

# СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОСМИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

УДК 551.5

## КОСМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ИОНОЗОНД»

Л. А. Макриденко, С. Н. Волков, А. В. Горбунов,  
В. А. Кожевников, В. П. Ходненко

*Представлен космический комплекс наблюдения и определения геофизических параметров ионосферы, верхних слоев атмосферы, околоземного космического пространства «Ионозонд». Рассматривается назначение, состав и основные характеристики комплекса, орбитальная группировка которого состоит из пяти космических аппаратов: четырех аппаратов «Ионосфера» и одного аппарата «Зонд». Космические аппараты «Ионосфера» предназначены для функционирования на круговых солнечно-синхронных орбитах высотой ~820 км, они должны располагаться в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (по два КА – «Терминатор» и «Меридиан» – в каждой плоскости и разведены на угол ~180°). «Зонд» должен функционировать на круговой околотерминаторной орбите с высотой на экваторе 600 – 650 км. Для поддержания фазовых характеристик космических аппаратов, находящихся в одной плоскости, в системе коррекции орбиты космического аппарата «Ионосфера» должны быть применены абляционные импульсные плазменные двигатели АИПД-95. Аналогичная система коррекции будет использоваться на космическом аппарате «Зонд». Приводятся основные характеристики космических аппаратов «Ионосфера» и «Зонд», назначение и состав целевой аппаратуры. Даны основные сведения о наземном комплексе приема, обработки и распространения гелиогеофизической информации.*

**Ключевые слова:** космический аппарат, космический комплекс, орбитальная группировка, служебные системы, целевая аппаратура, ионосфера, магнитосфера, мониторинг состояния ионосферы, волновая активность, корпускулярные ионизирующие излучения, баллистическое построение орбитального сегмента.

Как известно, космические средства получения информации являются одним из важнейших инструментов изучения процессов, протекающих на поверхности Земли и в околоземном пространстве. Наблюдения из космоса позволяют получать сведения о процессах, протекающих на Солнце, в межпланетном пространстве, в атмосфере, литосфере Земли и на ее поверхности.

К давно и хорошо известным факторам отклика состояния ионосферы на солнечные и магнитосферные возмущения, на изменения токовых систем в полярных и экваториальных областях, на динамику циркуляций средней и верхней атмосферы в последние годы добавились сведения о различного рода модификациях ионосферы, связанных с ее нагревом, приближающимися землетрясениями (с заблаговременностью от семи до одних суток), наземными химическими и подземными ядерными взрывами и работой на орбите космических объектов [1].

Исследования, проведенные в самые последние годы, показывают, что ионосферные возмущения (бури и суббури) негативно воздействуют на состояние здоровья больных людей, прежде всего, с сердечно-сосудистыми заболеваниями при относительно спокойном геомагнитном поле. С другой стороны, ионосфера как объект контроля легко подвергается одному из самых доступных методов дистанционной диагностики – радиозондированию, которое дает богатую и беспрецедентную по точности информацию о состоянии и свойствах ионо-

сферы. Следовательно, заведомое большинство факторов, вызывающих те или иные естественные и техногенные возмущения ионосферы, могут быть легко обнаружены и идентифицированы (при наличии развитой системы радиозондирования).

Важнейшим прикладным аспектом мониторинга состояния ионосферы является контроль за ее влиянием на технические средства и системы, использующие электромагнитные волны или подверженные их влиянию, в частности, средства связи, навигации и т.п. Это обстоятельство привлекает интерес как традиционных потребителей ионосферной информации – организаций, связанных с выполнением оборонных или прикладных задач, учреждений, обеспечивающих дальнюю космическую радиосвязь и навигацию, космических и прогностических служб, академии наук, так и новых потребителей – госструктур по предупреждению чрезвычайных ситуаций, частных и государственных страховых служб, органов здравоохранения и т.д. [2, 3].

В связи с актуальностью исследования перечисленных выше атмосферных и ионосферных процессов в России АО «Корпорация «ВНИИЭМ» по заказу Федерального космического агентства создает космический комплекс (КК) «Ионозонд», предназначенный для мониторинга геофизической обстановки («Космической погоды») путем измерения основных параметров процессов в верхней атмосфере, ионосфере, магнитосфере, солнечной активности и передачи полученных данных по радиоканалам на наземный комплекс приема, обработки и распространения

космической информации (НКПОР) для отечественных потребителей: Росгидромета, Роскосмоса, МЧС России, Минсвязи, Минтранса и др.

Основными задачами КК «Ионозонд» являются:

- мониторинг состояния ионосферы;
- наблюдение и контроль Солнца и солнечной активности;
- наблюдение и контроль верхней атмосферы;
- контроль состояния магнитосферы;
- диагностика волновой активности (электромагнитные акустические волны);
- диагностика корпускулярных ионизирующих излучений;
- диагностика состояния озона.

Состав геофизических характеристик, требующих изучения и контроля, весьма обширен. Он включает слежение за следующими параметрами и процессами:

- вариациями электронной компоненты ионосферы;
- составом, температурой, плотностью и скоростями движения ионов плазмы;
- потоками радиации околоземного, солнечного и галактического происхождения;
- гамма-всплесками, часть которых может иметь техногенный характер;
- магнитными и электрическими полями;
- волновыми процессами в атмосфере;
- вспышечными световыми явлениями и длительным свечением нижней и верхней атмосферы Земли (полярные сияния, транзиентные световые явления, световые эффекты над облаками после газовых разрядов и т. д.);
- состоянием озоносферы и другими явлениями геофизического характера в различных слоях атмосферы и околоземного космического пространства (ОКП).

Большое влияние на ОКП и атмосферу Земли оказывает Солнце. Нестабильность его характеристик и процессов ярко проявляется в последние годы, приводит к соответствующим изменениям в магнитосфере и верхних слоях атмосферы Земли. Большую важность приобретает мониторинг широкого состава характеристик, определяющих поведение Солнца в различных фазах 11-летнего и полного 22-летнего циклов привычной смены солнечной активности. Для чего должны обеспечиваться съемка и картирование нашей звезды и ее короны в рентгеновском, ультрафиолетовом (УФ) и видимом диапазоне электромагнитного спектра, а также требуется измерять потоки солнечной радиации.

КК «Ионозонд» предназначен для получения в глобальном масштабе регулярной и достоверной информации о параметрах ряда процессов и явлений в ионосфере, магнитосфере, верхних слоях атмосферы, на Солнце, в межпланетном и межзвездном пространстве.

При этом должен реализоваться следующий состав наблюдений и измерений:

1. Мониторинг состояния ионосферы Земли в части наблюдения:

- пространственно-временной структуры и параметров ионосферы;
- пространственного распределения электронной концентрации ионосферы;
- естественных и искусственных неоднородностей и ионосферно-магнитных возмущений;
- физических явлений в ионосфере, возникающих в результате активных воздействий природного и антропогенного происхождения;
- пространственного распределения электромагнитных полей в ОКП;
- распределения озона в верхней атмосфере.

2. Контроль состояния и активных процессов на Солнце и в солнечной короне в части:

- картирования Солнца и околосолнечного пространства в УФ- и видимой области электромагнитного спектра;
- измерения жестких электромагнитных излучений;
- измерения солнечного рентгеновского и УФ-излучения.

3. Мониторинг верхней атмосферы Земли в части:

- наблюдения свечения верхней атмосферы (оптические характеристики);
- наблюдения состава нейтральной верхней атмосферы.

4. Контроль магнитосферы в части:

- контроля радиационной обстановки;
- регистрации магнитосферных явлений.

5. Наблюдение волновой электромагнитной активности в ионосфере и верхней атмосфере.

6. Регистрация корпускулярных ионизирующих излучений в части:

- измерения спектральных характеристик потоков протонов и электронов солнечного космического излучения;
- измерения потоков галактического космического излучения.

Данные, полученные космическим аппаратом (КА), могут быть использованы для решения широкого спектра задач контроля и прогнозирования обстановки в интересах заказчиков и потребителей: Росгидромета, Минобороны РФ, МЧС России, Минсвязи, Минтранса.

Геофизический КК «Ионозонд» станет геофизической службой РФ и будет обеспечивать наблюдение и измерение перечисленного выше состава геофизических и гелиофизических процессов и характеристик. С этой целью на КА запланирована установка многочисленных целевых приборов для съемки и контакт-

ного определения параметров верхней атмосферы Земли, ионосферы, ОКП, Солнца, а также ионизирующих (корпускулярных) потоков солнечного, галактического и земного происхождения.

К моменту создания КК «Ионозонд» его орбитальная группировка должна включать пять КА: четыре КА «Ионосфера» и один КА «Зонд» (рис. 1).

КА «Ионосфера» – однотипные, КА «Зонд» создается на той же платформе, что и КА «Ионосфера». Задачи, решаемые ими, несколько различаются: если КА «Ионосфера» предназначены для оперативного мониторинга состояния верхних слоев атмосферы (магнитосферы, ионосферы), то основная задача КА «Зонд» – получение информации о состоянии Солнца.

Отсюда и разные требования к ориентации КА: у КА «Ионосфера» – орбитальная, у КА «Зонд» – солнечная.

КА «Ионосфера» должна функционировать на солнечно-синхронной орбите (ССО) высотой ~820 км, наклоном 98° и располагаться в двух орбитальных плоскостях (по два КА в каждой плоскости, см. рис. 1) [4].

Первая пара аппаратов «Ионосфера» должна быть выведена на круговую ССО с долготой восходящего узла на 90° меньше, чем прямое восхождение Солнца, эта орбита близка к плоскости терминатора на Земле (два КА «Ионосфера-Т»).

Положение плоскости такой орбиты относительно прямого восхождения среднего Солнца ~135°, а местное время восхождения узла орбиты ~21 ч 00 мин.

Вторая пара данных аппаратов должна быть размещена на круговой ССО с долготой восходящего узла, равной прямому восхождению Солнца, плоскость этой орбиты близка к направлению на Солнце, а в дни равноденствия проходит через это направление (два КА «Ионосфера-М»).

Положение плоскости такой орбиты относительно прямого восхождения среднего Солнца ~46°, а местное время восхождения узла орбиты ~15 ч 00 мин.

В течение срока активного существования (САС) КА в каждой из пар КА («Ионосфера-Т» и «Ионосфера-М») должна сохраняться заданная конфигурация группировки, а именно: аппараты каждой пары должны быть на угловом расстоянии  $180 \pm 30^\circ$  относительно друг друга, а положение восходящих узлов каждой пары относительно проекции Солнца на экваторе не должно изменяться более чем на 2° в год в течение времени существования группировки в рабочем режиме. Изменение положения плоскостей орбит в течение САС не должно превышать  $\pm 10^\circ$ .

Оптические приборы должны обеспечивать полное покрытие поверхности Земли (с северного и южного полюсов) широтой более 35°, при этом

соседние полосы наблюдения на этих широтах должны перекрывать друг друга на ширине не менее чем на 10%, экваториальные области должны покрываться не менее чем на 90%.

Максимальный угол между местной вертикалью наблюдаемой точки и направлением на КА составляет 30°, этим углом и высотой орбиты определяется ширина полосы наблюдения.

Последние перечисленные требования являются стандартными для КА исследования поверхности Земли из космоса, и для таких задач обычно используется ССО.

Баллистический анализ показал, что существование одиночного КА «Ионосфера» на расчетной целевой орбите в течение САС возможно в бескоррекционном режиме, однако необходимость поддержания фазового положения в группировке из двух аппаратов требует применения корректирующей двигательной установки (КДУ).

Относительно небольшой суммарный импульс тяги (26 кН·с), необходимый для поддержания фазового сдвига между двумя КА, позволяет применить для этих целей КДУ на базе абляционного импульсного плазменного двигателя АИПД-95 разработки НИИ ПМЭ МАИ, которая отличается простотой и дешевизной по сравнению, например, с КДУ на базе стационарных плазменных двигателей СПД-50, применяемой на КА «Канопус-В».

В аппаратный состав КА «Ионосфера» и «Зонд» включены служебные и целевые системы.

Состав служебных систем всех пяти КА традиционный для АО «Корпорация «ВНИИЭМ» и практически одинаков, исключая комплексы целевой аппаратуры (ЦА).

Бортовой комплекс управления (БКУ) состоит из контроллеров, обеспечивающих управление с наземного комплекса управления (НКУ) и программное функционирование бортовой аппаратуры (БА) КА в условиях орбитального полета.

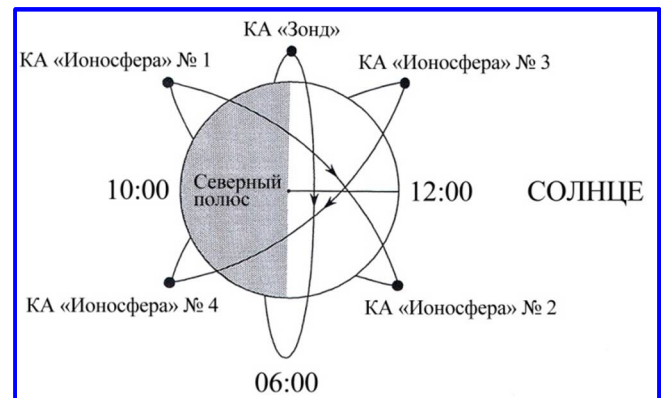


Рис. 1. Орбитальная группировка космического сегмента «Ионозонд»

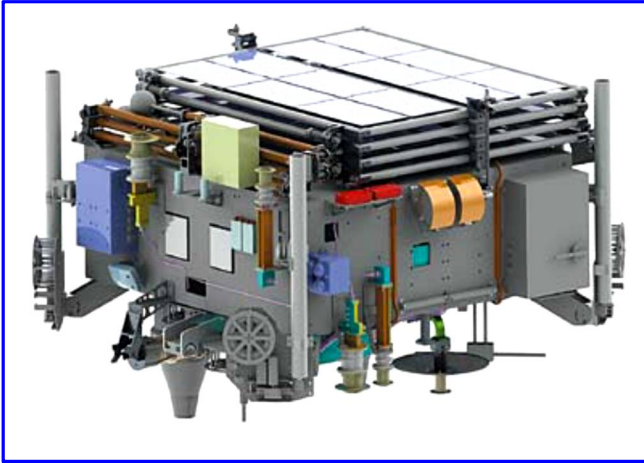


Рис. 2. КА «Ионосфера» в транспортном положении

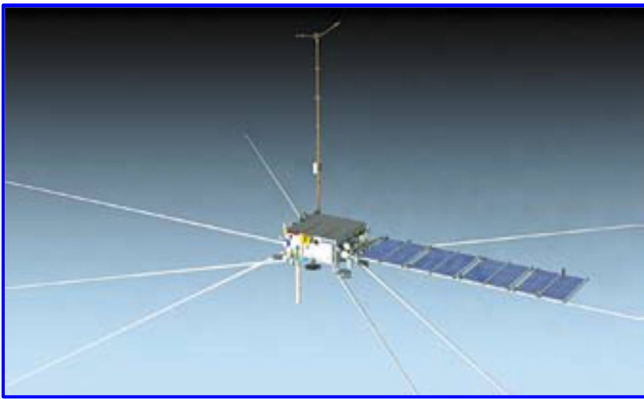


Рис. 3. КА «Ионосфера» на орбите

Бортовой служебный комплекс состоит из блоков, обеспечивающих пространственную ориентацию (СОК), энергетический (СЭС) и тепловой (СОТР) балансы и фазовое (КДУ) соотношение пары КА. В процессе орбитального функционирования при помощи приборов, входящих в состав СОК (контроллер ориентации и датчики), осуществляются различные режимы ориентации. Снабжение электрической энергией осуществляется путем ориентации на Солнце по закону, заложенному в БКУ.

Виды КА «Ионосфера» в транспортном положении и на орбите представлены на рис. 2 и 3 соответственно.

Основные характеристики КА «Ионосфера» приведены в табл. 1.

Все приборы, входящие в состав комплекса целевой аппаратуры (КЦА) обоих типов КА КК «Ионозонд», можно разделить на три группы в соответствии с решаемыми задачами:

- ионосферно-электромагнитный комплекс для мониторинга состояния ионосферы, контроля состояния магнитосферы, измерения волновой активности (электромагнитные, акустические волны);
- солнечно-магнитосферный комплекс для наблюдения и контроля Солнца и солнечной активности, диагностики и корпускулярных ионизирующих излучений, контроля состояния магнитосферы;
- атмосферный комплекс для наблюдения и контроля верхней атмосферы, диагностики состояния озона (определение планетарного распределения озона).

Таблица 1

### Основные характеристики КА «Ионосфера»

Тип орбиты	Околокруговая, ССО
Высота орбиты	~820 км
Наклонение	~98,8 град.
Период обращения	~101 мин
Масса КА	~400 кг
Масса полезной нагрузки	~100 кг
Габаритные размеры (транспортные)	1200 × 1200 × 800 мм
САС	8 лет
Тип СО	Активная, электромаховичная
Ориентация КА	Трехосная орбитальная «Земля – Курс»
Точность ориентации	Не хуже 30 угл. мин, при необходимости – не хуже 6 угл. мин
Точность стабилизации	~0,01 град./с
Коррекция орбиты	Поддержание фазовых характеристик КА, находящихся в одной плоскости
Среднее потребление служебной аппаратуры	До 100 Вт
Среднее потребление ЦА	До 150 Вт
Мощность солнечных батарей	Не менее 700 Вт
Напряжение питания БА	24 – 34 В
Объем передаваемой информации	До 20 Гбайт/сут.
Управление КА	С одного пункта
Тип запуска	Попутный



Далее приведен перечень основной ЦА КА «Ионосфера» и ее основные характеристики.

Аппаратура «Ионозонд 1-20» (ионосферный радиолокатор) с диапазоном частот 1 – 20 МГц и длительностью радиоимпульса 100 – 150 мкс, предназначенная для обеспечения непрерывного и глобального измерения параметров ионосферы.

Основной работы бортового ионозонда является резонансное отражение радиоволн от ионосферной плазмы.

Энергоспектрометр ионосферной плазмы (ЭСИП) предназначен для измерения локальных параметров ионосферной плазмы вдоль орбиты КА, изучения структуры и динамики ионосферы в целом, изучения отдельных физических процессов в ионосферной плазме, а также для глобального мониторинга ионосферы.

Озонометр-ТМ предназначен для спектрометрических измерений интенсивности отраженного атмосферой Земли УФ-излучения Солнца в полосе 300 – 400 нм.

Низкочастотный волновой комплекс (НВК) «НВК 2» предназначен для измерения магнитных и электрических полей ОКП в диапазоне частот от 0 до 20 кГц с целью определения состояния магнитосферно-ионосферной плазмы и выявления воздействий естественного и антропогенного происхождения.

GPS – измеритель полного электронного содержания («ПЭС») – предназначен для определения высотного распределения электронной концентрации ионосферы Земли (от основания ионосферы до высоты КА) по данным радиозатменных измерений сигналов КА глобальных навигационных систем GPS/ГЛОНАСС.

Двухчастотный 150/400 МГц передатчик («МАЯК») предназначен для радиопросвечивания ионосферы Земли на частотах 150 и 400 МГц с целью определения параметров ионосферы в под спутниковой области.

Спектрометр плазмы и энергичной радиации («СПЭР-1») предназначен для измерения дифференциальных энергетических спектров высокоэнергичных электронов и протонов в диапазоне энергий 0,05 – 20 КэВ, спектров электронов в интервале 0,1 – 10 МэВ, спектров протонов в интервале 1 – 100 МэВ,  $\alpha$ -частиц мегаэлектронвольтных энергий.

Спектрометр галактических космических лучей («ГАЛС 1») предназначен: для измерения плотности потока протонов с энергией более 600 МэВ в трех энергетических интервалах (излучение регистрируется детектором Черенкова); для измерения суммарной плотности потоков протонов и электронов счетчиками Гейгера в четырех энергетических диапазонах.

Гамма-спектрометр («СГ1») предназначен для измерения дифференциальных энергетических спектров жесткого рентгеновского и гамма-излучения атмосферы Земли в диапазоне энергий 20 КэВ – 10 МэВ.

Бортовой ионозонд «ЛАЭРТ» предназначен для комплексного глобального высотного зон-

дирования ионосферы Земли с борта КА на частотах от 0,1 до 20 МГц.

Для передачи в реальном режиме времени получаемой информации (ионограмм) на наземные пункты приема используется радиоканал на частоте 137 МГц.

Бортовой комплекс управления (БКУ) и сбора научной информации предназначен для сбора, хранения и передачи информации приборов КЦА в радиолинию целевой информации (РЛЦИ) РЛЦИ-И, а также для управления режимами работы КЦА (объем памяти – не менее 16 Гб).

КА «Зонд» предназначен для наблюдения Солнца, состояния озоносферы, верхних слоев атмосферы. КА «Зонд» должен функционировать на околокруговой околотерминаторной ССО высотой ~650 км, местное время восходящего узла орбиты ~ 6:00 или 18:00. Изменение положения плоскости орбиты в течение САС – не более  $\pm 10^\circ$ . Орбита выбрана из условий обеспечения максимального времени наблюдения северной полярной «шапки» Земли.

Принципиальной особенностью КА «Зонд», в отличие от КА «Ионосфера», является то, что он будет обеспечивать мониторинг геофизических процессов и явлений вблизи полюсов Земли. По этой причине орбита КА «Зонд» должна быть приближена к плоскости терминатора Земли. Такое положение удобно одновременно для наблюдения как Солнца, так и ОКП над полярными районами Земли.

Вид КА «Зонд» в транспортном положении и на орбите представлен на рис. 4 и 5.

Основные характеристики КА «Зонд» представлены в табл. 2.

**Основная ЦА КА «Зонд» и ее основные характеристики.** Телескоп-коронограф («СТЕК») предназначен для мониторинга короны Солнца на высотах от 1 до 10 солнечных радиусов в спектральных диапазонах вакуумной, УФ- и видимой областей спектра с целью обнаружения и определения динамики развития корональных выбросов массы.

Солнечный изображающий спектральный телескоп «СОЛИСТ» предназначен для измерения потоков излучения и построения высокоточных изображений переходного слоя и короны Солнца в диапазоне высот от 0,05 до 1 солнечного радиуса.

Спектрофотометр рентгеновский («РЕСПЕКТ») предназначен для непрерывного мониторинга рентгеновского излучения короны Солнца.

Рентгеновский фотометр («СФР») предназначен для измерения рентгеновского излучения Солнца на фоне заряженных частиц.

Спектрофотометр потока УФ-излучения Солнца предназначен для измерения плотности потока излучения Солнца в резонансной линии водорода  $H\text{L}_\alpha$  (121,6 нм).

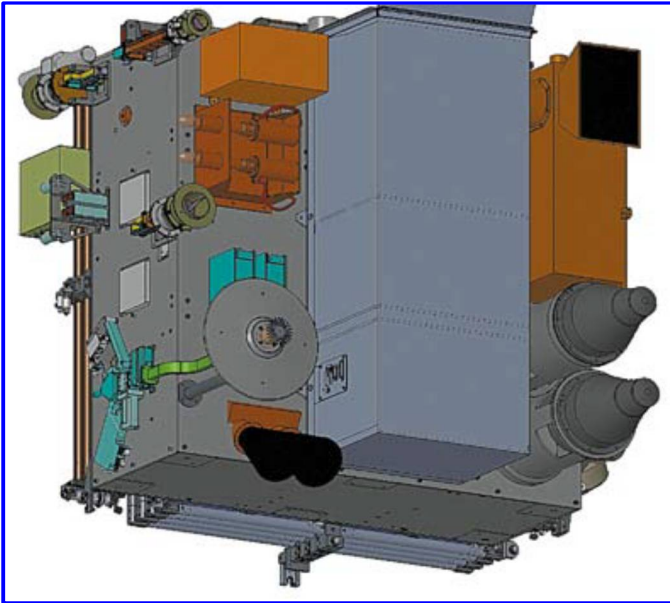


Рис. 4. Вид КА «Зонд» в транспортном положении

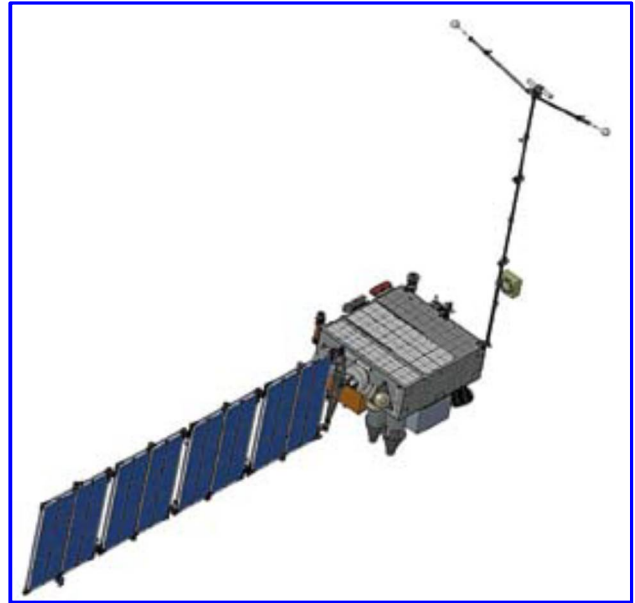


Рис. 5. КА «Зонд» в орбитальной конфигурации

Таблица 2

**Основные характеристики КА «Зонд»**

Тип орбиты	Околокруговая околотерминаторная ССО
Высота орбиты	~650 км
Наклонение	~97,0 град.
Период обращения	~98 мин
Масса КА	~450 кг
Масса полезной нагрузки	~105 кг
Габаритные размеры (транспортные)	1540×1326×1153 мм
САС	8 лет
Тип СО	Трехосная, активная, электромаховичная
Ориентация КА	Трехосная «Солнце – Земля»
Точность ориентации на Солнце	Не хуже 3 угл. мин
Точность стабилизации	~0,01 угл. град./с
Точность определения орбитального положения центра масс КА	Не хуже 10 м
Коррекция орбиты	Имеется
Среднее потребление служебной аппаратуры	До 100 Вт
Среднее потребление ЦА	До 200 Вт
Мощность солнечных батарей	Не менее 700 Вт
Напряжение питания БА	24–34 В
Объем передаваемой информации	До 20 Гбайт/сутки
Управление КА	С одного пункта
Тип запуска	Попугный

Спектрональная система для УФ-, видимого и инфракрасного (ИК) диапазонов с камерой «ЛЕТИ-ЦИА» предназначена для измерения пространственного распределения интенсивности излучения линий 630 нм [O], 427,8 [N<sub>2</sub><sup>+</sup>] верхней атмосферы и ионосферы.

Сканирующий Озонометр-3 предназначен для спектроскопических измерений интенсивности отраженного атмосферой Земли УФ-излучения Солнца в полосе 300 – 400 нм.

Магнитометр («ФМ-Г») предназначен для измерения трех компонент магнитной индукции магнитного поля Земли с целью проведения оперативного глобального и непрерывного мониторинга пространственного и временного распределения магнитного поля в ОКП.

РИМС («РИМС-А») предназначен для автоматического анализа нейтрального и ионного состава верхних слоев атмосферы Земли и собственной атмосферы КА в двух диапазонах массовых чисел: 1 – 4 и 10 – 50 а. е. м.

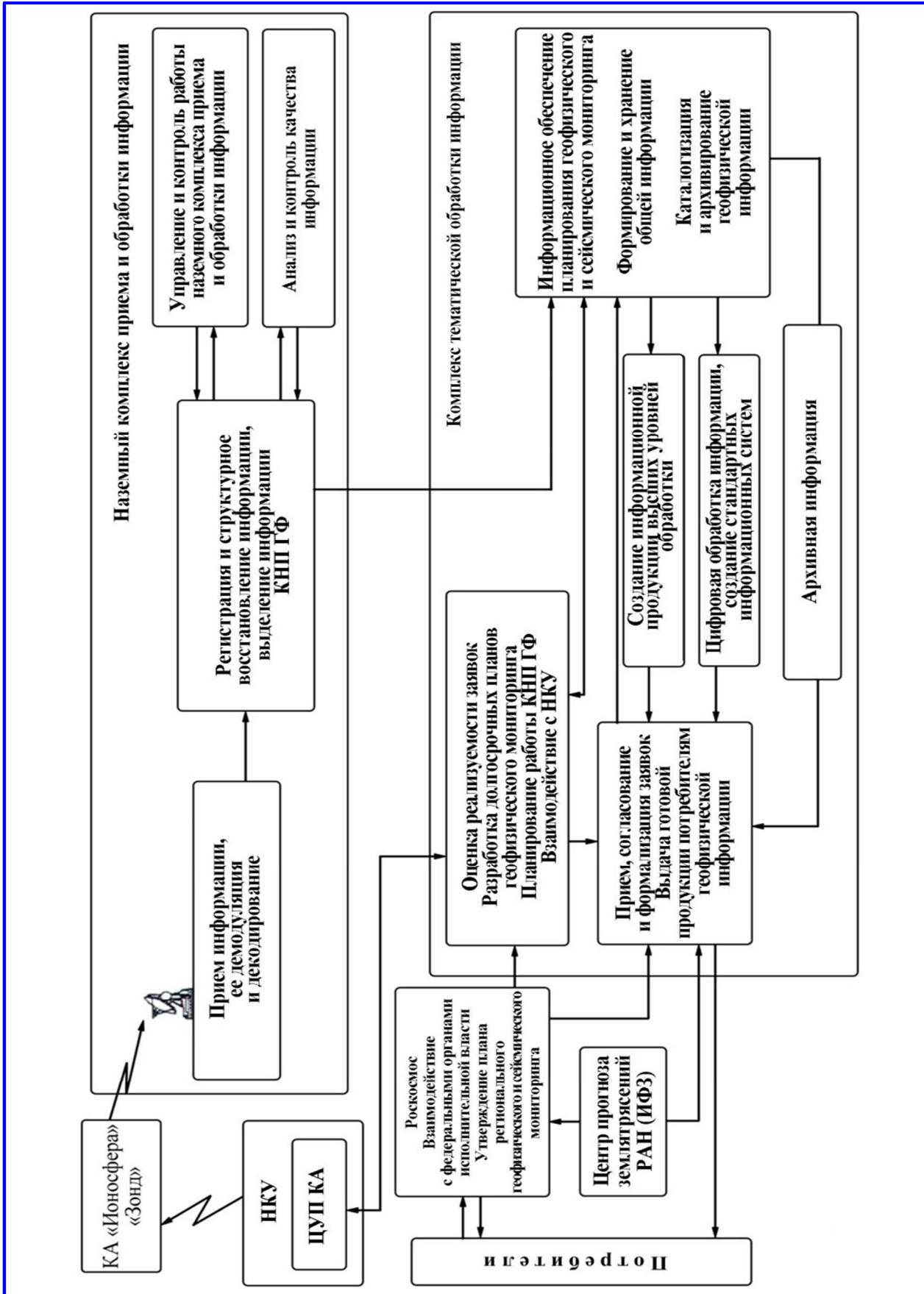


Рис. 6. Схема приема, обработки и целевого использования информации с КА КА «Ионозонд»

Гамма-спектрометр («СГ/2») предназначен для измерения дифференциальных энергетических спектров жесткого рентгеновского и гамма-излучения Солнца в диапазоне энергий (0,02 – 10,0 МэВ).

НБК («НБК 2») предназначен для измерения магнитных и электрических полей ОКП в диапазоне частот от 0 до 20 кГц с целью определения состояния магнитосферно-ионосферной плазмы и выявления воздействий естественного и антропогенного происхождения.

БКУ и сбора научной информации («БКУСНИ-3») предназначен для сбора, хранения и передачи целевой информации (ЦИ) приборов КЦА в радиодиапазоне РЛЦИ-И, а также для управления режимами работы блоков.

Ниже рассмотрены принципы построения НКПОР гелиофизической информации и приводится его состав.

НКПОР состоит из следующих составляющих наземной инфраструктуры Роскосмоса и Росгидромета:

1. Центр Роскосмоса в НЦОМЗ АО «РКС».
2. Центры Росгидромета:
  - ФГБУ НИЦ «Планета» (г. Обнинск – г. Москва – г. Долгопрудный);
  - региональные центры – Западносибирский региональный центр приема и обработки данных (ЗС РЦПОД) (г. Новосибирск) и Дальневосточный региональный центр приема и обработки данных (ДВ РЦПОД) (г. Хабаровск).

НКПОР включает в свой состав: наземный комплекс приема и обработки информации (НКПОИ), комплекс тематической обработки (КТО) геофизической информации и взаимодействия с потребителями.

Основными потребителями ЦИ являются НЦ ОМЗ, ИЗМИРАН, координационно-прогностический центр ИФЗ РАН, ФГБУ «ИПГ», Минобороны РФ и другие академические институты и организации геофизического профиля (рис. 6).

Поступила в редакцию 19.04.2019

*Леонид Алексеевич Макриденко, доктор технических наук, генеральный директор, т. (495) 365-56-10.*

*Сергей Николаевич Волков, доктор технических наук, 1-й заместитель генерального директора, т. (495) 366-42-56.*

*Александр Викторович Горбунов, кандидат технических наук, заместитель генерального директора, т. (495) 623-41-81.*

*Владимир Афанасьевич Кожневников, главный конструктор, т. (495) 366-24-55.*

*Владимир Павлович Ходненко, доктор технических наук, главный научный сотрудник, т. (495) 624-94-98.*

*E-mail: vniiem@orc.ru.*

*(АО «Корпорация «ВНИИЭМ»).*

## «IONOZOND» SPACE SYSTEM

**L. A. Makridenko, S. N. Volkov, A. V. Gorbunov,  
V. A. Kozhevnikov, V. P. Khodnenko**

*The article describes the «Ionozond» Space System for monitoring and determination of geophysical parameters of ionosphere, upper atmosphere and near-Earth space. The purpose, components and main characteristics of the Space System comprising five satellites (four*

### Заключение

Создание КА «Ионозонд» позволит:

- удовлетворить потребности в геофизической информации со стороны федеральных и региональных органов исполнительной власти с целью проведения мероприятий по предотвращению или, по крайней мере, минимализации вреда в случае возникновения опасной геофизической обстановки;
- контролировать факты активных воздействий и определить координаты источников воздействий;
- прогнозировать состояние верхней атмосферы, повысить точность и достоверность кратковременных и долговременных метеопрогнозов;
- получать достоверную информацию об условиях прохождения радиосигналов;
- сократить периодичность обновления глобальной геофизической информации.

### Литература

1. Опыт и результаты радиозондирования ионосферы с борта орбитального космического комплекса «МИР» в свете использования малых космических аппаратов на низких орбитах / С. И. Авдюшин, Н. П. Данилкин, Н. Г. Котонаева [и др.] // Космонавтика и ракетостроение. – 2005. – № 3(40). – С. 9 – 17.
2. Космический сегмент системы мониторинга геофизической обстановки / С. И. Адюшкин, М. З. Габбусов, А. В. Головкин [и др.] // Космонавтика и ракетостроение. – № 2(59). – 2010. – С. 64 – 69.
3. Характеристика целевой аппаратуры космического сегмента системы мониторинга геофизической обстановки / М. З. Габбусов, В. А. Шувалов, А. А. Яковлев // Космонавтика и ракетостроение. – № 4(73). – 2013. – С. 139 – 147.
4. Орбитальная группировка малых КА космической системы «Ионозонд» / В. П. Ходненко, А. В. Хромов, А. Н. Запорожцев [и др.] // Известия РАН «Энергетика». – 2015. – № 1 январь – февраль. – С. 139 – 148.



*Ionosphere Satellites and one Zond Satellite) are considered in the article. Ionosphere Satellites are designed for operation in circular sun-synchronous orbits of ~820 km altitude and shall be located in two mutually perpendicular planes (two satellites (Terminator and Meridian) in each plane, separated by ~180°). Zond Satellite shall operate in a circular near-terminator orbit of 600 – 650 km altitude at the equator. In order to maintain phase characteristics of the satellites located in one plane, ablative pulsed plasma thrusters AIPD-95 shall be used in the Orbit Correction System of Ionosphere Satellites. A similar correction system will be applied for Zond Satellite. The article also contains the main characteristics of Ionosphere and Zond Satellites, as well as functions and components of mission hardware. The basic information on the ground system for reception, processing and distribution of helio-geophysical data is provided.*

**Key words:** *satellite, space system, orbital constellation, housekeeping systems, mission hardware, ionosphere, magnetosphere, ionosphere monitoring, wave action, particle ionizing radiation, ballistic construction of orbital segment.*

### References

1. Experience and results of ionosphere radio sounding from MIR Orbital Space System in view of using small satellites in low orbits / S. I. Avdiushin, N. P. Danilkin, N. G. Kotonaeva [et al.] // *Cosmonautics and Rocket Engineering*. – 2005. – No. 3(40). – P. 9 – 17.
2. Space segment of geophysical situation monitoring system / S. I. Adyushkin, M. Z. Gabbusov, A. V. Golovko [et al.] // *Cosmonautics and Rocket Engineering*. – №. 2(59). – 2010. – P. 64 – 69.
3. Characterizing mission hardware of space segment of geophysical situation monitoring system / M. Z. Gabbusov, V. A. Shuvalov, A. A. Iakovlev // *Cosmonautics and Rocket Engineering*. – №. 4(73). – 2013. – P. 139 – 147.
4. Orbital constellation of small satellites comprising Ionozond Space System / V. P. Khodnenko, A. V. Khromov, A. N. Zaporozhtsev [et al.] // *Bulletin of RAS 'Power Engineering'*. – 2015. – №. 1, January – February. – P. 139 – 148.

*Leonid Alekseevich Makridenko, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Director General, tel.: +7 (495) 365-56-10.*

*Sergei Nikolaevich Volkov, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), 1<sup>st</sup> Deputy Director General, tel.: +7 (495) 366-42-56.*

*Aleksandr Viktorovich Gorbunov, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.),  
Deputy Director General, tel.: +7 (495) 623-41-81.*

*Vladimir Afanasevich Kozhevnikov, Chief Designer, tel.: +7 (495) 366-24-55.*

*Vladimir Pavlovich Khodnenko, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Chief Researcher,  
tel.: +7 (495) 624-94-98, e-mail: vniem@orc.ru.  
(JC «VNIEM Corporation»).*