

ИЮНЬ 2022, ПРАКТИКА ПО АСТРОНОМИИ, ИПА РАН



**Observatory ESO, Chili, 2400m, 3.6
м телескоп**



Некоторое вступление к сегодняшней лекции и занятию

У Вас уже были лекции по различным темам (как я себе представляю), представление о производных интегрировании и прочем тоже Вы представляете (т. Е. о некоторых математических методах, которые используются в астрономии и т. д.)

Наша сегодня лекция о Луне-хоть всем известным объекте, но, надеюсь, услышите что-то новое для Вас.... Прежде всего, я хочу упомянуть о том, какие задачи решаются в нашем Институте, направления и т. Д., как они решаются, и какое место занимают проблемы и задачи, связанные с таким объектом, как Луна. Какие основные направления, как они решаются и какой вклад дает наш **Институт ИПА РАН**.

Предмет астрономии. Вселенная и астрономия.

Астрономия (astro-звезда, nomos-закон)

РАЗДЕЛЫ АСТРОНОМИИ:

- 1. Астрометрия**
- 2. Небесная механика**
- 3. Астрофизика**
- 4. Радиоастрономия**
- 5 Звездная астрономия-**
- 6. Космология**
- 7.Космогония**

Единицы в Астрономии

Астрономическая единица (1 А.Е.= 150 000 000 км)- среднее расстояние от Земли до Солнца.

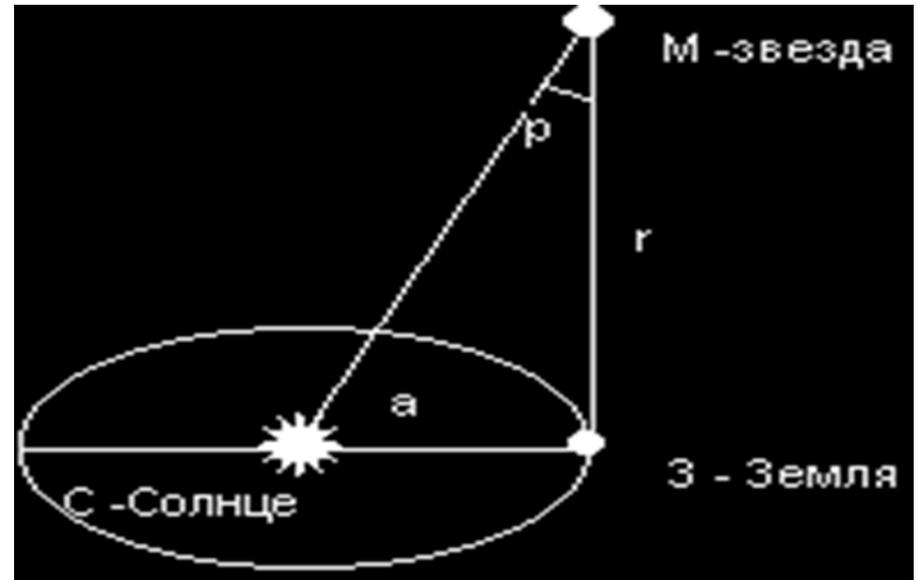
1 парсек – расстояние , с которого средний радиус земной орбиты (равный 1 а. е.), перпендикулярный углу зрения, виден под углом в 1 секунду дуги (1").

1 пк = $360 \cdot 60 \cdot 60 / 2 \pi \cdot 1 \text{ а.е.} = 206264.8 \cdot 1 \text{ а.е.} = 3 \cdot 10^{11} \cdot 10^{16} \text{ м} = 3.26 \text{ световых года}$

Световой год - расстояние, которое свет проходит за 1год.

Некоторые понятия в астрономии

1. Эфемериды небесных тел
2. Многоволновая астрономия
3. Эклиптика



Иоганн Кеплер

Великий немецкий астроном и математик.

Годы жизни
27 декабря 1571 года
– 15 ноября 1630





Тихо Браге



1031 году Рейхан Мухаммед ибн Ахмед аль-Бируни

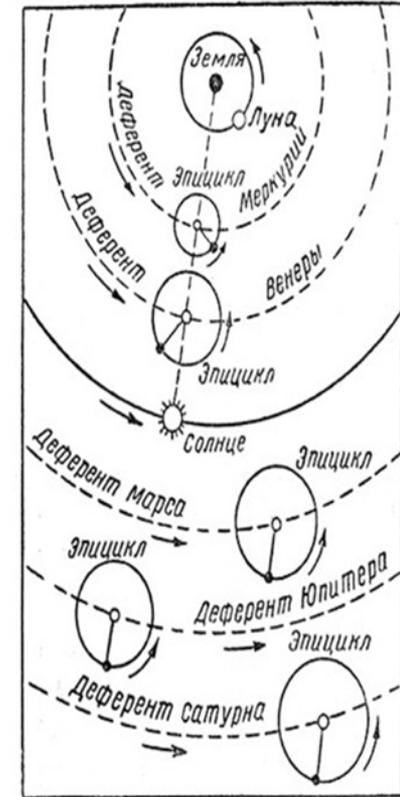


Галилео Галилей



Ньютон Исаак
(1643 — 1727)

Английский физик и математик. Член Лондонского королевского общества. Один из основоположников классической механики. Ввел закон всемирного тяготения. Сформулировал теорию цвета небесного тела. Понял принцип дифракции света на водном. Разработал метод флюксий, дифференциальное и интегральное исчисления. Разработал первую модель солнечной системы, гипотезу о происхождении жизни и теории охлаждения. Придумал учение о линзах, исследовал свойства жидкостей. Сконструировал «телескоп рефлектор» и проложил дорогу к разглядыванию неба.



Релятивистская небесная механика

Параметризованный постньютоновский формализм (ППН)

Уравнения движения тел в ППН

Уравнения орбитального движения i -того тела в прямоугольной, невращающейся системе координат с началом в барицентре Солнечной системы на эпоху J2000 имеют следующий вид:

где r_i , \dot{r}_i , \ddot{r}_i – координаты, скорости и ускорения i -го тела относительно барицентра Солнечной системы; $\mu_j = Gm_j$; G – гравитационная постоянная, m_j – масса j -го тела; $r_{ij} = |r_j - r_i|$; β , γ – параметры PPN формализма; c – скорость света; i индексирует тела Солнечной системы, начиная от Солнца ($i = 1$), Земли ($i = 2$), Луны ($i = 3$), больших планет и заканчивая L крупными астероидами; $L = 300$ для эфемерид EPM-ERA 2019. Последний член в (1) описывает суммарные силы гравитационного притяжения от остальных астероидов таксономических классов C, S и M в виде возмущений от массивного однородного кольца, расположенного в плоскости эклиптики (Krasinsky и др., 2002).

$\ddot{\mathbf{r}}_{i_{\text{point mass}}}$

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{j \neq i} \frac{\mu_j}{r_{ij}^3} (\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i) \left\{ 1 - \frac{2(\beta + \gamma)}{c^2} \sum_{k \neq i} \frac{\mu_k}{r_{ik}} - \frac{2\beta - 1}{c^2} \sum_{k \neq j} \frac{\mu_k}{r_{jk}} + \gamma \left(\frac{|\dot{\mathbf{r}}_i|}{c} \right)^2 \right. \\
 &+ (1 + \gamma) \left(\frac{|\dot{\mathbf{r}}_i|}{c} \right)^2 - \frac{2(1 + \gamma)}{c^2} \dot{\mathbf{r}}_i \dot{\mathbf{r}}_j - \frac{3}{2c^2} \left[\frac{(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j) \cdot \dot{\mathbf{r}}_j}{r_{ij}} \right]^2 + \frac{\ddot{\mathbf{r}}_j}{2c^2} (\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i) \left. \right\} \\
 &+ \frac{1}{c^2} \sum_{j \neq i} \frac{\mu_j}{r_{ij}^3} \{ [\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j] \cdot [(2 + 2\gamma) \dot{\mathbf{r}}_i - (1 + 2\gamma) \dot{\mathbf{r}}_j] \} (\dot{\mathbf{r}}_i - \dot{\mathbf{r}}_j) \\
 &+ \frac{(3 + 4\gamma)}{2c^2} \sum_{j \neq i} \frac{\mu_j \ddot{\mathbf{r}}_j}{r_{ij}} + \sum_{c,s,m} \mathbf{F},
 \end{aligned}$$

Время в астрономии

Очень трудно определить время: нечто вроде как параметр, связанный с интуитивным представлением о следующих друг за другом событиях, измеряемых по каким-то чередующимся явлениям природы (движении Солнца, Луны и т.д.).

Как научный термин - время это 4-ая координата в пространственно-временной системе координат. В классической физике время мыслилось непрерывным и абсолютным- т.е. оно было всегда, течет в одном направлении и везде с одинаковой скоростью т.е. величина абсолютная. Но с появлением **ОТО (Эйнштейн) 1905** г- представление о времени изменилось- это относительная величина, текущая по- разному в разных системах отсчета, то быстрее, то медленнее, в зависимости от скорости движения системы отсчета, от гравитации .

Парадокс близнецов

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

t- время на корабле

t₀- время на Земле

Если $v=c$ то и под корнем выражение $1-1=0!$ Тогда $t_0 / 0 =$ бесконечности. Т. Е. время на корабле течет бесконечно медленно по сравнению со временем на Земле...

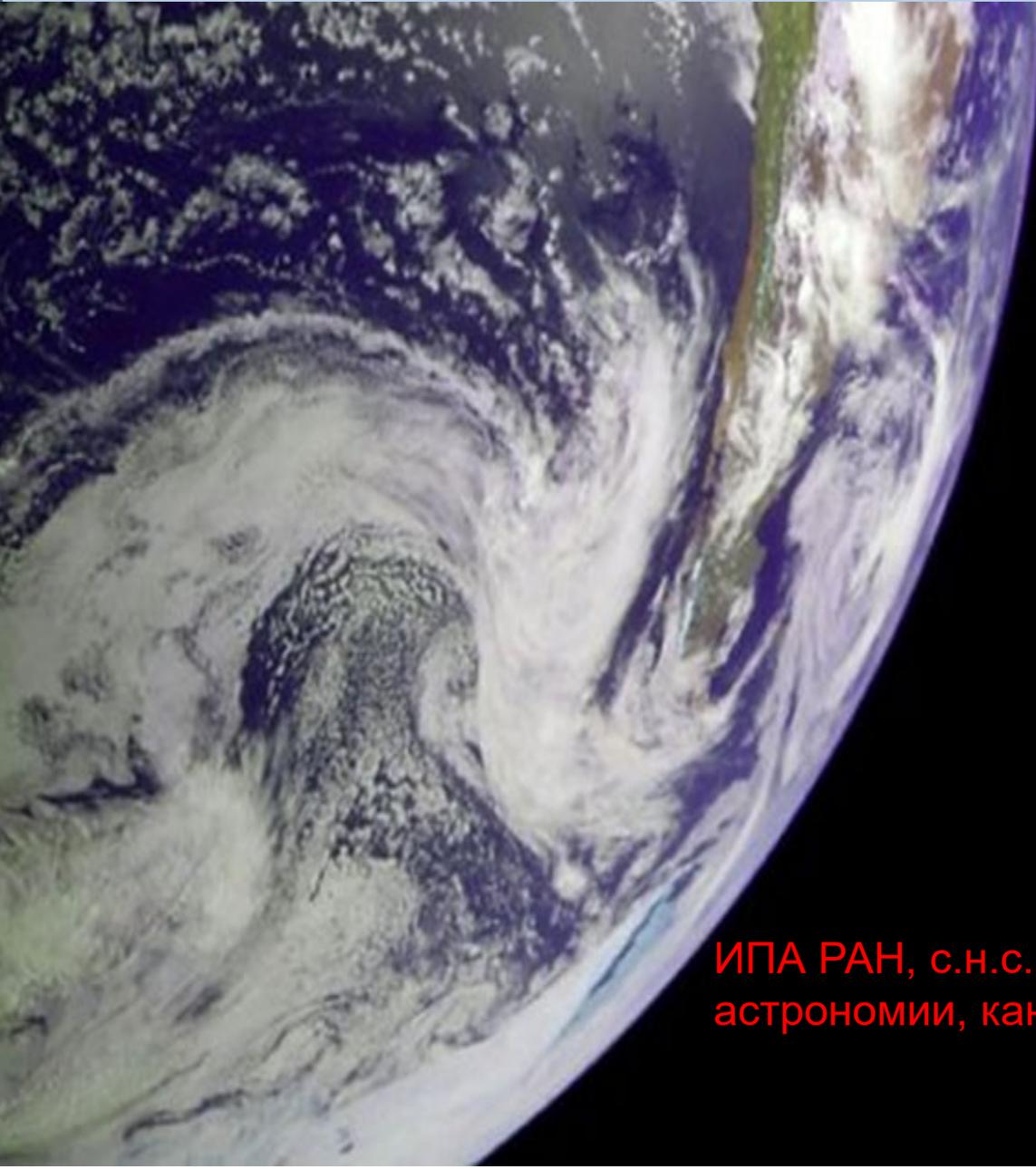
(Небесные тела – естественные и искусственные (с 1960 годов –КА, ИСЗ, “космические дебри”).

Космос-порядок. Созвездия. Календарь–”выкликивать”(“calleo” ”выкликивать”,
долговая книга). Муза- Урания.

Особенности науки астрономия.

1. Наблюдения- основной источник информации
2. Наблюдать множество различных объектов
3. Основная единица измерения -угловая мера,
а не расстояние до объекта .

Лишь в конце 20 века -радиолокация и лазерные наблюдения



Современное состояние исследования Луны

Луны



ИПА РАН, с.н.с. Лаборатории эфемеридной астрономии, канд. физ.мат. н., Ягудина Э.И.

Основные темы и вопросы в презентации

1. Эфемеридная астрономия ?

Система “Земля-Луна”

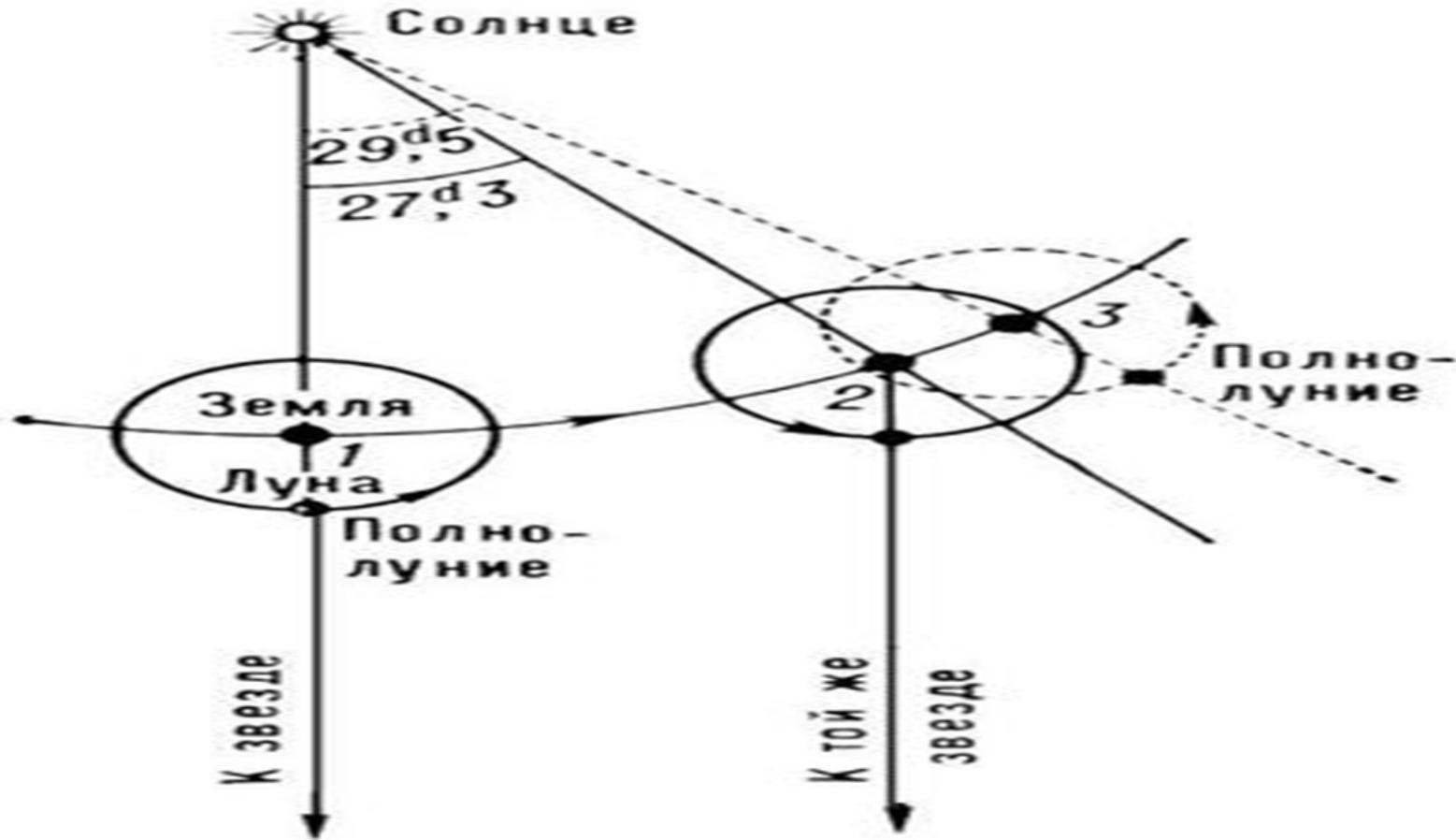
1. Луна- объект нашей Солнечной системы
2. Краткая история изучения Луны
3. Данные о Луне до “космической эры”
4. Современное состояние изучения Луны. Зачем?
 - 4.1. Инструменты, методы, точности .
 - 4.2. Современные эфемериды Луны . **Вклад ИПА РАН.**
 - 4.3. Современные программы освоения Луны
 - 4.4. Результаты . Сроки.



Общеизвестные данные о Луне

1. Радиус Луны- $R=1740$ км
2. Масса $M_{л}=1/81 M_{з}$
3. Расстояние до Луны
~ 400000 км
4. Ускорение свободного падения на Луне
5. Атмосфера???
6. Магнитное поле???
7. Возраст Луны
4.5 млрд +/- 10 млн лет
8. Календарь. (Сидерический- 27.3 и синодический 29.7 дня месяца)





Лунный “звездный” орбитальный период ~ 27.3 дня (сидерический период- интервал, за который Луна делает 360° вокруг Земли относительно “неподвижных” звезд) .

Синодический период- период времени от фазы полной Луны до полной ~ 29.5 дня..



9. Приливное взаимодействие в системе Земля-Луна.

Максимумы приливов достигают в новолуние и



(Залив Фанди во время прилива и отлива)

10. Происхождение Луны (около 4.5млр лет назад)

11. Эволюция системы З-Л.

Либрация Луны- 59% -неравномерность движения Луны по орбите, отличие фигуры Луны от строгой шарообразной формы



Видимая и обратная стороны Луны

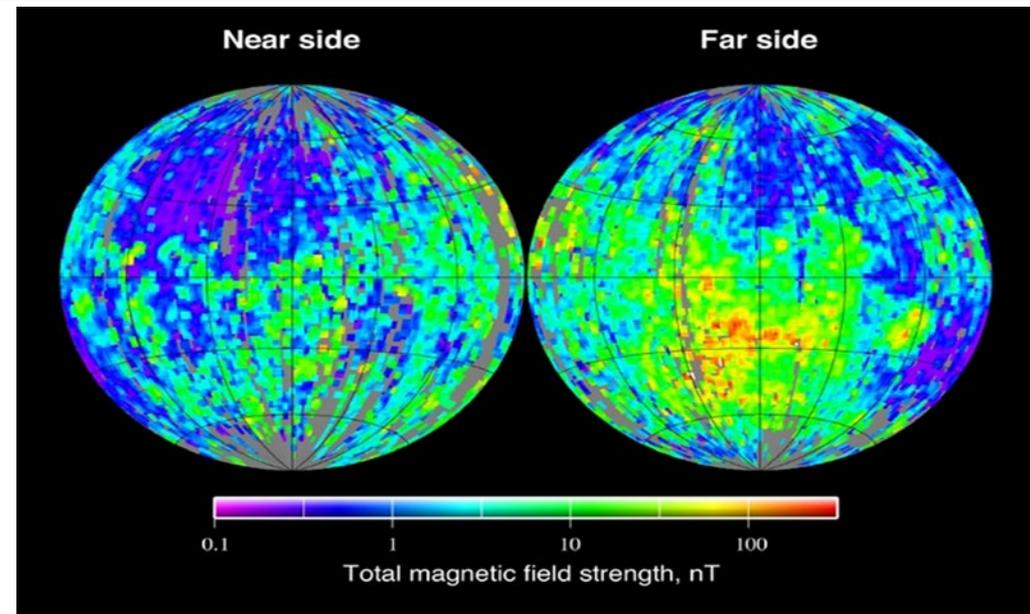
Различие в рельефе-различное влияние Земли на приливную волну и аномалии силы тяжести на видимой и невидимой сторонах



Магнитное поле Луны?

Магнитное поле Луны очень слабое в сравнении с полем Земли. Разница в том, что Луна не имеет дипольного магнитного поля сейчас: оно около 5 microtesla по сравнению с 50 microtesla на Земле.

Теории движения Луны до Космической эры.



Движение Луны изучалось во все исторические времена. До эры Коперника это были знания только о видимом движении Луны. Дальше- началось изучение истинного движения Луны в пространстве. Первые аналитические теории (начиная с о времен Ньютона) связаны с именем d'Alembert (1751), так как он первым (после Ньютона) создал первую аналитическую теорию движения Луны, затем Leonard Euler, A. Clairaut, E. Brown (уже 20-е столетие) – на основе законов Newton (более чем 1400 коэффициентов и аргументов тригонометрических функций). Точность около 0.5" (= точности некоторых инструментов); 1923 году точность уже около 0.1"). Затем началась эра цифровых компьютеров и численных теорий орбитально-вращательного движения Луны

Появление эры цифровых компьютеров и численных теорий орбитально-вращательного движения Луны

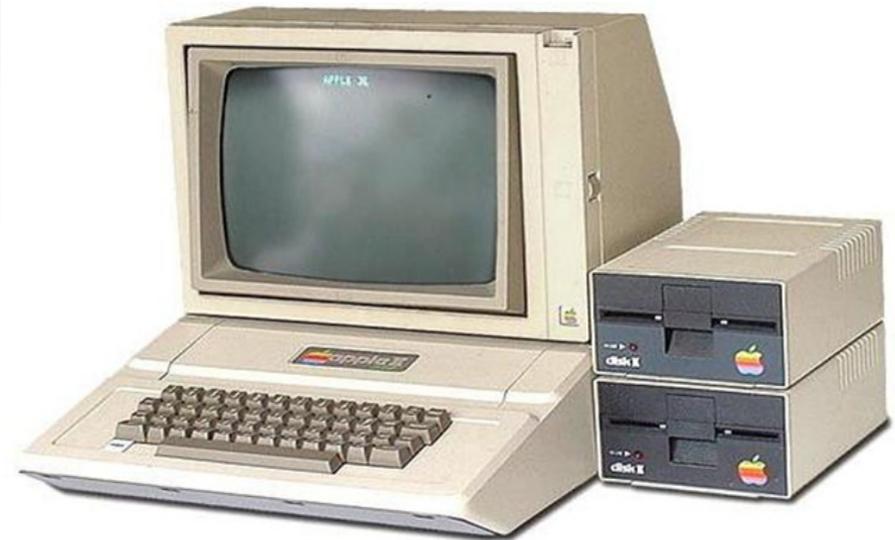


1943 Mark I - Отец всех компьютеров",
(7ton, 570 частей)

1. Один из проектов - поместить Browns Лунную теорию на компьютер и оценить ее точность

Появление новых возможностей вычислений:

1. использование автоматических цифровых вычислений,
2. А также типов современных наблюдательных данных с высокой степенью точности. Так, Wallace John Eckert, студент Ernest William Brown, который работал в IBM, (~1940-1943) использовал экспериментальный цифровой компьютер после 2-ой Мировой войны для счета астрономических эфемерид.



Apple III intel (1981) (5 megabit)

Итак, ЭФЕМЕРИДЫ (Луны и планет) (Ephemerides)? О-С?

Эфемерида- предвычисленное положение Луны, (планет и т.д.)-любого небесного тела в специфической-(для разных тел) системах координат.

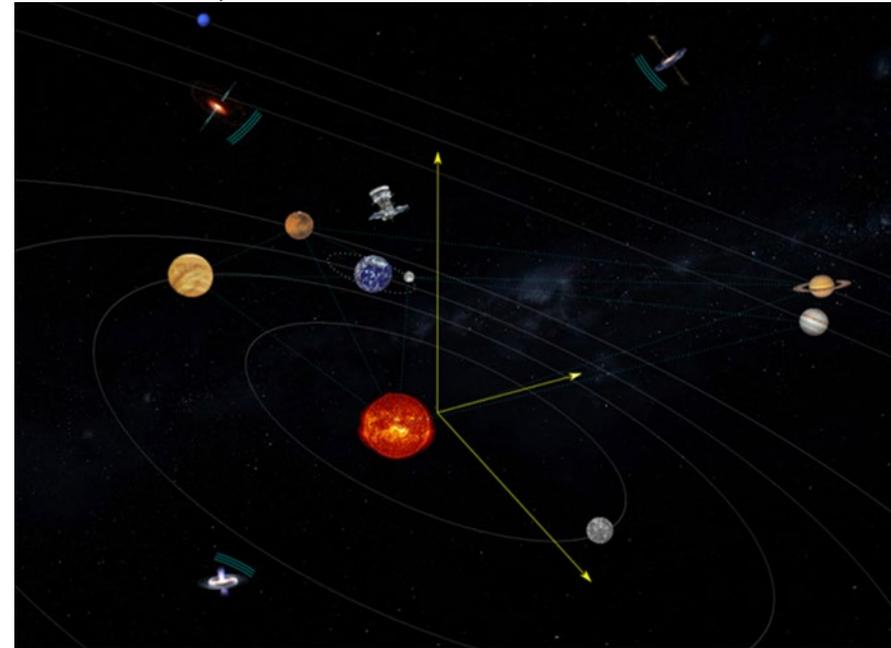
О-С:-разница наблюдаемого и вычисленного положений небесного объекта.

Уравнения относятся к **BCRS (Barycentric Celestial Reference System-Барицентрическая Небесная система координат)**. Используется релятивистские уравнения движения тел Солнечной системы. Для того чтобы построить Лунную эфемериду, необходимо одновременное интегрирование уравнений орбитального и вращательного движений Луны, планет, Солнца и больших астероидов, включая:

- Несферические гравитационные потенциалы тел;
- Приливные деформации (Земля и Луна);
- Вращательную деформацию (Луна);
- Лунное жидкое ядро. И т.д.

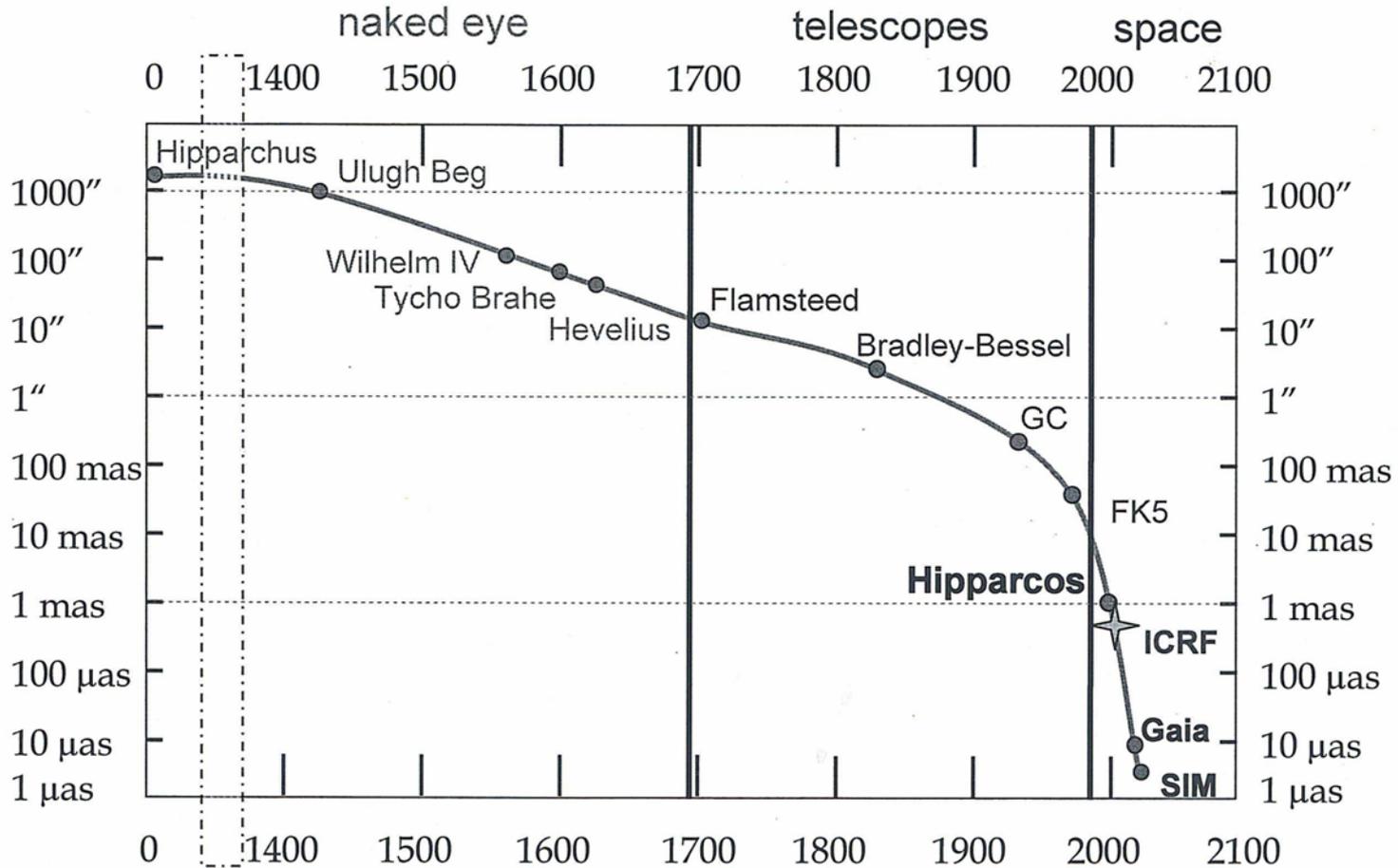
Modern Moon Ephemerides are

DE430-431, 440,.... (USA), INPOP (France), EPM-Ephemerides of Planets and Moon. (Russia, IAA RAS); Последняя-EPM2021a. Точность современных эфемерид Луны: несколько см в расстоянии до Луны 400 000км).



(Barycentric Celestial Reference System). BCRS

Accuracy of astrometric observations



1 μas is the thickness of a sheet of paper seen from the other side of the Earth

$\ddot{\mathbf{r}}_{i \text{ point mass}}$

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{j \neq i} \frac{\mu_j}{r_{ij}^3} (\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i) \left\{ 1 - \frac{2(\beta + \gamma)}{c^2} \sum_{k \neq i} \frac{\mu_k}{r_{ik}} - \frac{2\beta - 1}{c^2} \sum_{k \neq j} \frac{\mu_k}{r_{jk}} + \gamma \left(\frac{|\dot{\mathbf{r}}_i|}{c} \right)^2 \right. \\
 &+ (1 + \gamma) \left(\frac{|\dot{\mathbf{r}}_i|}{c} \right)^2 - \frac{2(1 + \gamma)}{c^2} \dot{\mathbf{r}}_i \dot{\mathbf{r}}_j - \frac{3}{2c^2} \left[\frac{(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j) \cdot \dot{\mathbf{r}}_j}{r_{ij}} \right]^2 + \frac{\ddot{\mathbf{r}}_j}{2c^2} (\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i) \left. \right\} \\
 &+ \frac{1}{c^2} \sum_{j \neq i} \frac{\mu_j}{r_{ij}^3} \{ [\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j] \cdot [(2 + 2\gamma) \dot{\mathbf{r}}_i - (1 + 2\gamma) \dot{\mathbf{r}}_j] \} (\dot{\mathbf{r}}_i - \dot{\mathbf{r}}_j) \\
 &+ \frac{(3 + 4\gamma)}{2c^2} \sum_{j \neq i} \frac{\mu_j \ddot{\mathbf{r}}_j}{r_{ij}} + \sum_{c,s,m} \mathbf{F},
 \end{aligned}$$

.(Точность эфемерид Луны.(несколько сантиметров в расстоянии до Луны)

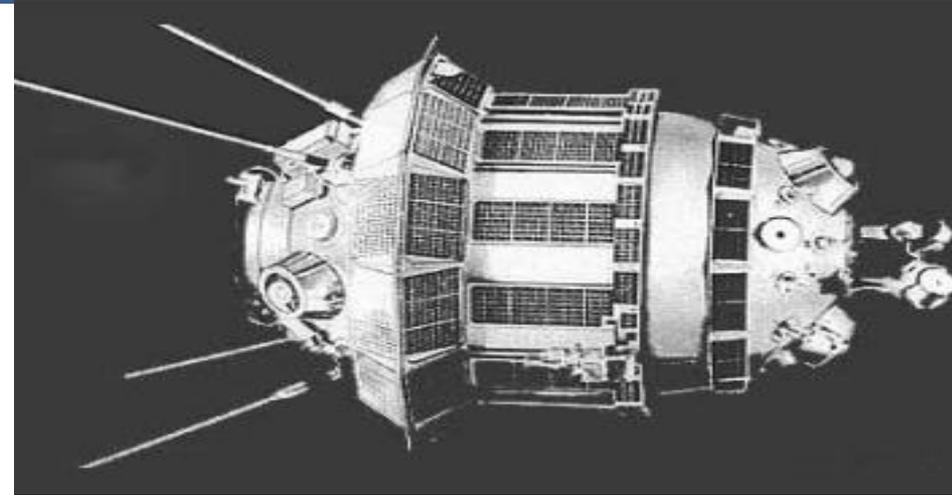
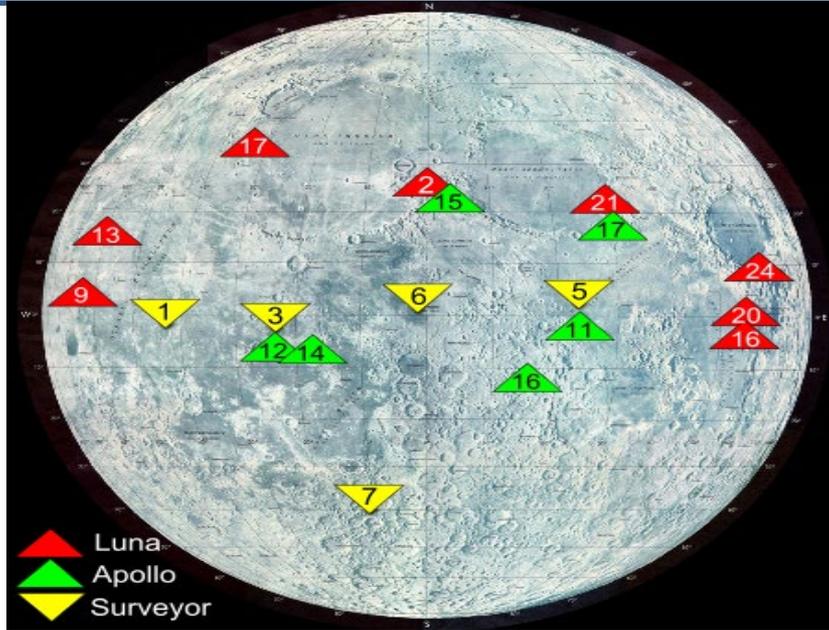
Точности при наблюдениях Луны

1. Оптические наблюдения: от нескольких угловых минут без телескопа до десятых долей угловой секунды на современных оптических телескопах
2. далее – ПЗС- матрицы-до 0".05

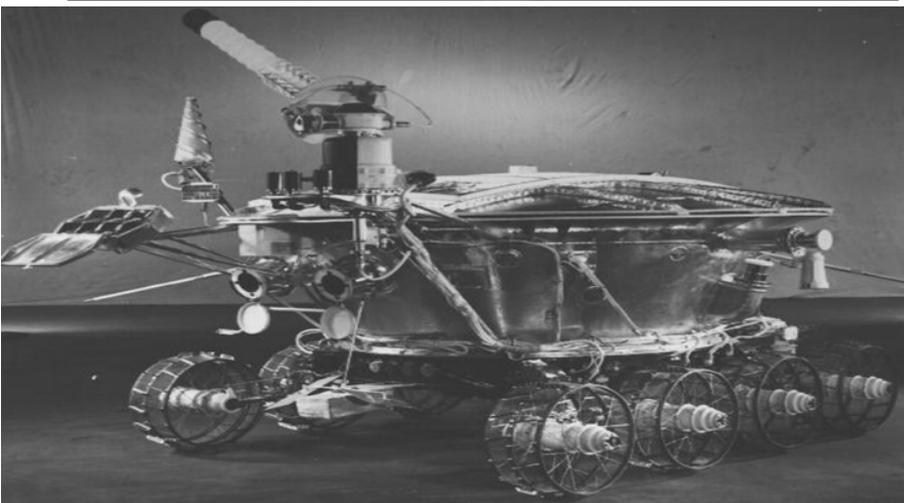
3. Лазерная локация Луны –(расстояние до Луны –от 50 см в 1969- до нескольких мм сейчас на станции Апаче начиная с 2010 г).

4. Радиотехнические методы (РЛЛ-расстояние с ошибкой от мм до десятых мм)

и РСДБ- (в направлении)-до нескольких микросекунд дуги (10E-3--10E-6).(аппарат на Луне). Пример-китайская программа Chang'E3- несколько см в определении движения ровера относительно ландера и 0.5 нс дифференциальные РСДБ наблюдений



АМС-Луна -3 .Первый облет Луны 7 октября 1959 г (СССР)



АМС-Луна17 .Первый самоходный аппарат на Луне. 17 ноября 1970г. (СССР) (грунт-)



АМС-Луна 9 .Первая мягкая посадка на Луне. 3 февраля 1966 г (СССР)

(1959-1973) “Битва за Луну” -Книга Первушина. (правда и ложь о Лунной гонке) 2014 г. .Советские программы ” Луна-1-22” (грунт, облет Луны , снимки ,панорамы,грунт) **Американские-5-прилунились 3-разбиты** (серия “Сервейвер” – панорамы-99% поверхности Луны с разрешением 1м). (2 июня 1967 г) .
Пилотируемые полеты. (грунт-380 кг) 1972 Аполлон 17).



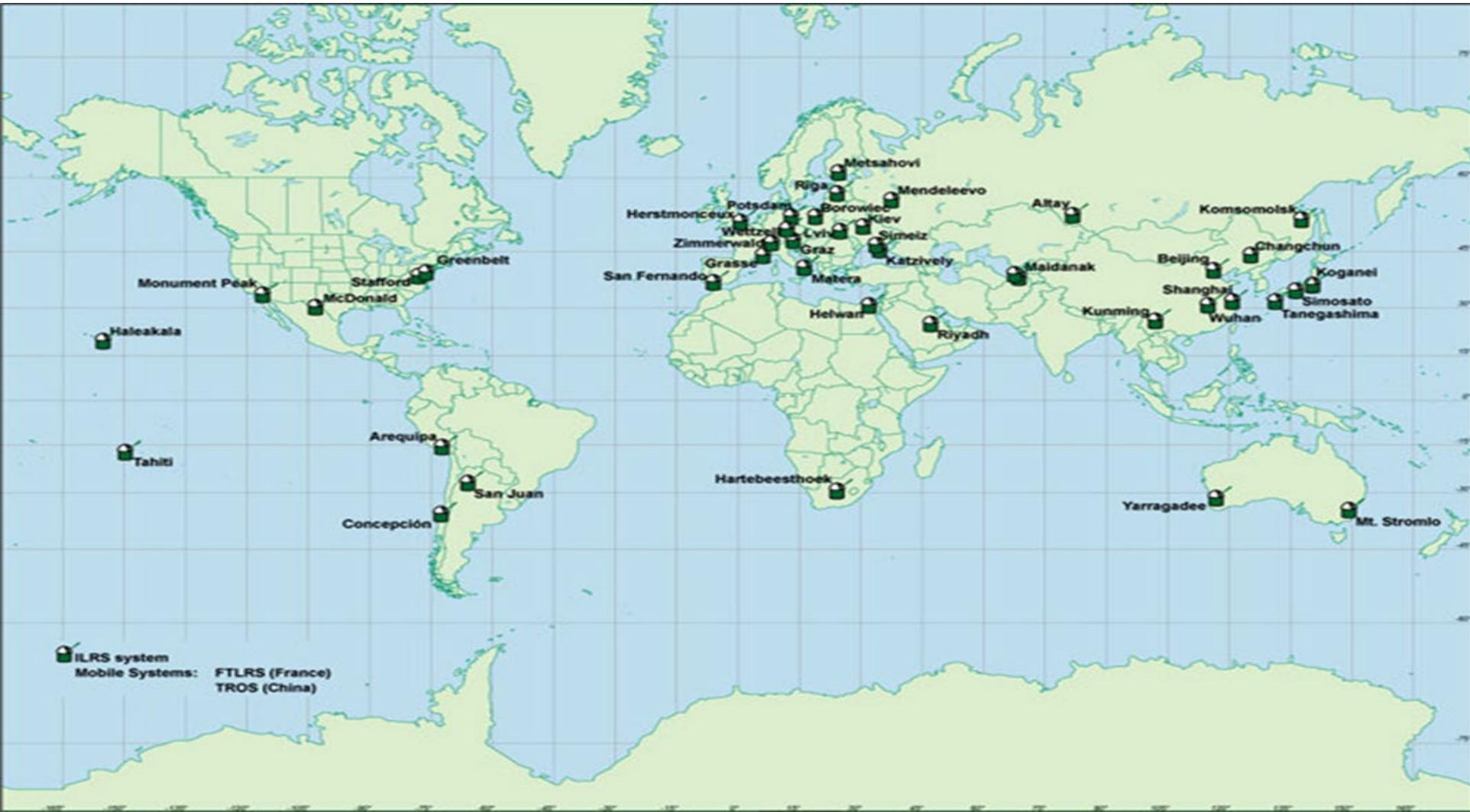
Аполлон-11
16-24 июля 1969 г
Армстронг,
Олдрин, Коллинз



Аполлон-17
16-24 июля
1972



Наземные станции лазерной локации ИСЗ спутников и Луны (4 действующие и 1 – строится -Алтай, 2- Ла Силья-пока проектируется). Лучшая по результатам – Апаче (Аполло) станция



Современные методы изучения Луны

1. Лазерная локация Луны
2. Радиотехнические методы (РЛЛ) и РСДБ наблюдения аппаратов на Луне.
3. ИСЛ (аппараты вокруг Луны)



Современные методы изучения Луны

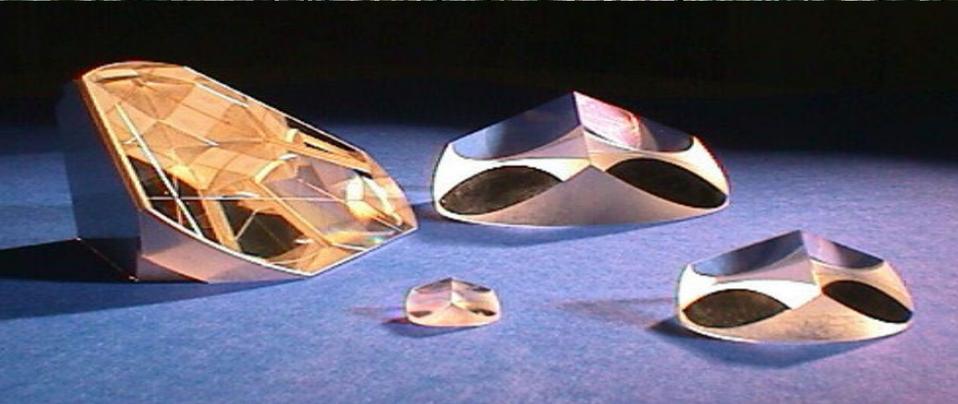
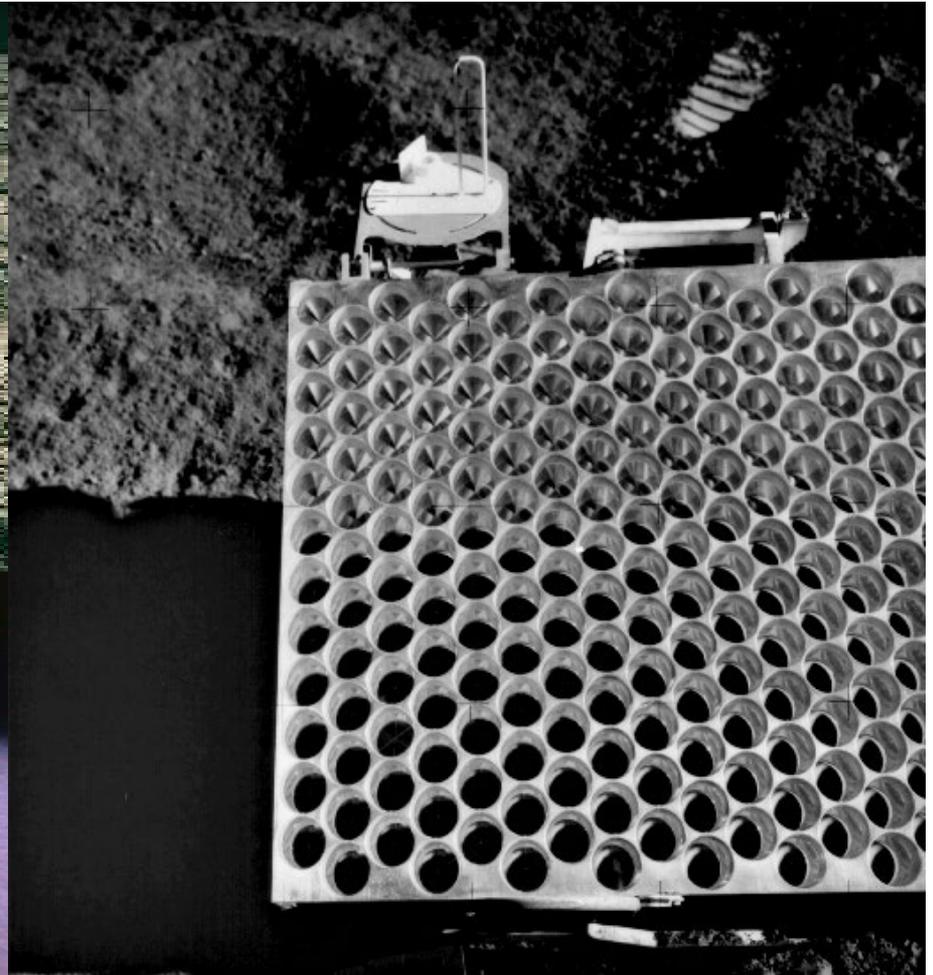
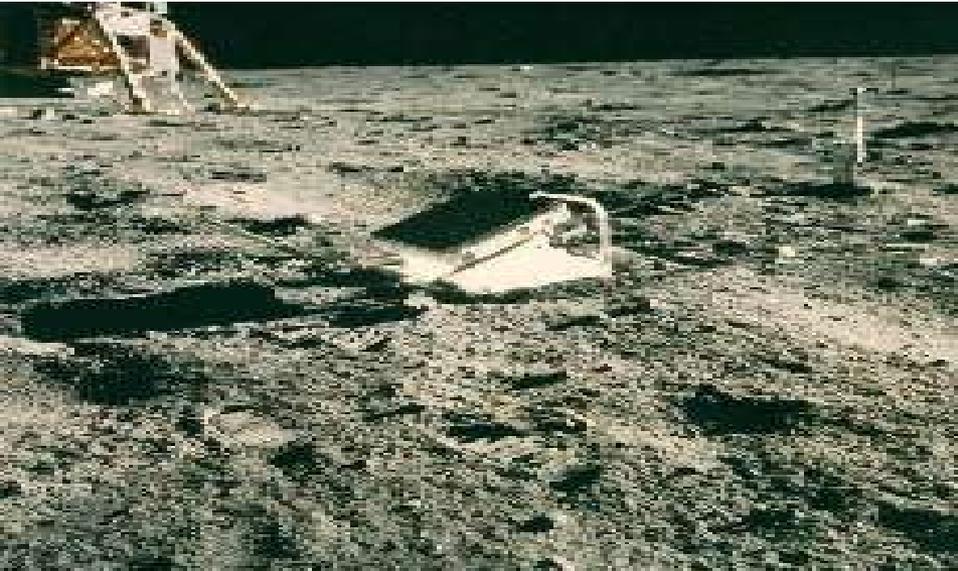
I. Лазерная локация Луны



ЛЛЛ станция Апаче (USA)



Отражатели на Луне



Рефлекторы- уголкоый отражатель или оптически й прибор, который отражает свет назад точно в том же направлении откуда он пришел.

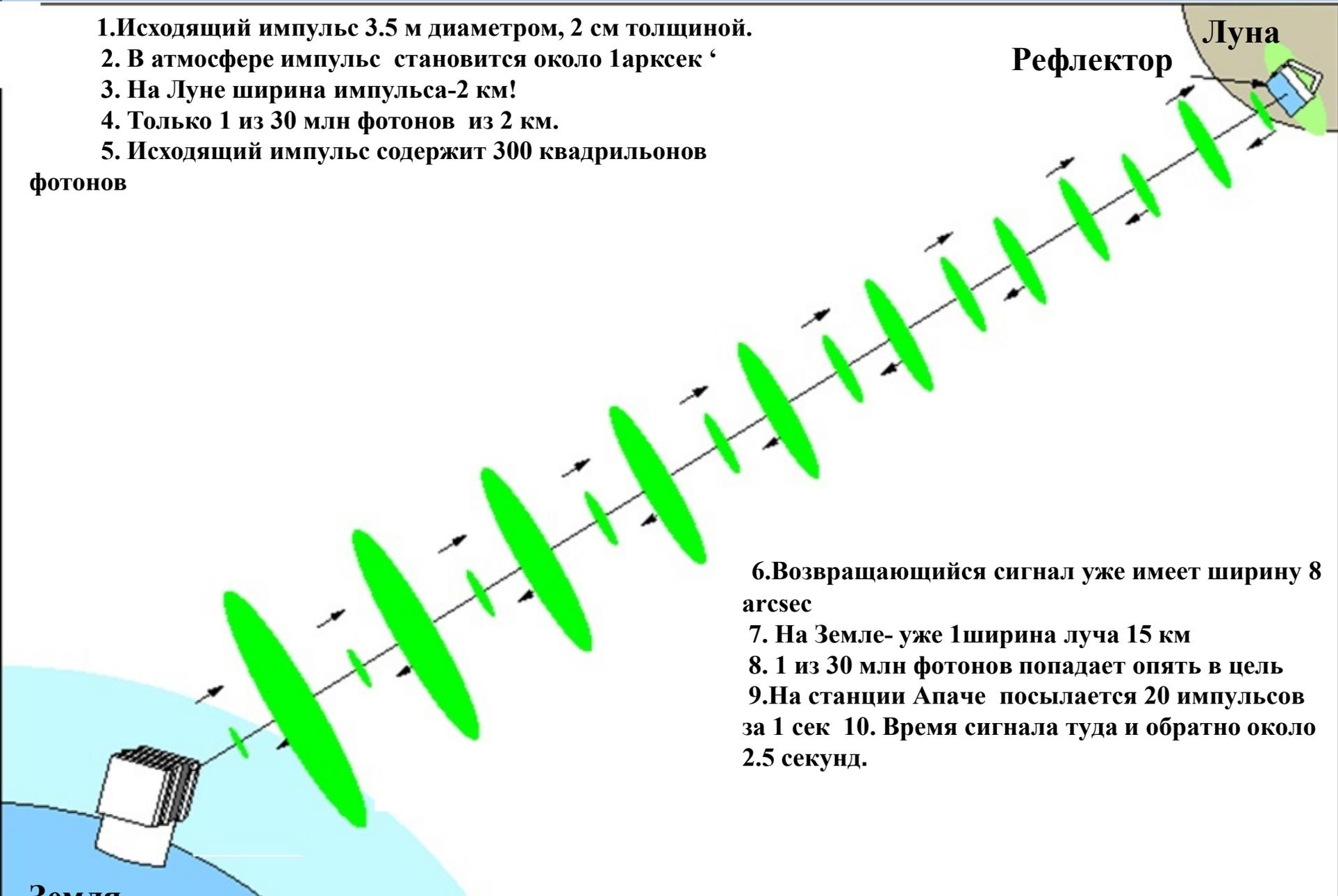
Современные методы изучения Луны

1. Лазерная локация Луны (1969-2018)



1. Исходящий импульс 3.5 м диаметром, 2 см толщиной.
2. В атмосфере импульс становится около 1 арксек ‘
3. На Луне ширина импульса-2 км!
4. Только 1 из 30 млн фотонов из 2 км.
5. Исходящий импульс содержит 300 квадрильонов

фотонов



6. Возвращающийся сигнал уже имеет ширину 8 arcsec
7. На Земле- уже 1 ширина луча 15 км
8. 1 из 30 млн фотонов попадает опять в цель
9. На станции Апаче посылается 20 импульсов за 1 сек
10. Время сигнала туда и обратно около 2.5 секунд.

Точность эфемерид Луны

Значит эфемерида-должна быть очень точной. Вот этим и занимаются в ИПА в нашей Лаборатории эфемеридной астрономии – создание , развитие и поддержка эфемерид планет и Луны.

Современные эфемериды Луны:-DE430 (USA), INPOP (France), EPM (Russia, IAA RAS) .

На данный момент- ЛЛ наблюдения точнее, чем теория движения Луны.

1.Улучшить эфемериду- более точная теория Луны.

До настоящего момента- лучшая теория-DE 430(около 2.5 см) . В то время как ЛЛ наблюдения (на станции Апаче имеют точность НТ-около 3-5 мм).

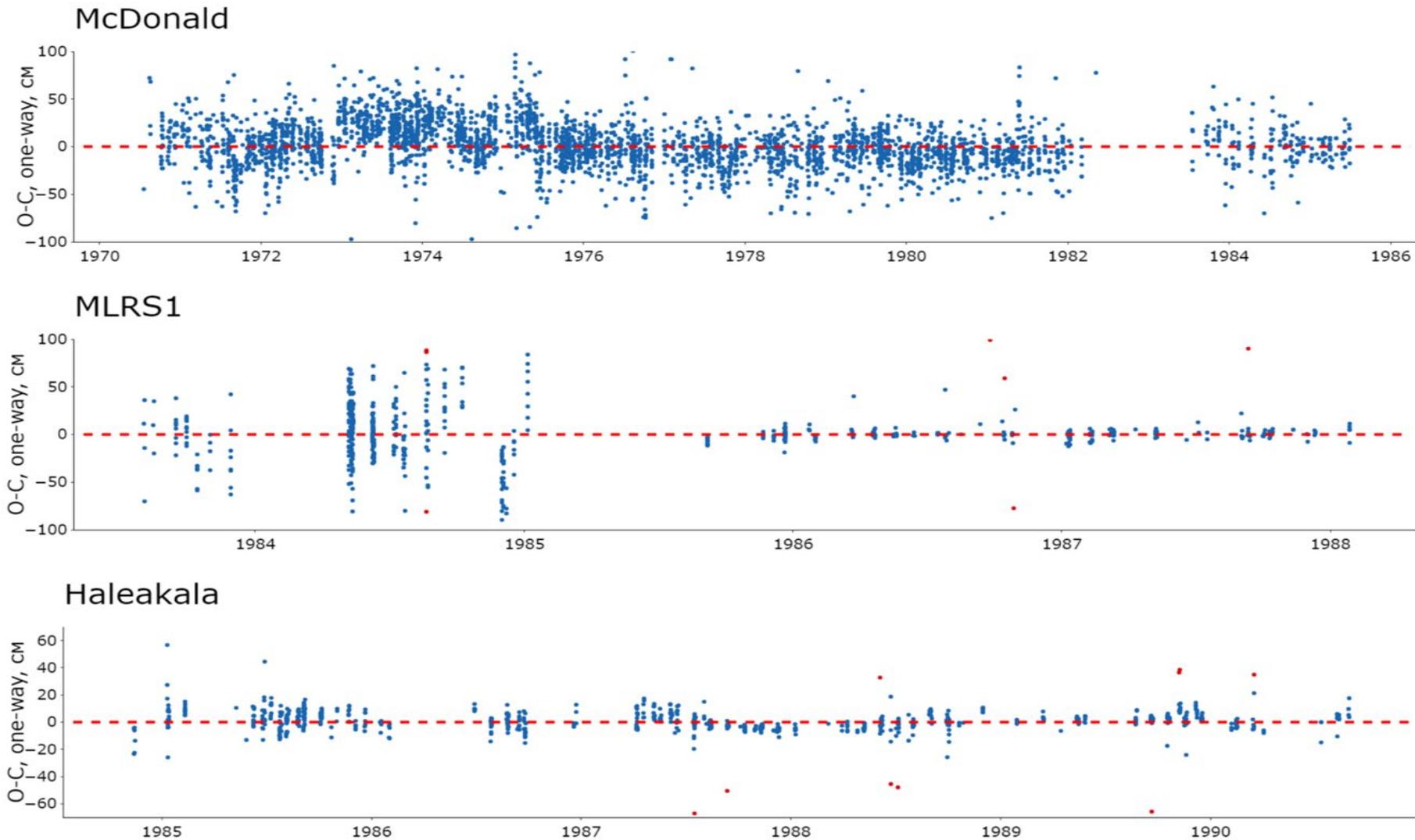
Однако, сейчас используя теорию DE 430 орбитально - вращательного движения Луны и другие модели гравитационного поля Луны (из других наблюдений), удалось получить разность **О-С** около см. (**ИПА, эфемерида EPM**). Идет ее проверка и на основе обработки наблюдений.Пример обработки и сравнение с эфемеридой на станциях Апаче и Серга.

2 метод- построения новых ЛЛ станций- сейчас-

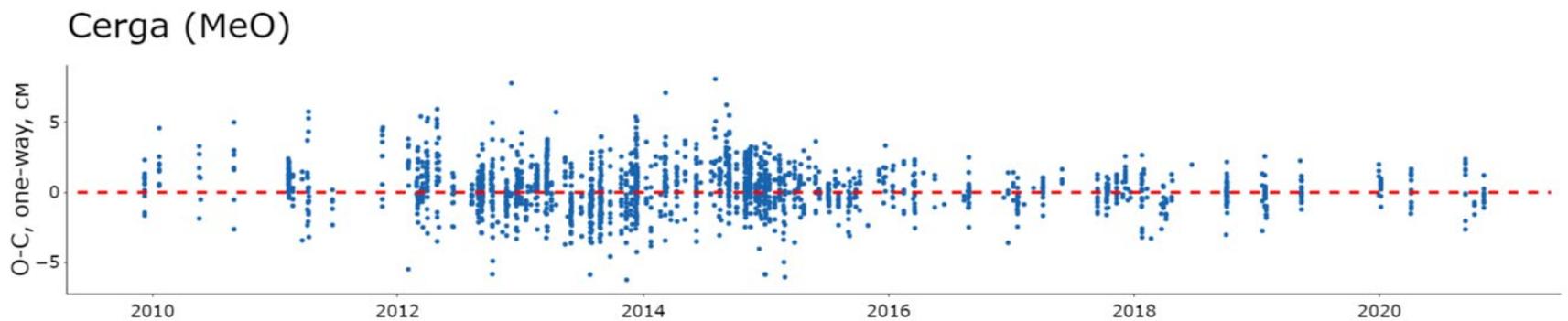
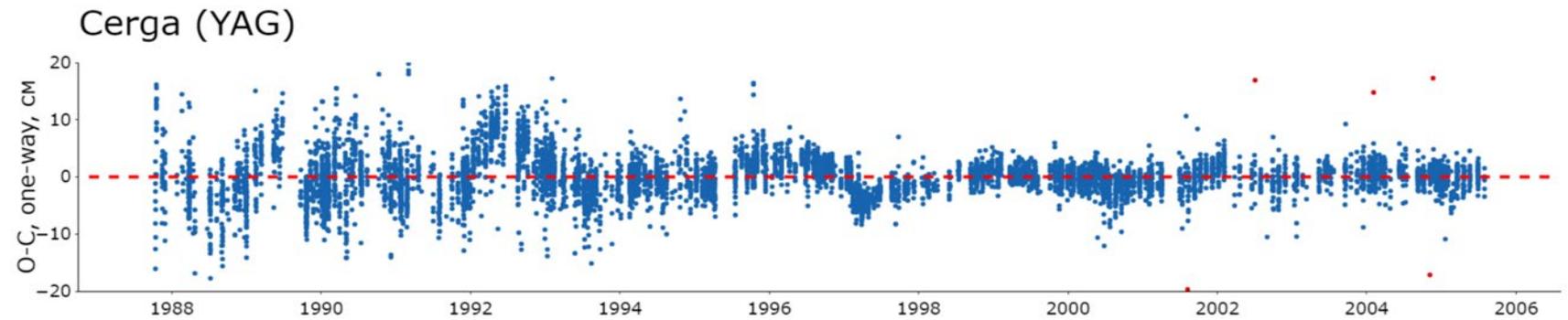
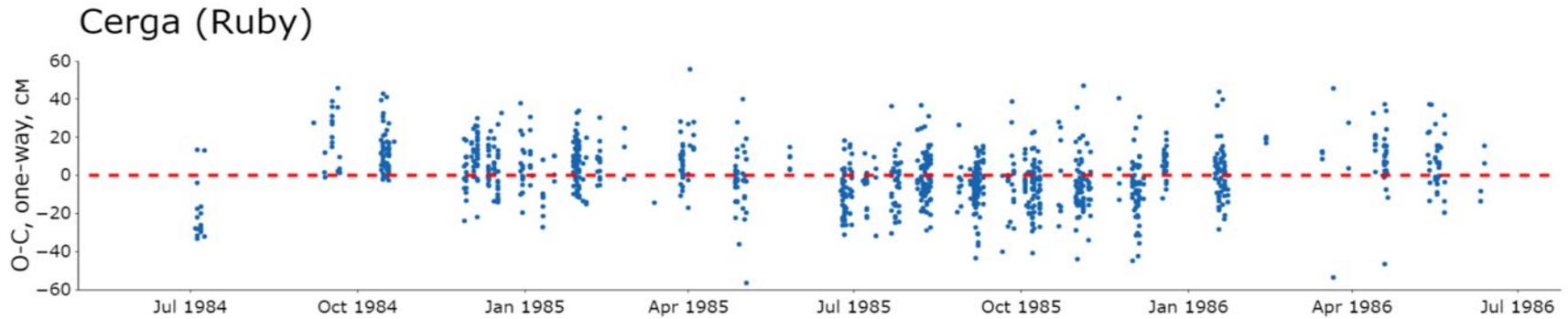
2. проекта: Алтай (Россия) и Ла Силья(Европейский проект).

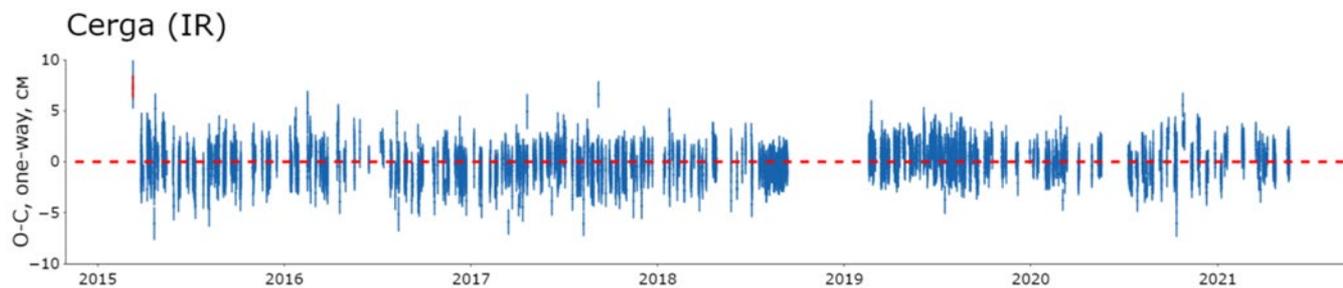
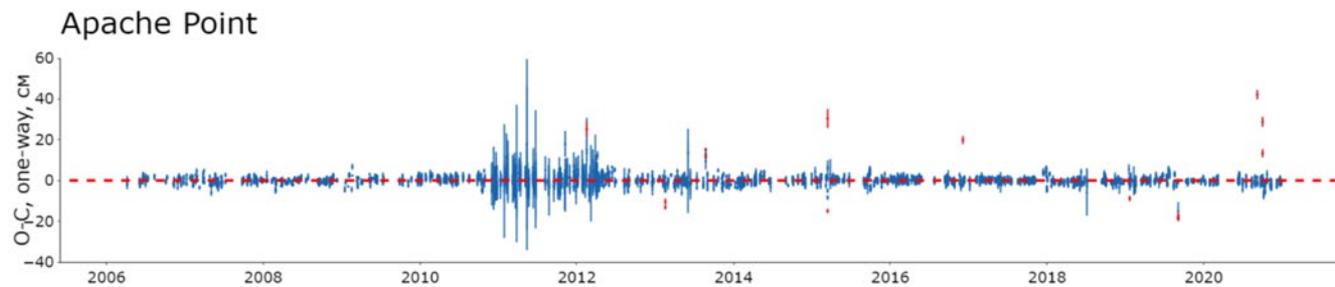
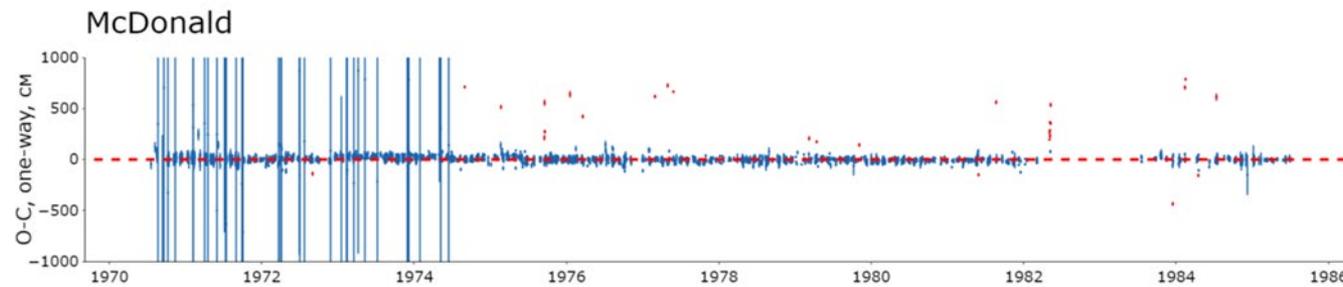
В настоящее время существуют 2 проекта по установке ЛЛД на станциях Алтай (Россия) и Ла Силья (La Silla) (Европейский проект). Ожидаемое увеличение точности Лунной эфемериды (с получением новых ЛЛН) является основной целью.



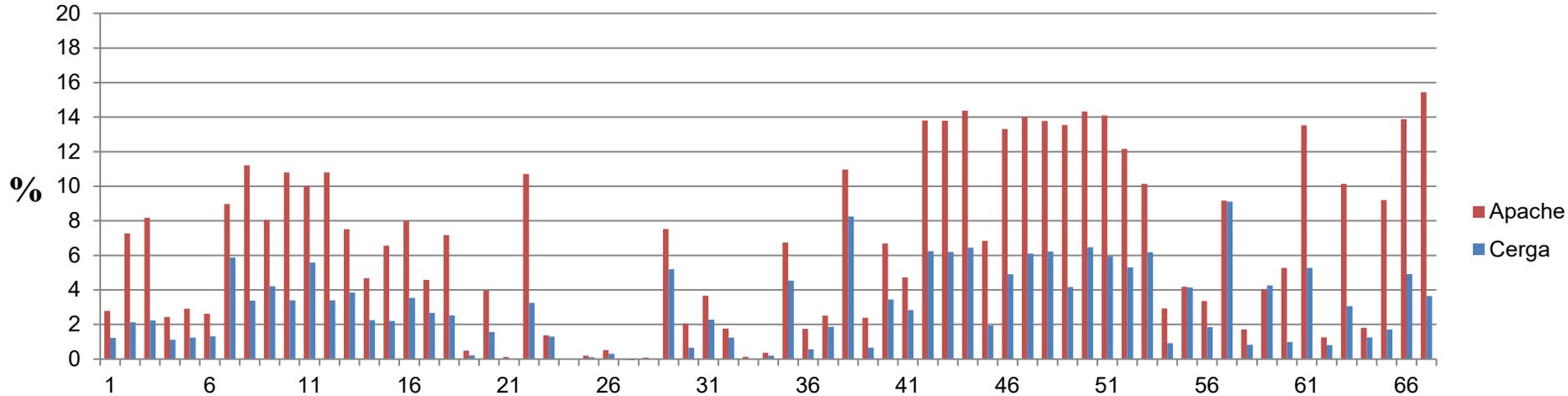


Представление наблюдений ЛЛЛ(LLR) по станциям и годам



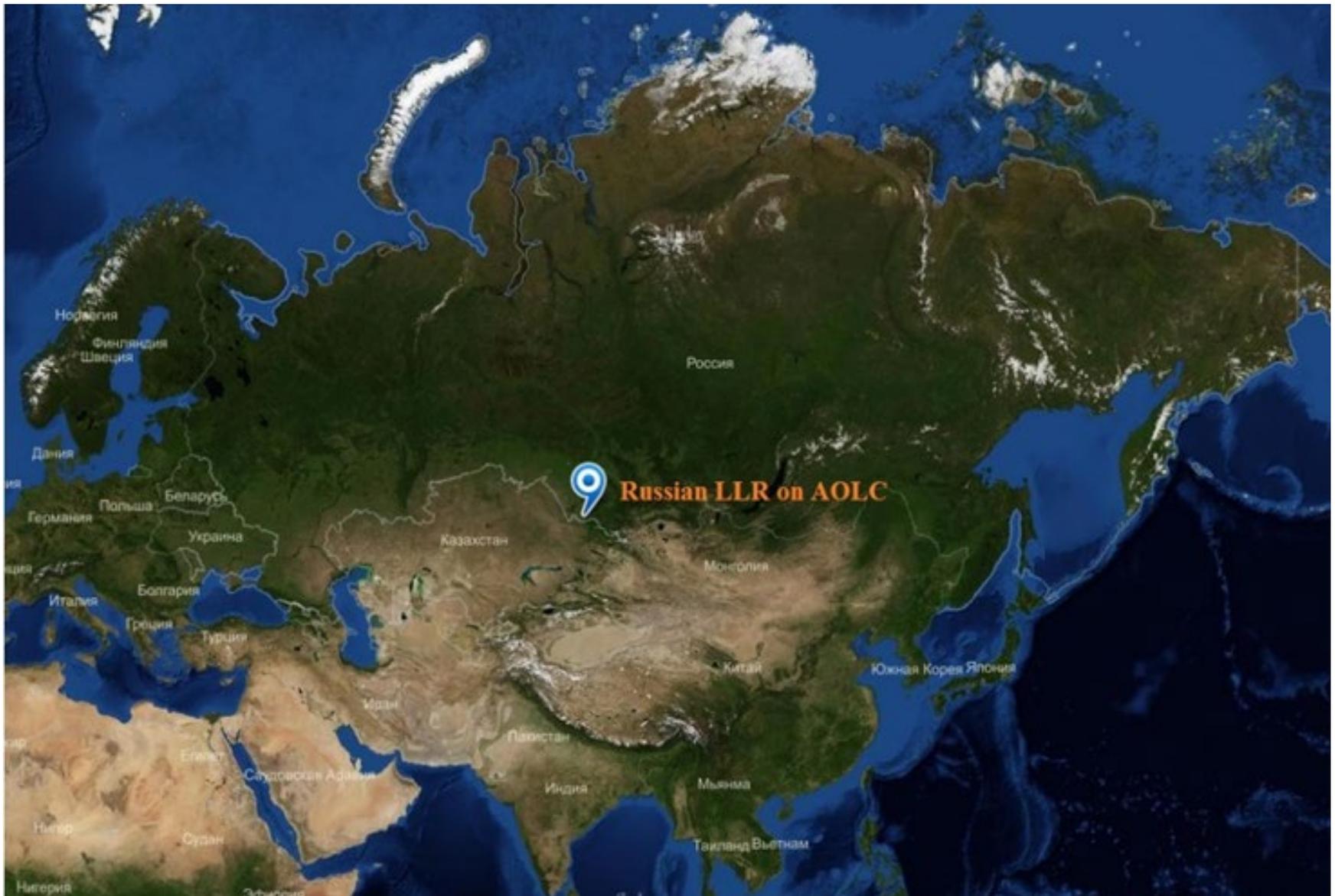


Ожидаемое влияние Российского ЛЛД на точность эфемериды Луны: сценарии "Apache 2006" и "Cerga2006" для станции Алтай



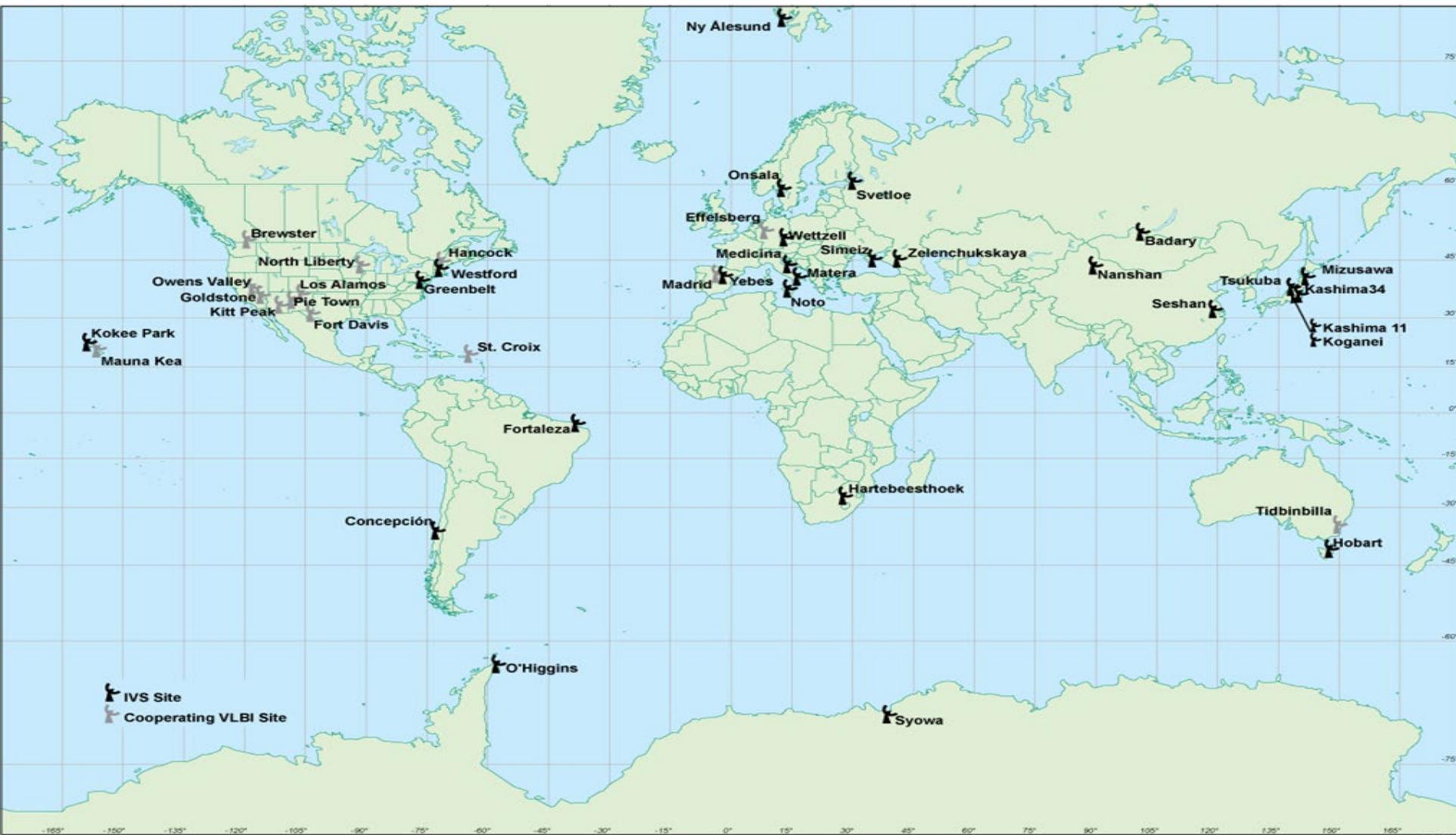
67 параметров эфемериды Луны

N	Parameter	N	Parameter	N	Parameter	N	Parameter	N	Parameter
1	X Moon	15	A11 PY	29	CERGA PX	42	C_{20}	55	T*sidt Moon
2	Y Moon	16	A14 long	30	CERGA long	43	C_{21}	56	T*deps
3	Z Moon	17	A14 PX	31	CERGA PY	44	S_{21}	57	T*dpsi
4	V_x Moon	18	A14 PY	32	Halaek PX	45	C_{22}	58	deps
5	V_y Moon	19	L2 long	33	Halaek long	46	S_{22}	59	dpsi
6	V_z Moon	20	L2 PX	34	Halaek PY	47	C_{30}	60	Lag Moon
7	Libration Θ	21	L2 PY	35	MLRS1 PX	48	C_{31}	61	k2 Moon
8	Libration ϕ	22	A15 PX	36	MLRS1 long	49	S_{31}	62	A15 long
9	Libration ψ	23	MCD PX	37	MLRS1 PY	50	C_{32}	63	A15 PX
10	Libration $d\Theta/dt$	24	MCD long	38	Apache px	51	S_{32}	64	A15 Py
11	Libration $d\phi/dt$	25	MCD PY	39	Apache long	52	C_{33}	65	L1 long
12	Libration $d\psi/dt$	26	MLRS PX	40	Apache py	53	S_{33}	66	L1 PX
13	A11 long	27	MLRS long	41	Lag Earth	54	T*sidt	67	L1 PY
14	A11 PX	28	MLRS PY						



Радиотелескопы, РСДБ – радио интерферометрия со сверхдлинной базой. Обсерватории "Квазар-КВО" (ИПА)





РСДБ (радиотелескопы на Земле)

Современные проекты по исследованию Луны

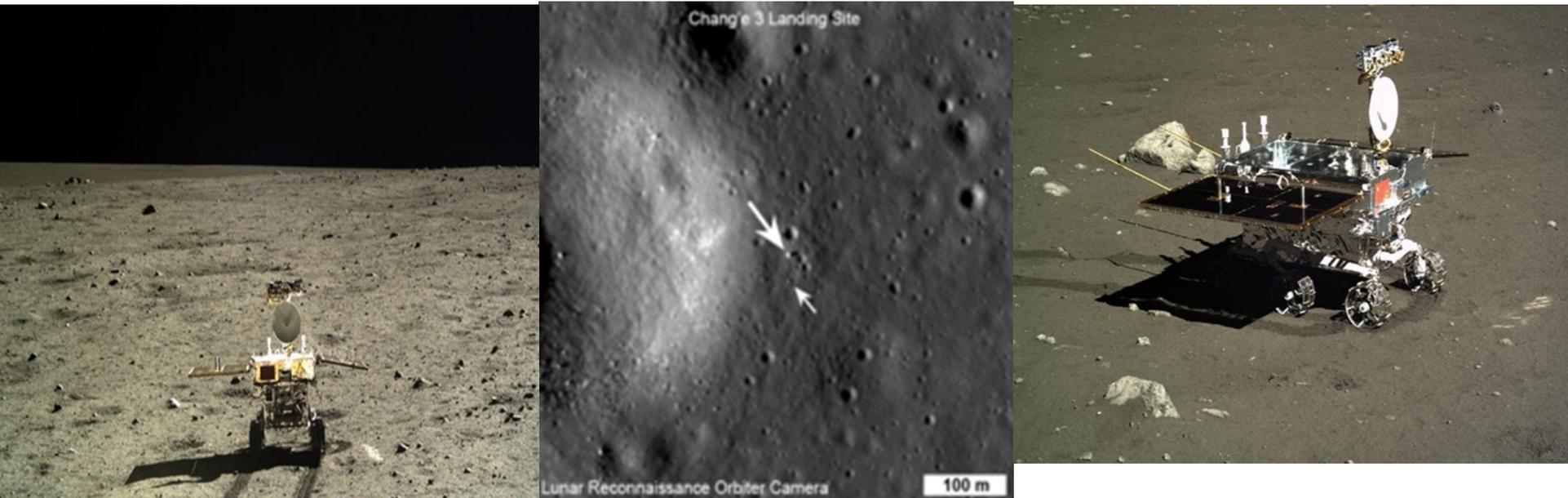
1. Китайский лунный проект.

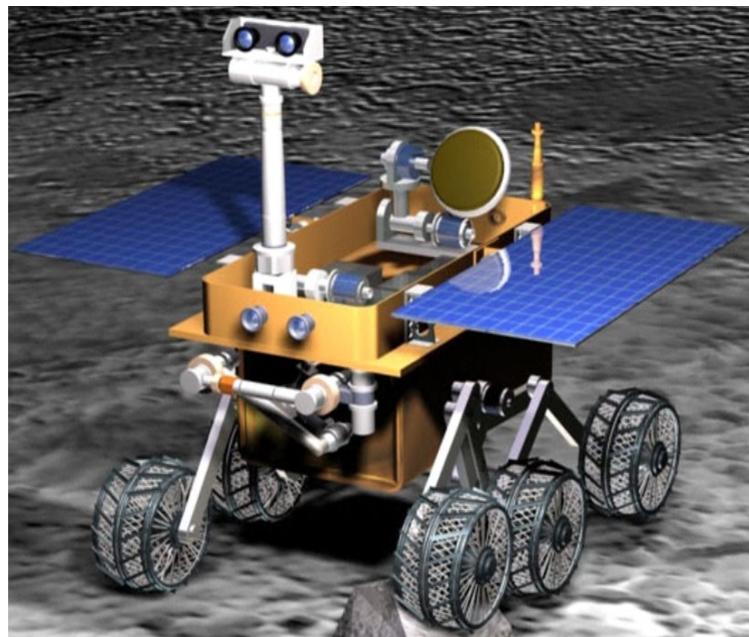
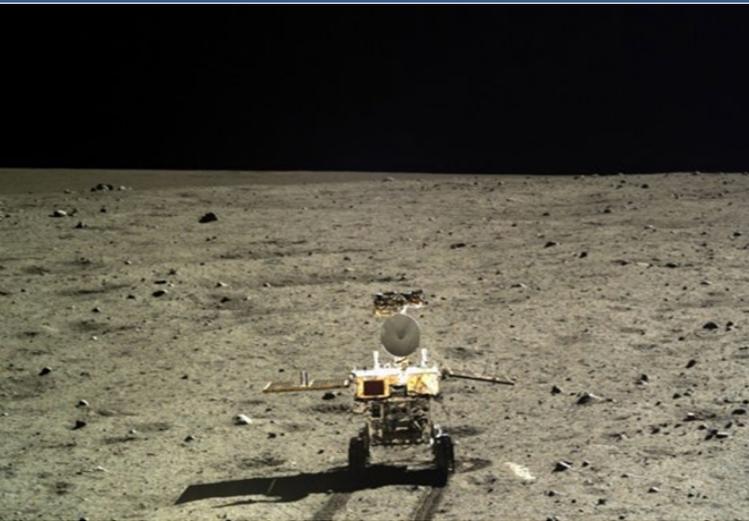
(начало 2013 год)-2024 гг.

На действующем посадочном аппарате «Чанъэ-3» установлен транспондер, позволяющий производить РЛЛ и РСДБ наблюдения в X-диапазоне.

Предполагается, что посадочные аппараты следующих миссий «Чанъэ-4,5,6» также будут оснащены аппаратурой для ЛРН и РСДБ наблюдений

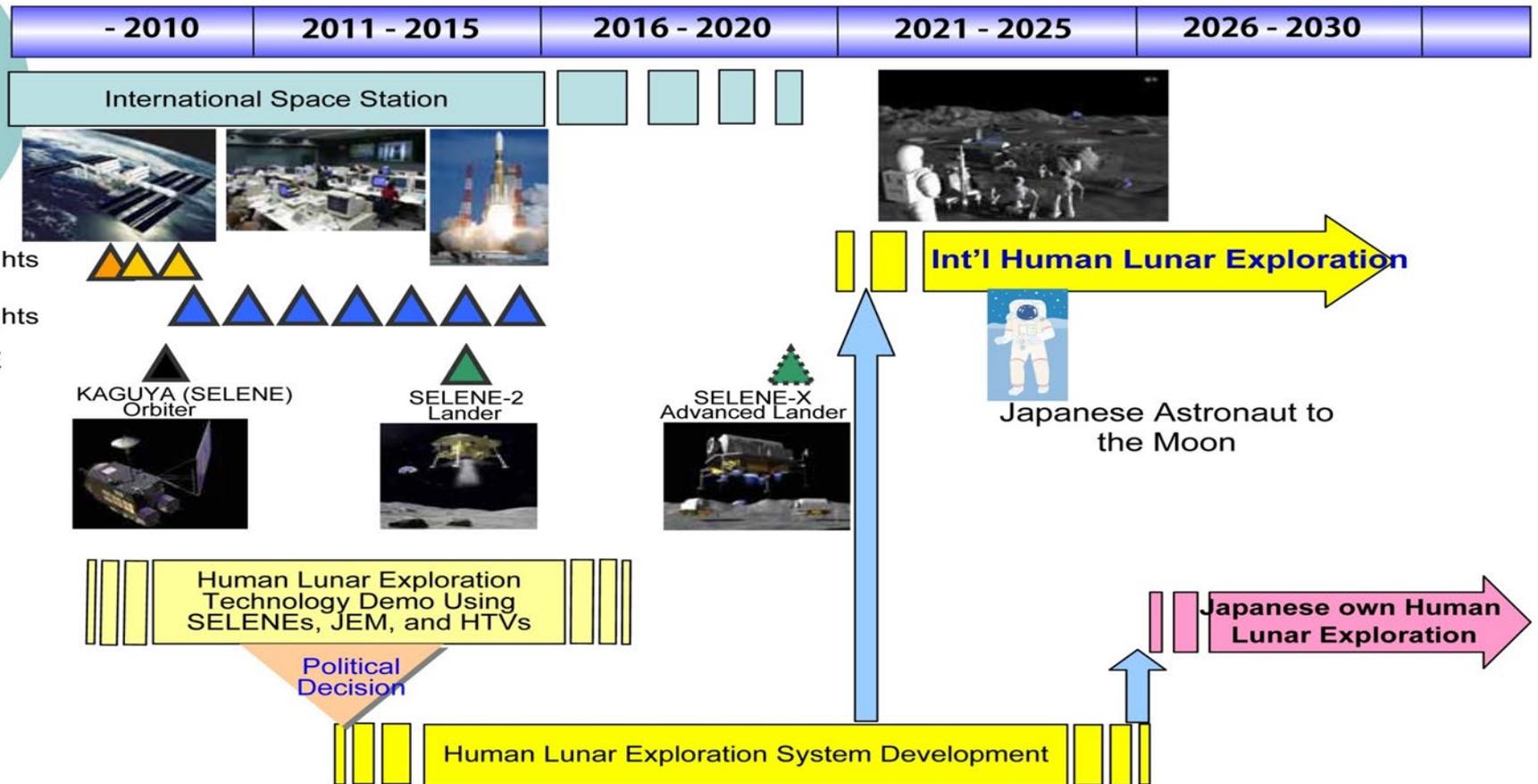
Реальная точность наблюдений (РЛЛ- мм РСДБ-нс)





2.. Японский лунный проект.

Lunar Exploration Roadmap



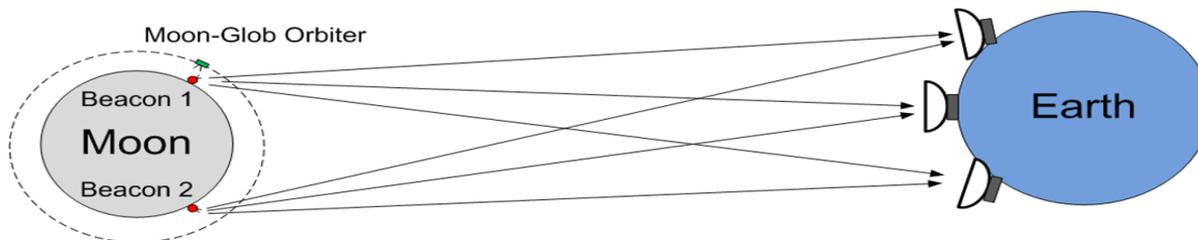
3. Российский Лунный проект

1. РЛЛ и РСДБ наблюдения будущих посадочных аппаратов на Луне (“Luna-Glob” и “Luna-Resource”) в X и Ka диапазонах в полярных районах Луны



2. Квazar-КВО сеть (ИПА) предполагается использовать для наблюдений

3. Предварительная дата реализации 2019г



Что такое эфемерида? O-C?

Эфемерида-предвычисленное положение небесного объекта в определенной системе координат.

O-C- разность предвычисленного и наблюдаемого значений положения объекта.

Современные эфемериды Луны-DE430 (USA), INPOP (France), EPM (Russia, IAA RAS) . **Точность эфемерид Луны.**(несколько сантиметров в расстоянии до Луны)

Точности при наблюдениях Луны

- 1. Оптические наблюдения:** от нескольких угловых минут без телескопа до десятых долей угловой секунды на современных оптических телескопах
2. далее –**ПЗС- матрицы-до 0".05**
- 3. Лазерная локация Луны** –(расстояние до Луны –от 50 см в 1969- до нескольких мм сейчас на станции Апаче начиная с 2010 г).
- 4. Радиотехнические методы (РЛЛ-расстояние с ошибкой от мм до десятых мм) и РСДБ-** (в направлении)-до нескольких микросекунд дуги (10^{-3} -- 10^{-6}).(аппарат на Луне). **Пример-китайская программа Chang'E3-** несколько см в определении движения ровера относительно ландера и 0.5 нс дифференциальные РСДБ наблюдений

4. **Проекты НАСА** (Национальное Управление США по Аэронавтике и исследованию космического пространства

а).2005-2007 гг- ИСЛ Луны

б). 2008-2018 гг.- полеты лунных модулей (роботов), конструирование и отладка ракетной техники

с). 2018-2025 гг. – Развертывание лунной базы, высадка на Луну

d).после 2025 года- на лунной платформе с 2020 года подготовка к освоению Марса 2023 год – первый полет на орбиту Луны

2026 год – полет для изучения астероида, доставленного на орбиту Земли 2027-2030 годы – регулярные полеты с постепенным увеличением продолжительности пребывания астронавтов в дальнем космосе.



Будущее . Луна-база для исследований космоса.

I.Астрономические наблюдения с лунной поверхности

- 1. Оптический телескоп** (отсутствие атмосферы-наблюдения во всем спектральном диапазоне не только в пределах Солнечной системы).
- 2. Радиотелескоп на Луне** . (защита от помех с Земли, которую можно получить, разместив их на обратной стороне Луны.)
- 3. Организация постоянных наблюдений с Луны за Солнцем и Землей** – поддержка земной метеорологии.Заинтересована физика высоких энергий-создание ускорителя частиц , используя лунные материалы,???
- 4. Исследование низкочастотных излучений космических объектов** ,которые не проходят через плотную для них земную атмосферу.

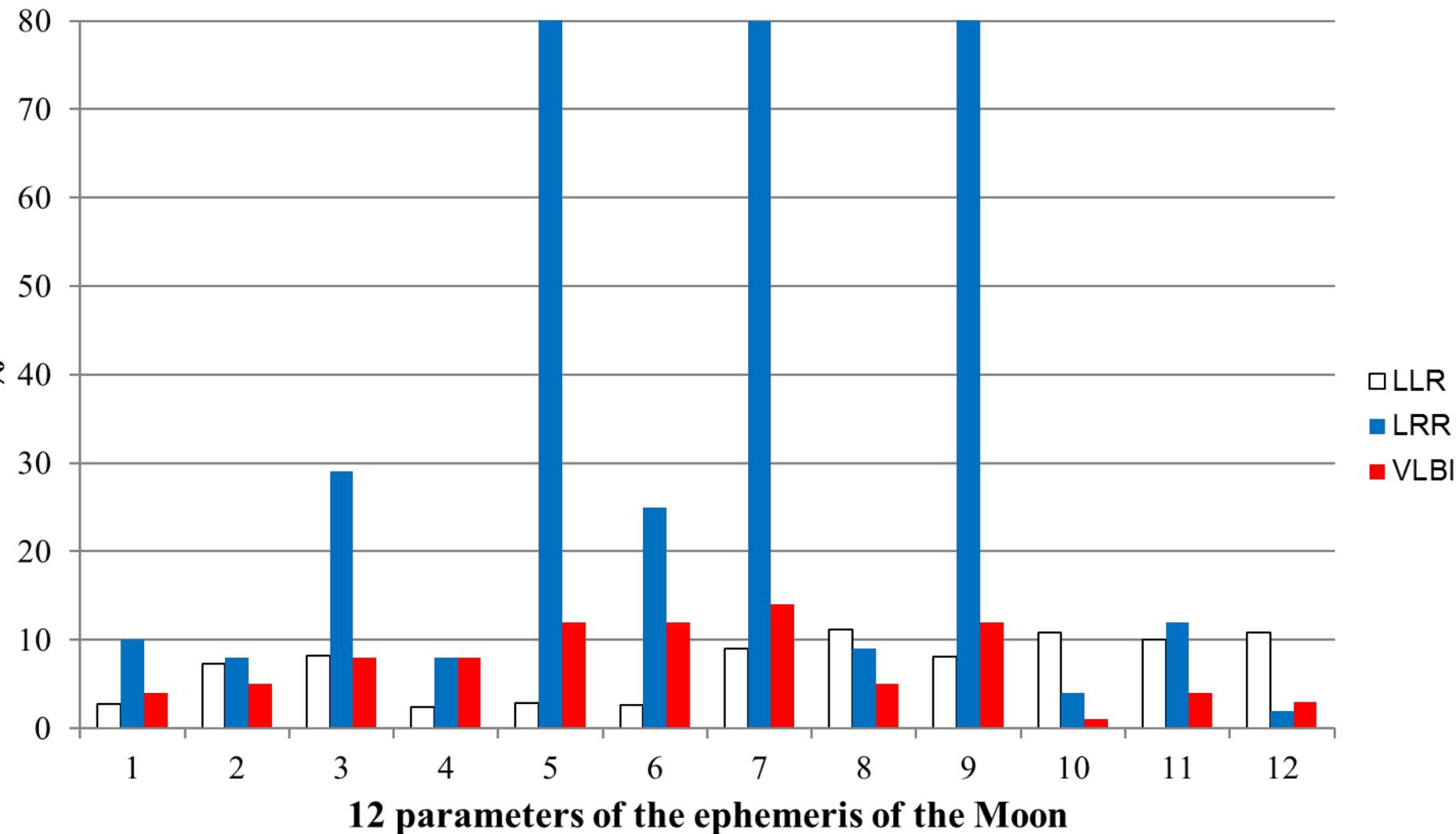
(2030-2034 гг.)

II.Место старта к другим телам Солнечной системы,,?

Международное сотрудничество??????????

Самостоятельное существование лунной колонии?

Expected impact of new LLR stations and LRR, VLBI observations on the lunar ephemeris accuracy







1. Фигуру лунного серпа требуется разделить на 6 частей, проведя только 2 прямые линии. Как это сделать?



2. Расстояние Солнца от Земли в 387 раз больше, чем расстояние Луны от Земли. Во сколько раз объем Солнца превышает объем Луны?

3. Пароход на Луне. задача средней сложности

На Луне все вещи весят в 6 раз меньше, чем на Земле, так как Луна в 6 раз слабее притягивает к себе тела, чем наш земной шар. Килограмм, перенесенный на Луну, весил бы там всего 160 г. Вообразите, что на Луне существует озеро с пресной водой. На озеро спущен пароход, который в земных пресноводных озерах имеет осадку 3 метра. Как глубоко будет сидеть наш пароход в воде лунного озера?



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

2004 , “Asteroids Hazard conference”, Lago Magori , Italy







Что же сказать о нашем спутнике, Луне? Насколько перспективна радиоастрономия на ней? По моему мнению, это направление является наиболее интересным на данный момент. Человечество имеет огромный опыт изучения Луны, поэтому создание мощного радиотелескопа на её поверхности станет посильной задачей, если за неё возьмутся сообща несколько стран. Одним из несомненных плюсов постройки радиотелескопов на нашем естественном спутнике, можно назвать защиту от помех с Земли, которую можно получить, разместив их на обратной стороне Луны. Появляющаяся в результате этого проблема передачи данных на Землю легко может быть решена с нынешним уровнем развития науки и техники.





Station	SOLUTION 2013				SOLUTION 2016			
	Data span	used	reject.	wrms (cm)	Data span	used	reject.	wrms (cm)
McDonald	1970 - 1985	3545	59	19.9	1970 – 1985	3545	43	20.3
MLRS1	1983 – 1988	587	44	11.0	1983 – 1988	588	43	11.3
MLRS2	1988 – 2013	3210	443	3.5	1988 – 2015	3221	449	3.5
Haleakala	1984 – 1990	748	22	5.4	1984 – 1990	743	27	5.5
CERGA (Ruby)	1984 – 1986	1109	79	17.2	1984 – 1986	1109	3	16.9
CERGA (YAG)	1987 – 2005	8272	52	2.3	1987 – 2005	8164	152	2.4
CERGA (MeO)	2009 – 2013	645	9	2.2	2009 – 2016	1602	15	1.8
Apache	2006 – 2012	1546	27	1.4	2006 – 2016	2349	21	1.4
Matera	2003 - 2013	64	19	3.8	2003 – 2015	103	14	3.3



$$\begin{aligned}
 & \ddot{\mathbf{r}}_{i_{point\ mass}} \\
 &= \sum_{j \neq i} \frac{\mu_j}{r_{ij}^3} (\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i) \left\{ 1 - \frac{2(\beta + \gamma)}{c^2} \sum_{k \neq i} \frac{\mu_k}{r_{ik}} - \frac{2\beta - 1}{c^2} \sum_{k \neq j} \frac{\mu_k}{r_{jk}} + \gamma \left(\frac{|\dot{\mathbf{r}}_i|}{c} \right)^2 + (1 + \gamma) \left(\frac{|\dot{\mathbf{r}}_i|}{c} \right)^2 \right. \\
 & \left. - \frac{2(1 + \gamma)}{c^2} \dot{\mathbf{r}}_i \dot{\mathbf{r}}_j - \frac{3}{2c^2} \left[\frac{(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j) \cdot \dot{\mathbf{r}}_j}{r_{ij}} \right]^2 + \frac{\ddot{\mathbf{r}}_j}{2c^2} (\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i) \right\} \\
 &+ \frac{1}{c^2} \sum_{j \neq i} \frac{\mu_j}{r_{ij}^3} \{ [\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j] \cdot [(2 + 2\gamma) \dot{\mathbf{r}}_i - (1 + 2\gamma) \dot{\mathbf{r}}_j] \} (\dot{\mathbf{r}}_i - \dot{\mathbf{r}}_j) + \frac{(3 + 4\gamma)}{2c^2} \sum_{j \neq i} \frac{\mu_j \ddot{\mathbf{r}}_j}{r_{ij}} \\
 &+ \sum_{c,s,m} \mathbf{F},
 \end{aligned}$$

Уравнения орбитального движения i -того тела в прямоугольной, не вращающейся системе координат с началом в барицентре Солнечной системы на эпоху J2000 имеют следующий вид: где $r_i, \dot{r}_i, \ddot{r}_i$ – координаты, скорости и ускорения i -го тела относительно барицентра Солнечной системы; $\mu_j = Gm_j$; G – гравитационная постоянная, m_j – масса j -го тела; $r_{ij} = |\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i|$; β, γ – параметры PPN формализма; c – скорость света; i индексирует тела Солнечной системы, начиная от Солнца ($i = 1$), Земли ($i = 2$), Луны ($i = 3$), больших планет и заканчивая L крупными астероидами; $L = 300$ для эфемерид EPM-ERA 2012. Последний член в (1) описывает суммарные силы гравитационного притяжения от остальных астероидов таксономических классов C, S и M в виде возмущений от массивного однородного кольца, расположенного в плоскости эклиптики (Krasinsky и др., 2002).

Крупнейшие из известных транснептуновых объектов (ТНО)

Дисномия



Эрида

Никта



Плутон

Харон

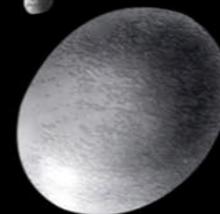


Гидра

Макемаке



Намака



Хаумеа

Хииака



Седна

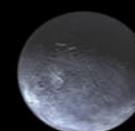


Орк



2007 OR₁₀

Вейвот



Квавар

