

*А.В. ДИДЕНКО, Л.А. УСОЛЬЦЕВА*

## **ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ RHYOLITE, MAGNUM, MENTOR**

Для трех модификаций геостационарных спутников радиоэлектронной разведки (РЭР) США Rhyolite (Aquacade), Magnum (Orion) и Mentor (Advanced Orion) даны количественные оценки размеров антенн, предназначенных для перехвата информации.

Космические аппараты (КА) Rhyolite (Aquacade), Magnum (Orion) и Mentor (Advanced Orion) являются спутниками радиоэлектронной разведки США. Их основная задача – перехват телеметрической информации и прослушивание каналов связи геостационарных спутников (ГСС). Вполне естественно, что в открытой печати немного сведений об аппаратах этого типа. Выводы аналитиков относительно состава и комплектации бортового оборудования, основанные на анализе имеющейся официальной информации и результатах наземных наблюдений, неоднозначны, см., например, [1,2].

В настоящее время на геостационарной орбите находятся три поколения (три модификации) КА РЭР, см. Таблицу 1. Запуск первого аппарата состоялся 19 июня 1970 г., для вывода на орбиту использовалась ракета-носитель Atlas SLV-3A/Agema-D. В 1977 году из-за шпионских скандалов наименование Rhyolite изменено на Aquacade. Всего было запущено 4 аппарата Rhyolite. Согласно [3] масса Rhyolite составляет 698.5 кг (1540 фунтов), корпус – цилиндр высотой 1.7 м и диаметром 1.4 м. Диаметр антенны для перехвата радиосигналов, по одним оценкам, равен 5.2 м, по другим – около 20 м, [1].

Разработка новой модификации – Magnum (Orion) началась в 1979г., первый КА этой серии был запущен в 1985г., второй – в 1989 г. Конструкция аппарата была оптимизирована для обеспечения возможности запуска с борта Шаттла. В качестве разгонного блока (РБ) использовался IUS. Масса КА составляла 2295–2352 кг. Конструкция включала две большие параболические антенны – одну для ведения разведки и вторую, меньше по размерам, для сброса получаемой информации на наземные станции. Если исходить из анализа обтекателей, используемых при запуске КА Magnum (Orion), то диаметр антенны должен составлять 129–130 м, [1].

Через шесть лет на смену серии Magnum (Orion) пришли КА Mentor (Advanced Orion), в некоторых работах зарубежных аналитиков для них используется наименование Orion. Сейчас на орбите работают 5 аппаратов этой серии.

Регулярные координатные и фотометрические наблюдения ГСС РЭР США проводятся наземными пунктами наблюдений (ПН) Казахстана с начала 90-х годов. Сопровождаются 10 из 11 запущенных аппаратов Rhyolite, Magnum, Mentor. Rhyolite 3 недоступен нашим ПН, т.к. относится к классу

L2. В Таблице 1 дан список этих КА, для каждого из спутников приводятся наименование, международный номер, номер NORAD, тип ракеты-носителя и статус аппарата на время наблюдений (с – активный, L – либрационный, d – дрейфующий).

Таблица 1. Список спутников радиоэлектронной разведки США Rhyolite, Magnum, Mentor, сопровождаемых пунктами наблюдений РК

№ п/п	Наименование КА	Международный номер	Номер Norad	Ракета - носитель	Статус
1	Rhyolite 1 - Aquacade 1	70046A	04418	Atlas-SLV3A Agena-D	L1
2	Rhyolite 2 - Aquacade 2	73013A	06380	Atlas-SLV3A Agena-D	L1
3	Rhyolite 3 - Aquacade 3	77114A	10508	Atlas-SLV3A Agena-D	L2 *
4	Rhyolite 4 - Aquacade 4	78038A	10787	Atlas-SLV3A Agena-D	d
5	Magnum 1 USA 8	85010B	15543	Shuttle - IUS	c
6	Magnum 2 USA 48	89090B	20355	Shuttle - IUS	c
7	<u>Mentor</u> 1 USA 110	95022A	23567	Titan-4A Centaur-T	c
8	<u>Mentor</u> 2 USA 139 NROL 6	98029A	25336	Titan-4A Centaur-T	c
9	<u>Mentor</u> 3 USA 171 NROL 19	03041A	27937	Titan-4A Centaur-T	c
10	<u>Mentor</u> 4 USA 202 NROL 26	09001A	33490	Delta-4H	c
11	<u>Mentor</u> 5 USA 223 NROL 32	10063A	37232	Delta-4H	c

\* объект относится к классу L2 и не виден в восточном полушарии.

Методика получения и интерпретации используемой нами координатной и фотометрической информации достаточно детально описаны в наших предыдущих работах (см., напр.. [4] и др.). Показано, что основными оптическими и динамическими характеристиками, которые можно определить на основе наземных координатных и фотометрических наблюдений, можно считать эффективную площадь отражения, фазовые коэффициенты, периоды вращения вокруг центра масс. Каждая из этих характеристик сама по себе не может однозначно ответить на вопрос, к какому классу относится наблюдаемый объект. Но их совокупность и совместный анализ с другими сведениями позволяют найти приемлемое решение в процессе проведения идентификации ГСС.

Наблюдению КА Rhyolite, Magnum, Mentor было уделено пристальное внимание т.к. их оптические характеристики существенно отличаются от ГСС других типов. Эволюция элементов их орбит также имеет особенности. Тем не менее, эти же особенности позволяют объединить отдельные аппараты в общие группы.

КА серии Rhyolite мы наблюдали только в пассивном состоянии. В качестве примера на рис. 1 и 2 приведены фрагменты кривых блеска Rhyolite - 4 (78038A) и Rhyolite - 2 (73013A).

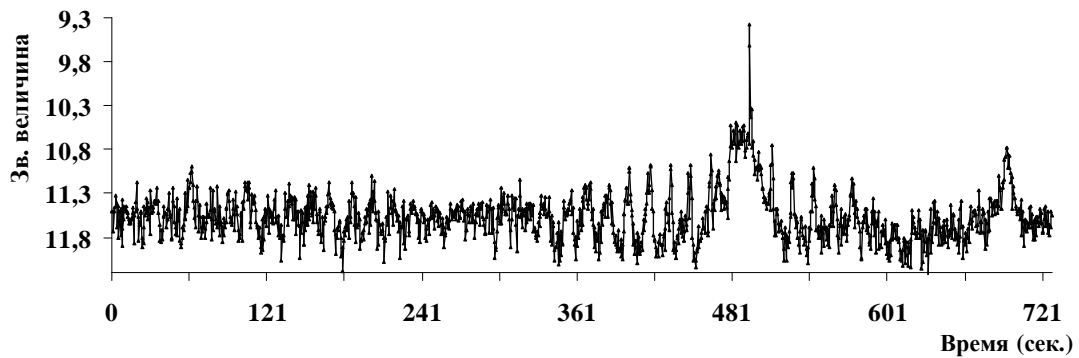


Рис. 1. Фрагмент кривой блеска ГСС Rhyolite - 4 (78038A), наблюдения 21.09.2006 г., фильтр V, фазовый угол  $\varphi = 12^{\circ}$

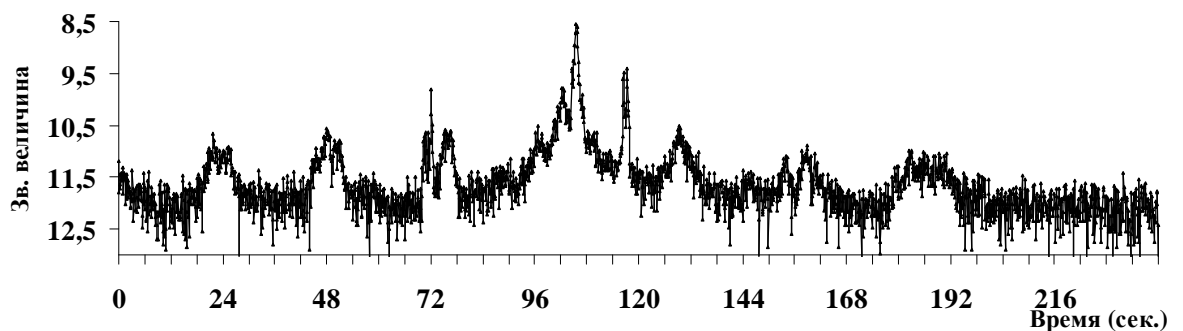


Рис.2. Фрагмент кривой блеска ГСС Rhyolite – 2 (73013A), наблюдения 20.08.2001 г., фильтр V, фазовый угол  $\varphi = 47^{\circ}$

Единичный вектор нормали к поверхности Rhyolite - 4, формирующей данную вспышку, на момент наблюдений имел координаты:  $X_n = -0.9956$ ;  $Y_n = -0.0908$ ;  $Z_n = 0.0252$ , для Rhyolite – 2:  $X_n = -0.9860$ ;  $Y_n = -0.1138$ ;  $Z_n = 0.1212$ , т.е. были направлены практически на наблюдателя. Здесь  $X_n$ ,  $Y_n$ ,  $Z_n$  – компоненты единичного нормального вектора в экваториальной системе координат (начало – в центре масс объекта, ось X параллельна небесному экватору в направлении точки весеннего равноденствия, ось Y направлена в центр Земли, а ось Z – в полюс мира параллельно оси вращения Земли). Период вращения КА вокруг центра масс  $P = 1218$  сек при  $Q = 0,51$ . Для второго КА –  $P = 1531$  сек,  $Q = 0,31$ . Параметр Q зависит от степени рассеяния точек относительно средней кривой блеска и достигает максимального значения при хаотическом положении точек в фазовой плоскости. В обоих случаях прослеживается серия вспышек с интервалом, близким к  $20^0$ . Длительность каждой вспышки составляет: в первом случае –  $\Delta t \approx 5,8$  сек, во втором –  $\Delta t \approx 10$  сек., показатели цвета  $(B - V) = 0^m,44$ ;  $(V - R) = 0^m,56$ . Форма вспышки и величина периода вращения КА вокруг центра масс свидетельствуют о том, что ширина элемента, ответственного за данные вспышки, не превышает 0,1 м.

Из сказанного можно сделать вывод, что на борту КА находится конструкция, имеющая ребра жесткости. Ширина (толщина) каждого ребра - около 0,1 м, они расходятся из общего центра и отстоят друг от друга на  $20^\circ$ . Анализ кривых блеска и полученных фазовых кривые (более 25) позволяет утверждать, что конструкция представляет собой поверхность вращения с 18 ребрами жесткости, в промежутках между ними находится слабо отражающий материал, имеющий показатели цвета, близкие к солнечным:  $(B-V) = 0^m,42$ ;  $(V-R) = 0^m,60$ . Такими отражающими свойствами обладает металлизированная сетка, [5,6].

Если предположить, что внешний вид антенн, установленных на КА Rhyolite, Magnum, Mentor схож с «коммерческим вариантом», который поставляется компаниями, специализирующимися на создании разворачиваемых антенных систем, то можно получить некоторые количественные оценки размеров антенн КА РЭР. Одним из ведущих предприятий по созданию современных антенн рефлекторного типа является компания Harris. В частности, только для спутников системы TDRS (Tracking and Data Relay Satellite) с 1983 г. Harris поставила пятнадцать 4.8 м антенных систем на основе радиальных реберных конструкций S/K-диапазона, [7]. На рис. 3 показан внешний вид одной из двух разворачиваемых антенн, установленных на ГСС типа TDRS.

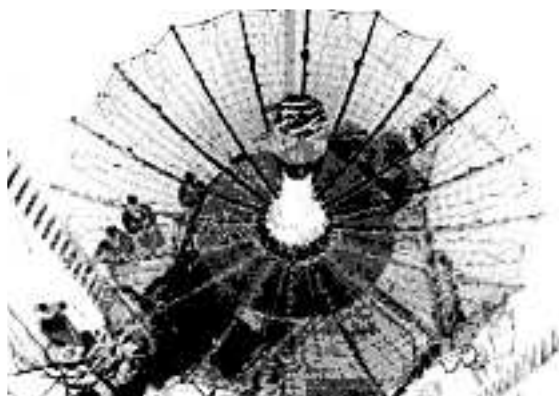


Рис.3. Антенный рефлектор TDRS диаметром 4.8 м, [7].

Пунктами наблюдений РК сопровождаются два стабилизированных TDRS. Мы провели оценку суммарной эффективной площади отражения и соответствующих коэффициентов отражения КА TDRS 3 (88091B). Была использована приведенная фазовая кривая, полученная в апреле 2006 года. (Вычисленные значения были уменьшены в два раза, т.к. на борту установлены две антенны, [3]) Эффективные площади отражения в полосах В, V и R соответственно составили:  $\overline{S\gamma_B} = 1,16 \pm 0,25 \text{ м}^2$ ;  $\overline{S\gamma_V} = 1,45 \pm 0,25 \text{ м}^2$ ;  $\overline{S\gamma_R} = 2,01 \pm 0,20 \text{ м}^2$  при  $\gamma_B = 0,0162$ ,  $\gamma_V = 0,0192$ ,  $\gamma_R = 0,0259$ .

Исходя из этих сведений, была проведена оценка эффективных площадей отражения для КА Rhyolite - 1,2,4 по 12 фазовым кривым, полученным с 1999 по 2009 год. Величины оказались близки между собой:  $\overline{S\gamma_B} = 1,48 \pm 0,20$

$\text{м}^2$ ;  $\overline{s\gamma_V} = 1,81 \pm 0,20 \text{ м}^2$ ;  $\overline{s\gamma_R} = 2,24 \pm 0,20 \text{ м}^2$ . Если считать, что размеры солнечных батарей (СБ) TDRS и Rhyolite соизмеримы, а суммарные коэффициенты отражения идентичны, то диаметр антенны, установленной на КА Rhyolite, не должен превышать 5.5 м.

Аналогичные расчеты были проведены для КА Magnum и Mentor. Все КА данного типа в настоящее время находятся на орбитах в рабочем состоянии. На рис. 4 показан фрагмент кривой блеска ГСС Mentor 2 (98029А), а на рис. 5 – фазовые кривые этого же объекта в трех фильтрах. Полученные фазовые кривые хорошо аппроксимируются функцией для сферической поверхности.

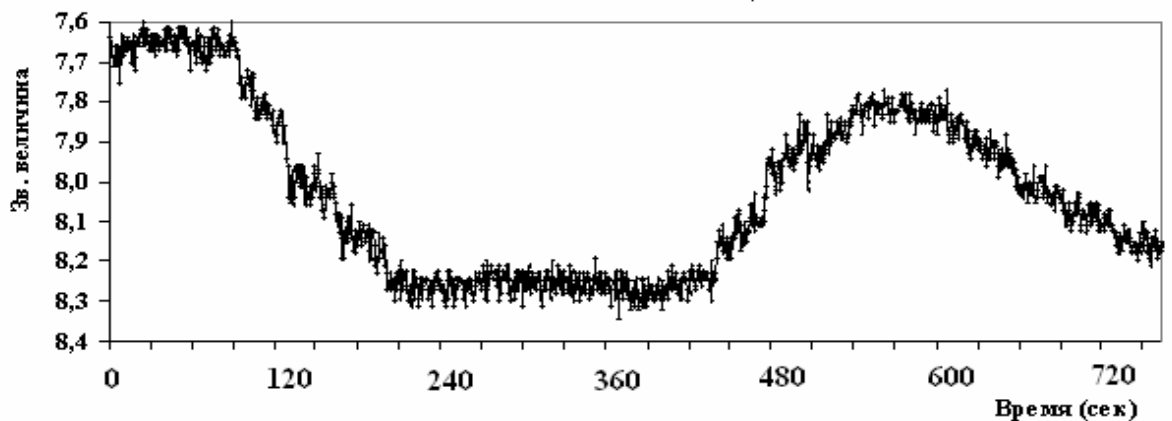


Рис. 4. Фрагмент кривой блеска ГСС Mentor 2 (98029А), наблюдения 07.03.2003г., фильтр V, фазовый угол  $\varphi = 43^0$

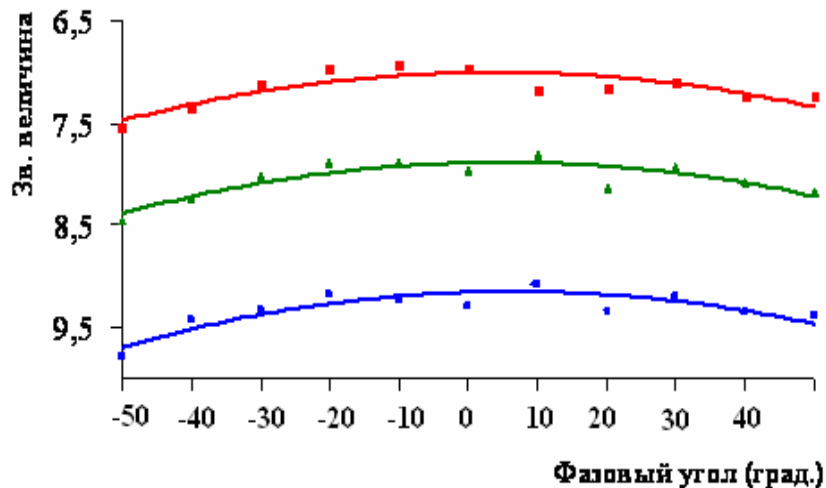


Рис. 5. Фазовая кривая КА Mentor 2 (98029А), наблюдения 07.03.2003г., фильтры B - ●, V- ▲ и R- ■

В указанный период Mentor 2 находился в точке стояния с  $\lambda = 43^0 49'$  в.д., имел трехосную стабилизацию, наклон орбиты  $i = 7^0 00'$ . Отмечены пульсации блеска с показателями цвета  $(B-V) = 0^m,42$ ;  $(V-R) = 0^m,56$  в диапазоне фазовых углов  $27^0 - 48^0$ . Единичный вектор нормали к поверхности КА,

формирующей данные вспышки на момент наблюдений имел координаты:  $X_n = 0.9880$ ;  $Y_n = 0.1541$ ;  $Z_n = -0.0052$ , т.е. был направлен на наблюдателя. Такие же величины были получены при регистрации подобных пульсаций у Rhyolite, что позволяет говорить о конструктивной идентичности наблюдавшихся аппаратов.

В Табл. 2 приведены величины  $\overline{S\gamma_V}$  - эффективные площади отражения в фильтре V и D - вероятные значения диаметров антенн сопровождаемых нами ГСС Rhyolite, Magnum, Mentor. В первой строке таблицы указаны номера, соответствующие нумерации таблицы 1. Для Rhyolite дано среднее по трем КА.

Таблица 2. Эффективные площади отражения  $\overline{S\gamma_V}$  и вероятные значения диаметров антенн D, предназначенных для перехвата информации, для КА Rhyolite, Magnum, Mentor.

№	Наименование КА	$\overline{S\gamma_V}$ (м <sup>2</sup> )	D (м)
1	Rhyolite	1,81±0,20	5,5
5	Magnum 1	6,90±0,20	14,0
6	Magnum 2	6,90±0,20	14,0
7	<u>Mentor</u> 1	17,28±0,35	22,0
8	<u>Mentor</u> 2	17,28±0,35	22,0
9	<u>Mentor</u> 3	17,28±0,35	22,0
10	<u>Mentor</u> 4	29,56±0,30	28,0
11	<u>Mentor</u> 5	29,56±0,30	28,0

Следует подчеркнуть, что при оценке диаметров антенн мы исходили из конструктивной однотипности рассматриваемых ГСС. На это указывают их приведенные на момент запуска, с учетом эффектов старения [8], интегральные цветовые показатели (B-V)=1<sup>m</sup>,20; (V-R)=0<sup>m</sup>,95. Если предположить, что диаметр антенны, предназначенной для ведения разведки, составляет 129-130м, [2], то суммарный коэффициент отражения КА должен составлять менее одного процента. Такой вариант маловероятен, поскольку на всех ГСС устанавливаются как солнечные батареи, так и обычные параболические антенны связи.

*Работа выполнена в рамках ПФИ, шифр Ф-0351.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агапов В.М. USA-160. Еще не все ясно // Новости космонавтики. 2001. №11.
2. Агапов В.М. Новое «ухо» на орбите // «Новости космонавтики» 2003. № 17.
3. Gunter's Space Page // <http://www.skyrocket.de/space>
4. Диденко А.В., Демченко Б.И., Нифонтов С.Г., Афонин А.Н., Усольцева Л.А. Зональный каталог ГСС и принципы отождествления типа объекта на основе координат

- натной и фотометрической информации // «Околоземная астрономия - 2003», Труды международной конференции. Россия, Терскол, 8 – 13 сентября 2003г. С.42-48.
5. Муртазов А.К. Оптические свойства поверхностей ИКО и техногенных отходов в космосе // Околоземная астрономия и проблемы изучения малых тел солнечной системы. М. 2000. С. 262-268.
  6. Муртазов А.К. Частное сообщение.
  7. Информационный космический центр «Северная корона». Развертываемые спутниковые антенны // [http://www.spacecenter.ru/Information%20chanell/t\\_parad/ka/depant/depant2.htm](http://www.spacecenter.ru/Information%20chanell/t_parad/ka/depant/depant2.htm)
  8. Диденко А.В. О влиянии старения покрытий космического аппарата на его фотометрические характеристики // Вестник Казахского национального педагогического университета им. Абая, серия «Физико-математические науки», 2005. № 1(12). С. 81-84.

### **Резюме**

Для трех модификаций геостационарных спутников радиоэлектронной разведки (РЭР) США Rhyolite (Aquacade), Magnum (Orion) и Mentor (Advanced Orion) даны количественные оценки размеров антенн, предназначенных для перехвата информации.

### **Summary**

The estimations of diameters of single access antenna for three series of American geostationary signals intelligence satellites Rhyolite (Aquacade), Magnum (Orion) and Mentor (Advanced Orion) are given .

*Didenko A.V., Usoltzeva L. A.* The optical characteristics of geostationary satellites Rhyolite, Magnum, Mentor