

УДК 528.021.7

## Развитие методов лазерной локации на станции “SIMEIZ-1873”

*А.И. Дмитроца, А.Д. Зенькович О.А. Минин, С.В. Филиков, Л.С. Штирберг*

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 15 ноября 2005 г.

**Аннотация.** В данной работе изложено развитие методов лазерной локации на станции “Simeiz-1873” с момента ее основания. Приведен краткий исторический обзор развития Симеизской обсерватории.

DEVELOPMENT OF SATELLITE LASER RANGING METHODS ON THE SLR STATION “SIMEIZ-1873”, by *Dmytrotsa A.I., Zenkovich A.D., Minin O.A., Filikov S.V., Shtirberg L.S.*. In this work we present the development of satellite laser ranging methods on the SLR station “SIMEIZ-1873” since its establishment. Also the short historical survey of Simeiz observatory is presented.

**Ключевые слова:** Симеизская обсерватория, история, лазерная локация

---

### 1 Введение

В 1973 году, в соответствии с решением Президиума АН СССР, Крымская астрофизическая обсерватория и Астрономический совет АН СССР подписали соглашение о безвозмездной передаче всех сооружений Симеизского филиала Крымской астрофизической обсерватории на г. Кошка Астросовету. Начиная с 1974 года, под руководством Дмитроцы И.И. и группы из 5 человек, начались работы по созданию на этой базе Экспериментальной станции наблюдений искусственных спутников Земли.

Уже в 1974–1975 гг. было установлено новое уникальное оборудование, в том числе: советская полуавтоматическая камера для фотографических наблюдений спутников АФУ-75, высокоточная камера СБГ народного предприятия “Карл Цейсс” (ГДР), предназначенная не только для фотографирования ИСЗ на фоне звезд, но и для использования в качестве светосильного астрографа. Проницающая сила этой камеры достигала 12-й звездной величины. Для её установки была произведена реконструкция одной из старых башен и построена пристройка для установки ЭВМ “НАИРИ” и другого оборудования. Почти одновременно, в новом павильоне с двумя АФУ-75 была смонтирована установка лазерной локации “Интеркосмос” на основе телескопа “Криптон”. Эта установка была разработана и создана совместными усилиями ученых академий наук социалистических стран для станций сети “Интеркосмос”, и одна из первых была установлена в Симеизе. Сам же лазерный передатчик был установлен профессором Карлом Гамалом из Пражского университета.

С 1974 года на станции велись систематические фотографические наблюдения ИСЗ на камере АФУ-75 по программам “Атмосфера”, “Большая хорда” и “Динамика”. В 1975 году было получено

более 700 снимков ярких и слабых спутников. Измерения снимков производились на измерительном приборе “Аскорекорд” фирмы К. Цейсс.

Первые одновременные лазерные и фотографические наблюдения спутников состоялись уже в 1976 году. На станции лазерной локации проводились наблюдения спутников Geos-A, Geos-B, Geos-C, Beacon-A, Beacon-B, Lageos, Starlett, а также было отмечено разовое наблюдение спутника системы Glonass. В этом же году на станции была проведена международная школа по лазерной локации спутников.

Для обработки наблюдений в 1979 г. в Симеиз была перевезена и введена в эксплуатацию ЭВМ М-222. Программы обработки были также разработаны и опробованы сотрудниками станции, в частности, Курбасовой Г.С. С 1981 г. велись работы по измерению доплеровского смещения частот, излучаемых спутником серии “Транзит” с помощью приемника МХ-1502. По интегралу наблюдаемого доплеровского сдвига за двухминутный интервал времени вычисляется наклонная дальность между спутником и наземным приемником, и затем – координаты приемника.

Очень продуктивная работа коллектива была отмечена на высоком уровне. В 1982 году, за успешные наблюдения спутника “Болгария-1300”, Филиков С.В. был награжден премией Ленинского Комсомола по науке и технике.

Оказалось, что наблюдение спутника Лагеос, с высотой орбиты 5 900 км, оснащенного уголковыми отражателями и видимого как звезда 12 звездной величины, является одним из наиболее точных способов определения параметров вращения Земли – координат полюса и неравномерности ее вращения. Кроме того, классические методы астрометрии не могут сравниться с лазерной локацией по оперативности обработки и затратам времени наблюдателей. Вот почему с 1 сентября 1983 года по 31 октября 1984 года проводился большой Международный эксперимент МЕРИТ, с целью измерить параметры вращения Земли современными и классическими методами, их сравнить, выяснить их преимущества и недостатки, с тем, чтобы лучший из них рекомендовать как рабочий для создания Службы вращения Земли.

Для участия в этом эксперименте требовалось улучшить существующую лазерную станцию настолько, что она смогла бы наблюдать спутники Лагеос (12–13 звездной величины) с точностью определения расстояний до 1 м, то есть довести ее по параметрам к станции ЛЛС второго поколения.

Группа сотрудников, под руководством Штирберга Л.С., в короткий срок не только справилась с этой задачей, но и повторила весь комплекс работ по установке для станции ЛЛС в республике Куба.

Лазерный спутниковый дальномер (ЛСД) второго поколения, установленный на горе Кошка, – международный номер Simeiz-1873 – был введен в строй в 1988 году.

Лазерные спутниковые дальномеры измеряют в единой шкале точного времени расстояние до спутников с точностью несколько сантиметров. Получаемые при локации специальных спутников высокоточные топоцентрические расстояния (расстояние между спутником и наземным пунктом) используются для определений параметров их орбит и обеспечения работы навигационных космических систем, а также для решения ряда геодинамических задач – исследования структуры гравитационного поля Земли, негравитационных возмущений, подвижек и деформаций земной коры, нестабильности вращения Земли вокруг оси и движения ее полюсов.

Решение вышеперечисленных задач требует совместного участия в наблюдениях сети станций, распределенных по всему Земному шару (сейчас имеется около сорока работающих станций). Предварительно обработанные результаты наблюдений со всех станций приводятся к единым форматам и оперативно передаются в международный центр в США (NASA) и Европейский центр (Мюнхен), где после контроля поступают в соответствующие банки данных. Точность определения топоцентрических расстояний на большинстве станций составляет менее двух сантиметров.

## 2 Структура станции

Комплекс состоит из телескопа, лазерного передатчика, приемно-регистрирующего комплекса, службы времени, управляемых ЭВМ.

Основная модернизация станции началась в 1998 г. и закончилась к концу 2000 года; по гранту фонда гражданских исследований CDRF (UG1-332) были установлены:

- относительные угловые датчики на телескоп (FERRAND CONTROLS) с разрешением 0.4 угловых секунды;
- новый измеритель временных интервалов с разрешением 20 пикосекунд;
- видеокамеру для улучшения визуальных наблюдений;
- было разработано и внедрено новое программное обеспечение для работы обновленного комплекса.

В 1999 году ЛСД Simeiz-1873 признан национальным достоянием Украины.

После модернизации, как видно на рис. 2, с 2001 года количество наблюдаемых спутников возросло в несколько раз.

Основные параметры комплекса приведены ниже:

- а) телескоп с зеркалом  $D = 100$  см с системами Ричи-Кретьена ( $f = 13.3$  м) и куде ( $f = 36.5$  м) управляется ЭВМ;
- б) передатчик – лазер с длиной волны 532 нанометра, с длительностью импульса 0.35 наносекунды, с энергией 0.1 джоуля;
- в) приемно-регистрающая аппаратура – измеритель временных интервалов с разрешением 25 пикосекунд;
- г) служба времени базируется на рубидиевом стандарте частоты Ч-74, точная секунда берется с перманентной GPS-станции;
- д) угловые датчики с разрешением в 0.4 угловых секунды.

Особенностью лазерной локации является то, что наблюдений одной станции недостаточно для получения научного результата. Поэтому обязательна кооперация и участие в международной сети станций лазерных локаций, и, конечно, во всех соответствующих международных программах.

Кроме этого, требуется большое число наблюдений и оперативность их обработки. Например, по современным требованиям, СЛЛ Simeiz-1873 в течение 8 часов после наблюдений обязана отправить полученные результаты в международные центры (Мюнхен), иначе данные отбраковываются.

Кроме наблюдений стандартных геодезических-геодинамических спутников наша станция участвует в большинстве международных программ по наблюдению специальных спутников.

В последние годы по общему количеству наблюдаемых спутников мы занимаем второе место в Украине, а по наблюдениям за высокими спутниками (такими как GLONASS, GPS, ETALON) удерживаем первое место.

### 3 Станция GPS-CRAO

В 2000 году в структуру станции была включена перманентная GPS-станция (предоставленная и установленная консорциумом UNAVCO), которая обеспечила станцию точной секундой, и, главное, начала измерять координаты станции в непрерывном режиме (пакет измерений производится каждые 30 секунд). Для успешной работы этой станции силами КраО была организована выделенная линия для подключения к Интернет. В 2004 году станция GPS-CRAO была зарегистрирована в международной системе GPS-наблюдений (IGS).

После запуска станции GPS-CRAO на станции лазерной локации Simeiz-1873 в 2000 году накопился большой объем наблюдений, и возник вопрос об их обработке. Для решения этих задач консорциумом UNAVCO нам были любезно предоставлены два пакета программ GAMIT/GLOBK.

Этот пакет программ был освоен, и были обработаны наши собственные данные за 2002 и 2003 годы. Из-за медленной скорости подключения к Интернет и большого объема данных, требуемых для обработки информации, обработать весь объем наших наблюдений пока не представляется возможным.

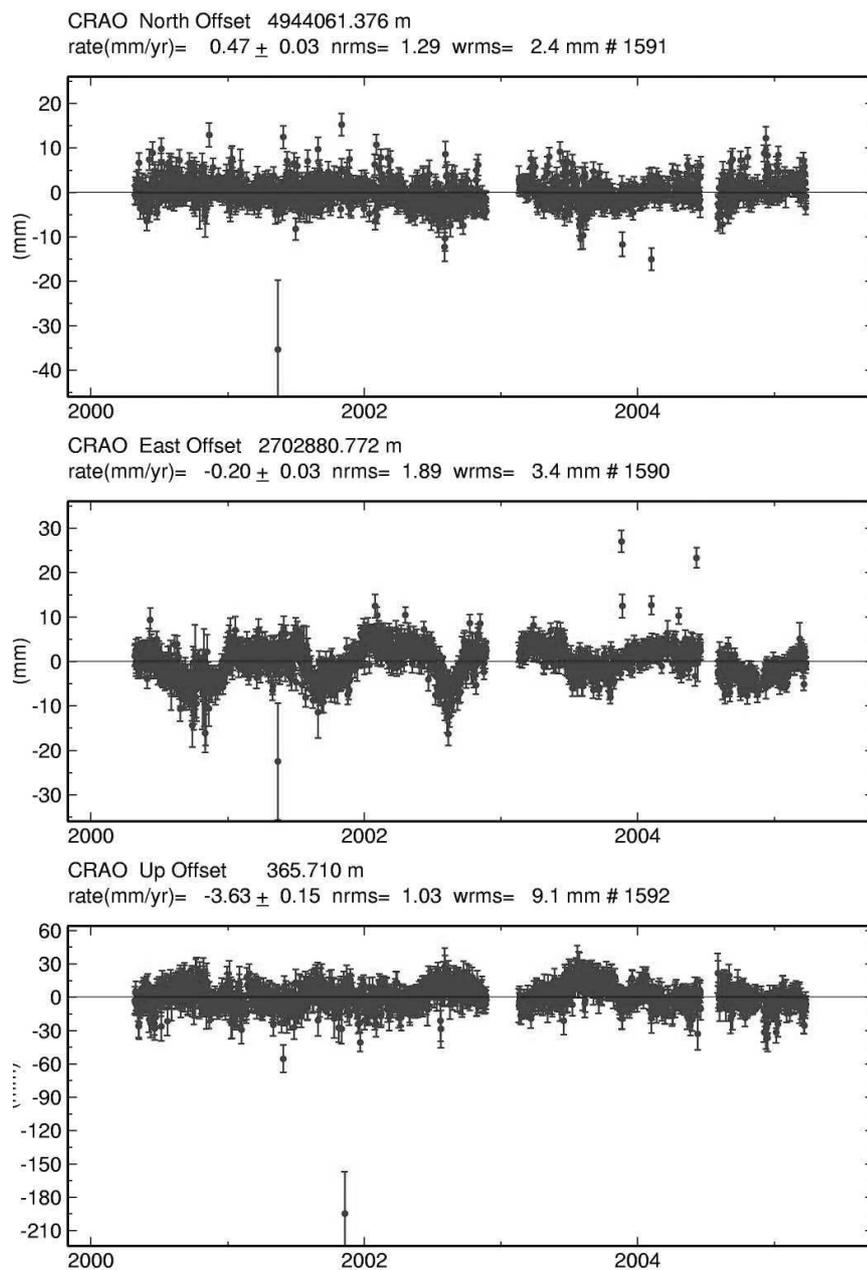


Рис. 1. Графики GPS-измерений смещения GPS-CRAO за 2000 и 2005 годы

На рисунке 1 показаны результаты измерений за 2000-2005 годы, полученные в консорциуме UNAVCO по нашим наблюдениям.

#### 4 Выводы

На современном этапе наша станция активно участвует в международных программах по лазерной локации спутников и GPS-наблюдениям.

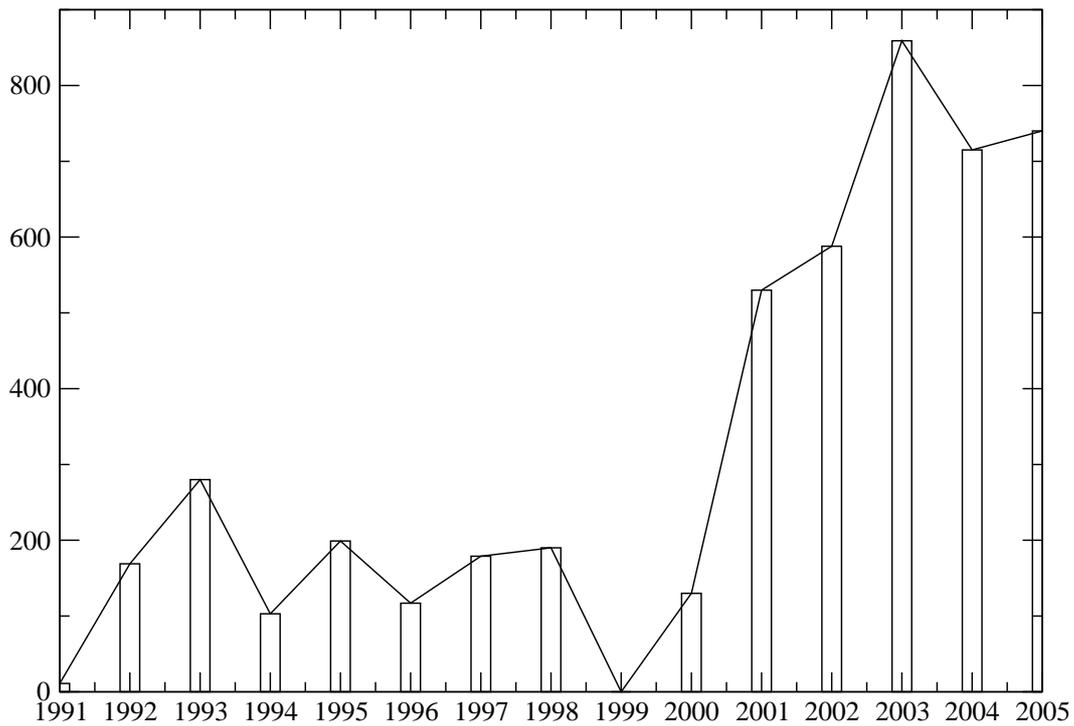


Рис. 2. Результаты работы за 1991–2005 годы

В последние годы по общему количеству наблюдаемых спутников мы занимаем второе место в Украине, а по наблюдениям за высокими спутниками (такими как GLONASS, GPS, ETALON) удерживаем первое место.

Несмотря на это, наш лазерный передатчик за 18 лет работы устарел как физически, так и морально. Этот узел является слабым местом в нашей системе, и если его в ближайшее время не заменить (или обновить), то мы можем навсегда отстать от международного сообщества, и наши полученные результаты больше не будут иметь научной ценности.