

# ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ АЭРОСТАТАМИ

**В. И. Волошин, Е. И. Бушуев,  
А. С. Левенко**

Государственное предприятие  
«Днепрокосмос»  
г. Днепропетровск, ул. Рабочая, 69, а/я 798  
E-mail: dk@dniprokosmos.dp.ua

*Рассматривается возможность использования для дистанционного зондирования Земли аэростатов.*

## Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами.

В настоящее время для дистанционного зондирования Земли применяются различные средства, наиболее информационно-насыщенными и наиболее оперативными среди них являются наблюдения с применением космических аппаратов.

По сути, большинство наблюдений Земли в настоящее время проводятся в пределах околоземной атмосферы, граница которой определяется на уровне примерно 2500 км.

На этой высоте плотность воздуха «исчезающе мала» [1] и близка к плотности космического пространства.

Принята градация строение атмосферы по высоте (рис. 1, [www.onixtour.com.ua](http://www.onixtour.com.ua)). В технических источниках существует несколько вариантов распределений атмосферных зон по высоте [1, 6], но все они определяют однозначно параметры атмосферы.

Анализ параметров атмосферы позволяет сделать вывод о пригодности сравнительно плотной атмосферы - химосфера (зона стратосферы) на высотах порядка 46-54 км для летательных аппаратов, оснащенных аппаратурой ДЗЗ:

- температура воздуха положительна и близка к 0°C;
- отсутствие перемешивающихся воздушных масс и преобладание стабильных воздушных течений;
- возможность прямой трансляции и применения любых радиочастот для связи;

- отсутствие атмосферных осадков и возможности обледенения;
- достаточная плотность воздуха для обеспечения полета стратостата либо другого надувного аппарата.

Фактически, летательный аппарат, находящийся на высоте 60 км, попадает в зону ближнего космоса.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых положено начало решению данной проблемы и на которые опираются авторы.

Верхние слои атмосферы традиционно исследуются стратостатами.

Для астрофизических наблюдений или регистрации космических потоков за пределами плотных слоев атмосферы используются большие по размеру и грузоподъемности, чем метеозонды, аэростаты (рис. 1). Они могут иметь объем до полумиллиона кубических метров и диаметр 150 метров и более. Стратостаты могут длительное время дрейфовать на высотах более 40 км с грузом научного оборудования. Французские баллоны изготавливаются в форме правильной пирамиды (тетраэдра) имеют объем от 1350 до 150000 куб. метров при длине ребра от 25 до 110 метров. Грузоподъемность до 100 кг. Высота полета 20-40 км. Запуски высотных аэростатов в основном осуществляется в США, Франции, странах Скандинавии, Японии и России. Число их велико - до 100 в год (по данным на 1989 год). Рекорд длительности полета, установленный в 1970 г., превышает четыре года, в течение которых аэростат совершил более ста кругосветных путешествий на высоте около 35 км.

Оболочка аэростата (стратостата) может изготавливаться из полиэтиленовой пленки.

Сезонное распределение ветровых течений в стратосфере (для северного полу-



Рис. 1 – Стратостат в полете

шария): с сентября по март - с запада на восток; в мае, июне - с востока на запад. Скорость ветра - от десятков до двух-трех сотен километров в час. Информация о направлении и скорости полета стратостата на определенных высотах является основанием для возможности управляемого полета в заданном направлении или над заданной территорией.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья.

Беспилотные стратосферные аэростаты (стратостаты) нашли применение в про-

грамме солнечных и гелиосферных исследований Low Energy Electrons NASA. Освоена технология изготовления стратостатов из полимерной пленки: В США постоянно велись работы по применению стратостатов для научных исследований, и в 1982 году компания Lockheed завершила испытания стратостатов для научных целей.

Известен запуск стратостата в канадской провинции Манитоба: он имел объем 1,7 млн. м<sup>3</sup>, вес поднятых им приборов составил почти 700 кг, а достигнутая высота - 49 км. Среди задействованного оборудования было устройство Anti-Electron Sub

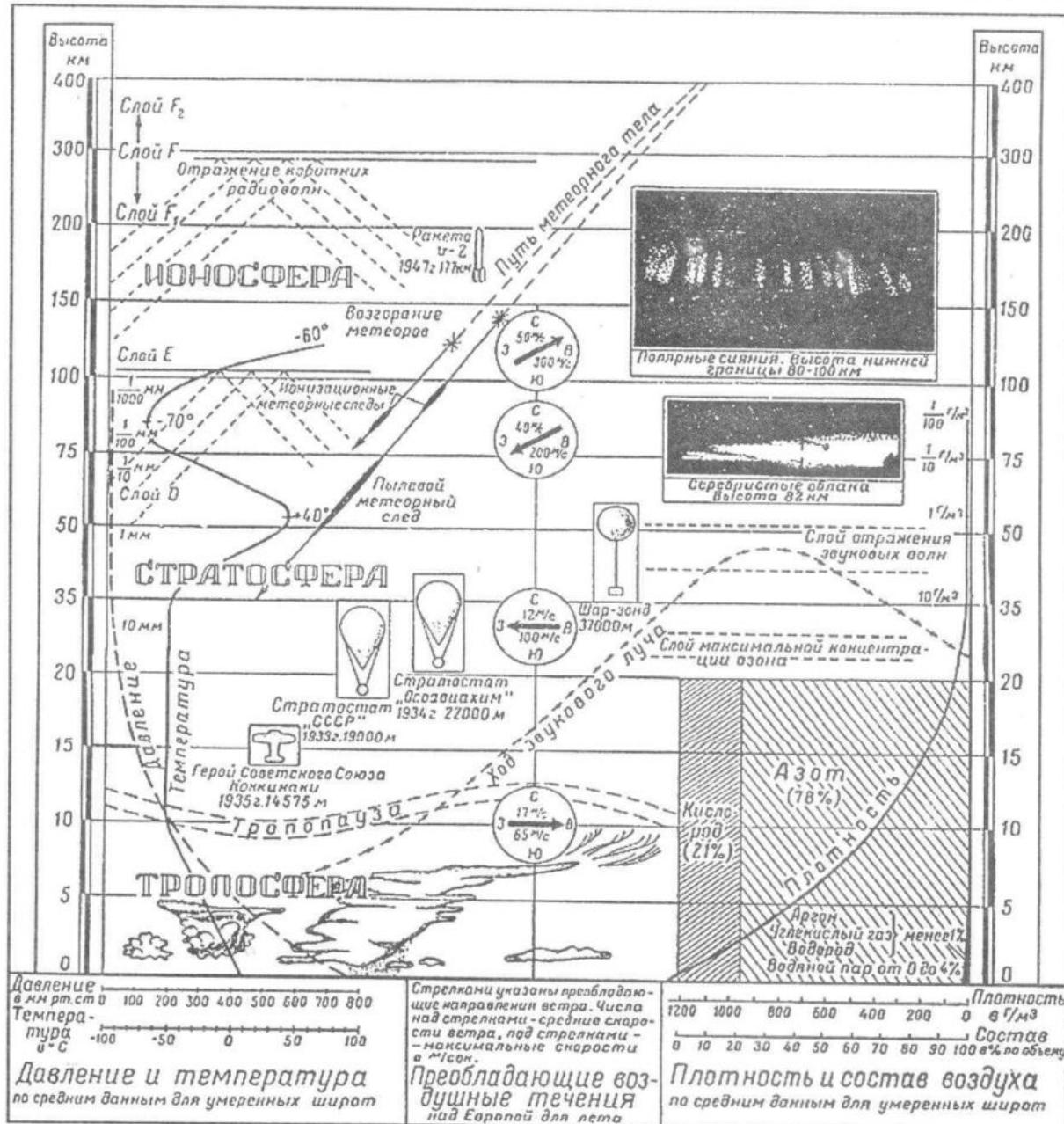


Рис. 2 - Строение атмосферы по высоте

Orbital Payload ([www.gsfc.nasa.gov](http://www.gsfc.nasa.gov)).

В России в 1996 году с Камчатки произведено несколько запусков свободно дрейфующих стратостатов исследования аномального магнитного поля Земли и процессов в окружающей среде. От Камчатки до Белоруссии стратостат пролетал за 2-3 недели.

Подтверждением возможности использования стратостатов для организации связи и наблюдений земной поверхности может быть практический интерес к этой теме ВВС и ВМС США [7]. Для работы на низких высотах создается новый класс летательных аппаратов (сверхвысотные надувные летательные аппараты – СНЛА), совмещающий возможности спутников и беспилотных летательных аппаратов, не требует высокочувствительных дорогостоящих датчиков, резервирования аппаратуры, сложных систем связи. Первые летные испытания боевого СНЛА ВВС США CombatSkySat запланированы на 2005 год. ЦРУ и другие организации в США финансируют работы Университета штата Нью-Мексико - около 10 млн. долларов требуется на создание маневрирующей модели СНЛА, уменьшенный прототип которого уже испытан в 2004 году.

При всей привлекательности использования сравнительно дешевого и малозатратного с точки зрения энергетики СНЛА вместо спутников для ДЗЗ, они пока не находят практического применения:

- \* - высокозатратные эффективные проекты носят выраженный военный характер;
- \* - проекты «мирного» использование суперсовершенных стратостатов требуют не меньших средств с ориентацией на время эксплуатации более 10 лет при необходимости многолетней экспериментальной отработки.

Можно сделать вывод о своевременности использования СНЛА, но для этого нужны эффективные схемы, пригодные для решения практических задач.

#### Формулирование целей статьи (постановка задачи).

В настоящей работе делается попытка увязать потребности ДЗЗ с возможностями применения СНЛА.

Проведение съемки поверхности Земли с высот 30-60 км вместо 300-36000 км в режиме более длительном, чем пролет спутника по орбите может дать на порядок

больше информации при существенно более низких затратах.

Актуальность применения подобной системы ДЗЗ может быть исследована, например, на акватории Черного моря.

#### Изложение основного материала с полным обоснованием полученных научных результатов.

Украина, расположенная в географическом центре Европы, имеет потенциальную возможность принять участие в международных программах по использованию стратостатов для периодической заверки спутниковой информации. В полосе пролета стратостата над территорией Украины высота дистанционного зондирования 40-60 км позволяет обычными средствами наблюдений (фото, телекамеры, авиационные «тепловизоры») получать данные, которые позволят более точно идентифицировать объекты на космических снимках.

Используя международные контакты, Украина может осуществить собственную программу ДЗЗ на базе СНЛА-стратостатов, учитывая, что для этого потребуется значительно меньше средств, чем на разработку, вывод на околоземную орбиту и орбитальное обслуживание искусственных спутников Земли. При этом стратостат, летящий в химосфере, будет являться долгоживущим спутником Земли, выведенным на низкую орбиту ближнего космоса – что невозможно осуществить традиционными орбитальными средствами.

В качестве исходных данных для разработки СПНЛ ДЗЗ в виде стратостата могут быть приняты:

- \* стратостат изготовлен из полиэтилена (готовый экземпляр любой фирмы-изготовителя);
  - \* аппарат наполняется гелием;
  - \* масса оболочки не более 5 тонн;
  - \* масса стратосферного модуля с баллоном около 2,5 тонн;
  - \* высота полета 40-60 км;
  - \* температура окружающего воздуха на высоте 46-54 км около 0°C.

Учитывая существующий опыт воздушоплавания, оболочка стратостата в наземных условиях заполняется гелием в объеме около 5% полного объема оболочки стратостата. При диаметре шара 100 м (объем стратостата  $523600 \text{ м}^3$ ) потребуется  $26180 \text{ м}^3$  гелия. Время пролета стратостата над Украиной может составить 2-3 дня (в зави-

симости от точки старта и высоты полета).

После завершения съемки стратосферный модуль может приземляться в пределах Украины, но возможно международное использование с продолжением полета стратостата вокруг земного шара.

Использование стратостата для ДЗЗ повышает ценность уже готовых разработок, выполненных в Украине.

Так, например, в качестве полезного груза (стратосферного модуля) может быть использован готовый блок микроспутника МС-1-ТК «Микрон», разработанного ГКБ «Южное» ([www.yuzhnoye.dp.ua](http://www.yuzhnoye.dp.ua)). Экспериментальная разработка ГКБ «Южное» в условиях стратостата может иметь более высокие технические характеристики (Табл.1).

При использовании в качестве платформы стратосферного модуля для МС-1 не потребуется орбитальная стабилизация – расположение телекамеры обеспечивается простыми механическими средствами наведения.

Нужно отметить, что возможно применение в стратосферном модуле дешевых приборов, на уровне бытовой техники.

Условие плавания аэростата в сжимаемой среде [8]:

$$A = (\gamma_{\infty} - \gamma_0) V - \text{подъемная сила, кг;}$$

$\gamma_{\infty}, \gamma_0$  - удельные веса воздуха и газа, кг/м<sup>3</sup>;

V – объем стратостата, м<sup>3</sup>.

Очевидно, что подъемная сила с набором высоты изменяется в связи со снижением давления воздуха. Стратостат достигнет предельной высоты и будет «плавать» в атмосфере.

Данные об атмосфере на предполагаемых высотах использования СНЛО известны [9].

Применение сравнительно дешевого стратостата из полиэтиленовой пленки (по

сравнению со спутником) связано с потенциальным снижением долговечность из-за вероятности порчи оболочки метеоритами.

Учитывая, что метеориты активно сбивают именно в химосфере (25-80 км), возможно создание конструкции долговременно живущего стратостата (годы), защищенной от попадания метеоритов, но это может существенно повысить стоимость. Изучены сведения о падении метеоритов на Землю, определена степень вероятности столкновения орбитального аппарата (каковым может быть СНЛА) с метеоритом [9].

Отсюда следует целесообразность применять СНЛА в виде обычного стратостата в течение ограниченного периода времени, совершая при необходимости спуск аппарата на землю.

Особенности стратосферных воздушных течений (стабильность, направления ветра на различных высотах при различных направлениях) позволяют сделать предположение о возможности управляемого полета стратостата над определенной территорией – например, акваторией Черного моря. При этом управление направлением полета может осуществляться не путем использования двигателей или других средств при стабильной высоте полета, а путем управляемого изменения высоты нахождения стратостата для его размещения в требуемом воздушном потоке.

Для этого могут быть применены традиционные средства управления:

\* сброс балласта;

\* стравливание газа из оболочки.

Перечень задач ДЗЗ СНЛА на региональном уровне сравним по количеству, например, с КА MODIS, и превышает это количество.

Выводы по данному исследованию и перспективы дальнейших исследований в

Таблица 1 - Сравнительные характеристики микроспутника МС-1 при использовании в виде КА и стратосферного модуля

Наименование	Параметры для КА	Параметры для стратосферного модуля
Масса, кг	66,0	66,0
Спектральный диапазон, мкм	0,45-0,90	0,45-0,90
Ширина полосы обзора, км	253-391 (с высоты 500-700 км)	20,24-30,36 (с высоты 40-60 км)
Проекция пикселя на местности (в надире), м	124-191 (с высоты 500-700 км)	9,92-16,37 (с высоты 40-60 км)
Среднесуточная потребляемая мощность, Вт	18	18
Срок эксплуатации, лет	3	3

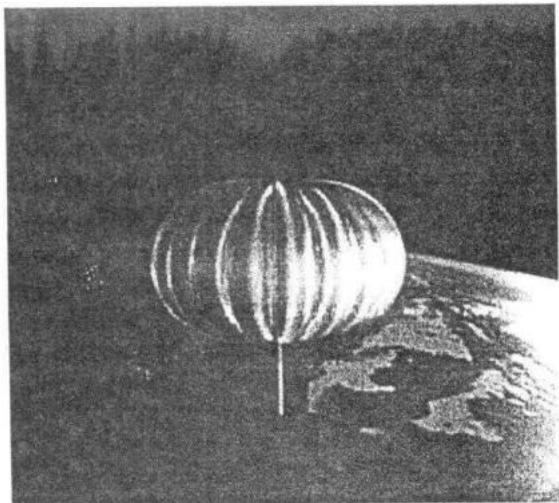


Рис. 3 – Стратостат NASA

#### данном направлении.

Точные расчеты стратостата, определение траекторий его полета выполняются при проектировании по техническому заданию на проведение дистанционного зондирования Земли с использованием СНЛА (стратостата).

Задачами стратосферного ДЗЗ, прежде всего, могут быть определение состояния природных ресурсов, недр исследуемой территории, заверка более масштабных съемок с орбитальных космических аппаратов.

Совмещение наблюдений ДЗЗ с использованием навигационной аппаратуры над акваторией моря может расширить функциональные задачи такого стратосферного искусственного спутника Земли. Привлечение к проекту стратосферного ДЗЗ СНЛА в виде обычного стратостата международных организаций и стран может сделать стратосферный аппарат средством мирового инструмента в таких международных системах, как INSPIRE, GEOSS и пр.

Расположение стратостата в черноморской акватории, имеющей свою специфику циркуляции воздушных масс, может дать дополнительную информацию о происходящих процессах в атмосфере над морем.

Применение стратостатов для научно-исследовательских целей вошло в практику NASA: в начале 2005 года аэростат диаметром 130 метров приземлился после сорокадневного путешествия вблизи Южного полюса Земли в Антарктиде. Он нес двухтонный груз научного оборудования ([www.dekanat.ru](http://www.dekanat.ru)).

12 июня 2005 г. NASA вместе с Национальным центром обслуживания научных аэростатов и Шведской космической корпорацией осуществило запуск наполненного гелием зонда 120 метров высотой, 140 метров в диаметре. Груз 2,5 тонны. Высота полета 40 км (рис. 3).

Такая практика может быть примером для следования в направлении использования стратостатов для дистанционного зондирования Земли.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынов А. К. Прикладная аэродинамика. - М.: Машиностроение, 1972. – 448 с.
2. Фертрегт М. Основы космонавтики. Пер. с англ. А. Н. Рубашова. Под ред. А. А. Космодемьянского. – М.: Просвещение, 1969. – 301 с.
3. Пономарев А. Н. Годы космической эры. - М.: Воениздат, 1974. – 292 с.
4. Зинченко А. Український технологічний ренесанс. – Київ: Основні цінності, 2002. – 56 с.
5. Пономарев А. Н. Авиация на пороге в космос. – М.: Воениздат, 1971. – 320 с.
6. Прицкер Д. М., Сахаров Г. И. Аэrodinamika. - М.: Машиностроение, 1968. – 310 с.
7. Сверхвысотные надувные летательные аппараты // Аэрокосмический вестник. – 2005. – январь. С. 23.
8. Машиностроение. Энциклопедический справочник. Том 1, книга 1. Под ред. акад.е. А. Чудакова. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1947. – 548 с.
9. Вилли Лей. Ракеты и полеты в космос. - М.: Всесиздат, 1961. – 320 с.