

0-734634

На правах рукописи

Григорьев Константин Викторович

УДК 521.15

**ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ
ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ
ПО ОРБИТАЛЬНЫМ ПАРАМЕТРАМ,
ПОЛУЧЕННЫМ
ИЗ ПОЗИЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

Специальность 01.03.01 - астрометрия и небесная механика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Санкт-Петербург, 2002 г.

Работа выполнена в Главной астрономической обсерватории РАН

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук
А.С. Сочилина

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
К.В. Холшевников
кандидат физико-математических наук
А.В. Девяткин

Ведущая организация:

Институт Астрономии Российской Академии Наук

Защита диссертации состоится **20 декабря 2002 г.**

в 13 часов 00 минут на заседании Диссертационного совета
(шифр К002.120.01) в Главной астрономической обсерватории
Российской Академии Наук по адресу: 196140, Санкт-Петербург,
Пулково, ГАО РАН.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГАО РАН.

Автореферат разослан **19 ноября 2002 г.**

Ученый секретарь

Диссертационного совета
кандидат физ.-мат. наук



Е.В. Милецкий

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

С момента запуска в 1963 году первого спутника, на геостационарную орбиту (ГЕО) было выведено около 600 космических аппаратов (КА) различного назначения. По состоянию на 1 января 2002 года на ГЕО работает 321 управляемый КА, а всего в окрестности геостационарной орбиты движется 932 объекта размерами более одного метра. При этом для 123 объектов (в основном американского происхождения) не публикуются орбитальные данные [С.Hernandez, R.Jehn, 2002].

Из-за удаленности геостационарной орбиты наблюдения проводятся преимущественно наземными оптическими средствами. Обработка и отождествление наблюдений, формирование баз данных измерений и орбитальных параметров необходимо для каталогизации всех объектов, исследования точности теории движения и параметров геопотенциала.

С развитием наблюдательной техники число обнаруживаемых неуправляемых объектов будет постоянно увеличиваться. Эти объекты и, в особенности, фрагменты, образующиеся в результате запусков и при взрывах на ГЕО, уже сегодня представляют собой опасность повреждения функционирующих КА. Поэтому совершенствование методов отождествления наблюдаемых объектов, определение их возможного происхождения и поиск несопровождаемых объектов с использованием всех имеющихся наблюдений на многолетних интервалах времени, приобретает особую значимость. Эта задача решается с использованием разработанной в ГАО РАН аналитической теории движения геостационарных спутников [Kiladze R.I., et al, 1999] и быстродействующего программного обеспечения.

Для планирования обзорных и поисковых программ наблюдений необходимы исследования изменения области движения геостационарных объектов.

Цель работы состоит в разработке методики отождествления позиционных наблюдений геостационарных спутников, распределенных на длительных интервалах времени, в формировании банков данных измерений и элементов орбит, в создании программно-алгоритмического обеспечения для улучшения орбитальных параметров и вычисления эфемерид; в исследовании области движения геостационарных объектов

и применении полученных результатов в научных и научно-прикладных задачах.

Научная новизна работы:

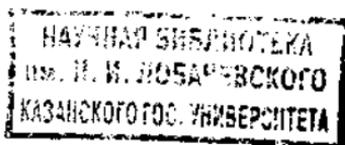
1. Разработана методика и создан комплекс программ для обработки и отождествления позиционных измерений геостационарных спутников (ГСС).
2. Впервые получены ряды измерений неуправляемых ГСС на длительных интервалах времени, которые были использованы для исследования особенностей эволюции орбит.
3. Проведены исследования области движения каталогизированных геостационарных объектов и модельных фрагментов космического мусора в различные эпохи.

Практическая ценность работы:

1. Сформирован банк данных измерений и орбитальных параметров.
2. Данные измерений были использованы при создании каталогов улучшенных орбит геостационарных спутников.
3. Разработанное программное обеспечение успешно применяется в ГАО РАН в исследованиях по проблеме мониторинга геостационарной области и космического мусора, которые ведутся в сотрудничестве с отечественными и зарубежными научными учреждениями.
4. Результаты, полученные в ходе выполнения работы, переданы заинтересованным организациям и использовались в Институте Астрономии РАН, Гиссарской АО Тадж АН, ГАО НАНУ, в/ч 41513, ЦКБ АООТ «Красногорский Завод», НИИ ПМ, ЦНИИМАШ для решения научных и прикладных задач.

На защиту выносятся:

1. Методика обработки позиционных измерений ГСС.
2. Методики идентификации наблюдений для различных типов ГСС.
3. Базы данных измерений и орбитальных параметров ГСС.
4. Результаты исследований области движения геостационарных спутников и модельных фрагментов космического мусора.



Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на международных научных конференциях:

The First European Conference on Space Debris, Darmstadt, Germany, 5-7 April 1993,

Journees 1995. "Earth Rotation, Reference Systems in Geodynamics and Solar System", Warsaw, Poland, 1995,

The First International Workshop on Space Debris, Moscow, Russia, October 1995,

The Fourth US/Russian Space Surveillance Workshop, USNO, Washington, October 23-27, 2000,

The Third European Conference on Space Debris, ESOC, Darmstadt, Germany, 19-21 March 2001;

на научных конференциях:

"Современные методы физической геодезии, спутниковой геодинимики и астронавигации", Санкт-Петербург, 3-6 марта 1992,

"Организация программ наблюдений высокоорбитальных спутников Земли и небесных тел Солнечной системы", Санкт-Петербург, 21-26 сентября 1992,

"Компьютерные методы небесной механики", Санкт-Петербург, 24-26 ноября 1992,

"Современные проблемы теоретической астрономии", Санкт-Петербург, 20-24 июня 1994,

"Наблюдения естественных и искусственных тел Солнечной системы", Санкт-Петербург, 26-28 ноября 1996,

"Компьютерные методы небесной механики-97", Санкт-Петербург, 18-20 ноября 1997,

"Новые теоретические результаты и практические задачи небесной механики", Москва, 2-4 декабря 1997,

"Околоземная астрономия и проблемы изучения малых тел Солнечной системы", Обнинск, 25-29 октября 1999,

"Околоземная астрономия", Звенигород, 21-25 мая 2001;

на астрометрических семинарах ГАО РАН (1999, 2001).

Всего по теме диссертации опубликовано 20 работ. В них изложены основные результаты, выносимые на защиту.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитируемой литературы из 73 наименований и одного приложения, содержит ПО страниц текста, 39 иллюстраций и 13 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, определяются ее цели, раскрывается новизна и практическая ценность полученных результатов. Перечислены основные положения, выносимые на защиту. Приводится краткая характеристика диссертации и список статей, в которых опубликованы ее основные результаты.

В первой главе кратко описывается объект исследований - геостационарная орбита и особенности долгопериодической орбитальной эволюции геостационарных спутников. Описана система координат, связанная с плоскостью Лапласа [Сочилина А.С., 1985] и приведены примеры эволюции орбит спутников различных типов.

Приводится классификация геостационарных спутников. Отмечено, что разделение ГСС по степени влияния резонансных возмущений от геопотенциала необходимо при выборе алгоритма вычисления эволюции орбит.

Дана характеристика существующих каталогов орбитальных элементов и приводится обзор основных работ, посвященных идентификации измерений и каталогизации геостационарных спутников.

Во второй главе дается описание методики обработки и идентификации измерений. Кратко описаны методы вычисления первоначальных орбит и улучшения параметров орбит на различных интервалах времени. Разработана и исследована процедура представления долготы степенным рядом, для коэффициентов которого получены аналитические выражения.

Приводятся примеры оценки точности полученных элементов и представления данных наблюдений.

Приведены методики идентификации наблюдений для ГСС различных типов и примеры для некоторых спутников. Полученные результаты свидетельствуют о надежности идентификации измерений по вычисленным орбитальным параметрам и возможности использования теории движения Киладзе-Сочиной для поиска временно несопровождаемых объектов на интервалах времени в десятки лет.

В третьей главе содержится описание банков данных позиционных измерений ГСС и орбитальных параметров. Систематизированы архивные данные измерений одиннадцати наблюдательных пунктов. Отмечено, что данные были опубликованы или получены непосредственно от обсерваторий при проведении совместных работ. В настоящее время база данных содержит 30346 положений. Сформированы ряды измерений для избранных резонансных объектов. Дано краткое описание структуры базы данных.

Приводится общая информация о базе орбитальных данных ГСС: 932 объекта имеют международное обозначение, для 832 объектов имеются орбитальные данные, для 382 объектов - ряды измерений.

Проводится сравнение с данными Европейского центра контроля космического пространства [С.Hernandez, R.Jehn, 2002]. Приводятся списки геостационарных спутников, имеющих в базе данных «старые» данные и объектов только с регистрационным номером запуска. Дается описание основных форматов данных, используемых для прогноза движения.

В четвертой главе приводятся примеры применения разработанных алгоритмов и банков данных для исследования области движения геостационарных объектов и планирования программ наземных и космических наблюдений. Приводится сравнение области движения каталогизированных геостационарных объектов и модельных фрагментов взрывов на геостационарной орбите. Построена модель пространственной плотности объектов и анализируется область движения фрагментов известного взрыва [Pensa A.F., et al, 1996]. Для исследования возможности идентификации измерений космического мусора приводится сравнение результатов моделирования области распределения орбитальных параметров с данными наблюдений [Schildknecht T., et al., 2001].

В заключении сформулированы основные итоги работы.

В приложении содержатся списки каталогизированных геостационарных объектов.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

1. Григорьев К.В., Гулямов М.И., Сочилина А.С. О методике отождествления неуправляемых геостационарных спутников. Наблюдения ИНТ, 1990.
2. Вершков А.Н., Григорьев К.В., Жидких С.А. ЛАПЛАС - комплекс программ для станций наблюдения геостационарных спутников. Тезисы международного совещания "Современные методы физической геодезии, спутниковой геодинамики и астронавигации" (Санкт-Петербург, 3-6 марта 1992), с.22.
3. Григорьев К.В., Сочилина А.С. О каталоге объектов геостационарной области. Сборник трудов международного совещания "Техногенное засорение космического пространства: состояние и перспективы", Москва, 1992.
4. Григорьев К.В. Пространственное положение и динамика изменения геостационарной области. Тезисы Комплексной конференции с международным участием "Организация программ наблюдений высокоорбитальных спутников Земли и небесных тел Солнечной системы" (Санкт-Петербург, 21-26 сентября 1992), с.27.
5. Вершков А.Н., Григорьев К.В. Некоторые добавления к программному комплексу ЛАПЛАС. Тезисы Комплексной конференции с международным участием "Организация программ наблюдений высокоорбитальных спутников Земли и небесных тел Солнечной системы" (Санкт-Петербург, 21-26 сентября 1992), с.44.
6. Вершков А.Н., Григорьев К.В. Электронный каталог элементов орбит геостационарных спутников. Тезисы Всероссийского совещания "Компьютерные методы небесной механики" (Санкт-Петербург, 24-26 ноября 1992), с.61.
7. Grigoriev K.V., Sochilina A.S., Vershkov A.N. On catalogue of geostationary satellites. Proceeding of the first European Conference on Space Debris. Darmstadt, Germany, 5-7 April 1993, pp. 665-670.
8. Григорьев К.В. Эфемеридное обеспечение наблюдений и идентификация геостационарных объектов. Тезисы докладов международной

конференции "Современные проблемы теоретической астрономии", Санкт-Петербург, 20-24 июня 1994, т.1, с.60.

9. Sochilina A.S., Kiladze R.I., Grigoriev K.V., Vershkov A.N. Geostationary satellites and their use in geodynamics. Journees 1995. "Earth Rotation, Reference Systems in Geodynamics and Solar System", Warsaw, Poland, 1995.

10. Grigoriev K.V., Guljamov M.I., Bakhtigaraev N.S. On the Collection of the Photographic Observations of Geostationary Objects. 1st International Workshop on Space Debris, Space Forum, October 1995, Moscow, Russia, Vol. 1, 1996, pp. 57-62.

11. Sochilina A.S., Kiladze R.I., Grigoriev K.V., Vershkov A.N. On improved geostationary catalog. Adv. Space Res., Vol. 19, No. 2, pp. 321-329, 1997.

12. Сочилина А.С., Киладзе Р.И., Григорьев К.В., Вершков А.Н. Каталог орбит геостационарных спутников. Санкт-Петербург, 1996. -104 с.

13. Григорьев К.В. Неизвестные геостационарные спутники. Тезисы Всероссийской конференции с международным участием "Наблюдения естественных и искусственных тел Солнечной системы", Санкт-Петербург, 26-28 ноября 1996, стр. 51-52.

14. Григорьев К.В. Эволюция орбит неуправляемых геостационарных спутников и столкновения с космическим мусором. Тезисы докладов научной конференции "Новые теоретические результаты и практические задачи небесной механики", Москва, 2-4 декабря 1997 г. - М.: Изд-во ГАИШ МГУ, 1997, с. 37.

15. Вершков А.Н., Григорьев К.В., Киладзе Р.И., Сочилина А.С. Модель засорения окрестности геостационарной орбиты фрагментами взорвавшихся спутников. "Космонавтика и ракетостроение", вып. 18, ЦНИИМаш, 2000, стр.50-62.

16. Grigoriev K.V., Hoots F.R. On Improvement of Orbits of Geostationary Satellites from Observations Over a Time Interval of 150-200 Days. Proceeding of the Fourth US/Russian Space Surveillance Workshop. October 23-27, 2000, USNO, Washington DC.

17. Sochilina A.S., Grigoriev K.V., Vershkov A.N., Kiladze R.I., Hoots F., France R. On statistics of changes in rates of drift among uncontrolled geostationary objects. Proceeding of the Third European Conference on Space Debris. ESOC, Darmstadt, Germany, 19-21 March 2001, pp. 367-372.

18. Vershkov A.N., Grigoriev K.V., Kiladze R.I., Sochilina A.S. A model of distribution of geostationary satellite fragments after explosion. Proceeding of the Third European Conference on Space Debris. ESOC, Darmstadt, Germany, 19-21 March 2001, pp. 407-410

19. Григорьев К.В. Методика идентификации наблюдений неуправляемых геостационарных спутников. Тезисы докладов конференции "Околоземная астрономия", Звенигород, 21-25 мая 2001, с. 24.

20. Григорьев К.В. О динамике фрагментов взорвавшихся геостационарных спутников. Тезисы докладов Межрегиональной конференции "Экология космоса", Петродворец, СПбГУ, 10-14 июня 2002, стр. 28-29.

ЦИТИРУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. C.Hernandez, R.Jehn Classification of geosynchronous objects. Issue 4 ESOC, January 2002.

2. Kiladze R.I., Sochilina A.S., et al. On new investigations of geostationary satellite motion, Revista Brasileira de Ciencias Mecanicas, vol.21, special issue, 1999, pp.534-541.

3. Сочилина А.С. Лунно-солнечные возмущения и движение высоких спутников. Бюлл. ИТА АН СССР, т. 15, № 7 (170), 1985, стр.383-395.

4. Pensa A.F., G.E. Powell, E.W. Pork and R. Sridharan. Debris in Geosynchronous orbits. Space Forum, Vol.1 No 1-4 (1996) ISSN 1024-803X, pp.23 - 37.

5. T.Schildknecht, R.Musci, M.Ploner, S.Preisig, J.de Leon Cruz, H.Krag Optical observation of space debris in the geostationary ring, Proceeding of the Third European Conference on Space Debris. ESOC, Darmstadt, Germany 19-21 March 2001, pp.89-94.

