

**Специальное конструкторское бюро ИКИ РАН (г. Таруса)
Московский авиационный институт
ГУДП КБ «Полёт» (г. Омск)**



**Семинар
«СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ И ТЕХНОЛОГИИ В
КОСМИЧЕСКОМ ПРИБОРОСТРОЕНИИ»**

АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОСПУТНИКОВ В КОСМИЧЕСКИХ ПРОГРАММАХ

М.Б. Добриян, В.Н. Ангаров, Г.А. Полтавец, Д.В. Подобедов, О.Ю. Седых, Л.Е. Лапотенто

Таруса 2003

КЛАССИФИКАЦИЯ КА ПО МАССОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

1. **пико** - до 1 кг;
2. **нано** - 1 - 10 кг;
3. **микро** - 10 - 100 кг;
4. **мини** - 100 - 500 кг;
5. **малые** - 500 – 1000 кг;
6. **большие** - свыше 1000 кг.

Преимущества использования микроспутников

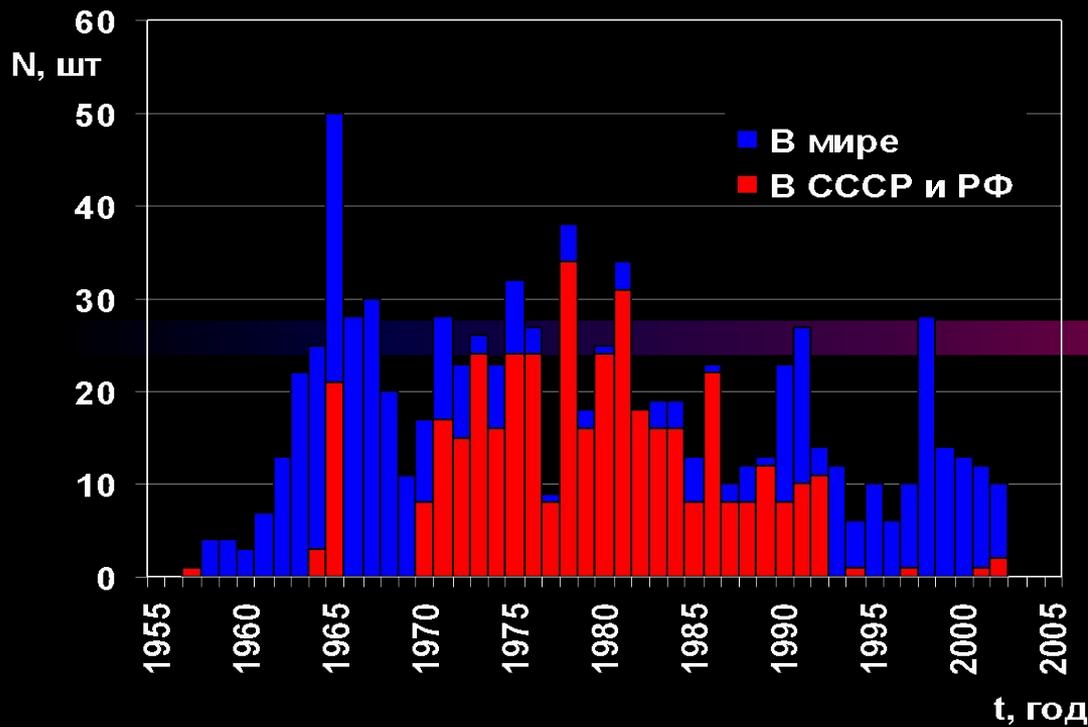
- Сравнительно низкая цена разработки и изготовления.
- Короткое время разработки и изготовления .
- Малая цена запуска единичного космического аппарата. Малые космические аппараты могут выводиться в качестве попутного груза на ракетах-носителях (РН) или в транспортных кораблях, доставляющих грузы на долговременные орбитальные станции.
- Низкая стоимость и простота наземных управляющих пунктов.
- Снижение риска больших финансовых потерь при гибели малого спутника в случае аварии РН на старте или неудачном выведении на рабочую орбиту.

**В докладе приводятся результаты анализа микроспутников,
выведенных на орбиты ИСЗ
с 1957 по 2002 гг.**

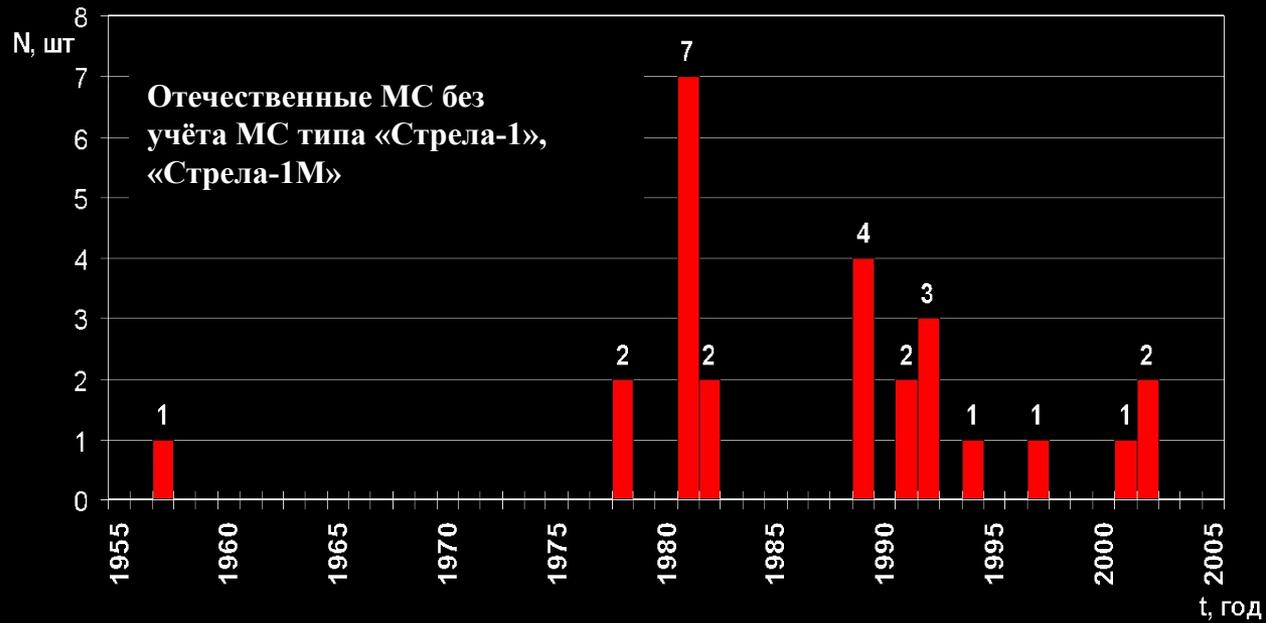
**За указанный период на орбиту разными странами
было запущено 832 микроспутника.**

**Из них 408 составляет число отечественных
микроспутников.**

**В ходе проведённых исследований микроспутники
систематизированы по параметрам орбит, государственной
принадлежности, целевому назначению, по средствам
выведения на орбиту.**



Распределение количества запущенных микроспутников по годам запуска



Накопленный опыт и возможности стран в применении МС

Дата запуска первого МС	Страна	Кол-во	МС	РН	Космодром
04.10.57	СССР	392	+	+	+
01.02.58	США	303	+	+	+
26.04.62	Великобритания	18	+	-	-
15.12.64	Италия	7	+	-	+
26.11.65	Франция	20	+	+	+
29.11.67	Австралия	4	+	+	+
17.05.68	ЕКА	3	+	-	-
08.11.69	Германия	12	+	-	-
11.02.70	Япония	17	+	+	+
15.11.74	Испания	1	+	-	-
24.10.78	Чехия	5	+	-	-
18.07.80	Индия	3	+	+	+
19.09.81	Китай	2	+	+	+
22.01.90	Аргентина	4	+	-	-
22.01.90	Бразилия	2	+	-	-
16.07.90	Пакистан	2	+	-	-
03.03.92	Россия	16	+	+	+
10.08.92	Ю.Корея	2	-	-	-



Накопленный опыт и возможности стран в применении МС (продолжение)

Дата запуска первого МС	Страна	№, шт	МС	РН	Космодром
22.10.92	Канада	1	+	-	-
25.09.93	Португалия	2	+	-	-
24.01.95	Швеция	2	+	-	-
31.08.95	Чили	2	-	-	-
05.09.96	Мексика	1	+	-	-
10.07.98	Израиль	1	+	-	-
10.07.98	Таиланд	1	-	-	-
23.02.99	Дания	1	+	-	-
23.02.99	ЮАР	1	+	-	-
10.10.00	Саудовская Аравия	3	+	-	-
10.10.00	Малайзия	1	-	-	-
22.10.01	Бельгия	1	+	-	-
10.12.01	Марокко	1	-	-	-
28.11.02	Алжир	1	-	-	-

Целевое назначение запущенных микроспутников

Целевое назначение	Кол-во, шт
Связь	535
Исследование околоземного пространства	90
Испытание новых технологий	73
Разведка	52
Навигация	29
Исследования геодезические	18
Дистанционное зондирование Земли	18
Исследование излучения Солнца	6
Образование	5
Исследование прохождения радиоволн	4
Наблюдение за станцией "Мир"	1
Исследования радиоизлучения Юпитера	1

Целевое назначение:

Получение качественных изображений земной поверхности

DLR-Tubsat (1999 г., 45 кг) Maroc-Tubsat (2001 г., 45 кг)

PROBA (2001 г., 94 кг) Posat-1 (1993 г., 49,3 кг)

Kitsat-1 (1992 г., 48,6 кг) Tsinghua-1 (2000 г., 50 кг)

Tiungsat-1 (2000 г., 55 кг) Alsat-1 (2002 г., 90 кг)

Передача данных, видео

Система Orbcomm (1995 г., 45 кг) PC-15 (1994 г., 70 кг)

Oscar-16,17,18,19 (1990 г., 13-16 кг) Rubin-2 (2002 г., 14 кг)

Saudisat-1A, 1B, 1C (2000, 2002 гг., 10, 15 кг)

Kitsat-1,2 (1992, 1993 гг., 49 кг)

Проведение научных экспериментов

ПИОН-5,6 (1992 г., 50 кг) МАК-1,2 (1991, 1992 гг., 16, 20 кг.)

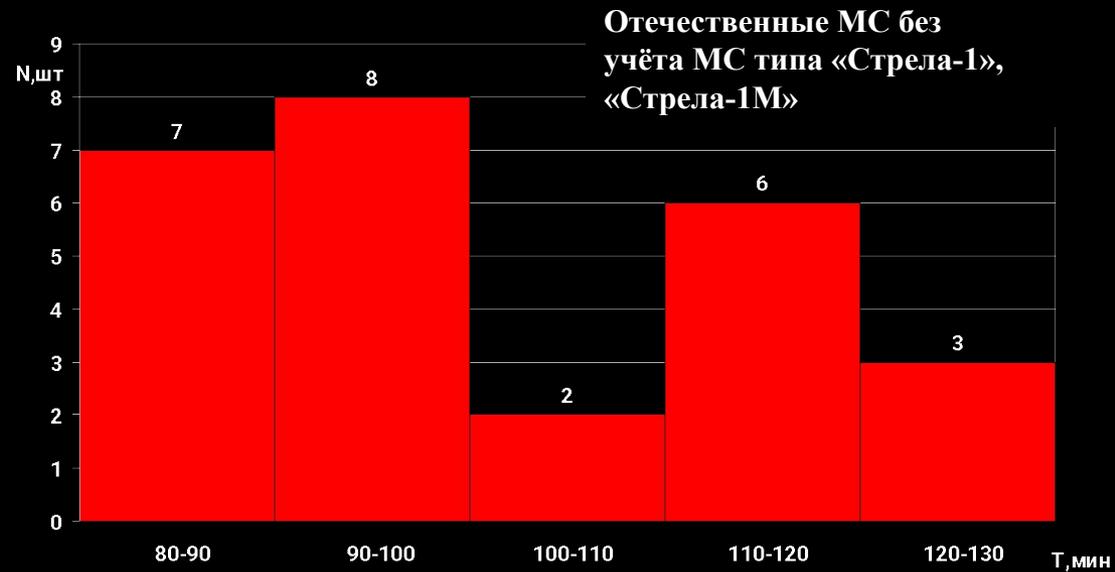
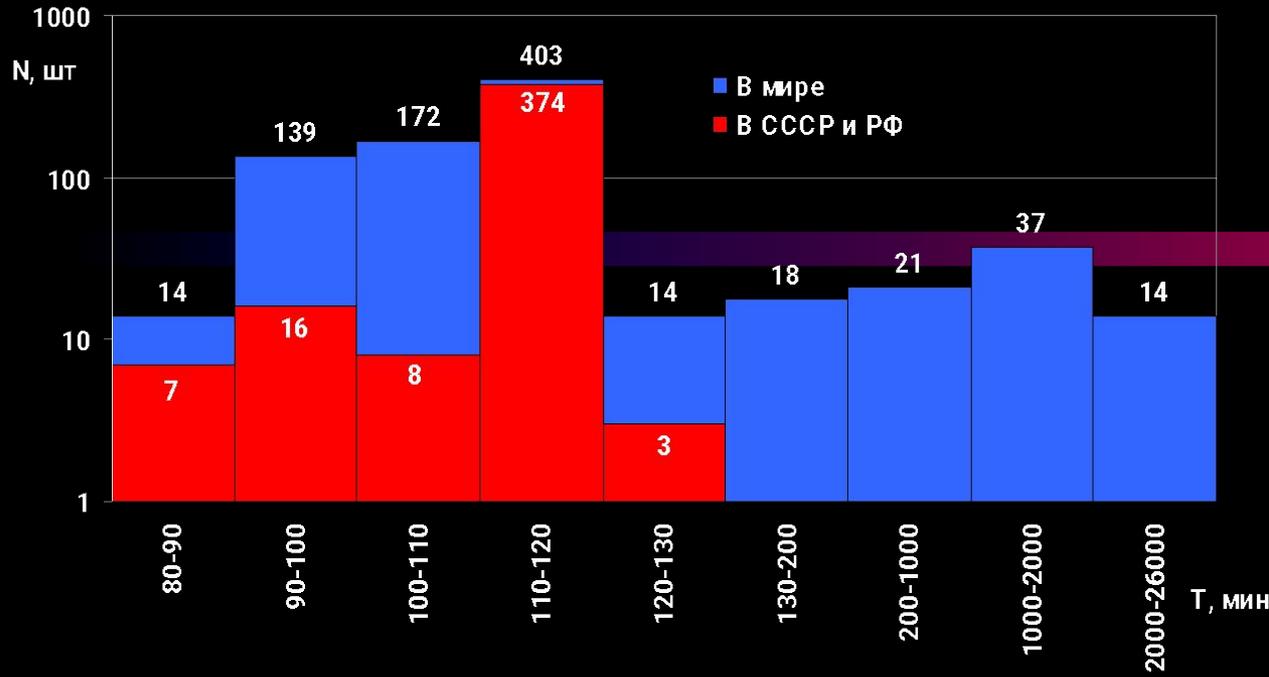
Qersted (1999 г., 60 кг) Astrid 1, 2 (1995, 1998 гг., 28, 30 кг)

Образовательная программа

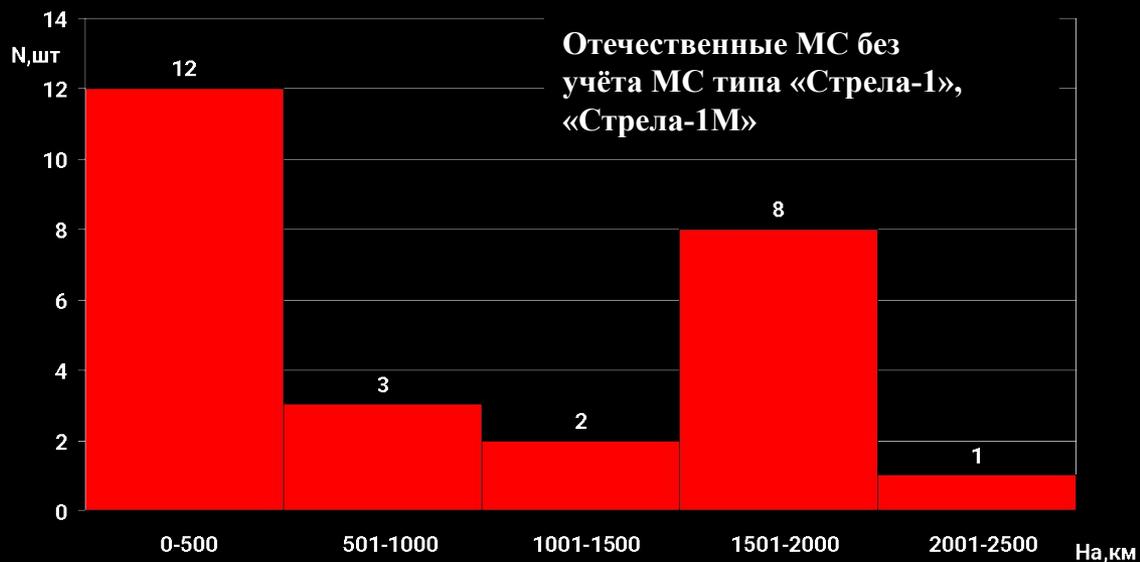
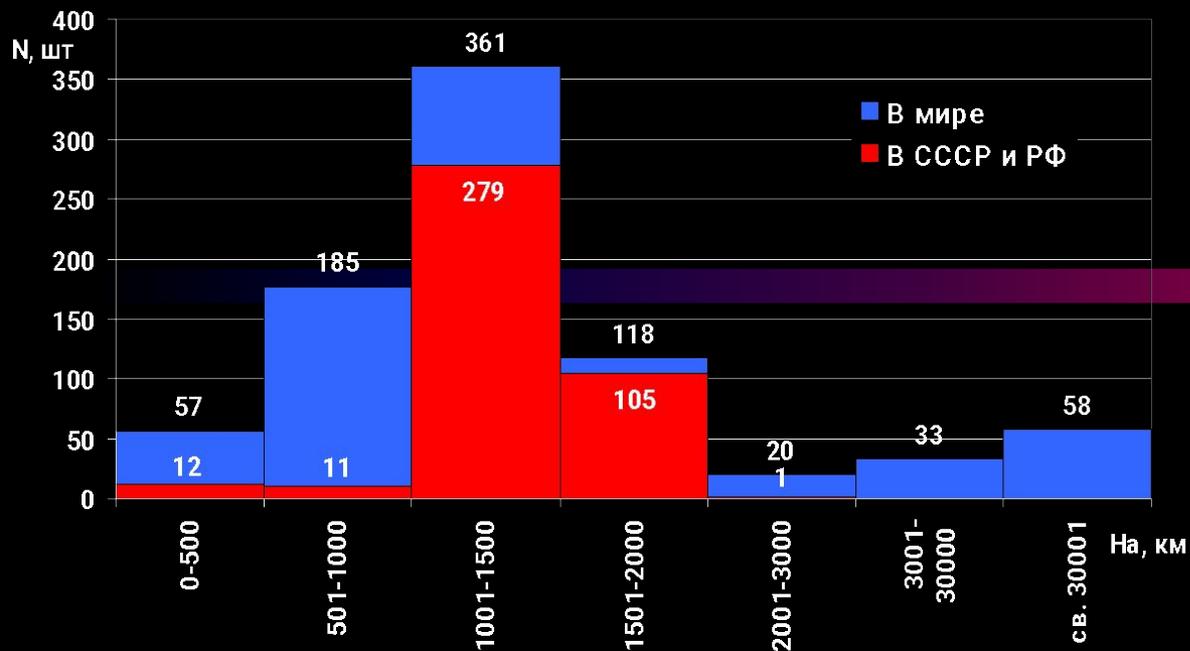
Starshine 1,2,3 (1999, 2001 гг., 39, 40, 80 кг)

Колибри-2000 (2002 г., 21 кг) Можаяец (2002 г., 90 кг)

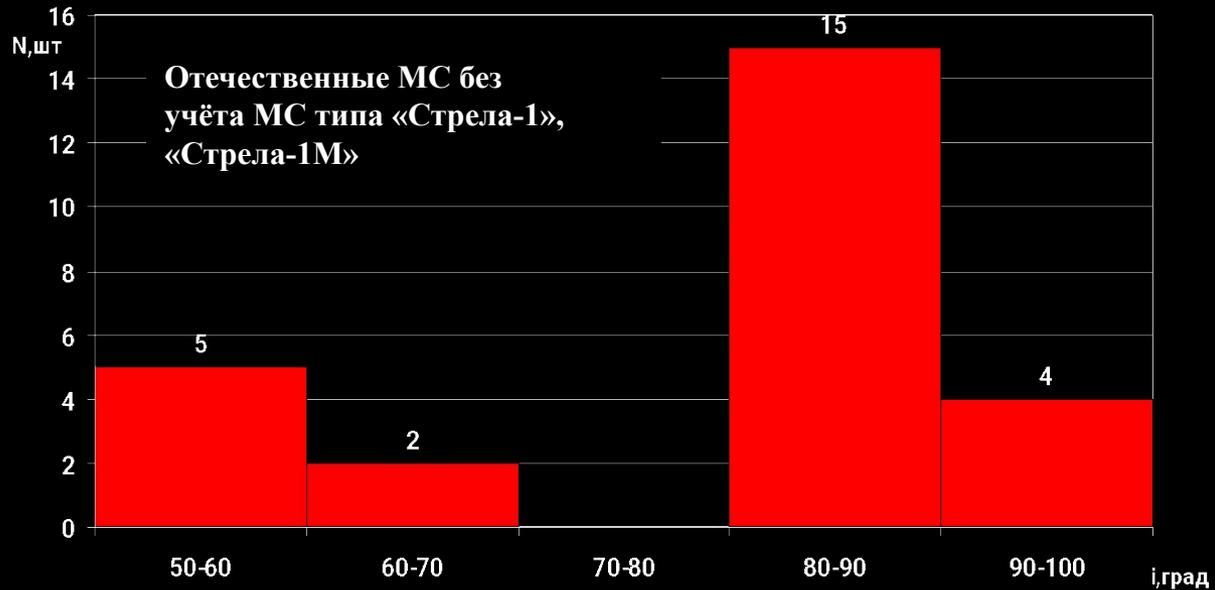
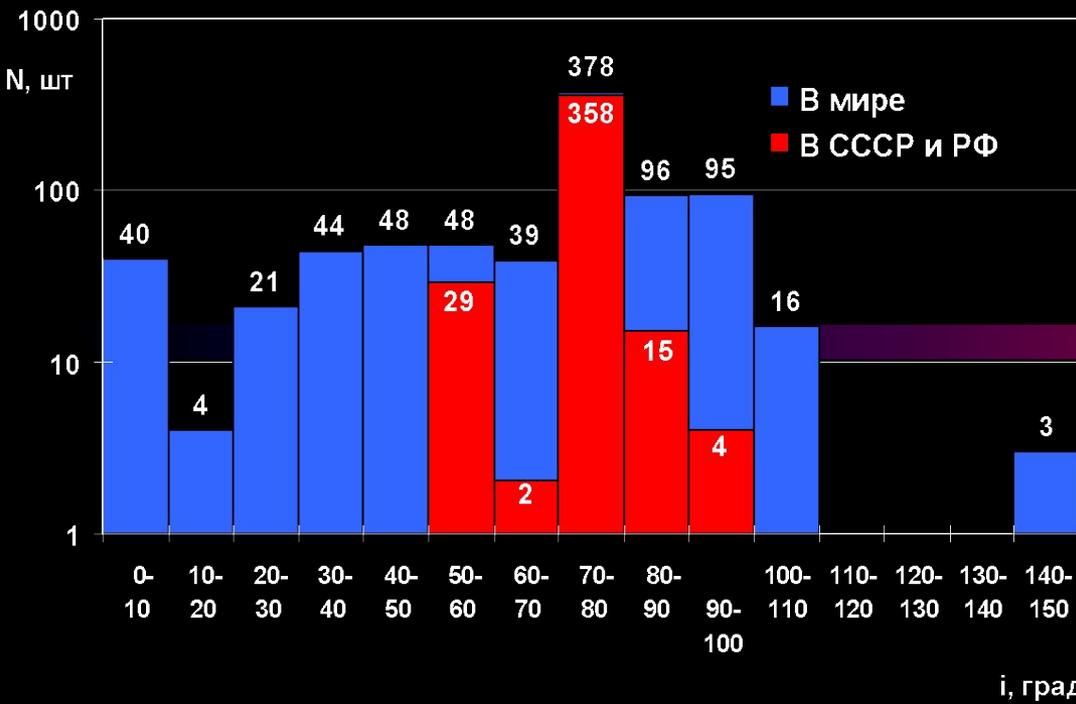
Распределение количества запущенных микроспутников по периодам обращения



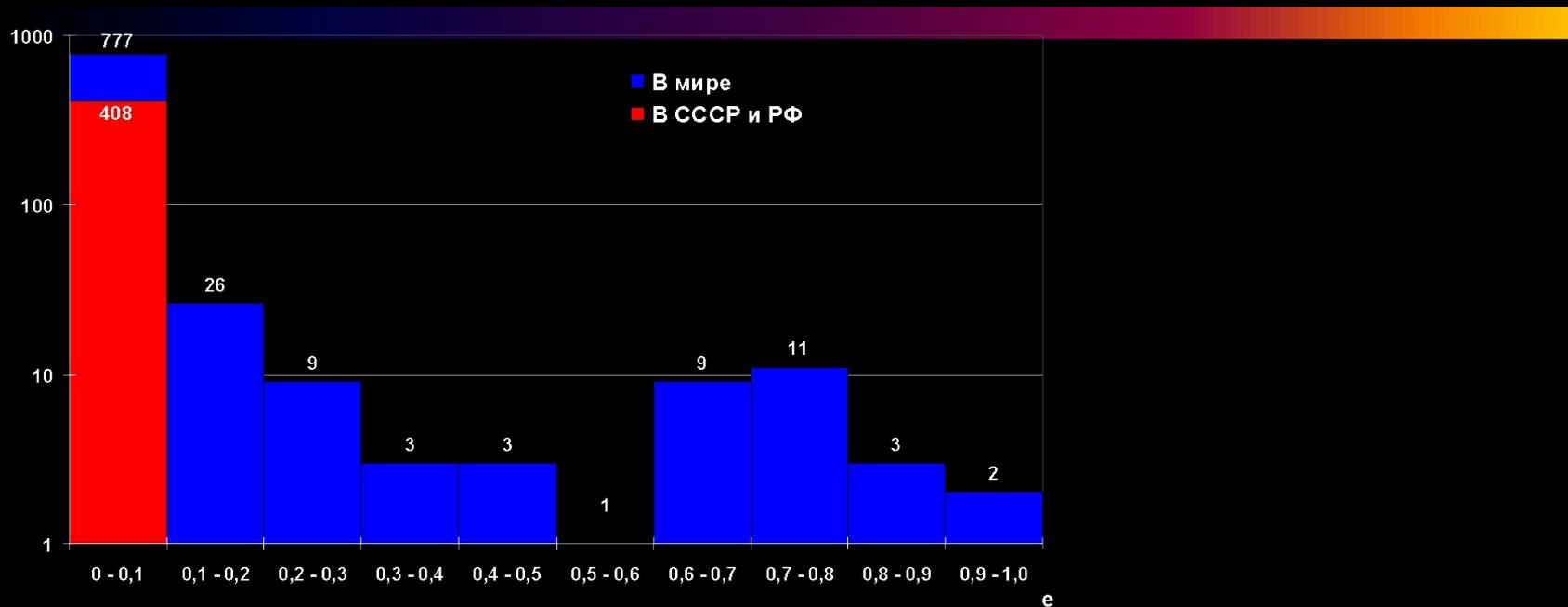
Распределение количества запущенных микроспутников по высотам апогеев орбит



Распределение количества запущенных микроспутников по углам наклонений плоскостей орбит



Распределение количества запущенных микроспутников по эксцентриситетам орбит



Все отечественные МС выводились на почти круговые орбиты ($e < 0,1$).

Микроспутники, выведенные на специальные типы орбит



Геосинхронные орбиты - 3 МС (Syncom-1, Syncom-2, ERS-1).

Геостационарные орбиты - 33 МС, из которых большая часть (27 спутников) относилась к американской программе военной связи (IDCSP-1 – IDSCP -27).

Солнечно-синхронные орбиты - 50 МС. Большинство из них (41 МС) выводились на орбиту такого типа, начиная с 1990 года.

Около полярные орбиты - 46 МС, большинство из которых являются связными, в том числе военные спутники связи США.

В качестве РН могут применяться конверсионные МБР

- РН «Рокот» (РС-18)

(16.12.94) «Радио-РОСТО» (Россия);

- РН «Днепр» (РС-20)

(26.09.00) «Megsat-1», «Unisat-1» (Италия),
«Saudisat-1A», «Saudisat-1B» (Сауд. Аравия),
«Tiungsat» (Малайзия);

(20.12.02) «Unisat-2» (Италия),
«Latinsat-A», «Latinsat-B» (Аргентина),
«Saudisat-1C» (Сауд. Аравия),
«Rubin-2» (Германия).



**В качестве средств выведения применялись
орбитальные станции и транспортные КА**

Название КА	Страна	Кол-во, шт
Салют 7	СССР	2
Space Shuttle	США	16
Прогресс М36	РФ	1
ОК «Мир»	РФ	3
Прогресс М1-7	РФ	1

Бортовые системы определения координат и ориентации МС:

Звёздный датчики

PROBA (2001 г., 94 кг)

Maroc-Tubsat (2001 г., 45 кг)

DLR-Tubsat (1999 г., 45 кг)

Приёмники сигналов системы GPS

Tsinghua-1 (2000 г., 50 кг)

Tiungsat-1 (2000 г., 55 кг)

Sunsat (1999 г., 64 кг)

PROBA (2001 г., 94 кг)

Бортовые системы стабилизации и ориентации МС:

Лазерные гироскопические устройства и микромаховики

DLR-Tubsat (точность $0,02^0$) (1999 г., 45 кг)

PROBA (точность $10''$ в течение 10 с) (2001 г., 94 кг)

Maroc-Tubsat (2001 г., 45 кг)

1. За 45 лет запущено 832 МС, из которых 408 отечественных. МС уже используется 31 страной, а также странами ЕКА.

2. До сих пор основным назначением была связь, но в последнее время спектр решаемых задач значительно расширился и эта тенденция прослеживается в дальнейшем. При этом решаются как исследовательские, так и прикладные задачи.

3. МС освоен весьма широкий спектр орбит по периодам обращения, высотам апогеев, углам **наклонения плоскостей и относительным эксцентриситетам** орбит. В том числе, геостационарные, солнечно-синхронные и полярные.

4. Учитывая малый вес МС (10-100 кг) их можно выводить на заданные орбиты различными способами:

- попутно с другими спутниками;
- внутри космических аппаратов;
- по несколько штук одновременно.

Все эти способы уже использовались и предполагается их применение в будущем.

5. В настоящее время определилось место МС в космонавтике и их роль в решении различных задач, которые подчёркивают важность развития и перспективность данного направления в РКТ.