км/час.

Во время работ Всесоюзной конференции по стратосфере были организованы в Слуцке подъемы шаров-радиозондов. Они поднимались пять раз; дважды достигали высоты 17 км, в третий раз — 20 км, в четвертый — 21 км и наконец 5 апреля 1934 г. шар-радиозонд достиг высоты 21,2 км.

Высоты 21 км удалось добиться благодаря высокому качеству оболочки, изготовленной заводом «Промтехника». Во время полета удалось получить следующие данные: стратосфера началась на высоте 8 900 м, где была температура -50° . Такая температура держалась до 13 км, после чего начала повышаться, достигнув $-40,7^{\circ}$.

1 мая на территории Института аэрологии в Слуцке был пущен радиозонд имени 1-го мая. Первомайский радиозонд поднялся на высоту 21 850 м.

В дальнейшем предполагается использовать одновременно два-три шара (так называемая система «тандем»). Это даст возможность, как полагают, достигнуть высоты в 25 000 м.

В настоящее время Институт аэрологии в Слуцке производит регулярные ежедневные подъемы в стратосферу радиозондов. Аномально-теплая погода начала мая 1934 г. нашла свое отражение и в стратосфере. Вместо нормальных для этого времени $-50-55^{\circ}$ на высоте 10—12 км, температуры поднялись там до -45° и выше, что является очень высоким пределом даже по сравнению с летним временем (на $3-4^{\circ}$). После 11 мая, когда аномально-теплая погода окончилась и началось вторжение холодного воздуха, повышенные температуры в стратосфере все еще имели место до 20-х чисел мая, в тропосфере же нулевая температура, наблюдавшаяся в теплые дни 1—10 мая на высоте 3 км, с вторжением холодных масс воздуха опустилась уже до высоты 1,5 км.

Мировой рекорд был достигнут шаром радиозондом в Арктике, где он был выпущен сотрудником Института аэрологом М. Кичевым в августе 1934 г. с ледокола «Ермак».

На высоте 9000 м температура была -47° . Далее температура постепенно повышалась и достигла -34° . На высоте 13 000 м и далее температура оставалась постоянной до максимальной высоты 23 230 м.

Кроме этого мирового рекордного подъема за время Лено-Карской экспедиции было выпущено еще шесть радиозондов, из которых один достиг 22 000 м, другой 20 000 м, а остальные 15 000 м и ниже, но только один достиг рекордной высоты 23 230 м.

В последнее время аспирант Ленинградского Радиового института т. Вернов под руководством проф. Мысовского сконструировал аппарат для автоматической регистрации в стратосфере импульсов космических лучей, предназначенный для установки на радиозондах. Предварительно были произведены испытания этой установки на самолетах, причем впервые удалось получить данные о степени распространения космических лучей на высоте 5 800 м. До настоящего времени эти исследования производились только на высоте до 4 000 м. Установлено, что количество космических лучей на высоте до 6 км в семь раз больше, чем на поверхности земли. Подсчеты лучей производились двумя счетчиками особой конструкции. На самолете была приспособлена установка, которая регистрировала быстро движущиеся в атмосфере частицы излучения, причем установка передавала подсчет количества космического излучения по радио.

В дальнейшем эту установку предполагается приспособить на радиозондах.

Недавно проф. Регенер установил, что резиновая оболочка, растянутая до 75% возможного растяжения, разрывается после нескольких минут действия на нее воздуха со слабыми следами озона. А так как слой озона, по мнению проф. Регенера, расположен гораздо ниже, чем думали (см. стр. 65), а именно там, куда проникают уже стратостаты и радиозонды, то Регенер рекомендует давать воздушным шарам (зондам, радиозондам и пр.) возможно большую скорость поднятия в стратосфере с тем, чтобы действие озона соответственных слоев было по возможности кратковременным.

Это соображение чрезвычайно важно и будет, конечно, учтено техникой.

Для проникновения в стратосферу с успехом мог бы быть использован также принцип реактивного давления, т. е. поднятие ракеты с саморегистрирующимися приборами. До сих пор еще многие не знают истинной причины полета ракеты и думают, что она «отталкивается от окружающего воздуха» посредством вытекающих из нее газов. На самом деле полет ракеты основан на законе равенства действия

и противодействия. Когда вы стреляете из ружья, то чувствуете «отдачу» — давление взрывных газов отбрасывает пулю в одну сторону и с точно такой же силой отталкивает ружье в обратную сторону. Так как ружье значительно тяжелее пули, то во сколько раз ружье тяжелее пули, во столько же раз ослабляется действие возвратного удара ружья. В обыкновенной ракете пороховые газы стремительно вытекают из нее вниз, а трубка ракеты отталкивается вверх. На этом принципе был построен в Германии и продемонстрировался ракетный автомобиль, а инж. Сандер на фабрике Опеля соорудил ракету, развивающую давление в 1100 кг, т. е. в четыре раза больше, чем самые большие из прежних ракет. Такая ракета может в течение 45 секунд достигнуть высоты 20 км, а через 3 минуты быть уже на высоте 80 км, где плавают серебристые облака и вспыхивают огни полярных сияний. Если бы ракета, проникшая туда, могла автоматическими приборами захватить там пробы воздуха и спуститься вниз на парашюте, то наши познания о химическом составе воздуха на такой большой высоте могли бы быть значительно пополнены. Гемфрис предложил следующую идею подобной ракеты. Она выпускается с герметически закрытой трубкой, изолированной от прилегающих частей воздуха, окруженной водой или льдом. На большой высоте копец трубки автоматически обламывается, в нее входит воздух стратосферы и трубка автоматически запаивается. В этот момент ракета дает световой сигнал, позволяющий с Земли определить ее высоту. Еще лучше было бы снабдить ракету радиозондом, который смог бы подавать оттуда сигналы на Землю о состоянии всех метеорологических элементов. В настоящее время проработка этого способа зондирования стратосферы ведется в разных странах и уже намечаются даже проекты ракетных аппаратов — ракетопланов. Между прочим, у нас работает сейчас в Москве так называемая «Группа исследования реактивного движения» (Моск. ГИРД), входящая в состав Бюро воздушной техники Осоавиахима. Подобная же группа работает в Ленинграде (Лен. ГИРД).

Таким образом, ракетное зондирование стратосферы обещает дать нам сведения о таких высоких ее слоях, которые

совершенно недоступны ни для стратостатов, ни для шаровозондов, ни для каких-либо других, известных нам пока способов проникновения в стратосферу.

Во время печатания этой книжки было получено известие, что известный летчик Уилли Пост, взявший рекорд высоты на аэроплане 14 630 м (см. стр. 94), при следующем своем полете в декабре 1934 г. достиг высоты, по его словам, 17 км. При этом скафандр, в котором он был одет, испытал легкое повреждение, но все же дал возможность летчику пробыть некоторое время в стратосфере без вреда для жизни.

ЛИТЕРАТУРА.

- Бартеле Ю.* Физика высоких слоев атмосферы. ГТТИ, серия „Успехи геофизики“, 1934. М.-Лгр. Стр. 76. Ц. 1 р. 60 к.
- Виткевич.* Стратосфера, ее основные свойства и методы исследования. ГТТИ, 1935.
- Гетц П.* Атмосферный озон. Из той же серии. Стр. 76. Ц. 1 р. 50к.
- Дуккерт П.* Распространение волн взрывов в атмосфере. Из той же серии. Стр. 72. Ц. 1 р. 50 к.
- Рукоп Г., Штермер К., Бауэр В., Губо Г., Гандель П., Плендель Г.* Электрофизика высоких слоев атмосферы. Из той же серии. Стр. 104. Ц. 2 р. 25 к.
- Чепмен С.* Некоторые явления верхних слоев атмосферы. Из той же серии. Стр. 32. Ц. 60 к.
- Штермер Карл.* Проблема полярных сияний. ГТТИ. М.-Лгр. 1933. Стр. 110. Ц. 6 р. 25 к.
- Рынин Н. А.* В стратосферу. Молодая Гвардия, 2 изд. Лгр. 1934. Стр. 152. Ц. 1 р. 20 к.
- Астапович И. С.* Физические явления при полете метеоров. „Мироведение“ 1934. № 3.
- Астапович И. С.* Новые материалы по полету большого метеорита 30 июня 1908 г. в Центральной Сибири. „Астрономический журнал“ 1933, № 4.
- Вериго А. Б.* Исследование физических свойств космических лучей. „Климат и погода“ 1932. № 1—2.
- Главная Геофизическая Обсерватория и полет в стратосферу 30 сентября 1933 г. (статьи: *Вериго А. Б.* Изменение интенсивности космических лучей на стратостате „СССР“; *Гольцман М. И.* Как определен был состав воздуха в стратосфере, *Тверской П. Н.* Электрическое состояние верхних слоев атмосферы и др. Изд. Гл. геоф. обсерв. 1934. Стр. 26. Ц. 1 р.

- Гневнышев М. Н.* О влиянии падающих звезд на распространение радиоволн. „Климат и погода“. 1934. № 2.
- Мальцев В. А.* Серебристые облака в ночь с 8 на 9 августа 1925 г. „Мироведение“. 1925, № 2.
- Мильцев В. А.* Метеоры и геофизика. „Мироведение“ 1933, № 5.
- Насилов Д. Н.* Физические методы изучения верхних слоев атмосферы. „Мироведение“ 1934, № 4.
- Прокофьев Г.* Полет и гибель стратостата «Осоавиахим — 1». «Правда» 15 марта 1934 г.
- Садиков В.* Основной экран высокой атмосферы. „Природа“ 1934, Ц. 1 р. 25 к.
- Святский Д. О.* Северное сияние в русской литературе и науке с X по XVIII век. „Архив Института истории науки и техники Академии Наук“. IV. 1934.
- Тихомиров Е. И.* Из истории изучения атмосферы. „Климат и погода“ 1932. № 3-4.
- Томсон К. К.* Оптические наблюдения в стратосфере по записям в бортовом журнале стратостата „Осоавиахим“. „Правда“ 1934 г., 15 февраля, № 45 (5931).
- Фрейман Л. С.* Акустическое зондирование стратосферы. „Природа“ 1934. № 6. Ц. 1 р. 25 к. Издание Академии наук.
- Эйгенсон М.* Всесоюзная конференция по изучению стратосферы. „Природа“ 1934. № 6. Ц. 1 р. 25 к.
- Дискуссия об ионосфере. «Успехи физических наук» (перевод Д. И. Еропкина). XIV. 1034. Вып. 4.

СОДЕРЖАНИЕ.

	Стр.
Предисловие	3
I. От тверди небесной к воздушному океану	5
II. Тропосфера, как нижняя область атмосферы	12
III. Каким путем шло изучение тропосферы?	21
IV. Почему небо голубое, а заря красная?	32
V. Серебристые, светящиеся и перламутровые облака в стратосфере	41
VI. Завеса полярных сияний в стратосфере	49
VII. Какие газы входят в состав атмосферы?	59
VIII. Температура и другие физические свойства высших слоев стратосферы	71
IX. Итоги наших знаний о стратосфере	78
X. Космические лучи и мировое эхо	82
XI. Почему мы стремимся в стратосферу?	88
XII. Методы проникновения в стратосферу	92

Сдано в набор 14 ноября 1934 г.
Поступило к печати 11 января 1935 г.
Формат 72X110^{1/32}.

Количество бумажн. листов 17/8.

Авторских листов 3,20.

Количество печ. знаков в 1 бум. листе 135680.

Леноблгорлит № 29097.

Ответств. редактор *Е. В. Пулькина.*
Техническ. редактор *Р. В. Эмдина.*

Заказ № 1434.

Тираж 15 000 экз.

Изд. № 302.