

ГРАДУСНИК КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

РОССИЙСКИЕ СПУТНИКИ ВОЗОБНОВЛЯЮТ ИЗУЧЕНИЕ ИОНОСФЕРЫ

ПРОГНОЗ «КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ» В XXI ВЕКЕ ПЕРЕСТАЛ БЫТЬ ЭКЗОТИКОЙ. ПО КРАЙНЕЙ МЕРЕ АВТОР ЭТИХ СТРОК ХОРОШО ПОМНИТ, ЧТО ЕЩЕ НЕСКОЛЬКО ЛЕТ НАЗАД В ИНТЕРВЬЮ НА ЭТУ ТЕМУ ВИДНЫЕ УЧЕНЫЕ ПРЕДПОЧИТАЛИ ГОВОРИТЬ, ЧТО ВОПРОС ЕЩЕ ТРЕБУЕТ ТЩАТЕЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ. А ЧТО СЕЙЧАС?

Сергей ПУЛИНЕЦ, Ольга ЗАКУТНЯЯ

Выражение «Что нам сегодня приготовила космическая погода?» стало встречаться в нашем лексиконе с тех пор, как плохое самочувствие стали связывать с геомагнитными бурями и солнечной активностью. Впрочем, степень влияния этих явлений на здоровье человека еще остается предметом дискуссий. Вместе с тем сложно отрицать, что перебои в электрических сетях, сбои в работе нефте- и газопроводов, возникающие в результате глобальной космической бури, негативно сказываются на всех нас. Следить за космической погодой становится жизненно необходимым. И ключевая роль в наблюдениях принадлежит ионосфере.

Еще сто лет назад было известно, что Землю окружает не только воздушная атмосфера, но и оболочка, состоящая из смеси нейтральных и ионизированных (заряженных) частиц – электронов и ионов. Благодаря ей, в частности, стала

возможна радиосвязь. Эта оболочка получила название «ионосфера».

Ионосфера располагается на высоте примерно от 60 км до 2000 км и имеет сложное строение. Ее принято разделять на несколько слоев, которые различаются по концентрации плазмы и особенностям ее поведения. Ионосфера «чутко» реагирует на различные изменения геомагнитного поля, которое, в свою очередь, меняется под действием солнечной активности. Поэтому границы ионосферных слоев то поднимаются, то опускаются, и вся ионосфера как бы «дышит».

Большинство электрических токов, возникающих в результате повышенной солнечной и геомагнитной активности, замыкаются именно в ионосфере. Поэтому ее можно назвать природной лабораторией для контроля околоземного космического пространства. Если мы будем знать состояние ионосферы, то есть основные параметры космической плазмы – концентра-

цию частиц, их состав и температуру, параметры электромагнитных полей и волновых излучений в разных ее областях, то сможем судить о том, что происходит вокруг Земли.

Однако «добраться» до ионосферы очень непросто. Фактически это можно сделать только с борта искусственного спутника Земли. Но если проводить измерения только на орбите, то получим данные лишь с фиксированной высоты, а о том, что происходит выше и ниже нее, можно будет только гадать. Необходимо создать прибор, способный зондировать ионосферу на разных высотах и представлять результаты в виде высотного профиля, то есть, проще говоря, графика, где отложена концентрация электронов в зависимости от высоты. Такой прибор существует, и он называется «ионозонд».

ИОНОЗОНДЫ: С ЗЕМЛИ В КОСМОС

Ионозонд излучает короткие радиоимпульсы в широком диапазоне частот и потом регистрирует отраженные сигналы от ионосферы. Отражение происходит в точке, в которой частота зондирующего радиоимпульса оказывается в резонансе с колебаниями свободных электронов. Частота этих колебаний зависит от концентрации электронов на данной высоте. Измеряя длительность задержки между временем излучения импульса и моментом прихода отраженного сигнала, можно определить высоту отражения, а по частоте отраженного импульса – концентрацию электронов на этой высоте.

Первые ионозонды были наземными. Создателями технологии и первого ионозонда были американские ученые Грегори Брайт и Энтони Тьюв (в 1925 г.). Первые эксперименты зондирования ионосферы с поверхности Земли они провели в 30-х годах XX века.

Сегодня на всей Земле существует глобальная сеть ионозондов, данные которой обрабатывают соответствующие геофизические службы. Так, в России в государственной наблюдательной сети, подведомственной Росгидромету, сейчас действует сеть из 16 ионозондов. Существует подобная сеть и в системе Российской академии наук.

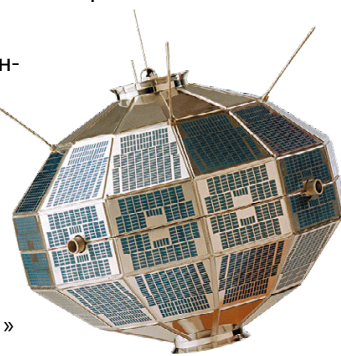
Но наземные ионозонды стационарны и поэтому предоставляют информацию не обо всей ионосфере. У России, например, нет ионозондов, которые находились бы в Южном полушарии и в океанических акваториях. Кроме того, их возможности ограничены: находясь на Земле, ио-



В зависимости от распределения по высоте концентрации заряженных частиц ионосферу разделяют на области D, E и F. Последняя в летнее дневное (а иногда в возмущенное) время подвергается бифуркации – делится на два слоя F1 и F2

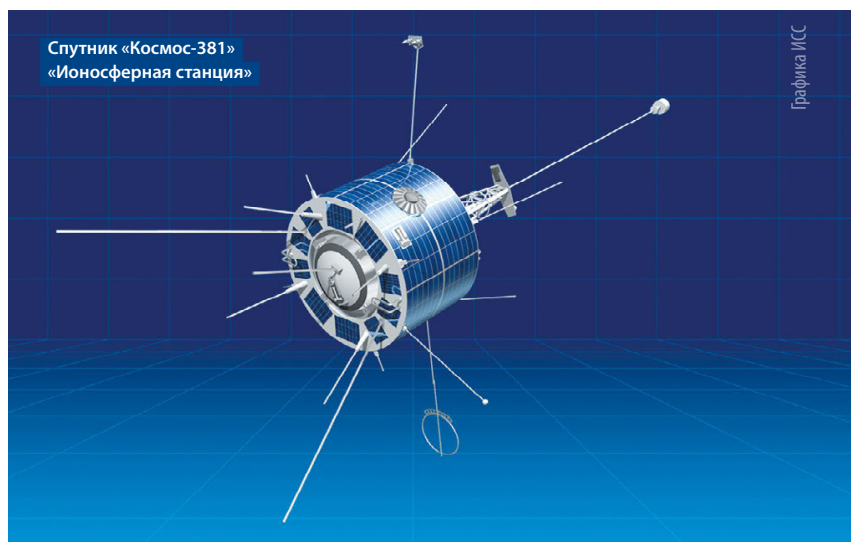
нозонд может получать информацию только о нижней части ионосферы, до высоты 250–400 км. Поэтому вполне естественно, что с началом космической эры ученые захотели вынести эти приборы на орбиту.

Первым «Жаворонком» (именно так переводится с французского название аппарата) стал канадско-американский спутник Alouette. Он разрабатывался с 1958 г. и был запущен в сентябре 1962 г.



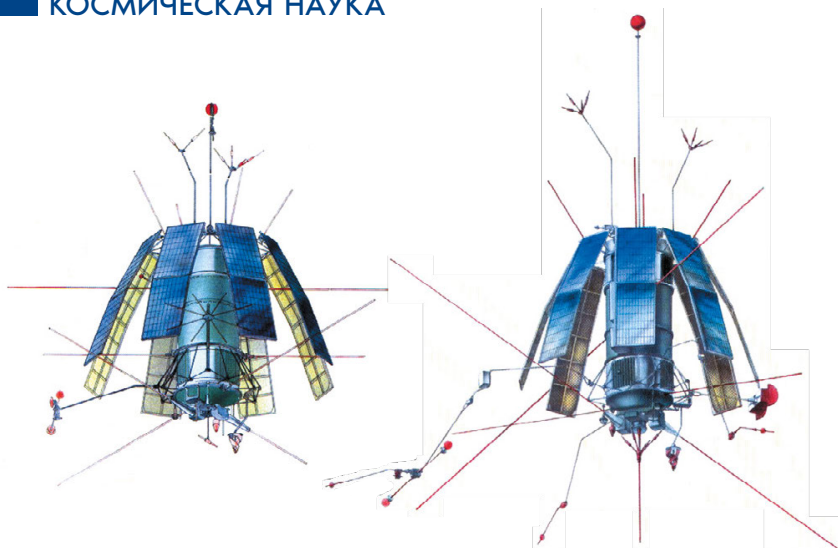
Спутник Alouette

В СССР первый ионозонд был установлен на спутнике «Космос-381» (1970 г.), а потом на спутнике «Интеркосмос-19» (1979 г.). «Интеркосмос-19» стал первой комплексной лабораторией не только в стране, но и в мире. Помимо ионозонда, на нем были установлены приборы для измерения параметров электромагнитных полей и частиц. Аппарат проработал больше трех лет и дал очень много научной информации.



Спутник «Космос-381»
«Ионосферная станция»

Графика ИСС



Космические аппараты «Интеркосмос-19» и «Космос-1809»

Далее в 1987 г. был запущен спутник «Космос-1809». Он был копией «Интеркосмоса-19», но с несколько измененным составом приборов. «Космос-1809» должен был стать первым аппаратом новой спутниковой группировки для систематического мониторинга ионосферы. Программа наблюдений составлялась в интересах не только Академии наук, но и Государственного комитета по гидрометеорологии и контролю природной среды (Госкомгидромет) СССР.

По экономическим причинам в 1980–1990-х годах создать полноценную систему мониторинга «космической погоды» в нашей стране не удалось. Но необходимость в ней осталась.

Необходимость следить за «космической погодой» понимали уже тогда, но, к сожалению, основной инструмент спутника – ионозонд – проработал не так долго, как хотелось бы. Остальные приборы успешно функционировали шесть лет, и был получен богатый материал по локальным параметрам ионосферной плазмы.

В 1990-е годы создать спутниковую группировку для мониторинга ионосферы по ряду причин, в основном экономических, не удалось. Правда, в 1998–1999 гг. проводились научные эксперименты по исследованию ионосферы с помощью ионосферной станции, установленной на модуле «Природа» орбитального комплекса «Мир». Она тоже дала много научных результатов, в том числе потому, что несколько отличалась от того, что делалось на спутниках.

Эксперимент по радиозондированию с орбитального комплекса «Мир» относят к внутреннему зондированию ионосферы. Дело в том, что орбита станции проходила на высотах в интервале от 330 км до 380 км и на многих участках, особенно в низких широтах, была ниже высоты максимума концентрации электронов. Орбиты же спутников пролегали выше.

ЧЕТЫРЕ «ИОНОСФЕРЫ» И ОДИН «ЗОНД»

Итак, в 1980–1990-х годах создать полноценную систему мониторинга «космической погоды» в нашей стране не удалось. Но необходимость в ней осталась и, более того, стала еще актуальнее.

Макет космического аппарата «Ионосфера-М» на выставке ИКИ РАН



Фото: Т. Жеркова, ИКИ РАН

Последствия капризов «космической погоды» могут быть непредсказуемы, в первую очередь, для технической инфраструктуры и для космических аппаратов, от которых мы зависим все больше. А в России, территория которой находится на высоких широтах, эти явления могут быть особенно ощутимыми.

Космический проект «Ионозонд-2025» входит в Федеральную космическую программу на 2016–2025 годы. Главные заказчики – Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Российская академия наук. Главные организации по комплексу научной аппаратуры – Институт прикладной геофизики имени Е.К.Фёдорова Росгидромета и Институт космических исследований РАН.

Проект призван решить и научные, и прикладные задачи. Исследователи надеются получить новые знания о земной ионосфере, где еще много нерешенных вопросов. Для практиков это первый шаг к созданию спутниковой геофизической службы для непрерывного мониторинга околоземного пространства.

Предполагается, что спутниковая группировка «Ионозонд» будет состоять из четырех одинаковых аппаратов «Ионосфера-М», предназначенных для зондирования и мониторинга ионосферы. Систему дополнит пятый спутник – «Зонд-М», призванный наблюдать за Солнцем.

Космические аппараты создает Корпорация ВНИИЭМ. Научная аппаратура разрабатывается в российских научно-исследовательских институтах.

Все четыре спутника выведут на круговые орбиты высотой порядка 820 км. Орбиты будут солнечно-синхронными: при этом измерения «привязаны» к определенным секторам местного времени. Намечено задействовать две плоскости: спутники будут запускать попарно с последующим разведением на 180° вдоль меридиана, что позволит в два раза увеличить долготное разрешение проводимых измерений.

Первыми в космос должны выйти два аппарата «Ионосфера-М» в 2023 г. с космодрома Восточный. Через несколько лет группировку планируется дополнить второй парой и спутником «Зонд-М».

На каждом космическом аппарате «Ионосфера-М» первой пары установлено восемь научных приборов. На спутниках второй пары расположится уже по десять приборов.

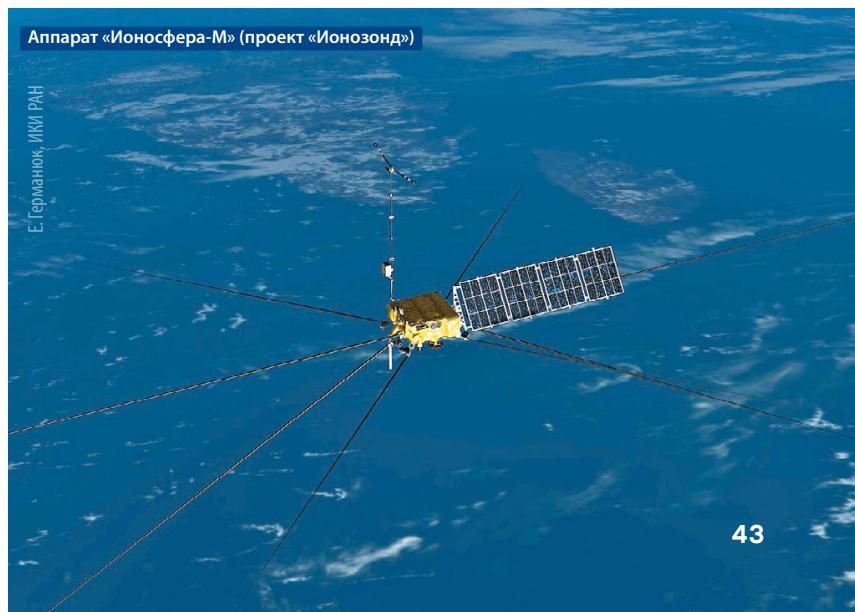
ВСЕГДА НА СВЕТЛОЙ СТОРОНЕ

Солнечно-синхронная орбита представляет собой окружность вокруг Земли с такими параметрами, что объект, находящийся на ней, проходит над любой точкой земной поверхности в одно и то же местное время. Таким образом, угол освещения земной поверхности будет приблизительно одинаковым на всех проходах спутника. Такие постоянные условия освещения подходят для аппаратов, наблюдающих земную поверхность, метеоспутников.

Основной научный прибор – ионозонд ЛАЭРТ. Он «просветит» ионосферу, и по его данным будут строиться вертикальные профили концентрации электронов. Другие приборы измерят потоки энергичных частиц, их пространственные и энергетические распределения. Для измерения электромагнитных полей и излучений предусматривается применять низкочастотный волновой комплекс НВК2 и ионозонд ЛАЭРТ в режиме радиоспектрометра.

Данные проекта «Ионозонд» намечено использовать вместе с информацией от наземных наблюдений. Можно будет проводить и наземно-космические эксперименты, изучая отклик ионосферы на воздействие «снизу» в виде ураганов, извержений вулканов, пылевых бурь и землетрясений.

Увидеть, как выглядит «Ионосфера-М», можно на выставке в ИКИ РАН. Макет аппарата в полную величину был создан по гранту Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере и сегодня стал одним из ключевых экспонатов для экскурсий, рассказывающих о космической погоде в целом и методах ее изучения. Дни открытых дверей в ИКИ РАН проводятся каждый год в апреле и октябре. ■



Аппарат «Ионосфера-М» (проект «Ионозонд»)

Е. Терманоков, ИКИ РАН