УДК 629.787 EDN RNPTHJ

Перспективы исследования Венеры аэростатными зондами

© В.А. Воронцов

Московский авиационный институт (МАИ), Москва, 125993, Российская Федерация

Использование аэростатных зондов — перспективное направление исследования планеты Венера, поэтому проведен анализ опыта проектно-конструкторских работ по созданию первых в мире аэростатных зондов, включенных в состав спускаемых аппаратов автоматических межпланетных станций «Вега-1» и «Вега-2». Отмечено, что наряду с преемственностью схемно-технических решений космических аппаратов серии «Венера» принято и отработано много новых решений, таких как оригинальная компоновка в составе спускаемого аппарата, организация аэростатного эксперимента в целом, оригинальная схема ввода в действие аэростата в процессе спуска в атмосфере под парашютом и ряд других. Приведена проблематика экспериментальной отработки и выбора материала оболочки аэростатов для функционирования в сложных условиях окружающей среды. Рассмотрены примеры возможного использования технического задела, полученного при создании первых аэростатных зондов, для перспективных венерианских экспедиций и для других проектов исследования планет. Рассмотрены перспективы международного сотрудничества в осуществлении будущих проектов. Показаны новые направления разработки управляемых аэростатов для проведения длительных исследований. Даны рекомендации по расширению программы исследования Венеры с помощью нескольких аэростатов, способных дрейфовать на различных высотах в облачном слое и ниже, а также в различных районах планеты.

Ключевые слова: *Венера, космический аппарат, спускаемый аппарат, аэростатный зонд, парашют, схема спуска, дрейф, оболочка, исследования, управляемый аэростат*

Введение. Впервые в мире в атмосфере другой планеты аэростат летал в 1985 г., и до сих пор он остается первым и единственным. Точнее, было два аэростата, которые в процессе спуска в атмосфере Венеры были один за другим 11 и 15 июня введены в действие на высоте облачного слоя. В те времена запускалось по два космических аппарата (КА) [1]. Первый космический аэростат был создан в научно-производственном объединении имени С.А. Лавочкина. Вымпел, посвященный этому событию, показан на рис. 1.

Успех аэростатного эксперимента и экспедиции в целом был обусловлен слаженной и творческой работой коллективов предприятий отрасли, а также продуктивным международным сотрудничеством. Настало время юбилеев, когда отмечается целый ряд знаменательных событий, связанных с космической отраслью и жизнью нашей страны. Одним из таких ярких и запоминающихся событий стала экспедиция «Вега-1» и «Вега-2», что позволило решить три большие задачи.

Космические аппараты, запущенные в декабре 1984 г., через полгода достигли Венеры. Посадочные аппараты успешно доставили научную аппаратуру на поверхность планеты. Аэростатные зонды обеспечили дрейф и исследования в атмосфере, а пролетный аппарат, направленный к комете Галлея, провел ее исследование. В 1986 г. экспедиция завершилась, блестяще выполнив поставленные задачи.



Рис. 1. Вымпел аэростатного зонда проекта «Вега»

«Впервые в мире» — слова, произносимые с гордостью, когда вспоминают достижения нашей страны в проведении космических исследований. Первые автоматические межпланетные станции: орбитальные, спускаемые и посадочные аппараты на Луну, Марс, Венеру, «Луноход-1», первая доставка грунта с Луны — все это было создано под руководством Георгия Николаевича Бабакина — главного конструктора Машиностроительного завода им. С.А. Лавочкина. Всего за шесть лет с начала космической деятельности предприятия в 1965 г. и до его ухода из жизни в 56 лет. Поражает интенсивность космических исследований в 1960-е годы, включая парные пуски, причем каждые 2–3 года. В 2025 г. исполнилось 55 лет первой успешной посадке на Венеру аппарата «Венера-7», а первым снимкам ее поверхности, полученным благодаря запуску аппаратов «Венера-9» и «Венера-10», —50 лет. Кстати, в 2026 г. исполняется 65 лет первому КА «Венера-1», запущенному еще фирмой С.П. Королева 12 февраля 1961 г., за два месяца до полета Юрия Алексеевича Гагарина.

Цель настоящей работы — провести краткий анализ основных проектно-конструкторских решений, принятых при создании венерианского аэростатного зонда, и показать возможности использования их в перспективных проектах.

Преемственность. В первую очередь, конечно, следует отметить преемственность разработок в проекте «Вега» по отношению к предыдущим КА серии «Венера» [2]. Начиная с «Венеры-9» и до «Веги-2» (по счету — 18-я), все спускаемые аппараты имели сферическую форму и примерно одинаковую конфигурацию посадочного аппарата. Однако следует отметить, что было проработано и принято много новых проектно-конструкторских решений, например, оригинальное

размещение аэростатного зонда в спускаемом аппарате на тормозном аэродинамическом щитке посадочного аппарата, с системами разделения и рядом других устройств, как показано на рис. 2.

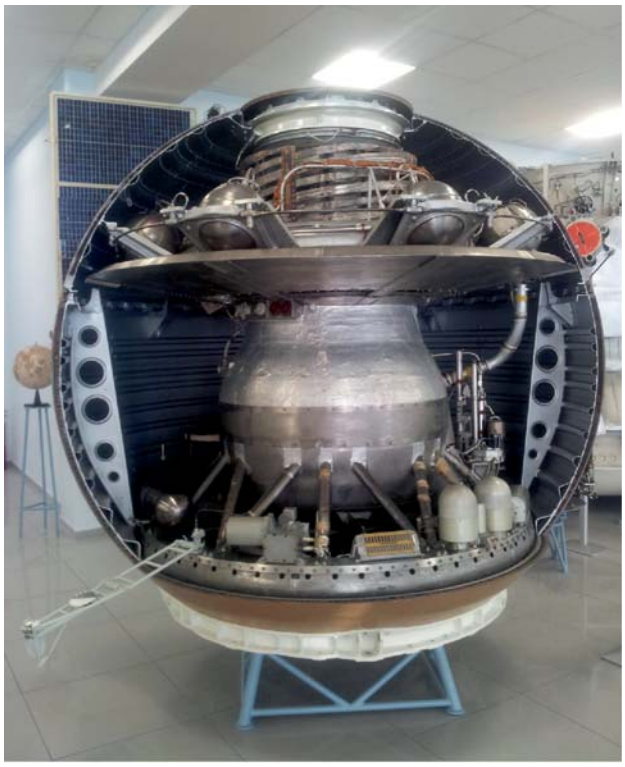


Рис. 2. Спускаемый аппарат «Вега» в разрезе

Конструкция космического аппарата. У этого КА были оригинальными конструкция аэростатного зонда, размещение оболочки в торовом контейнере, кронштейны для установки баллонов системы наполнения оболочки с гелием и парашютного контейнера. Масса конструкции аэростатного зонда составила 120 кг, плавающей аэростатной станции (оболочка, гондола фал) — 21 кг, гондолы с научной и служебной аппаратурой — 6,7 кг.

Схема аэростатного эксперимента. Этот эксперимент был тщательно продуман [3]: были выбраны места посадки вблизи экватора и, следовательно, ввод в действие аэростатов осуществлялся на границе прямой радиовидимости с Земли и на ночной стороне планеты. Это позволило обеспечивать длительное функционирование аппаратуры и прием информации. Обе плавающие аэростатные станции дрейфовали в атмосфере Венеры почти двое суток. Дальность полета составила около 11 000 км. Трасса полета аэростатов, расходящихся от экватора в направлении к северному и южному полюсам [4]

в соответствии с широтными и меридиональными ветрами, показана на рис. 3. Информация передавалась непосредственно на Землю. Сигналы с наших станций принимали 20 наземных станций по всему миру. Использование радиоинтерферометрии с большой базой позволяло точно определять местоположение аэростатных зондов, а также получать и обрабатывать научные данные. Сами зонды как инструмент научных исследований подтвердили явление суперротации атмосферы Венеры.

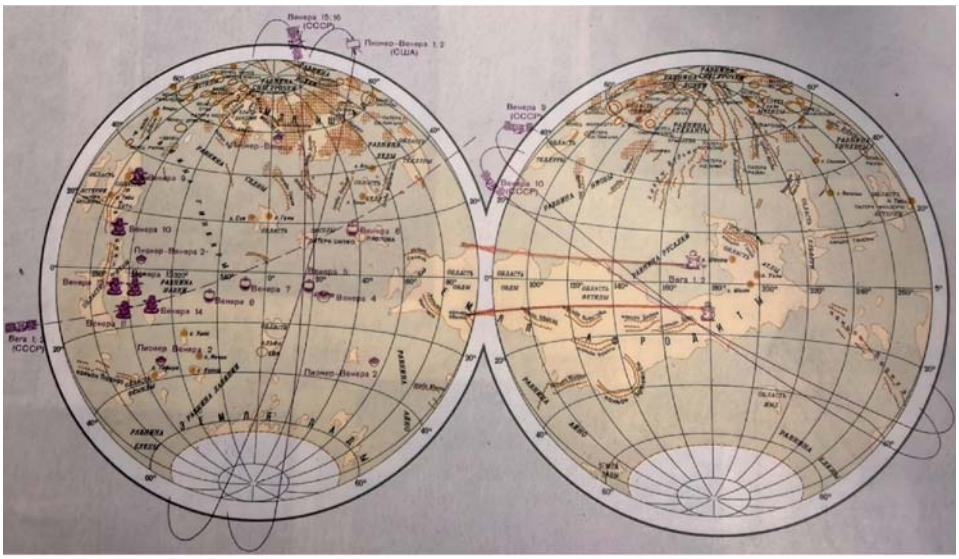


Рис. 3. Карта Венеры, места посадки и трассы полета аэростатов

Ввод в действие аэростатов. Впервые была реализована схема ввода в действие аэростатов, развертывания и наполнения оболочки подъемным газом в процессе спуска в атмосфере под парашютом [5, 6]. Параллельно осуществлялся спуск посадочного аппарата по ранее отработанной схеме (рис. 4).

Оболочка аэростата. Большой объем работ был проведен по выбору материала оболочки аэростата, при этом рассматривалось несколько вариантов. Были проведены испытания как образцов материалов, так и наполненных оболочек. В результате была выбрана фторлоновая лакоткань, применявшаяся до этого для изготовления вытеснительных мешков в баках горючего. Решались задачи определения воздействия на материал оболочки агрессивной среды атмосферы планеты, в частности капельной конденсации серной кислоты, а также другие проблемы. В качестве подъемного газа использовался гелий.

Экспериментальная отработка. В значительной степени успех миссии с использованием аэростатов был обеспечен наряду с высококвалифицированной расчетно-теоретической работой проведением комплексной экспериментальной отработки [7–10]. Был выполнен

огромный объем наземных и летных испытаний: конструкторских, вибропрочностных, тепловых, аэродинамических в аэродинамических трубах и на аэробаллистических установках и т. д. Кроме того, осуществлялись броски макетов и полномасштабных моделей с вертолетов и самолетов. Имитировался дрейф аэростата с использованием корабельных средств в океане.

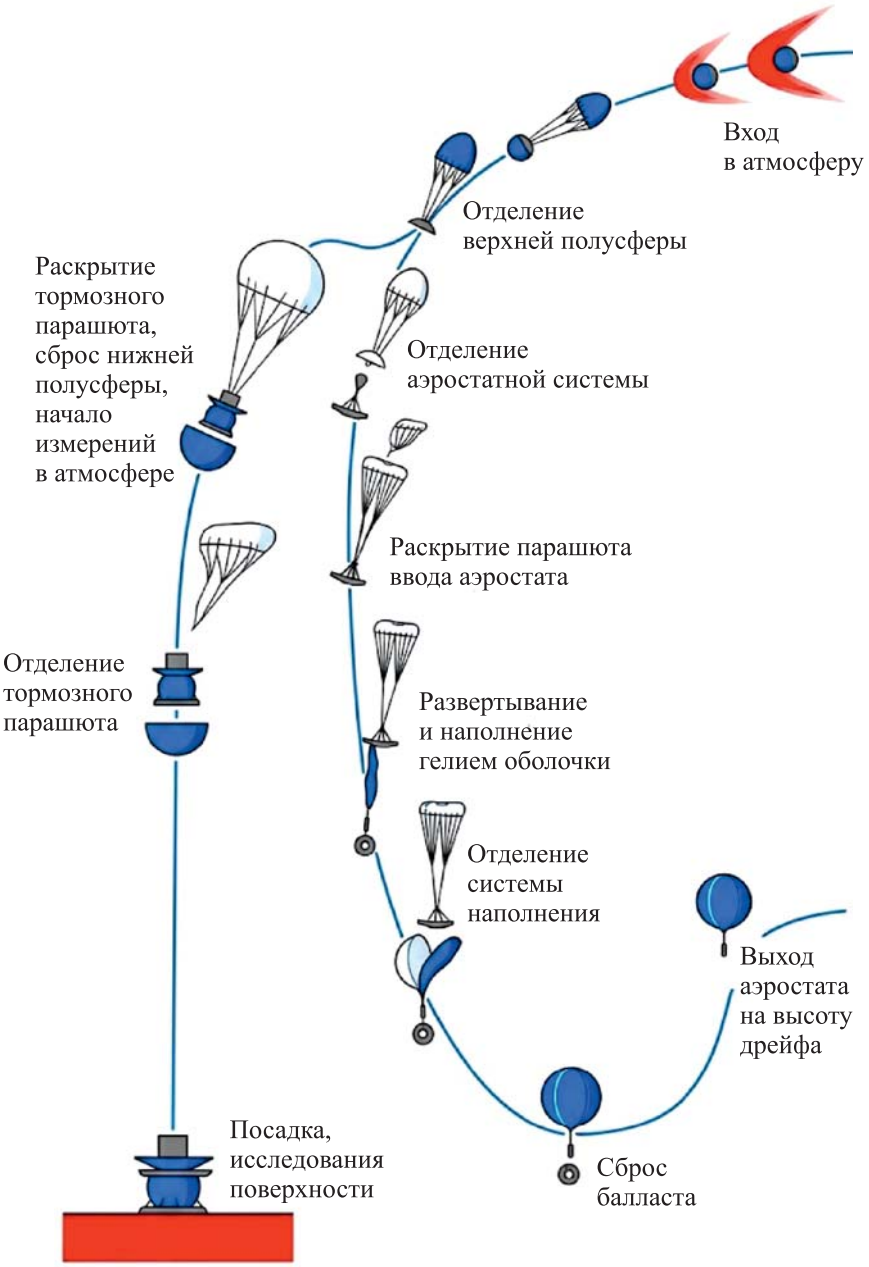


Рис. 4. Схема спуска посадочного аппарата и ввода в действие аэростата

Технический задел и перспективные проекты. Уникальные научные достижения и технический задел, полученные в ходе реализации проекта «Вега», позволили создать новые технологии и рекомендовать их для других перспективных проектов исследования не только Венеры, но и других планет, в частности Марса [5]. Конечно, характеристики марсианского аэростата существенно отличаются от венерианского. Например, у оболочки цилиндрической формы диаметр составлял 13 м, а длина была равна 42 м. Но схема ввода в действие в процессе спуска под парашютом оказалась приемлема и для Марса. Работа над проектом с французскими коллегами продемонстрировала его реализуемость. Прототип марсианского аэростата был запущен во Франции и приземлился в США, пролетев над Атлантическим океаном около восьми суток.

Один из вариантов аэростата с двойной оболочкой был использован в качестве аэростатного носителя для подъема и бросковых испытаний на Земле при отработке надувного тормозного устройства марсианского пенетратора.

Вслед за проектом «Вега» последовал проект «Веста», в котором предлагалось также решать несколько задач [7], в частности, наряду с исследованием Венеры направить КА для исследования астероида. Был проработан проектный облик спускаемого аппарата, в состав которого предлагалось включить уже два аэростата, а также другие технические средства исследований, например, мини-пенетраторы и атмосферный зонд «ветролет». Компоновочная схема спускаемого аппарата представлена на рис. 5, а комплексная схема эксперимента — на рис. 6.

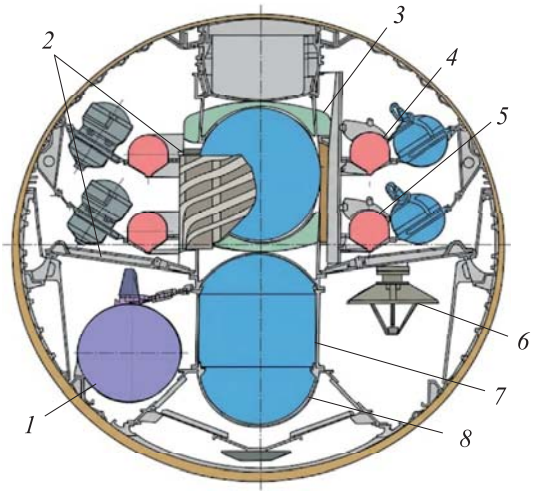


Рис. 5. Спускаемый аппарат КА «Веста»:

1 — посадочный зонд; *2* — планирующий зонд (ПЗ); *3* — отсек служебной и научной аппаратуры ПЗ; *4* — аэростатный зонд (АЗ-1); *5* — аэростатный зонд (АЗ-2); *6* — радиолокатор; *7* — контейнер дрейфующего зонда (ДЗ) ветролета; *8* — отсек научной аппаратуры ДЗ

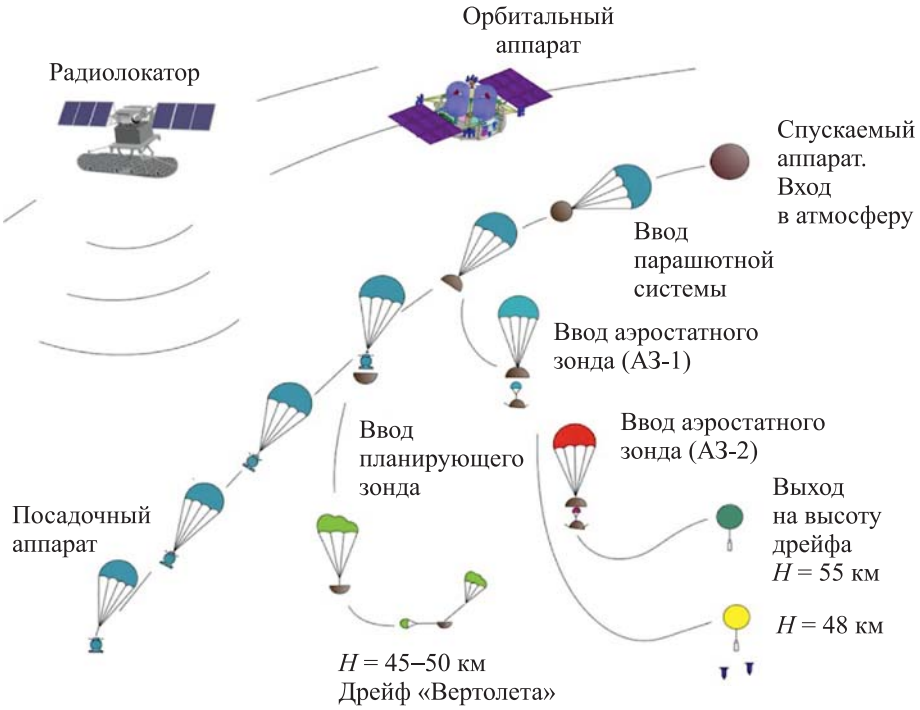


Рис. 6. Вариант эксперимента и схемы спуска и ввода в действие атмосферных зондов в перспективном проекте исследования Венеры

Схему спуска в атмосфере и ввода в действие атмосферных зондов было предложено осуществлять по тем же принципам, что и для «Веги». После разделения спускаемого аппарата на верхнюю и нижнюю полусферы торможение посадочного аппарата должно проводиться сначала с помощью парашюта, потом на аэродинамическом щитке, а атмосферные зонды должны были вводиться в действие по отдельной траектории под своими парашютами.

Проекты длительных исследований. В настоящее время в Научно-производственном объединении имени С.А. Лавочкина проведена разработка технического предложения по проекту «Венера-Д» (Д — долгоживущая) с учетом опыта предыдущих разработок [11, 12]. В состав спускаемого аппарата предложено включить два аэростатных зонда, а также ряд новых проектно-конструкторских решений. В частности, в отличие от всех спускаемых аппаратов серии «Венера», имевших сферическую форму, предложено изготовлять их конической формы [13].

Управляемые аэростаты. Необходимость решения новых научных задач, требование увеличить дальность полета и длительность проведения контактных исследований привели к постановке новой научно-технической задачи по созданию управляемых венерианских атмосферных зондов, которые будут летать не только по воле ветра. К ее решению были подключены и специалисты МАИ, которые

разработали математическую модель аэростатного зонда с управлением движением с помощью таких собственных средств, как, например, сброс балласта, перетекание газа из одной оболочки в другую, стягивание оболочки [14].

Проведены расчеты траекторий движения управляемого аэростатного зонда при изменении высоты, широты и долготы, для того чтобы он мог достигать новых приполярных районов проведения научных исследований. Выполнены верификация математической модели и моделирование управляемого движения аэростатного зонда при летных испытаниях в земных условиях. Показано, что предлагаемая методика может быть использована для решения задачи расширения области исследований, увеличения длительности проведения научных измерений и, соответственно, объема получаемой информации как минимум на порядок.

Международное сотрудничество. Конечно, такое сотрудничество способствует продвижению перспективных проектов, новых технологий и разделению бремени финансовых трудностей. Хорошим примером был проект «Вега», а теперь мог бы стать и проект «Венера-Д». Несколько лет проработала совместная рабочая группа в составе «Роскосмоса», АО «НПО Лавочкина», ИКИ РАН, а также представителей НАСА. Много новых, интересных предложений рассмотрено, но сейчас совместная деятельность приостановлена, возможно, временно…

Заключение. Результаты проектных разработок, реализованные в ходе осуществления миссии «Вега», при создании первых в мире венерианских аэростатов, а также продолжающиеся работы показывают перспективность этого нового технического средства исследований. Отмеченные конструкторские решения, схемные решения по вводу в действие аэростата при спуске в атмосфере на парашюте, по выбору материалов для изготовления оболочки аэростата, методологические подходы к экспериментальной наземной отработке и летным испытаниям могут послужить основой для дальнейших исследований. Представляется возможным рекомендовать включение в состав будущих космических аппаратов не одного-двух, а нескольких аэростатных зондов, а может быть даже и создание флотилии аэростатов.

Венера у нас считается не только «сестрой Земли», но и «Русской планетой». Наша страна отправила к этой планете 18 космических аппаратов, 10 посадочных аппаратов и два первых в мире отечественных аэростата! Крайне желательно сохранить приоритеты России в планетных исследованиях. Успешное проведение миссии «Венера-Д» на новом научно-техническом уровне позволит получить новые данные о планете спустя десятилетия, что будет большим достижением и поможет ученым разгадать секреты, таящиеся на ближайшей к нам планете — сестре Земли.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Полищук Г.М., Пичхадзе К.М., ред. *Автоматические космические аппараты для фундаментальных и прикладных научных исследований*. Москва, Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010, 660 с.

[2] Дерюгин В.А., Долгополов В.П., Карягин В.П., Кремнев Р.С., Пичхадзе К.М., Роговский Г.Н. [и др.]. Автоматические межпланетные станции «Вега-1» и «Вега-2». Функционирование спускаемых аппаратов в атмосфере Венеры. *Космические исследования*, 1987, т. XXV, вып. 5, с. 649–654.

[3] Воронцов В.А., Дерюгин В.А., Пичхадзе К.М. [и др.]. Метод исследования планеты Венера с помощью плавающих аэростатных станций. Математическая модель. *Космические исследования*, 1988, т. XXVI, вып. 3, с. 430–433.

[4] Краснопевцева Б.В., Кремнев Р.С., Карягин В.П., Пичхадзе К.М. [и др.]. *Атлас планет Земной группы и их спутников*. Москва, МИИГАИК, НИЦ им. Г.Н. Бабакина, раздел IX, 1992, с. 126–148.

[5] Воронцов В.А., Малышев В.В., Пичхадзе К.М. *Системное проектирование космических десантных аппаратов: Монография*. Москва, Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2021, 256 с.

[6] Пичхадзе К.М., Малышев В.В. *Математическое обеспечение для проектно-баллистического исследования динамики неуправляемого движения спускаемых аппаратов: Монография*. Москва, Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2018, 219 с.

[7] Алексашкин С.Н., Карягин В.П., Пичхадзе К.М., Рыжов Ю.А., Таргамадзе Р.Ч., Тертерашвили А.В. и др. Анализ результатов аэродинамических исследований посадочных аппаратов станций «Вега-1» и «Вега-2». *Космические исследования*, 1988, т. XXVI, вып. 1, с. 21–27.

[8] Алексашкин С.Н., Карягин В.П., Пичхадзе К.М., Таргамадзе Р.Ч., Тертерашвили А.В. Исследование аэродинамических характеристик аэростатного зонда проекта «Вега». *Космические исследования*, 1988, т. XXVI, вып. 3, с. 434–440.

[9] Алексашкин С.Н., Зукакишвили Р.И., Пичхадзе К.М., Таргамадзе Р.Ч., Тертерашвили А.В. Исследование динамических характеристик датчика вертикального компонента скорости ветра. Аэростатный эксперимент проекта «Вега». *Космические исследования*, 1988, т. XXVI, вып. 3, с. 441–447.

[10] Карягин В.П., Кузнецов В.В., Пичхадзе К.М., Лашманов В.М., Тертерашвили А.В. [и др.]. Летная экспериментальная отработка аэростатного зонда. *Космические исследования*, 1988, т. XXVI, вып. 3, с. 448–456.

[11] Воронцов В.А., Лохматова М.Г., Пичхадзе К.М. и др. Перспективный космический аппарат для исследования Венеры. Проект «Венера-Д». *Вестник ФГУП НПО имени С.А. Лавочкина*, 2010, № 4, с. 62–67.

[12] Воронцов В.А., Крайнов А.М., Мартынов М.Б., Пичхадзе К.М., Хартов В.В. Предложения по расширению программы исследований Венеры с учетом опыта проектных разработок НПО им. С.А. Лавочкина. *Труды МАИ*, 2012, № 52. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=29449

[13] Ефанов В.В., Карчаев Х.Ж., Моишеев А.А., Ширшаков А.Е. *85 лет НПО Лавочкина. Героическое прошлое. Стабильное настоящее. Светлое будущее. В 2-х книгах. Книга 2. Автоматические Космические комплексы для фундаментальных научных исследований, созданные НПО Лавочкина*. Д.Э. Яременко, ред. Химки, АО «НПО Лавочкина», 2023, 584 с.

[14] Воронцов, В.А., Любезный Б.В., Хмель Д.С., Киспе Мендоза М.В., Шеремет А.А., Яценко М.Ю. Атмосферные зонды для исследования Венеры. *Вестник НПО имени С.А. Лавочкина*, 2024, № 4, с. 144–150.

Статья поступила в редакцию 05.03.2026

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Воронцов В.А. Перспективы исследования Венеры аэростатными зондами. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2026, вып. 10. EDN RNPTHJ

Воронцов Виктор Александрович — д-р техн. наук, профессор кафедры 601 и кафедры 604, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). Область научных интересов: проектирование автоматических космических аппаратов для исследования дальнего космоса; автор более 300 научных публикаций. e-mail: victor-vorontsov@yandex.ru
Author ID: 840814

Prospects for Venus Exploration with Balloon Probes

© V.A. Vorontsov

Moscow Aviation Institute, Moscow, 125993, Russian Federation

The use of balloon probes is a promising direction for the exploration of Venus. The paper analyzes the experience of design and engineering work on the creation of the world's first balloon probes, which were included in the descent vehicles of the Vega-1 and Vega-2 automatic interplanetary stations. It is noted that, along with the continuity of schematic and technical solutions of the Venera series spacecraft, many new solutions were adopted and tested, such as the original layout within the descent vehicle, the organization of the balloon experiment as a whole, the original scheme for deploying the balloon during descent in the atmosphere under a parachute, and a number of others. The problems of experimental testing and the selection of envelope material for balloons intended to function in harsh environmental conditions are presented. Examples of the possible use of the technological heritage obtained during the creation of the first balloon probes for future Venusian expeditions and for other planetary exploration projects are given. The prospects for international cooperation in the implementation of future projects are considered. New directions for the development of controllable balloons for long-duration research are shown. Recommendations are given for expanding the Venus exploration program with the help of several balloons capable of drifting at various altitudes in and below the cloud layer, as well as in various regions of the planet.

Keywords: *Venus, spacecraft, descent vehicle, balloon probe, parachute, descent scheme, drift, envelope, research, controllable balloon*

REFERENCES

[1] Polischuk G.M., Pichkhadze K.M., eds. *Avtomaticheskie kosmicheskie apparaty dlya fundamentalnykh i prikladnykh nauchnykh issledovaniy* [Automatic Spacecraft for Fundamental and Applied Scientific Research]. Moscow, MAI-PRINT Publ., 2010, 660 p.

[2] Deryugin V.A., Dolgopolov V.P., Karyagin V.P., Kremnev R.S., Pichkhadze K.M., Rogovskiy G.N., et al. Avtomaticheskie mezhplanetnye stantsii «Vega-1» i «Vega-2». Funktsionirovanie spuskaemykh apparatov v atmosfere Venery [Automatic Interplanetary Stations “Vega-1” and “Vega-2”. Functioning of Descent Vehicles in the Atmosphere of Venus]. *Kosmicheskie issledovaniya — Cosmic Research*, 1987, vol. 25, iss. 5, pp. 649–654.

[3] Vorontsov V.A., Deryugin V.A., Pichkhadze K.M., et al. Metod issledovaniya planety Venera s pomoschyu plavayuschikh aerostatnykh stantsiy. Matematicheskaya model [Method of Exploring the Planet Venus Using Floating Balloon Stations. Mathematical Model]. *Kosmicheskie issledovaniya — Cosmic Research*, 1988, vol. 26, iss. 3, pp. 430–433.

[4] Krasnopevtseva B.V., Kremnev R.S., Karyagin V.P., Pichkhadze K.M., et al. *Atlas planet Zemnoy gruppy i ikh sputnikov* [Atlas of Terrestrial Planets and Their Satellites]. Moscow, MIIGAiK Publ., NITs im. G.N. Babakina Publ., section IX, 1992, pp. 126–148.

[5] Vorontsov V.A., Malyshev V.V., Pichkhadze K.M. *Sistemnoe proektirovanie kosmicheskikh desantnykh apparatov: Monografiya* [System Design of Space Descent Vehicles: Monograph]. Moscow, MAI-PRINT Publ., 2021, 256 p.

[6] Pichkhadze K.M., Malyshev V.V. *Matematicheskoe obespechenie dlya proektno-ballisticheskogo issledovaniya dinamiki neupravlyaemogo dvizheniya*

spuskaemykh apparatov: Monografiya [Mathematical Software for Design and Ballistic Research of the Dynamics of Uncontrolled Motion of Descent Vehicles: Monograph]. Moscow, MAI-PRINT Publ., 2018, 219 p.

[7] Aleksashkin S.N., Karyagin V.P., Pichkhadze K.M., Ryzhov Yu.A., Targamadze R.Ch., Terterashvili A.V., et al. Analiz rezultatov aerodinamicheskikh issledovaniy posadochnykh apparatov stantsiy "Vega-1" i "Vega-2" [Analysis of the Results of Aerodynamic Studies of the Landing Vehicles of the "Vega-1" and "Vega-2" Stations]. *Kosmicheskie issledovaniya — Cosmic Research*, 1988, vol. 26, iss. 1, pp. 21–27.

[8] Aleksashkin S.N., Karyagin V.P., Pichkhadze K.M., Targamadze R.Ch., Terterashvili A.V. Issledovanie aerodinamicheskikh kharakteristik aerostatnogo zonda proekta "Vega" [Study of the Aerodynamic Characteristics of the Balloon Probe of the "Vega" Project]. *Kosmicheskie issledovaniya — Cosmic Research*, 1988, vol. 26, iss. 3, pp. 434–440.

[9] Aleksashkin S.N., Zukakishvili R.I., Pichkhadze K.M., Targamadze R.Ch., Terterashvili A.V. Issledovanie dinamicheskikh kharakteristik datchika vertikalnogo komponenta skorosti vetra. Aerostatnyy eksperiment proekta "Vega" [Study of the Dynamic Characteristics of the Sensor of the Vertical Component of Wind Velocity. Balloon Experiment of the "Vega" Project]. *Kosmicheskie issledovaniya — Cosmic Research*, 1988, vol. 26, iss. 3, pp. 441–447.

[10] Karyagin V.P., Kuznetsov V.V., Pichkhadze K.M., Lashmanov V.M., Terterashvili A.V., et al. Letnaya eksperimentalnaya otrabotka aerostatnogo zonda [Flight Experimental Testing of the Balloon Probe]. *Kosmicheskie issledovaniya — Cosmic Research*, 1988, vol. 26, iss. 3, pp. 448–456.

[11] Vorontsov V.A., Lokhmatova M.G., Pichkhadze K.M., et al. Perspektivnyy kosmicheskiy apparat dlya issledovaniya Venery. Proekt "Venera-D" [Advanced Spacecraft for Venus Exploration. Project "Venera-D"]. *Vestnik NPO imeni S.A. Lavochkina*, 2010, no. 4, pp. 62–67.

[12] Vorontsov V.A., Kraynov A.M., Martynov M.B., Pichkhadze K.M., Khartov V.V. Predlozheniya po rasshireniyu programmy issledovaniy Venery s uchetom opyta proektnykh razrabotok NPO im. S.A. Lavochkina [Proposals for Expanding the Venus Exploration Program Taking into Account the Experience of Design Developments of the Lavochkin Association]. *Trudy MAI*, 2012, no. 52. Available at: https://trudymai.ru/published.php?ID=29449

[13] Efanov V.V., Karchaev Kh.Zh., Moisheev A.A., Shirshakov A.E. 85 let NPO Lavochkina. Geroicheskoe proshloe. Stabilnoe nastoyaschee. Svetloe buduschee. V 2-kh knigakh. Kniga 2. Avtomaticheskie Kosmicheskie kompleksy dlya fundamentalnykh nauchnykh issledovaniy, sozdannye NPO Lavochkina [85 Years of the Lavochkin Association. Heroic Past. Stable Present. Bright Future. In 2 Books. Book 2. Automatic Space Complexes for Fundamental Scientific Research Created by the Lavochkin Association]. D.E. Yaremenko, ed. Khimki, JSC Lavochkin Association Publ., 2023, 584 p.

[14] Vorontsov V.A., Lyubeznyy B.V., Khmel D.S., Kispe Mendosa M.V., Sheremet A.A., Yatsenko M.Yu. Atmosfernye zondy dlya issledovaniya Venery [Atmospheric Probes for Venus Exploration]. *Vestnik NPO imeni S.A. Lavochkina*, 2024, no. 4, pp. 144–150.

Vorontsov V.A., Dr. Sc. (Eng.), Professor of Department 601 and Department 604, Moscow Aviation Institute (National Research University); author of more than 300 scientific publications. Research interests: design of automatic spacecraft for deep space exploration. e-mail: victor-vorontsov@yandex.ru Author ID: 840814