

Программа исследования Венеры и международное сотрудничество

Воронцов В.А.*, **Карчаев Х.Ж.****, **Мартынов М.Б.*****, **Примаков П.В.******

Научно-производственное объединение имени С.А. Лавочкина,

Ленинградская, 24, Химки, 141400, Россия

**e-mail: vorontsov@laspacespace.ru*

***e-mail: kar@laspacespace.ru*

****e-mail: maxim.martynov@laspacespace.ru*

*****e-mail: pavel.primakov@laspacespace.ru*

Аннотация

В настоящее время, после длительного перерыва в венерианских исследованиях, прорабатываются различные варианты сценариев миссий к Венере. В состав перспективного космического аппарата российского проекта «Венера-Д», предназначенного для проведения длительных исследований планеты, предполагается включить орбитальный аппарат, субспутники, посадочный аппарат и атмосферные зонды. Рассматриваются предложения по организации международной миссии с распределением ответственности за различные составляющие космического аппарата и, возможно, использование различных ракетносителей. Международное сотрудничество в осуществлении комплексной программы исследования Венеры позволит существенно повысить научную результативность проектов при высокой экономической эффективности.

Ключевые слова: Венера, программа исследований, международное сотрудничество, космический аппарат.

Программа фундаментальных космических исследований России, наряду с продолжением изучения Луны, Марса, Фобоса, др., предусматривает исследование планеты Венера. Прорабатывается и предлагается для включения в Федеральную космическую программу проект «Венера-Д», с запуском КА в 2026 году (рисунок 1). Обсуждается вопрос международного сотрудничества и проработки более ранних сроков запуска. Миссия включает в себя: орбитальный аппарат, спускаемый аппарат, атмосферные зонды. Атмосферные зонды будут запущены на разные высоты, в облачном слое и под облаками и должны длительно существовать в атмосфере Венеры. Успешная реализация проекта позволит решить целый ряд научных задач сравнительной планетологии.

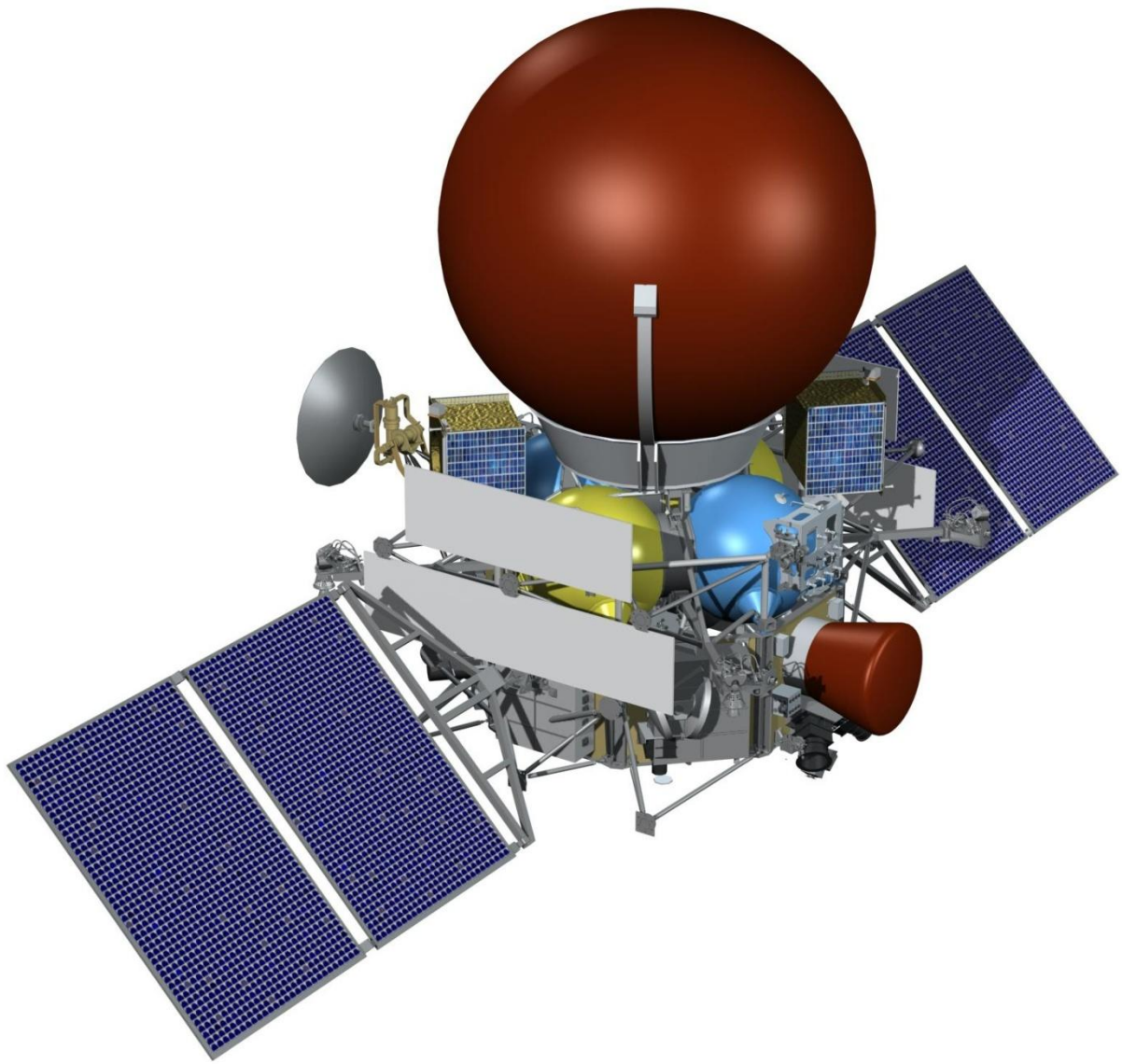


Рисунок 1. Общий вид космического аппарата «Венера-Д» со спускаемым аппаратом, субспутниками и малыми десантными модулями

Большой интерес представляет изучение Венеры с точки зрения сравнительной планетологии и возможной эволюции земного климата. Венера - ближайшая к Земле планета Солнечной системы, планета во многом похожая на Землю - обе планеты-сестры имеют практически одинаковый размер, плотность, их поверхности получают примерно одно и то же количество тепла от Солнца, планеты образовались при одинаковых начальных условиях в протопланетной туманности,

однако, Венера имеет на поверхности температуру 470 С и давление 92 атм. Ее атмосфера состоит главным образом из углекислого газа – парникового газа, и громадный парниковый эффект обеспечивает столь высокую температуру. Парниковый эффект работает и на Земле и приводит к глобальным температурам на несколько градусов более высоким, чем те, которые были бы при его отсутствии, и обеспечивает существование жидкой воды. На Земле и Венере – приблизительно равные количества CO₂. Остаются вопросы, когда и каким образом исчезла вода на Венере? Был ли океан? Какие процессы в земной атмосфере могут вызвать увеличение содержания парниковых газов? Наблюдающееся в настоящее время глобальное потепление, вызванное антропогенным воздействием – тревожный фактор, не приведет ли оно к повышению температуры, усилению испарения, освобождению CO₂ из океана и «разгону» парникового эффекта? Не является ли существование двух планет-сестер со столь различными условиями предупреждением о возможной катастрофе, которая может случиться с планетой, подобной Земле?

Особый интерес представляет исследование возможности существования микроорганизмов на Венере. Пример земных микроорганизмов демонстрирует их фантастическую приспособляемость к экстремальным условиям: они обнаруживаются и под землей и при экстремально высоких и низких температурах, в кратерах вулканов, на больших глубинах в океане, в бескислородных средах и даже в кислоте. Нельзя исключить возможность существования микроорганизмов в условиях Венеры, например, в горных районах (при более низкой температуре поверхности) или на высотах 50-55 км в среднем облачном слое, где температура и

давление близки к земным. Наличие или отсутствие микроорганизмов на Венере позволит лучше понять, насколько вероятным является зарождение жизни на планетах [1].

Основной вклад России в исследовании планет космическими средствами - это результаты полетов к Венере. Исследования Венеры остаются по существу единственным направлением российских космических планетных исследований, в котором Россия имеет серьезные приоритетные позиции. Всего российскими специалистами было создано и запущено к Венере 18 автоматических космических аппаратов, 10 успешных посадок (успешных посадок аппаратов, запущенных в других странах, не было до сих пор).

Созданы автоматические космические аппараты серии «Венера», решившие многие задачи впервые (рисунки 2, 3).

Наиболее интенсивные исследования Венеры проводились в 60-х и 70-х годах: советские пролётные станции «Венера-4–8», пролётные аппараты США «Маринер - 2, 5 и 10», орбитальные станции «Венера- 9, 10» и пролетные аппараты «Венера-11-14», доставившие посадочные аппараты, американская миссия «Пионер-Венера», которая включала в себя как орбитальный аппарат, так и спускаемые зонды. В 80-е и 90-е годы исследования Венеры были не столь интенсивными, однако, несколько космических аппаратов получили важные данные о венерианской атмосфере и поверхности, произведено радарное картирование поверхности Венеры («Венера-15,16» и американский аппарат «Магеллан»). В рамках миссии «Вега-1, 2» к Венере были доставлены посадочные аппараты и аэростатные зонды.

С 2006 года, в течение восьми лет, на орбите Венеры работал космический аппарат Европейского космического агентства «Венера-Экспресс», на котором стояли и российские приборы. Однако, ключевые проблемы эволюции Венеры и причины столь разных условий на Венере и Земле не могут быть решены только исследованиями с орбиты. Необходим комплексный подход, включающий непосредственные измерения с посадочного аппарата, аэростатного зонда и дистанционные с орбитального аппарата.

КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ	ГОД	ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
«ВЕНЕРА-4» 	1967	ПЕРВЫЙ ЗОНД, ПРОНИКШИЙ В АТМОСФЕРУ ПЛАНЕТЫ И ПЕРЕДАВАВШИЙ ДАННЫЕ
«ВЕНЕРА-5,6» 	1969	ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ДО ВЫСОТЫ 11 КМ НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ
«ВЕНЕРА-7» 	1970	ПЕРВАЯ УСПЕШНАЯ ПОСАДКА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА ДРУГОЙ ПЛАНЕТЕ
«ВЕНЕРА-8» 	1972	ПОСАДКА И ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В ТЕЧЕНИЕ 50 МИНУТ

Рисунок 2. Первое поколение автоматических космических аппаратов серии «Венера»

«ВЕНЕРА-9,10»		1975	ПЕРЕДАЧА ЧЕРНО-БЕЛЫХ ФОТОГРАФИЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТЫ ПОСАДОЧНЫМ АППАРАТОМ
«ВЕНЕРА-11,12»		1978	ПЕРЕДАЧА НАУЧНЫХ ДАННЫХ С ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТЫ ДО 110 МИНУТ
«ВЕНЕРА-13,14»		1982	ПЕРВЫЕ ЦВЕТНЫЕ ПАНОРАМНЫЕ ФОТОГРАФИИ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТЫ, АНАЛИЗ ГРУНТА
«ВЕНЕРА-15,16»		1983	ПОЛУЧЕНЫ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ВЕНЕРЫ
«ВЕГА-1,2»		1984	ПЕРВЫЙ АЭРОСТАТНЫЙ ЗОНД В АТМОСФЕРЕ ДРУГОЙ ПЛАНЕТЫ, ПРОРАБОТАВШИЙ ОКОЛО ДВУХ СУТОК, И ПЕРЕДАВАВШИЙ НАУЧНУЮ ИНФОРМАЦИЮ ПРЯМО НА ЗЕМЛЮ

Рисунок 3. Второе поколение автоматических космических аппаратов серии «Венера»

Исследование химического состава пород поверхности Венеры было проведено в 7 точках посадки спускаемых аппаратов (СА) «Венера 8,9,10,13,14» и «Вега 1,2».



Рисунок 4. Поверхность Венеры в месте посадки

При формировании программы исследования Венеры следует придерживаться следующих принципов:

- 1) программа должна содержать по крайней мере два-три крупных проекта, один из которых, «Венера-Д», уже прорабатывается;
- 2) программа должна иметь безусловную технологическую и финансовую реализуемость, использовать задел и имеющийся научно-технический потенциал, накопленный в результате выполнения советской Венерианской программы, которая включала посадки на поверхность, исследования с аэростатных зондов и орбитальных аппаратов;

3) программа должна выполняться с участием международной кооперации в целях (1) большей интеграции с мировой наукой, (2) экономии финансовых затрат, (3) доступа к передовой западной технологии; при этом следует иметь в виду чрезвычайно насыщенные и продуманные космические программы США, Европы, а также бурно развивающиеся научные космические исследования в Японии, Китае, Индии.

Основные цели программы:

- решение основных фундаментальных научных проблем исследования Венеры как ближайшей к Земле планеты;
- в рамках сравнительной планетологии изучение происхождения и эволюции Венеры для лучшего понимания возможной эволюции земного климата, его стабильности по отношению к антропогенному воздействию.

«Венера-Д» - первый проект Венерианской программы для длительных исследований Венеры. Проект «Венера-Д» включает в себя орбитальный аппарат, посадочный модуль и атмосферные зонды. Схема эксперимента приведена на рисунке 5.

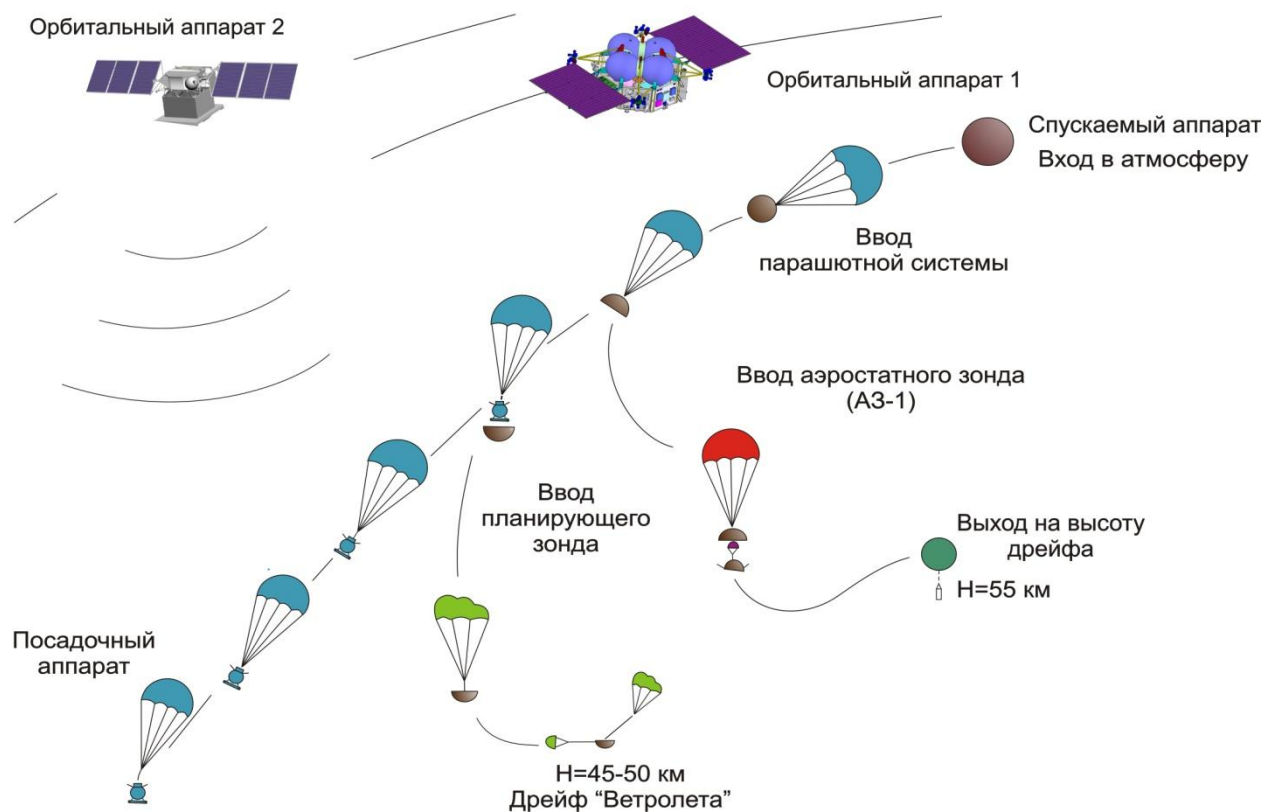


Рисунок 5. Схема эксперимента «Венера-Д»

Орбитальный аппарат должен работать минимум в течение 2 лет на суточной орбите с перигеем около 250 - 300 км и апоцентром около 60 000 км. Высокий апоцентр орбиты требуется для наблюдения за атмосферными зондами. Однако, как для плазменных, так и спектрометрических экспериментов на орбитальном аппарате было бы разумно изменение орбиты с целью уменьшения высоты апоцентра до величины в пределах десяти тысяч километров. Посадочный аппарат должен спускаться в атмосфере около 1 часа и выжить на поверхности 1-2 часа. Аэростатные зонды должны выжить в атмосфере более 8 суток.

Естественно, такой сложный проект должен выполняться с международным участием. Российские ученые и технические специалисты проводят рабочие встречи

со специалистами Германии, Италии, Франции, Англии, Венгрии, Польши, США, Китая. Интерес зарубежных специалистов к проекту очень большой.

Отметим, что в настоящее время в США, Европе и Китае готовятся предложения по космическим миссиям, также содержащим орбитальный аппарат, посадочный аппарат, аэростатные зонды.

Следующий проект с запуском после 2026 года. Этот проект должен быть также нацелен на длительные исследования Венеры, но одним из элементов проекта должна быть одна или несколько долгоживущих станций на поверхности. Концепция изучалась в рамках НИР начиная с 2006 года. Была предложена оригинальная концепция, но было признано, что на данном уровне развития технологии и финансирования не разумно включать долгоживущую станцию в проект «Венера-Д». Возможно также на втором и третьем этапе миссии «Венера-Д» использование атмосферных зондов более сложных конструкций, типа «ветролетов» или аэростатных станций с переменной высотой полета. На орбитальном аппарате возможна установка радиолокационного комплекса для изучения поверхности с высоким разрешением. На посадочном аппарате и атмосферных зондах возможна установка научной аппаратуры для экспериментов по обнаружению следов жизни.

Высокий уровень научной значимости проекта, объем научных задач и требования по массовым характеристикам со стороны состава научной аппаратуры вызывали необходимость рассмотрения возможности использования ракет носителей как среднего, так и тяжелого класса. Были произведены оценки массы космического аппарата исходя из реализации экспедиции различного состава.

Масса КА на различных этапах полета для носителя тяжелого класса показана в таблице 1. Начальная масса на опорной орбите выбиралась таким образом, чтобы обеспечить максимально возможную массу КА на орбите вокруг Венеры.

При создании перспективного венерианского аппарата предполагается максимально использовать опыт создания КА серии «Венера» второго поколения и последние разработки НПО им. С.А. Лавочкина. В случае использования РН «Протон-М» появляется возможность установки на космическом аппарате кроме большого спускаемого аппарата типа «Вега», несущего посадочный аппарат и атмосферные зонды, нескольких небольших спускаемых аппаратов, массой 100-200 кг, с различной полезной нагрузкой.

Общий вид такого космического аппарата приведен на рисунке 1, а на рисунке б приведена предполагаемая схема экспедиции.

Диапазон массовых характеристик научной аппаратуры для различных технических средств исследований на данном этапе проведения проектных оценок представляется следующим:

- для орбитального аппарата - 40-70 кг;
- на посадочном аппарате - 10-25 кг;
- на атмосферных зондах (аэростатах) - 3-15 кг.

Таблица 1

Масса космического аппарата на различных этапах полета

Начальная масса на орбите Земли	21600*
Масса КА на межпланетной орбите	3600 (4580*)
Масса топлива для навигации	120
Масса топлива для вывода на орбиту Венеры	860
Масса КА на орбите Венеры	2620 (3340*)

Малые спускаемые аппараты, несущие, например, аэростатные зонды, отделяются от КА за двое суток до подлета к Венере. Для этого параметры 3-й коррекции межпланетной траектории выбираются таким образом, чтобы с помощью фиксированных импульсов зонды перешли на траекторию, обеспечивающую вход в атмосферу Венеры в заданном диапазоне траекторных углов. Далее КА выполняет маневр перенацеливания, с помощью которого реализуются заданные параметры подлетной гиперболы, обеспечивающие после маневра торможения выход на начальную орбиту. Скорость входа зондов в атмосферу составит около 10,7 км/с, траекторные углы входа будут лежать в диапазоне 15...20°.

После выполнения маневра торможения КА выходит на орбиту вокруг Венеры со следующими параметрами:

- высота перицентра 250 км;
- высота апоцентра 66 600 км;
- наклонение орбиты 90°;
- аргумент перицентра 142°;
- долгота восходящего узла 182°.

В районе апоцентра орбиты выполняется отделение СА, который в ходе своего полета входит в атмосферу с абсолютной скоростью $\sim 6,7$ км/с, и далее выполняет посадку в заданное место на поверхности.

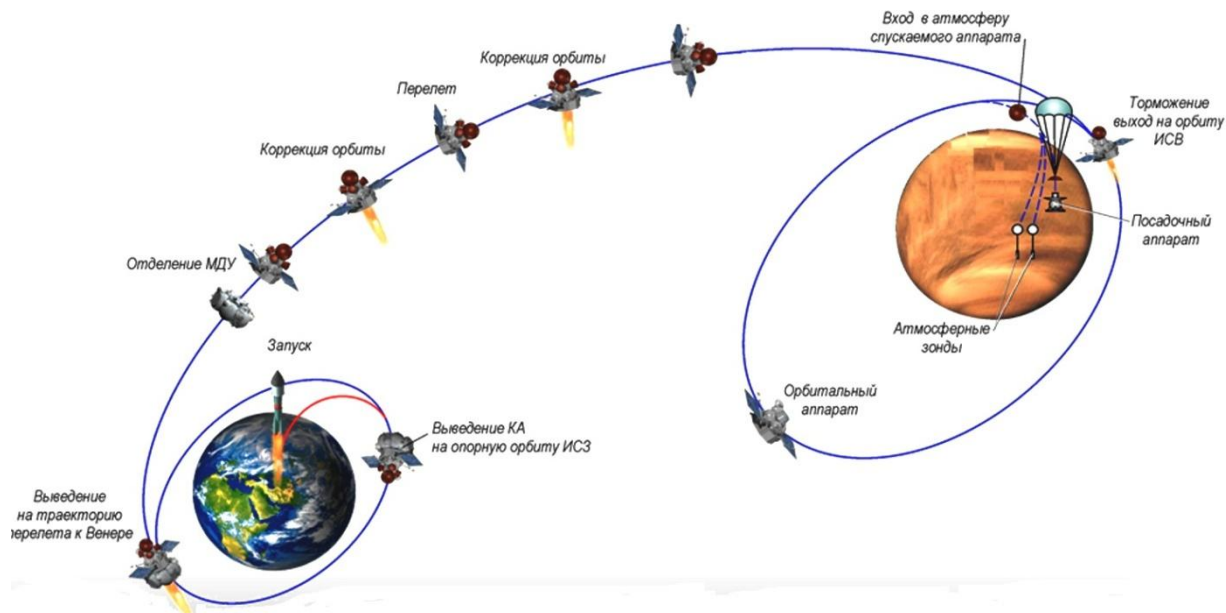


Рисунок 6. Схема экспедиции «Венера-Д»

Как уже отмечалось, проект предлагается осуществлять в международной кооперации. Может быть выделено несколько направлений сотрудничества:

1. Проработка совместной экспедиции к Венере.
2. Совместная разработка транспортного модуля.
3. Установка на космическом аппарате субспутника.
4. Проведение совместных научных экспериментов с двумя орбитальными аппаратами.
5. Использование ракетоносителя.
6. Установка научной аппаратуры на орбитальном и посадочном аппаратах.

7. Совместная разработка атмосферных зондов.
8. Участие в управлении.
9. Сотрудничество в создании научной и служебной аппаратуры.

Библиографический список

1. Воронцов В.А., Лохматова М.Г., Мартынов М.Б., Пичхадзе К.М., Симонов А.В., Хартов В.В., Засова Л.В., Зеленый Л.М., Кораблев О.И. Перспективный космический аппарат для исследования Венеры. Проект «Венера-Д» // Вестник ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина. 2010. № 4. С. 62-67.
2. Хартов В.В., Мартынов М.Б., Пичхадзе К.М., Карчаев Х.Ж., Яременко Д.Э. Воронцов В.А. Анализ результатов венерианских экспедиций и перспективные исследования (к 30-летию посадки КА Венера 1,2 и дрейфа аэростатных станций в атмосфере Венеры) // Сборник докладов 20-ой Международной конференции «Системный анализ, управление и навигация». Крым, Евпатория, 28 июня - 5 июля 2015 г. С. 12.
3. Воронцов В.А. Новые задачи освоения планет Солнечной системы (к 50-летию космической деятельности ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина и 30-летию успешного полета космических аппаратов «Венера-1,2») // Сборник докладов 50-ых Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга, Россия, 16-19 сентября 2015 г. С. 38-39.
4. Пичхадзе К.М., Воронцов В.А., Тихонов В.А., Иванов С.В., Родин А.Л., Устинов С.Н., Любезный Б.В. Исследование возможности включения в состав проекта «Венера-Д» долгоживущей венерианской станции // Сборник докладов XXXIX Академических чтений по космонавтике. Москва, 2015 г. С. 175.