

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«Омский государственный технический университет»

**Левченко Валерий Иванович,
к.т.н., профессор каф. ССиИБ, РТУиСД
Тел. 8-913-1482465
E-mail: vil55@mail.ru**

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

*Конспект лекций
по направлениям и специальностям*

11.03.01 «Радиотехника»

11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

11.05.04 «Инфокоммуникационные технологии и системы специальной
СВЯЗИ»

11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»

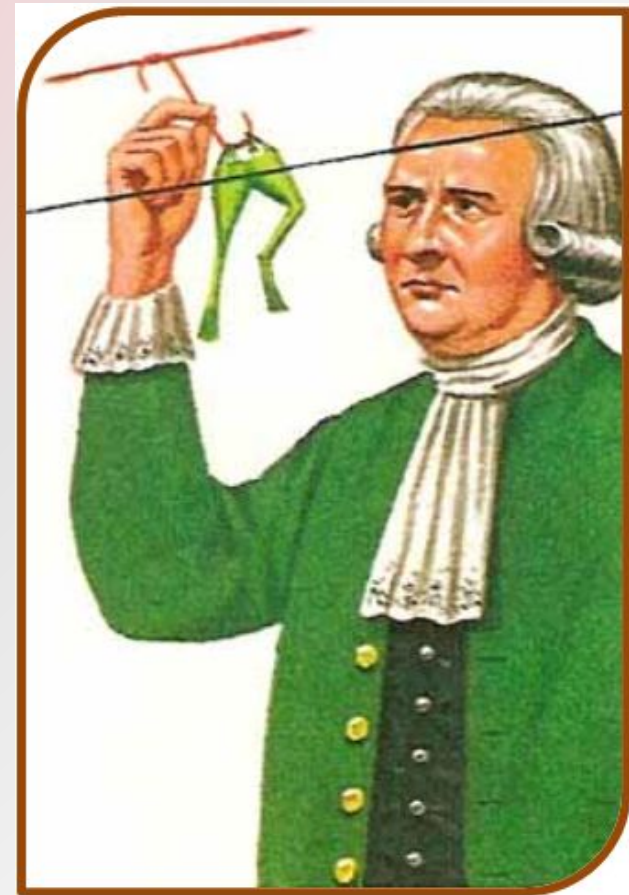
11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

12.03.01 «Приборостроение»

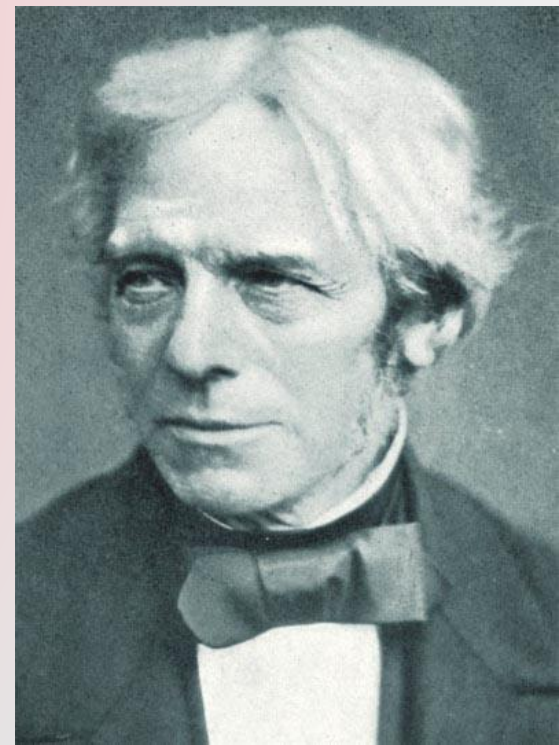
2.1.3 История радиосвязи

Передача информации на большие расстояния **без проводов** с помощью **радиосигналов** имеет огромное значение. Особенно это важно при осуществлении связи **с подвижными объектами**, когда проводные или оптические каналы вообще не могут быть реализованы.

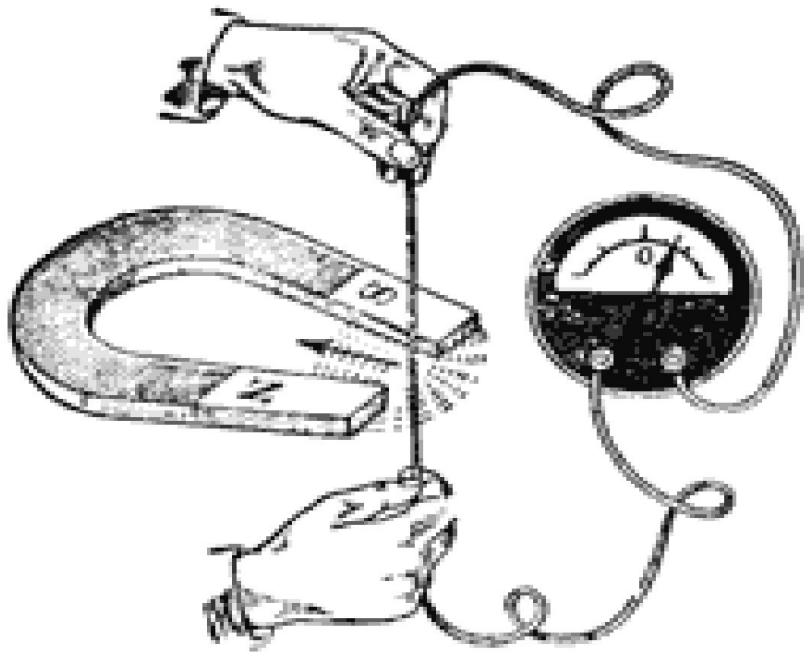
Первым, кто наблюдал **явление передачи радиосигналов** через **открытое пространство** можно считать итальянского физиолога **Луиджи Гальвани**, который в **1771** г. продемонстрировал как искровые разряды, полученные с помощью электростатической машины действуют на небольшом расстоянии на мышцу препарированной лягушки, вызывая ее сокращение.



Английский физик **Майкл Фарадей** в начале 19 века открыл связь электрических и магнитных явлений - **электромагнитную индукцию**



М. Фарадей



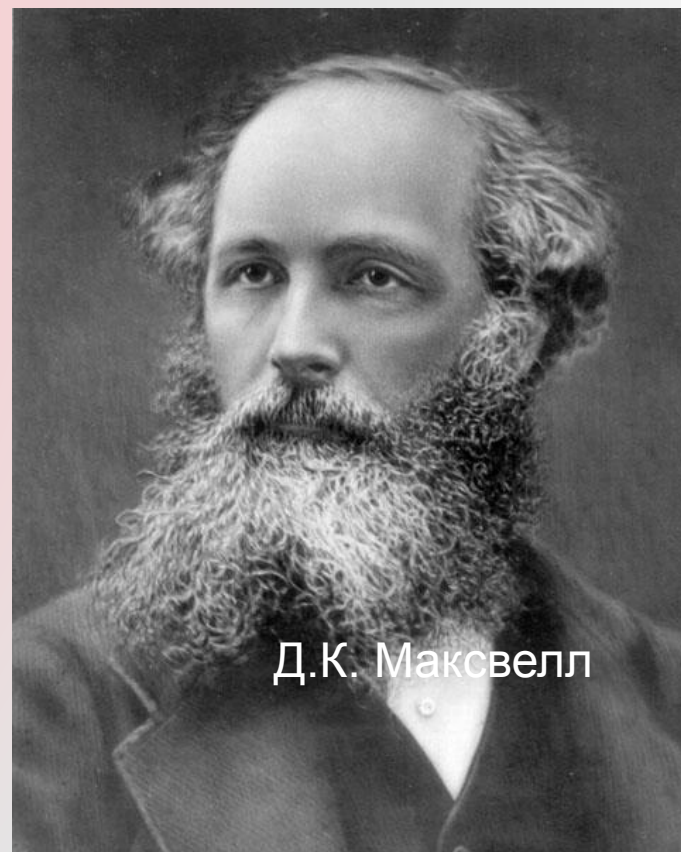
Опыт Фарадея по обнаружению электромагнитной индукции

В **1832** году он предсказал наличие в природе **электромагнитных волн**, которые распространяются в пространстве.

Однако экспериментально подтвердить наличие **электромагнитных волн** Фарадей лично не успел.

Великий английский физик **Джеймс Клерк Максвелл** в 1865 г. высказал гипотезу о том, что **свет имеет электромагнитную природу**.

В 1873 году Максвелл опубликовал «Трактат по электричеству и магнетизму», в котором развил и дополнил идеи Фарадея и создал законченную теорию электромагнитного поля.



Д.К. Максвелл

Максвелл заложил основы современной классической электродинамики. Он вывел уравнения, описывающие электромагнитное поле и его связь с электрическими зарядами и токами в вакууме и сплошных средах (**уравнения Максвелла**).

Уравнения Максвелла положены в основу теории распространения электромагнитных волн.

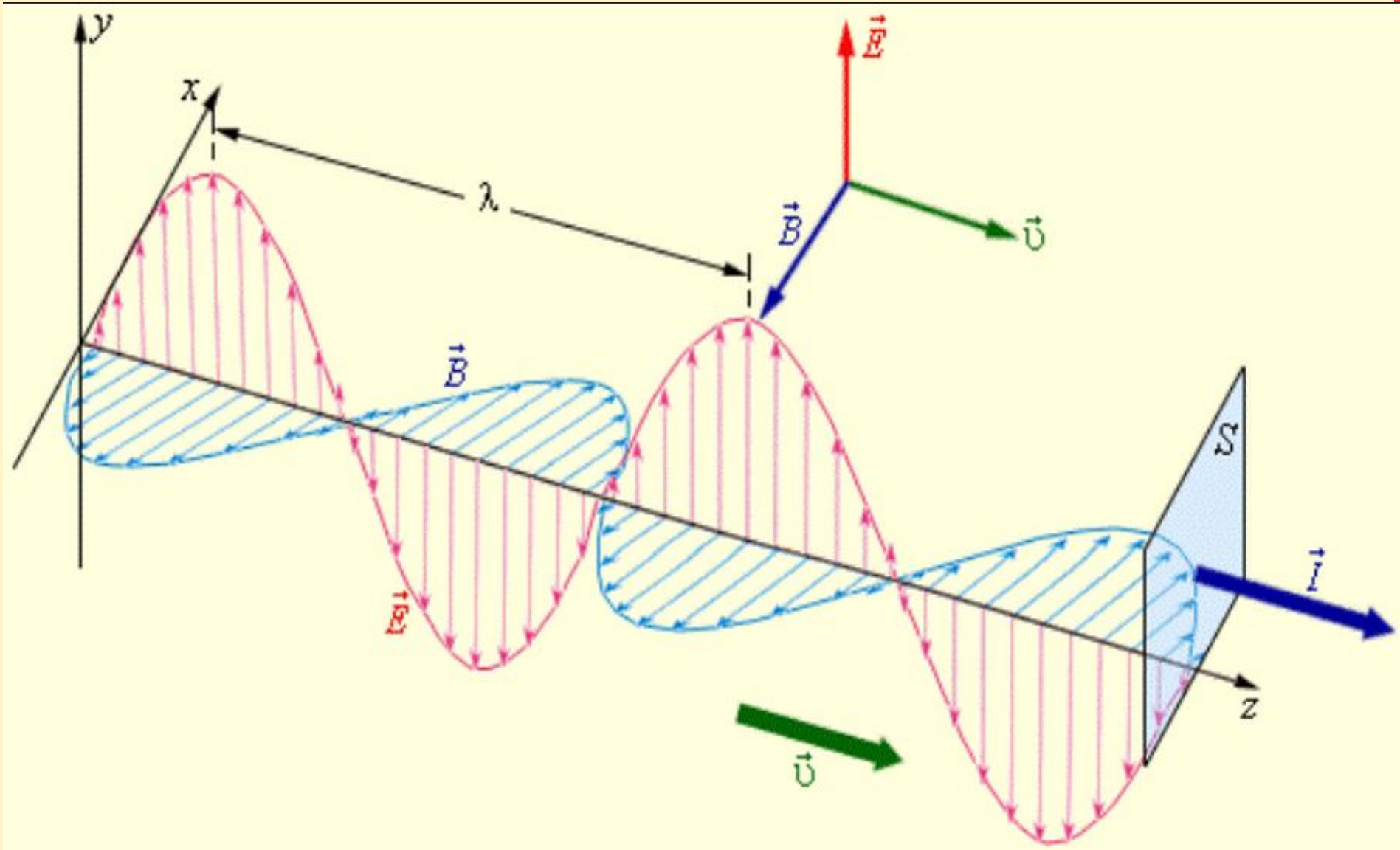
Уравнения Максвелла в интегральной форме.

$$\oint \vec{E} d\vec{l} = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S} \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \int \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S} \quad \oint \vec{D} d\vec{S} = \int \rho dV$$

В пустоте электромагнитное поле характеризуется двумя векторными величинами:

1) напряжённостью электрического поля \vec{E} и 2) магнитной индукцией \vec{B} .
Эти величины определяют силы, действующие со стороны поля на заряды и токи, распределение которых в пространстве задаётся плотностью заряда ρ (зарядом в единице объёма) и плотностью тока \vec{j} (зарядом, переносимым в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную направлению движения зарядов).



Теория электромагнитного поля



- Согласно теории Максвелла, переменные электрические и магнитные поля не могут существовать по отдельности: изменяющееся магнитное поле порождает электрическое поле, а изменяющееся электрическое поле порождает магнитное.



Теория Максвелла соединила электрические и магнитные явления со световым в одно целое - в понятие электромагнитного поля. Итак, реально существует **единое электромагнитное поле.**

В **1888** г. немецкий физик **Генрих Герц** экспериментально подтвердил теорию Максвелла.

Он продемонстрировал, что радиоизлучение обладает всеми свойствами волн, которые стали называть **радиоволнами**.

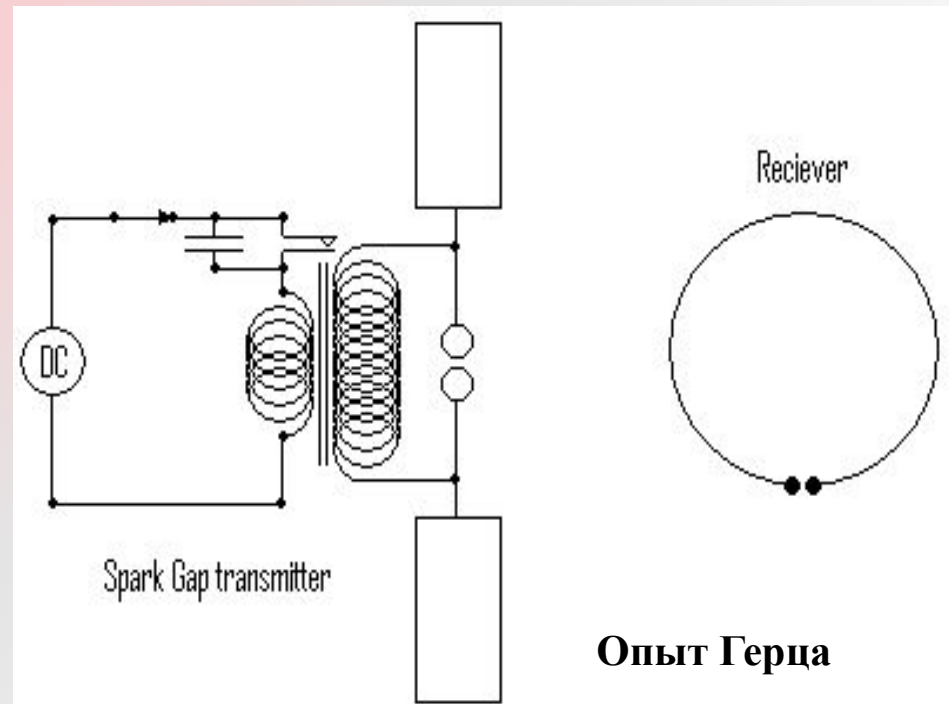
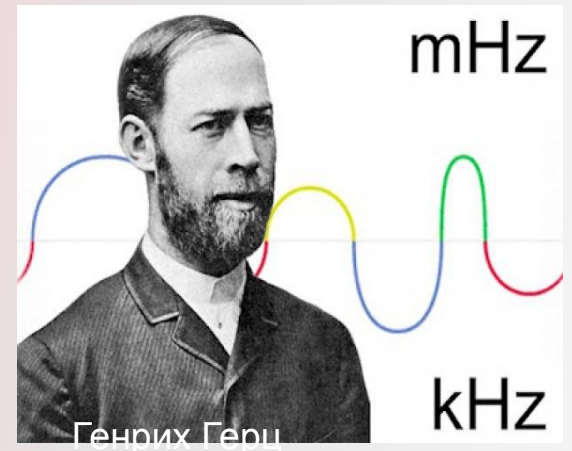
Генрих Герц впервые использовал отражающие металлические параболические зеркала для концентрации излучения радиоволн в определенном направлении.

Г. Герц **измерил скорость света**.

В качестве антенн Герц использовал **рамочный резонатор** и **линейный вибратор** с искровыми промежутками (см. рис.)
Демонстрационные опыты проводились Герцем на расстоянии **10 м**.

Герц не применил открытые им электромагнитные волны для связи. Он стремился познать их природу.

Но его работы создали необходимые предпосылки для возникновения **радиотехники**.



Опыт Герца

Генрих Герц умер в расцвете творческих сил, в возрасте 37 лет. За свою короткую жизнь он сделал очень много.

До сих пор «**вибратор Герца**» или «**диполь Герца**» применяется как простейшая классическая антенна.

Известный английский физик **Дж. Дж. Томсон** охарактеризовал значение работ Герца так: "**Подобно открытию Фарадеем электромагнитной индукции, оно имело огромное влияние на цивилизацию**".

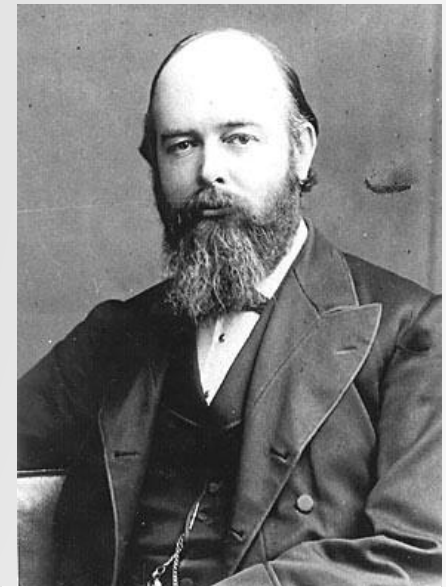
Его именем названа единица частоты — **Герц (Гц) — одно колебание в секунду**. А "волны Герца" получили название "**радиоволны**".

После публикаций Г. Герца об экспериментальном доказательстве существования электромагнитных волн французский физик **Эдуард Бранли** в 1890–1891 г. г. открыл эффект резкого изменения проводимости металлических порошков при воздействии на них электромагнитного излучения. После окончания излучения порошок вновь оказывался плохо проводящей средой только в результате механического сотрясения.

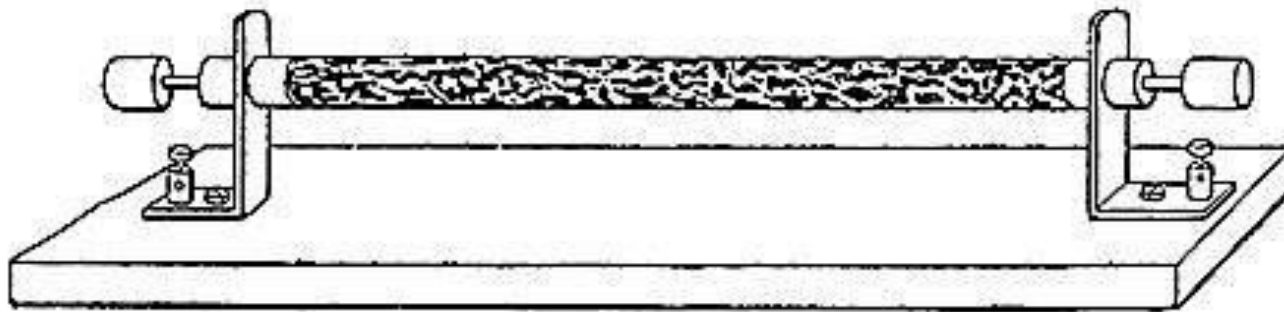


Эдуард Бранли

Используя этот эффект, английский физик **Оливер Лодж** в **1889-1890** г.г. создал индикатор электромагнитного излучения, названный им **когерером**. Когерер О. Лоджа представлял собой стеклянную трубку с двумя электродами, наполненную металлическими опилками.



Оливер Лодж



Когерер Лоджа

С помощью этого индикатора О. Лодж провел ряд экспериментов, подтвердивших и развивших результаты Г. Герца. При этом ему пришлось использовать специальное механическое устройство для непрерывного встряхивания когерера, чтобы он постоянно был готов к регистрации электромагнитного излучения.

Однако дальнейших исследований в области практического применения своих наработок Лодж не провёл.

7 мая 1895 г. русский физик и электротехник, профессор **Александр Степанович Попов** продемонстрировал работу устройства, предназначенного для приёма и регистрации электромагнитных волн.

Прибор реагировал электрическим звонком на посылки электромагнитных колебаний, которые генерировались вибратором Герца.

По сравнению с прибором Лоджа Попов внёс в конструкцию усовершенствования.

В радиоприёмнике Попова молоточек, встряхивавший когерер (трубку Бранли), работал не от часового механизма, а от принимаемых радиоимпульсов.



А. С. Попов

Созданный А.С.Поповым прибор был вполне пригоден для **практической беспроводной телеграфии**. Сам Попов приспособил прибор для улавливания атмосферных электромагнитных волн, под названием «**грозоотметчик**»

7 мая 1895 г. считается в нашей стране **днём рождения радио** - одного из величайших изобретений XIX века.

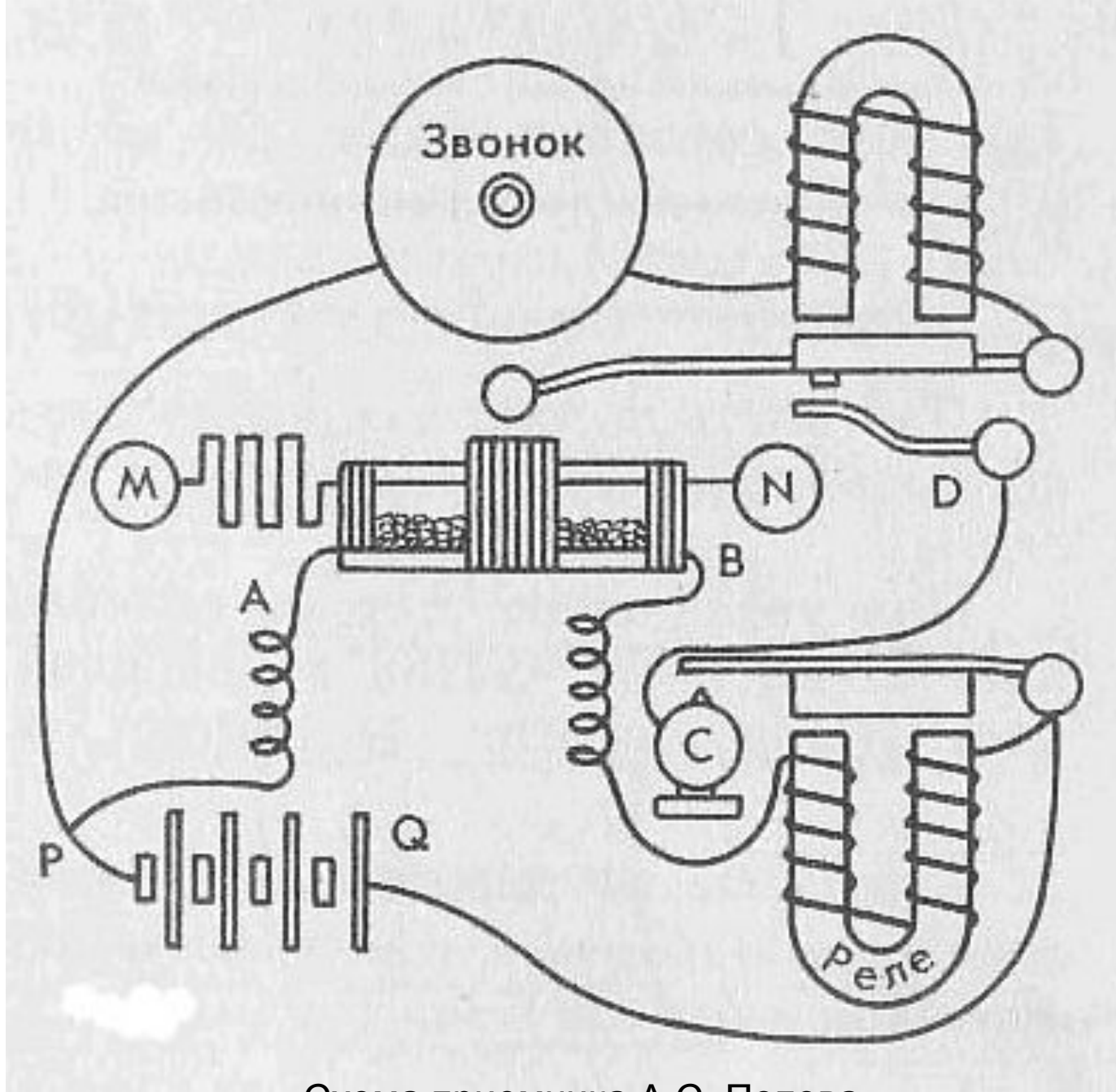
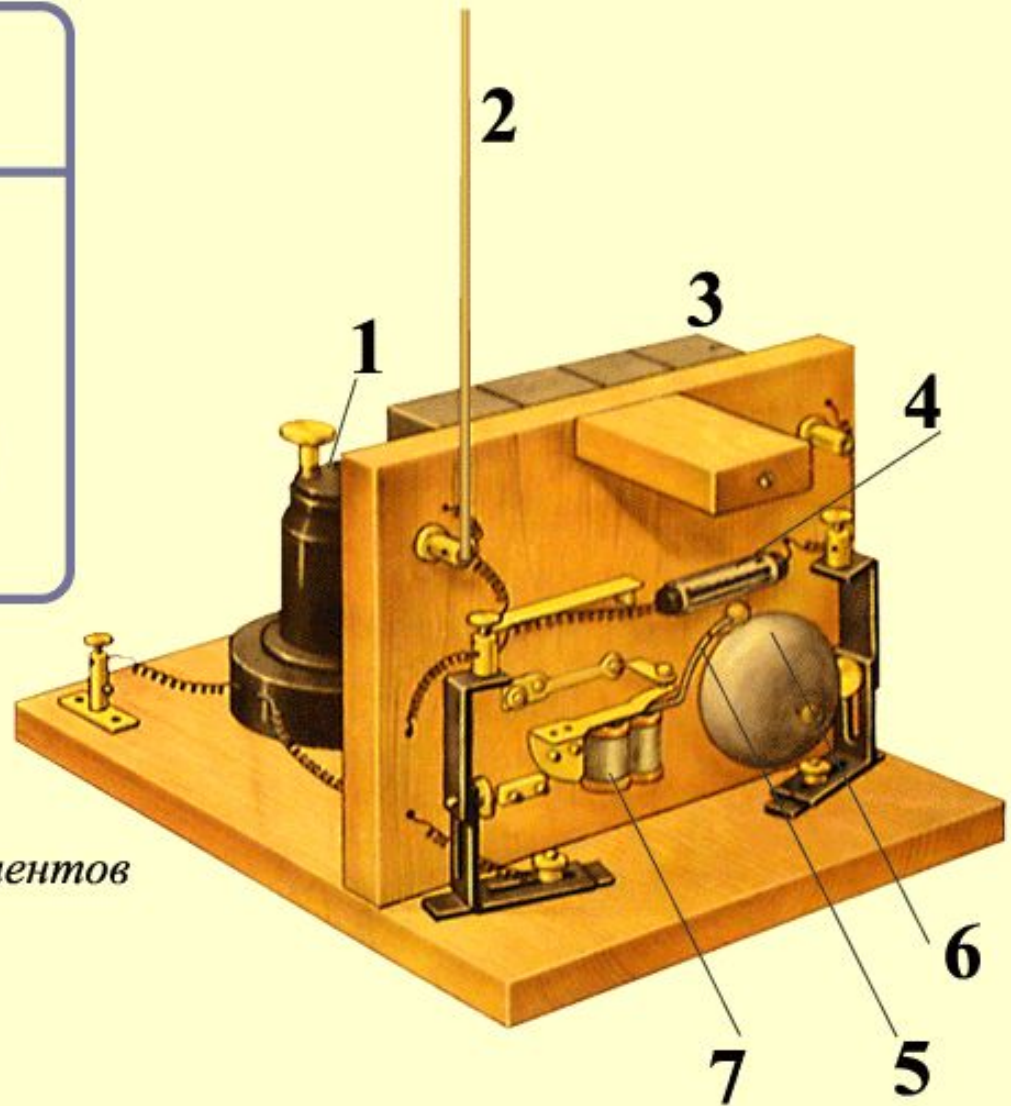
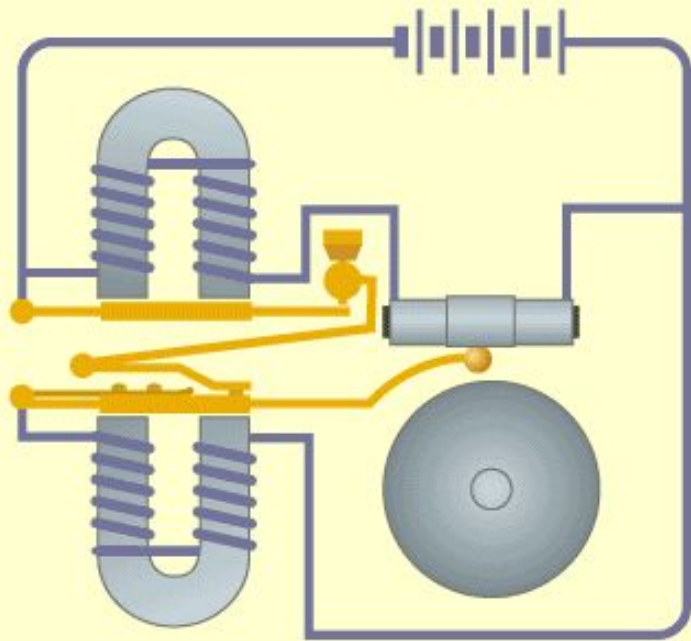


Схема приемника А.С. Попова



1. Электромагнитное реле
2. Антенный провод
3. Батарея гальванических элементов
4. Когерер
5. Молоточек звонка
6. Чашечка звонка
7. Электромагнит звонка

Радиоприемник А.С. Попова

В марте 1896 г. впервые в мире А. С. Попов осуществил радиопередачу осмысленного текста: "*HEINRICH HERTZ*".

Таким образом, русский изобретатель отдал должное великому ученому-физику **Генриху Герцу**, впервые исследовавшему электромагнитные волны.

После успешной демонстрации приемника Попов приступил к его усовершенствованию.

Однако из-за своей скромности и бескорыстия Попов А.С. не закрепил за собой собственности на изобретение, не взяв никакого патента. Академик А. Н. Крылов впоследствии назвал это качество Попова «идеализмом»

В 1896 году в журнале «Журнал РФХО», имевший международную рассылку, увидела свет **публикация** профессора Попова А.С. «Прибор для обнаружения и регистрации электрических колебаний». Это была **первая в мире публикация** по передаче информации с помощью электромагнитных колебаний.

В 1899 г. А. С. Попов от Морского министерства был командирован в Англию и Францию для заключения договора с **заводом Дюкрете** о совместном изготовлении радиостанций, основанных на техническом решении Попова. Дальность радиосвязи, обеспечиваемая радиостанцией, в это время достигла **45 км** в процессе спасательных работ в Балтийском море.

Летом **1896 г.** (*спустя год после демонстрации Поповым А.С. своего приемника*) в печати появились сведения о том, что итальянец **Гульельмо Маркони** открыл способ «беспроволочного телеграфирования».

2 июня 1896 г. он получил патент на устройства для «беспроволочного телеграфирования» и **лишь после этого ознакомил** публику с конструкцией своего изобретения. За внедрение радиосвязи в практическое пользование Маркони получил в 1909 г. **Нобелевскую премию**



Г. Маркони

Американским Институтом инженеров электротехники и электроники (IEEE) в Санкт-Петербурге установлена бронзовая мемориальная доска «Milestone», на которой отлита надпись: «Вклад А. С. Попова в развитие радиосвязи: **7 мая 1895 года А. С. Попов продемонстрировал возможность передачи и приема коротких и продолжительных сигналов на расстояние до 64 метров посредством электромагнитных волн с помощью специального переносного устройства, которое реагировало на электрические колебания, что стало определяющим вкладом в развитие беспроводной связи**».

В Швейцарии установлена такая же доска «Milestone», свидетельствующая о том, что Маркони начал свои опыты по беспроводной телеграфии **25 сентября 1895 г.**

Многие годы не утихают дискуссии на тему, кто же изобрел радио, Попов или Маркони, чей это национальный приоритет? Постепенно многие ученые мира пришли к мнению, что говорить об изобретении радио одним человеком некорректно. Радио — детище коллективное, интернациональное, созданное не единовременно, а поэтапно, совокупными вкладами ряда ученых.

Таким образом, если быть справедливым, то и **Маркони**, и **Попов**, и ряд других физиков являются соавторами изобретения радио, в том числе невозможно себе представить изобретение радио без работ **Максвелла**, **Герца**, **Лоджа**. Вообще, параллельные и независимые достижения являются нормальной мировой практикой.

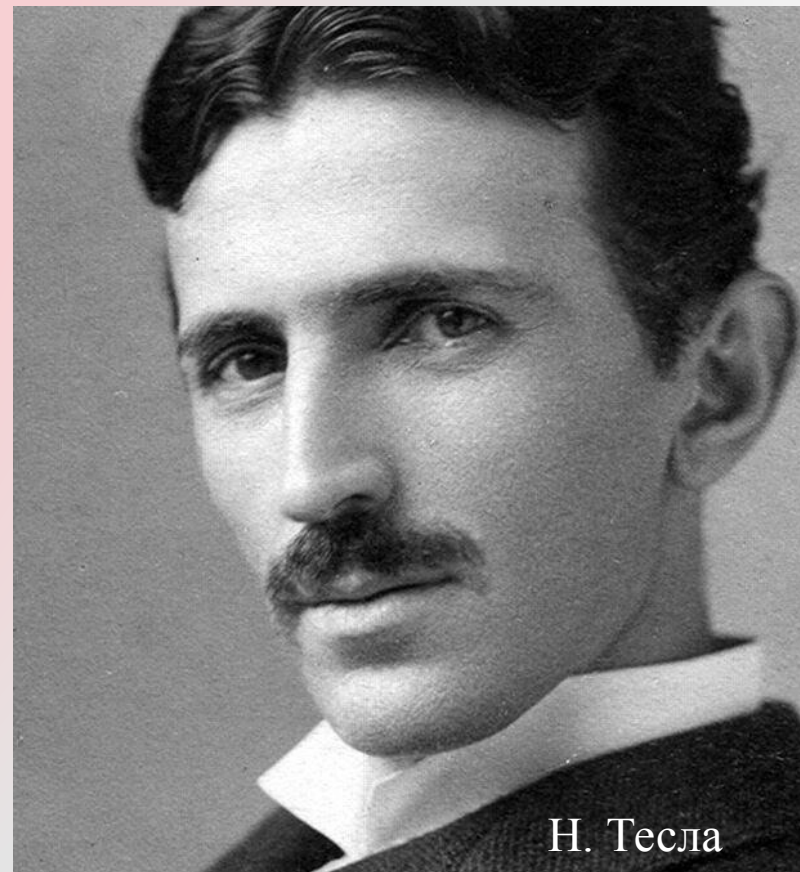
В 1993 г. 28-я Генеральная конференция ЮНЕСКО приняла резолюцию "Празднование 100-летия радио", в которой было сказано: "...в 1995 г. исполняется 100 лет со дня создания практической системы передачи и приема сигналов с помощью электромагнитных волн... Это важное открытие в развитии радио благодаря усилиям ряда ученых и инженеров, которые заложили основу современной радиотехники и наиболее популярных средств массовой коммуникации, следует рассматривать как общее наследие человечества".

Таким образом, именно **1895 г.** – год, в котором А.С. Попов продемонстрировал свой прибор, считается началом наступления на нашей планете эры радио.

Одним из изобретателей радио можно также считать сербского ученого-электротехника **Николу Тесла**, именем которого названа единица магнитной индукции (Тл).

В 1893 г., за три года до первых опытов Г. Маркони, он разработал основные элементы радиосистемы, в том числе передатчик и приемник, настроенные в резонанс, в 1895 г. передаёт радиосигналы на расстояние **30 миль**.

В 1943 г., через полгода после смерти Н. Теслы, **американский суд** официально подтвердил его **приоритет** в изобретении радио.



Н. Тесла

Никола Тесла признан во всем мире как гениальный инженер.

Тесла – первооткрыватель "**радиотелемеханики**". Он впервые осуществив **управление судном по радио на большом расстоянии**. Он придумал **переменный ток, трансформатор, электрогенератор и электродвигатель**.

Тесла четко определил несколько основных "признаков радио": **антенна, заземление, передатчик и приемник**, настроенные в **резонанс**. Н. Тесла указывал, что если высокочастотный сигнал пропустить через катушку и конденсатор, то возникнет "**резонансный эффект**". И хотя он запатентовал часть своей радиосистемы с описанием аппаратуры, он **никогда не занимался ее коммерческим применением** и даже не удосужился объявить об этом в печати. Н. Тесла указывал, что Г. Маркони заимствовал идеи из 17 (!) его патентов).

Более 100 лет назад Н. Тесла предсказывал возможность создания «радиотелефонных приемников, дешевых и портативных - не более наручных часов», позволяющих передавать и слушать сообщения «по всему земному шару» - прообраз нынешних мобильных радиотелефонов.

Дальнейшие исторические события начала эры радиосвязи:

Весной **1897 г. А.С. Попов** стал проводить опыты установления радиосвязи между кораблями в Кронштадтской гавани. Ему удалось установить **связь на 5 км.**

6 июля 1897 г. — Маркони на итальянской военно-морской базе Специя передаёт фразу *Viva l'Italia* **из-за линии горизонта** — на расстояние **18 км.**

1898 г. . Фирма Дюкрете приступила к **серийному производству** радиостанций по системе Попова А.С.

В **1898 г. Маркони** осуществил передачу радиосигналов **через Ла-Манш.** Применил открытие немецкого ученого **К.Ф. Брауна** – **колебательный контур.**

В **1899** г. радиотелеграф Попова был применен при оказании помощи потерпевшему аварии броненосцу «Генерал-адмирал Апраксин», который сел на камни у юго-восточного берега острова Гогланд в Финском заливе.

Для управления восстановительными работами работами была создана **первая в мире радиолиния** протяженностью 45 км.

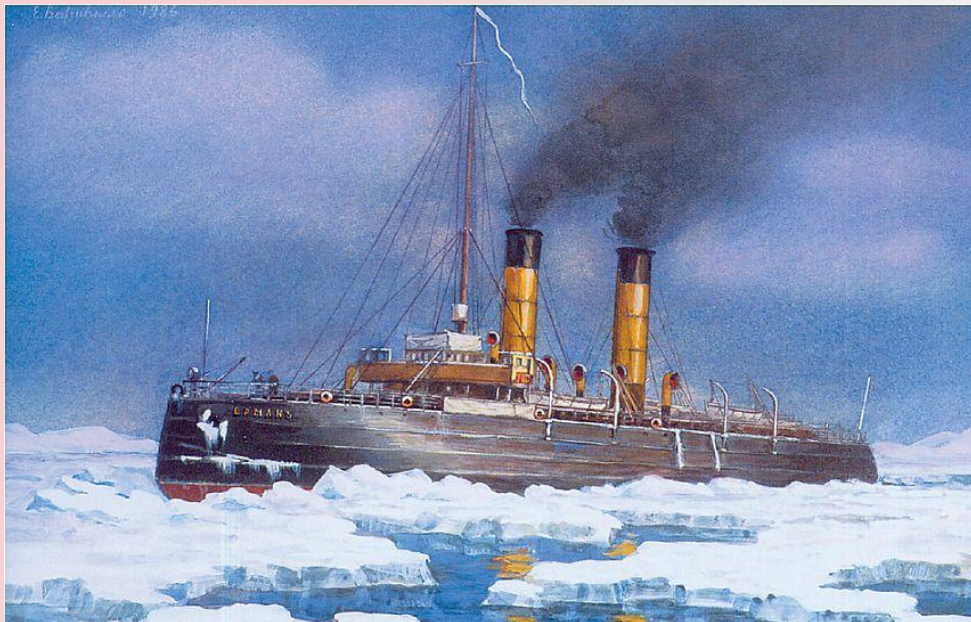
Научное руководство созданием радиолинии осуществлялось А. С. Поповым и его ассистентом П. Н. Рыбкиным



«Генерал-адмирал Апраксин» на камнях у острова Гогланд

В **1899** г благодаря аппарату А.С. Попова, установленному на борту ледокола «Ермак», стало возможным спасение рыбаков, унесенных на льдине в открытое море.

Таким образом в 1989 году началось эффективное практическое применение радиосвязи на море.



В **1900** г. профессор Попов А.С. продемонстрировал на Всемирной выставке в Париже свою радиостанцию и получил золотую медаль и диплом.

В одном из корпусов электромеханического завода Кронштадского военного порта при Попова А.С. организована **мастерская для ремонта и производства радиостанций.**

Так в **1900** году возникла **русская радиопромышленность.**

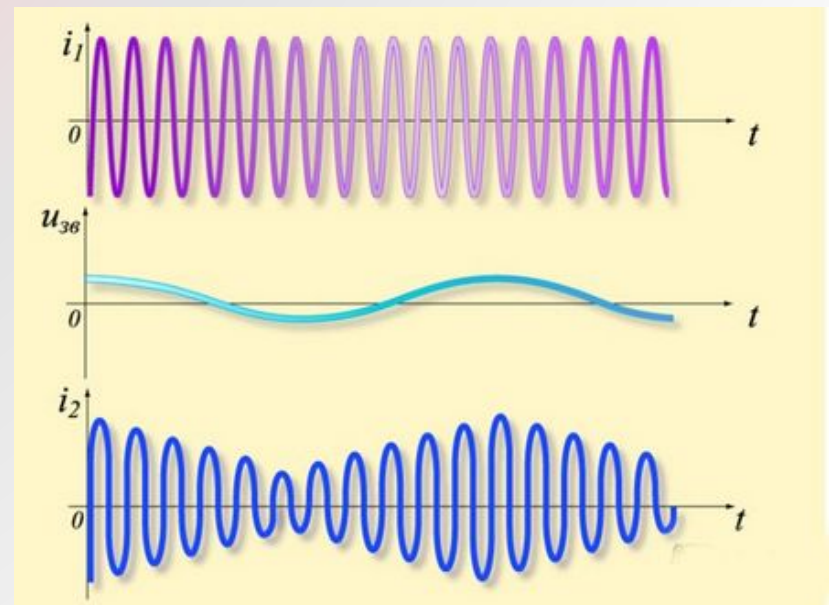
В 1901 г. **Г. Маркони** провел сеанс радиосвязи через Атлантику между Великобританией и Канадой.

Попытки Маркони запатентовать свое изобретение в других странах, кроме Англии и Италии, не увенчались успехом, так как в большинстве из них уже было известно открытие А. С. Попова.

1903 г. Профессор Попов А. С. и его аспирант Лифшиц С.Я. передали звуки голоса по радио искровым передатчиком и приемом детекторным приемником, открыв эру **радиотелефонии**.

4 января **1904 г.** А.С. Попов на III Всероссийском электротехническом съезде прочитал доклад «Телефонирование без проводов»

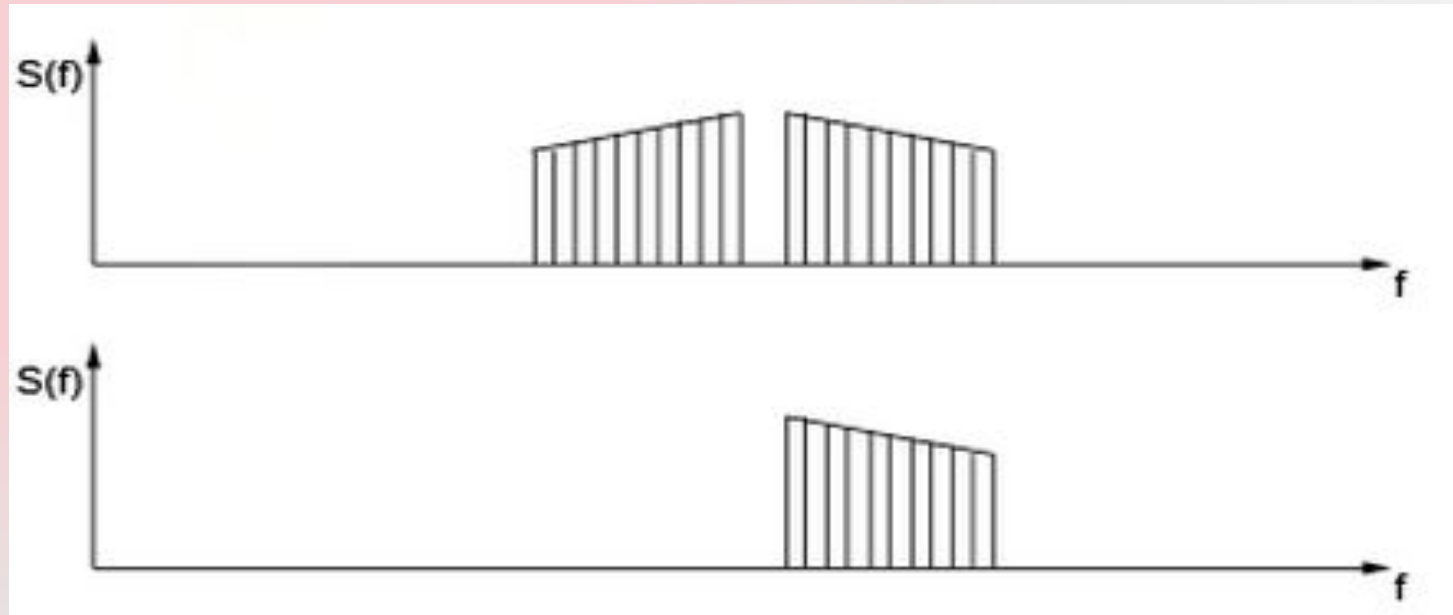
1906 г. — Реджинальд Фессенден и Ли де Форест (США) предложили метод **амплитудной модуляции** радиосигнала, что позволило передавать в эфире речь с хорошим качеством и разборчивостью.



В **1911** г. **Бэкер** в Англии изобрел портативный радиопередатчик весом около **7 кг** и разместил его **на самолете**. Дальность радиосвязи составляла **1,5 км**.

В **1912** г. благодаря радиоаппаратуре Маркони было спасено **712 человек** с "Титаника".

В **1915** г. **Джон Карсон** из фирмы America Telephone & Telegraph изобрел **однополосную модуляцию (SSB)**



В 1917 году американский инженер **Эдвин Армстронг** разработал принцип супергетеродинного приемника. Принцип супергетеродина позволил значительно улучшить чувствительность и избирательность радиоприемников в широком диапазоне частот. Через несколько лет супергетеродин вытеснил практически все типы радиоприемников и до настоящего времени остается основным принципом построения радиоприемных устройств.

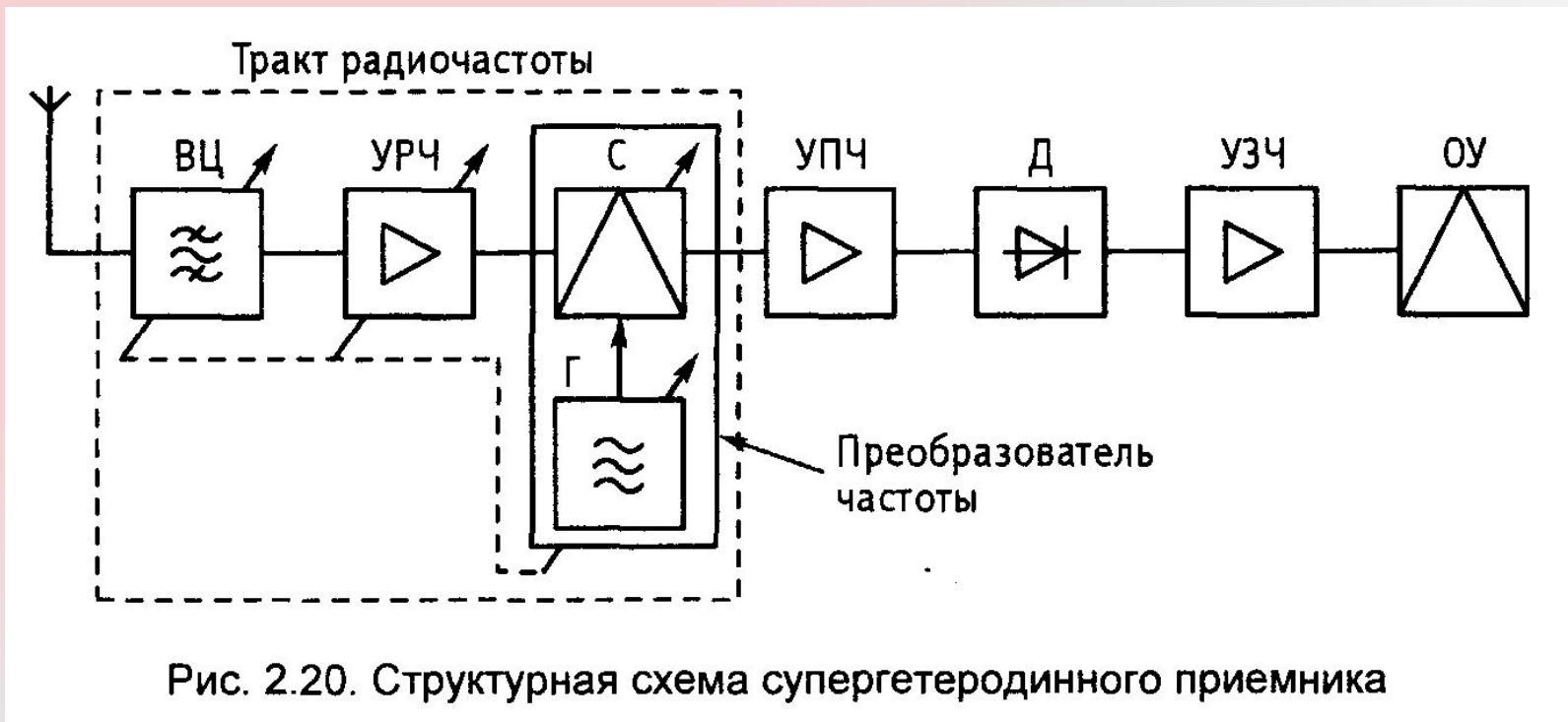


Рис. 2.20. Структурная схема супергетеродинного приемника

В 1918 г. создана Нижегородская радиолaborатория (НРЛ) – первый российский научно-исследовательский центр в области радиотехники. Ведущим ученым и организатором НРЛ был – **Михаил Александрович Бонч-Бруевич**), российский ученый-радиотехник, член-корреспондент АН СССР (1931).



С 1932 профессор Ленинградского института инженеров связи, ныне носящего его имя. Под руководством Бонч-Бруевича изучались особенности распространения коротких волн, разработаны **первые в мире коротковолновые направленные антенны** и построены **коротковолновые линии дальней радиосвязи**. Занимался исследованиями ионосферы, ультракороткими волнами и их практическим применением, в том числе в области радиолокации

В марте 1919 НРЛ начала производство приемно-усилительных радиоламп. Осенью 1920 специалисты НРЛ установили на Ходынской радиостанции в Москве радиотелефонный передатчик мощностью 5 кВт.

В 1921 **Александр Львович Минц**, радиоп физик и инженер (впоследствии — академик АН СССР) разработал первую в России ламповую **армейскую радиостанцию "АЛМ"** (названа по инициалам автора). "АЛМ" была принята на вооружение и изготовлена в количестве 220 комплектов (по тем временам очень большая цифра).



В 1921 в радиоприемниках вместо наушников начали применяться громкоговорящие преобразователи (динамики, рупоры, горны).



1923 г. Эдвин Армстронг создал "портативный" радиоприемник.

1924 г. В СССР принято постановление Совета народных комиссаров "**О частных приемных радиостанциях**", разрешающее сборку и установку приемников для "радиослушания". Постановление закрепило за гражданами страны право владения собственным радиоприемником.



Выпущен промышленный **детекторный радиоприемник** для населения "ЛДВ" ("любительский детекторный вещательный") производства Треста заводов слабого тока в Москве.

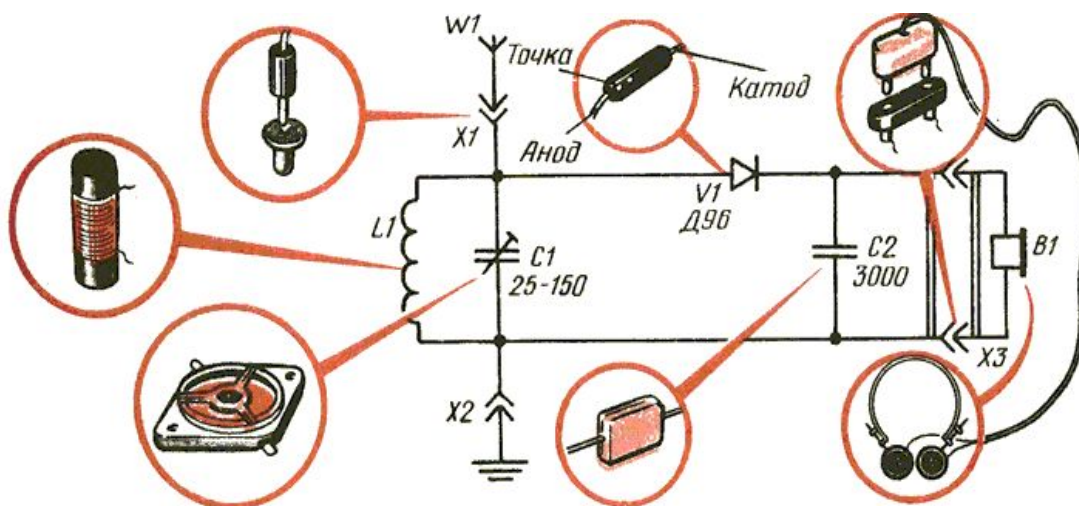
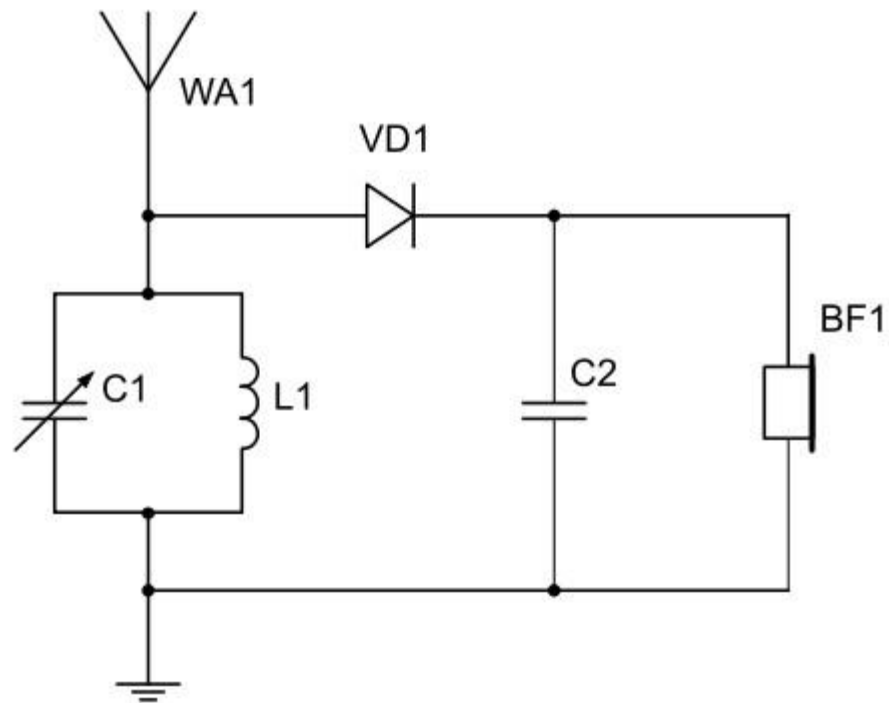
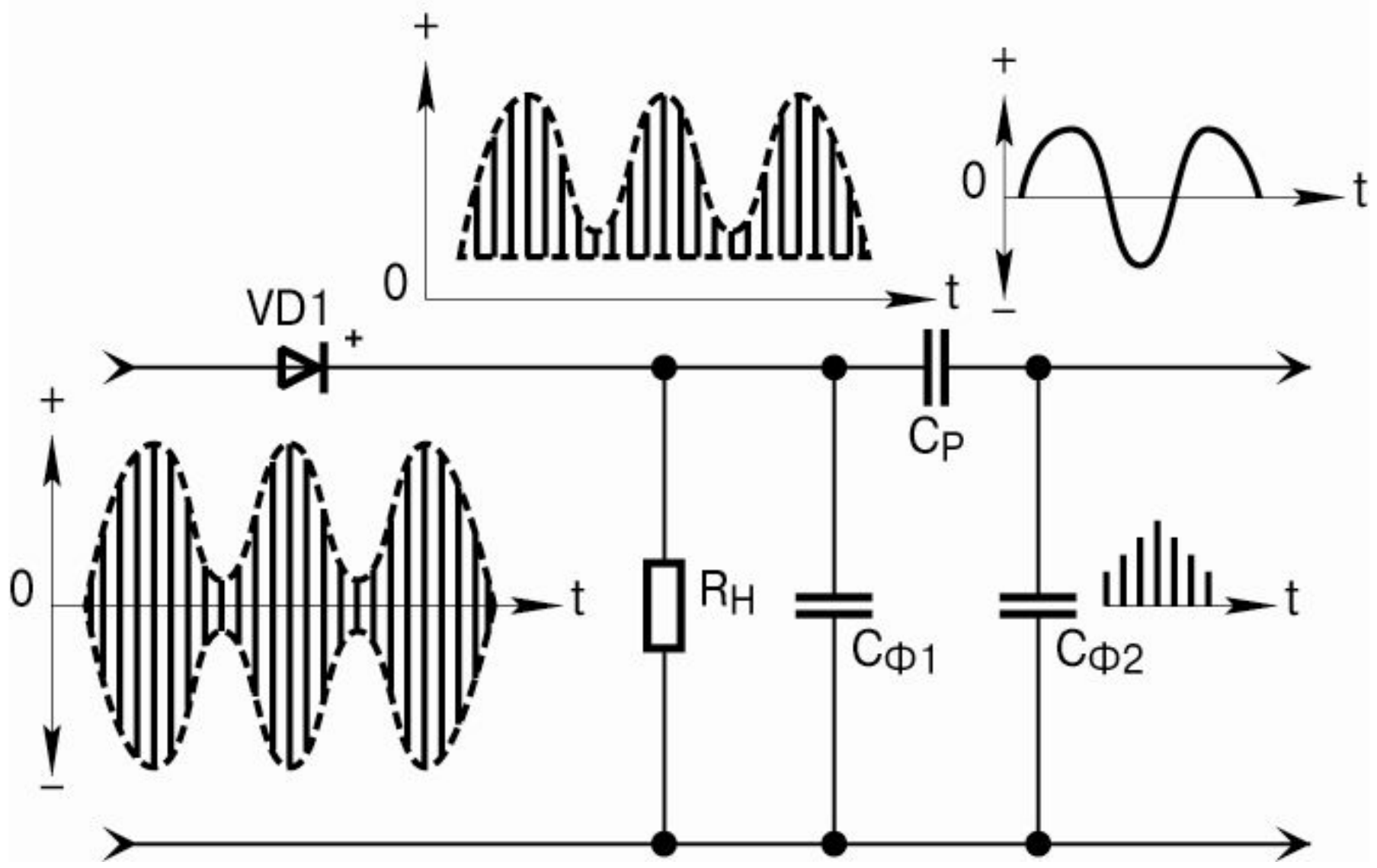


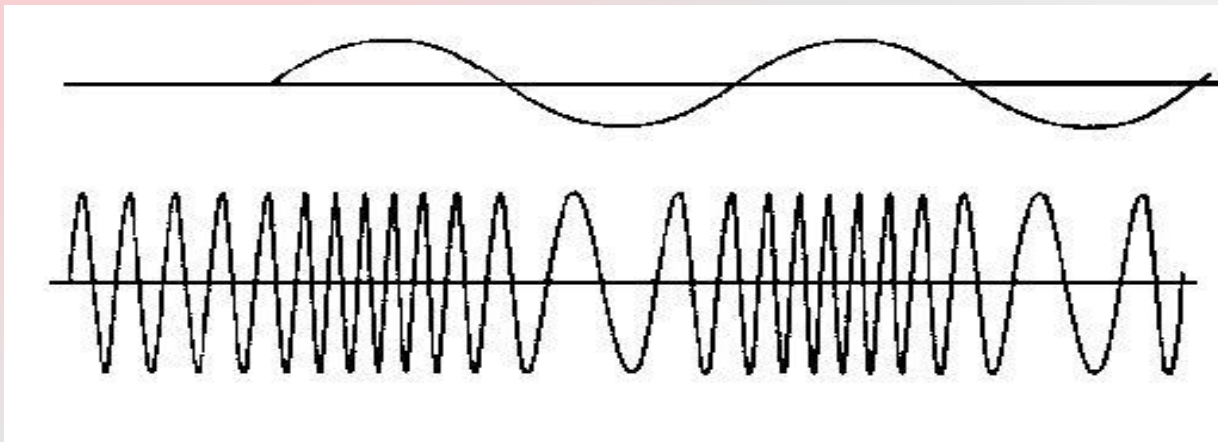
Схема детекторного приемника

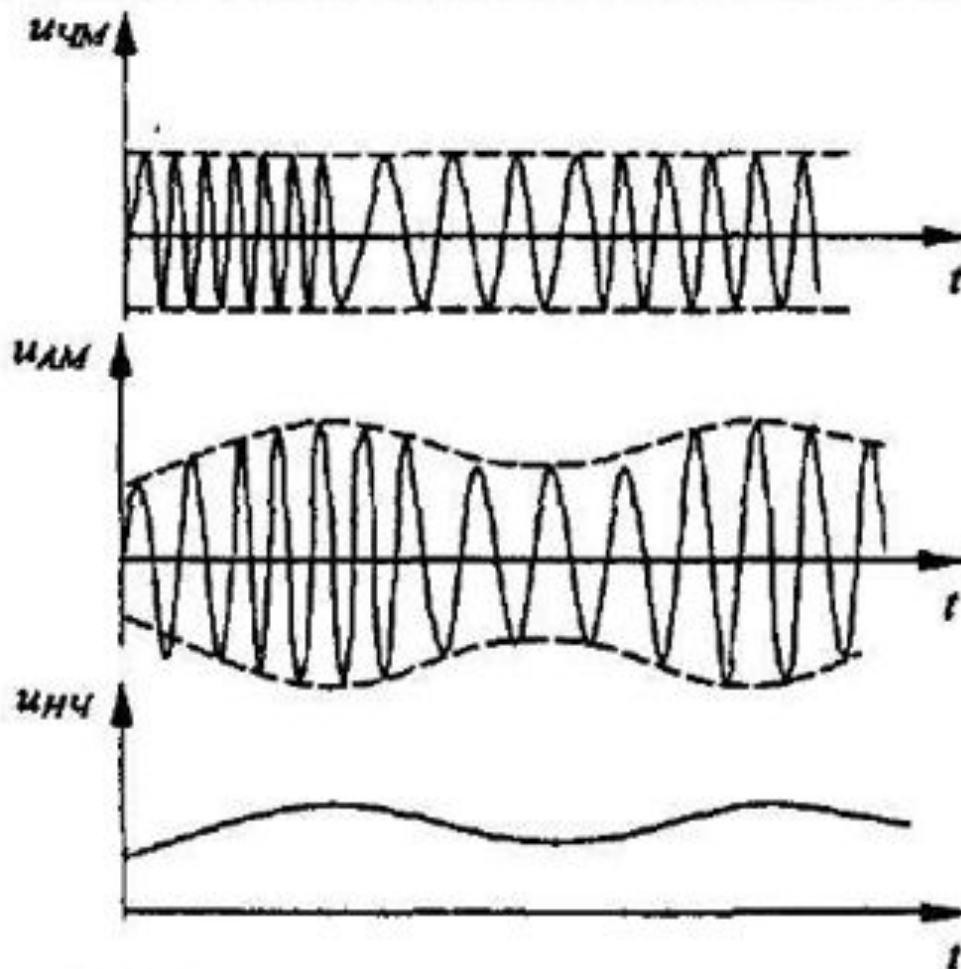


1925 г. В апреле в Париже состоялся **Международный Конгресс радиоловбителей**, на который прибыли 23 делегации из 22 стран (около 300 человек). Образован "Международный союз радиоловбителей" – IARU.

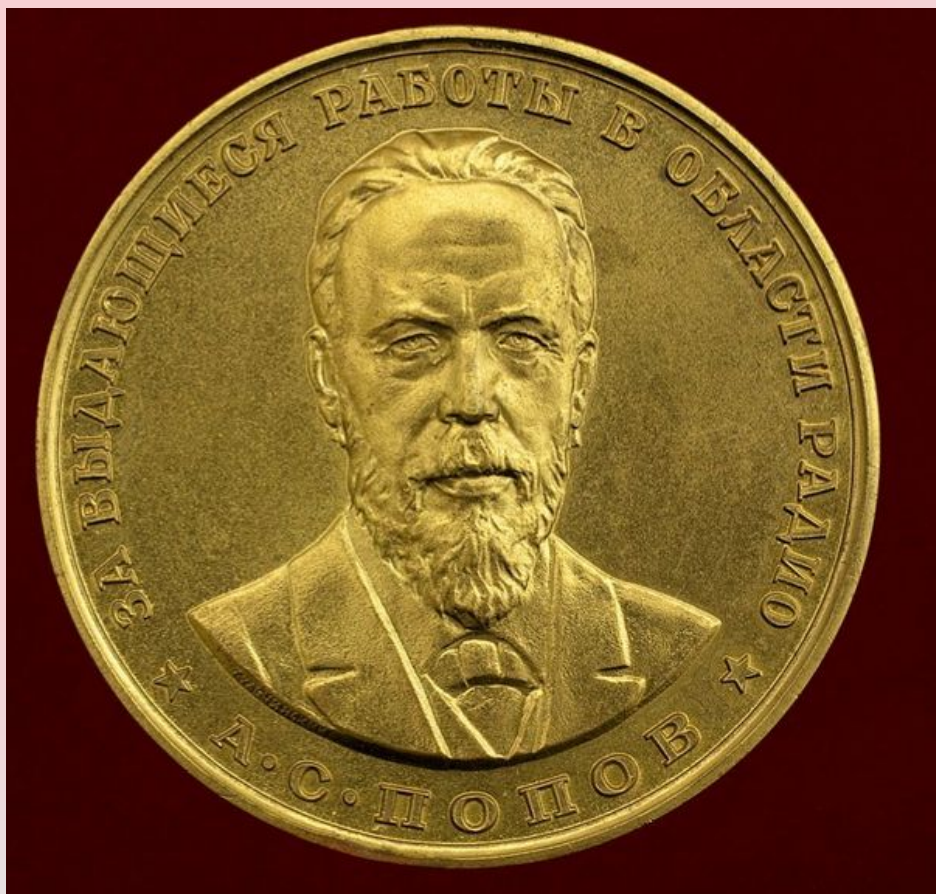
1926 г. В сентябре Нижегородской радиоловбораторией организованы первые коротковолновые магистральные линии радиосвязи Москва–Ташкент и Москва–Владивосток.

В **1933 г.** **Эдвин Армстронг** разработал принцип частотной модуляции как технологии, позволяющей избавиться от импульсных помех. Он продемонстрировал достоинства и отличные шумовые характеристики частотной модуляции при передаче органной музыки (для сравнения передача велась на АМ и ЧМ).





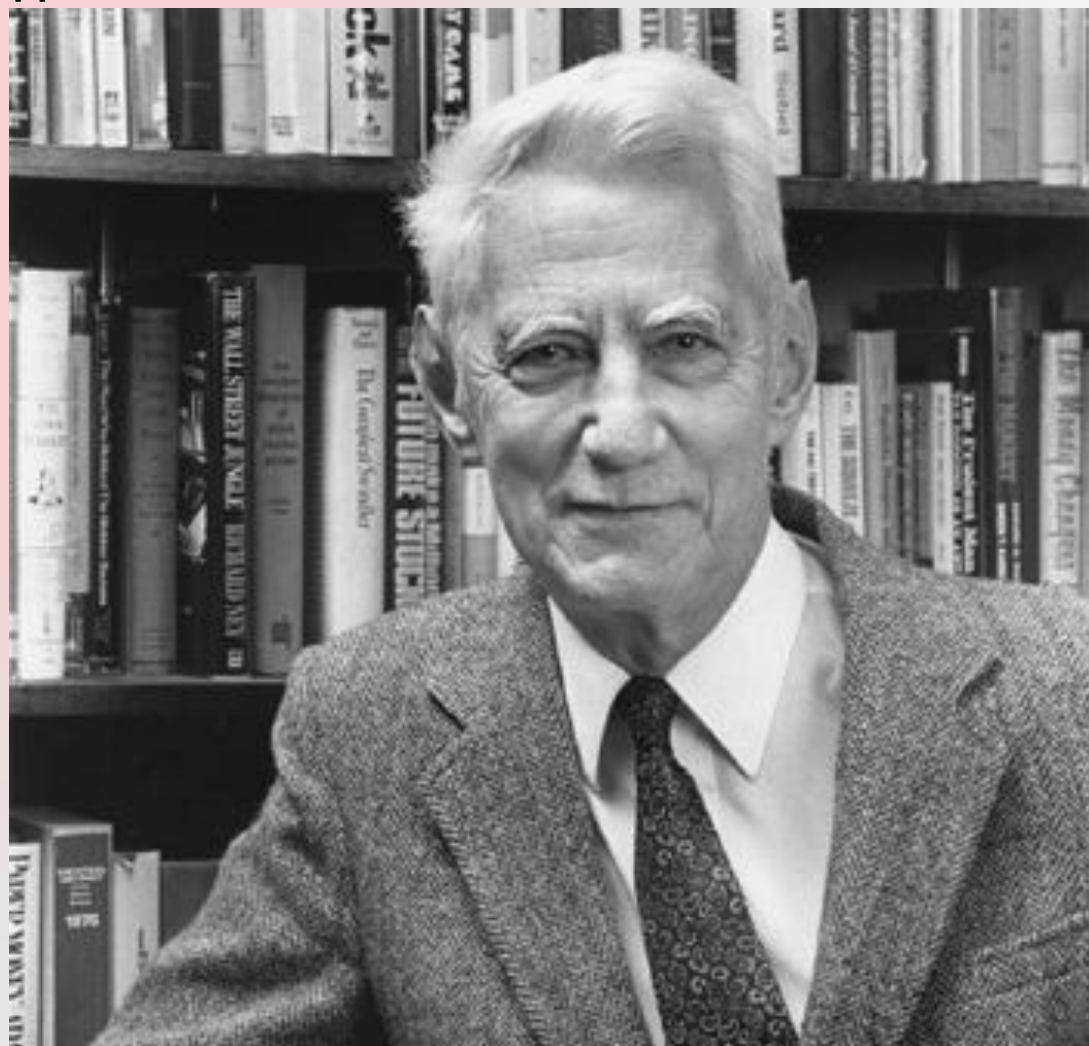
1945 г. В СССР принято правительственное постановление о 50-летию изобретения радио А. С. Поповым. Установлен ежегодный праздник "День радио" (7 мая), учреждены Золотая медаль им. А.С. Попова, значок "Почетный радист".



Фундаментальные идеи теории связи были выдвинуты крупнейшими учеными прошлого века **академиком Владимиром Александровичем Котельниковым** и **Клодом Элвудом Шенноном**. Эти идеи в значительной степени определили бурное развитие в XX в. **цифровых систем телекоммуникаций и обработки данных**.



В.А. Котельников



К. Шеннон

В. А. Котельниковым в 1933 г. была доказана знаменитая **теорема отсчетов**, а в 1947 г. создана **теория потенциальной помехоустойчивости**. Они являются базовыми положениями современной **теории связи**. Она имела два раздела - **теория приема дискретных и аналоговых сигналов**.

Теория приема дискретных сигналов получила значительное развитие в профессоров **Л. М. Финка, Д. Д. Кловского, Н. Т. Хворостенко** и др..

Теория приема аналоговых сигналов была развита в работах профессоров **И. Г. Большакова, В. Г. Репина, Р. Л. Стратоновича, В. И. Тихонова** и их учеников.

Эти работы получили мировое признание.

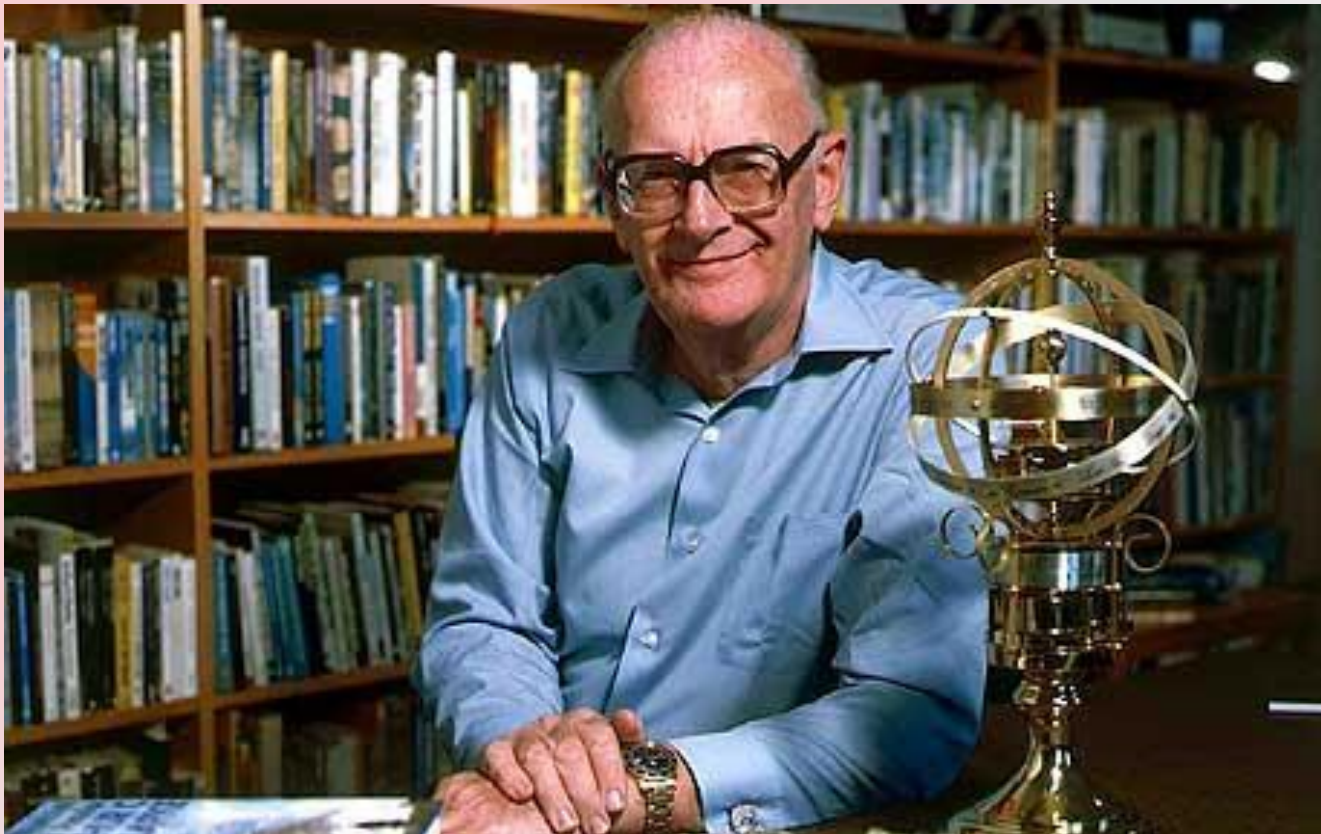
Изобретение радио оказало глубочайшее влияние на нашу цивилизацию.

Все XX столетие шло формирование информационного общества. В создании такого общества ключевую роль играет развитие радиотехники и электросвязи.

Важнейшими направлениями систем радиосвязи явились спутниковая связь и мобильная связь, рассмотрение истории возникновения и развития которых мы рассмотрим в следующих разделах.

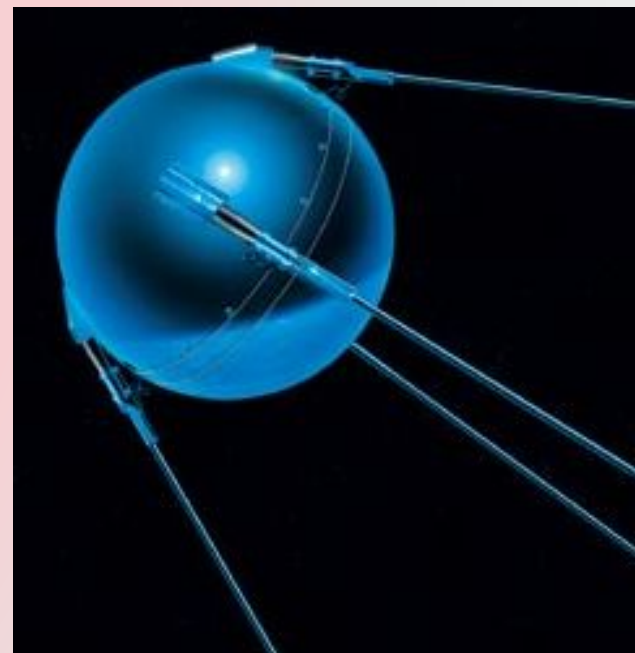
2.1.4 История спутниковых телекоммуникационных систем

Идея создания на Земле глобальных систем спутниковой связи была выдвинута в **1945 г. *Артуром Кларком***, ставшим впоследствии знаменитым писателем-фантастом.



Реализация идеи А. Кларка стала возможной только через 12 лет после того, как появились баллистические ракеты, с помощью которых **4 октября 1957 г.** в нашей стране впервые в мире на орбиту был запущен первый **искусственный спутник Земли** (ИСЗ).

Главным конструктором первых космических систем был выдающийся ученый, академик **Сергей Павлович Королев**.



Для контроля за полетом ИСЗ на нем был помещен маленький радиопередатчик - маяк, работающий в диапазоне 27 МГц.

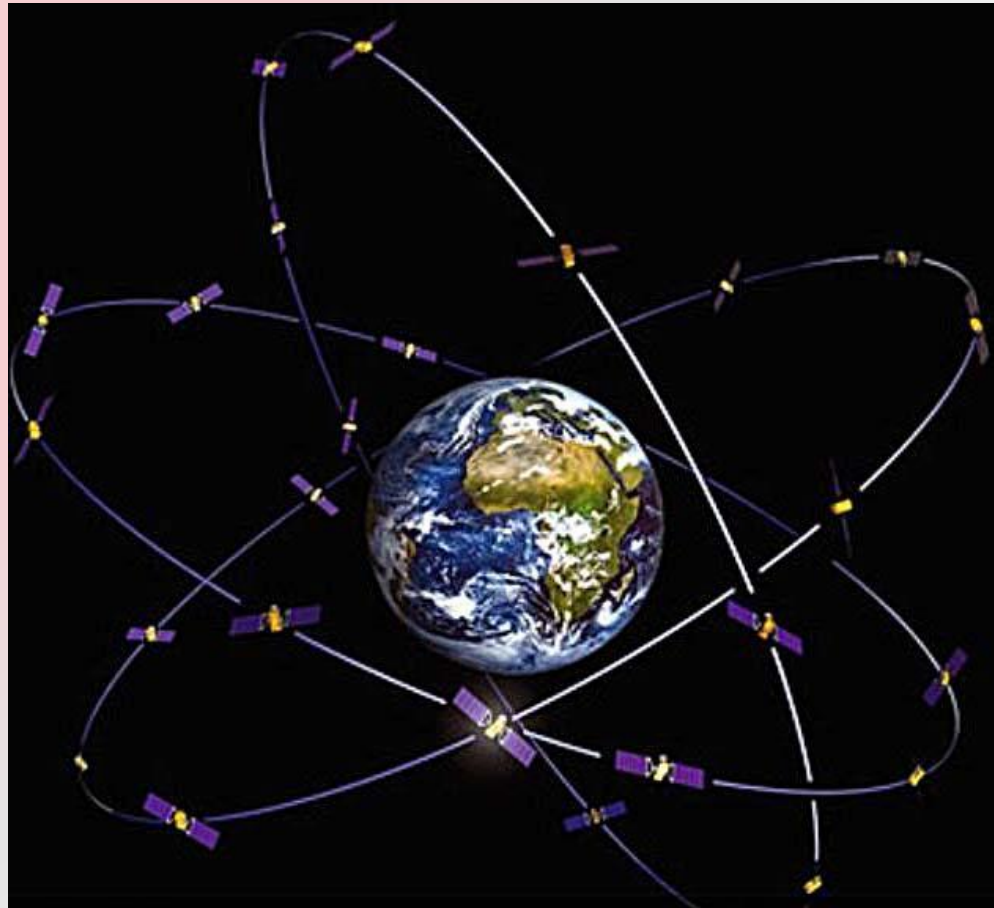
Через несколько лет **12 апреля 1961 г.** впервые в мире на советском космическом корабле "Восток" первый космонавт планеты Земля **Юрий Алексеевич Гагарин** совершил исторический облет Земли. При этом космонавт имел **регулярную связь с Землей по радио**.



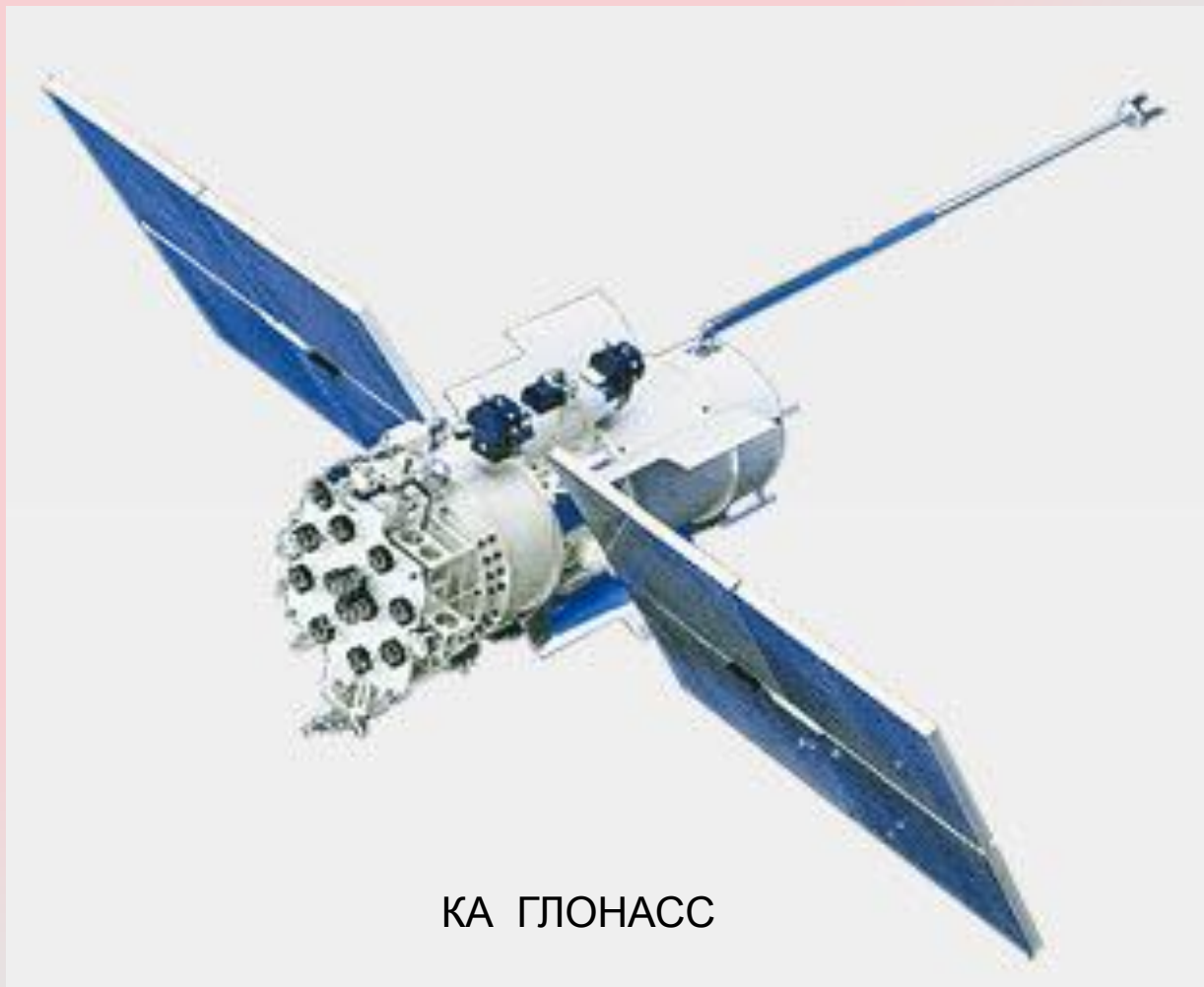
С.П. Королев и Ю.А. Гагарин

У истоков создания отечественных спутниковых радиосистем стояли выдающиеся отечественные ученые и инженеры, возглавлявшие крупные научные центры. Решающее значение сыграли космические аппараты и их носители, созданные в **НПО "Прикладная механика» (г. Железногорск, Красноярский край)**, возглавляемого учеником С.П. Королева академиком **М.Ф. Решетневым**.

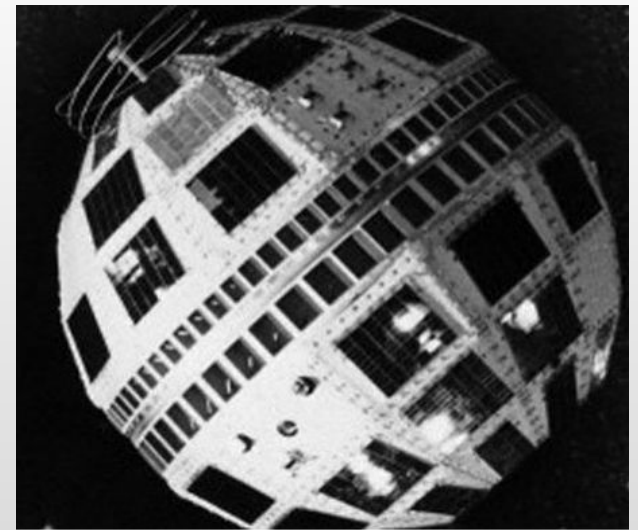
Бортовые ретрансляторы для первых спутников связи разрабатывались в **Московском научно-исследовательском институте радиосвязи (МНИИРС)**.



На **Омском производственном объединении «Полет»** производились ракета-носитель **«Космос-3М»**, спутники для навигационно-связной систем **«Парус», «Цикада»,** космические аппараты глобальной навигационной системы **ГЛОНАСС.**



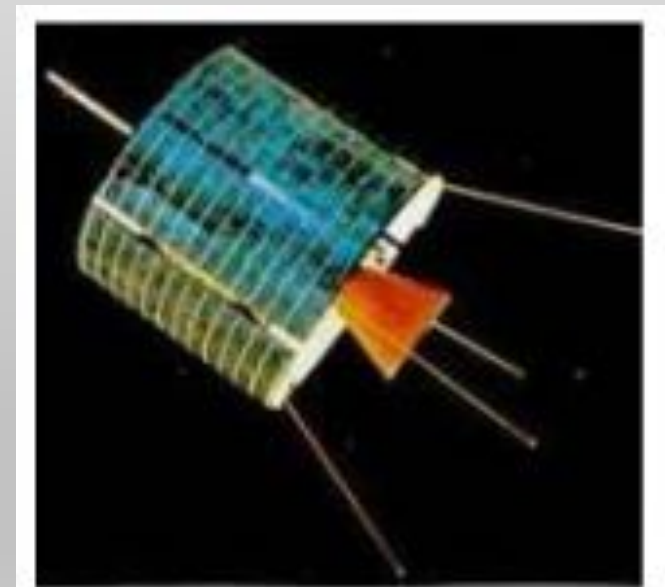
В **1962** г. в США выведен на орбиту спутник связи и телевидения «Telstar-I». Спутник находился на орбите высотой 952/5 632 км с периодом обращения 157 мин. Это не позволяло транслировать телевизионные передачи дольше 30-45 минут.



Telstar-I

В **1965** г. в США выведен на орбиту спутник связи будущей системы «Intelsat» - «Intelsat-I», известный как «Early Bird» («Ранняя птица»). Обеспечивал 240 телефонных голосовых каналов или один двусторонний телевизионный канал между США и Европой.

В 1971 г. с запуском новых спутников «Intelsat-4s» обеспечивал 4000 телефонных каналов, а началу 90-х гг. «Intelsat» обеспечивал самую обширную систему связи в мире.

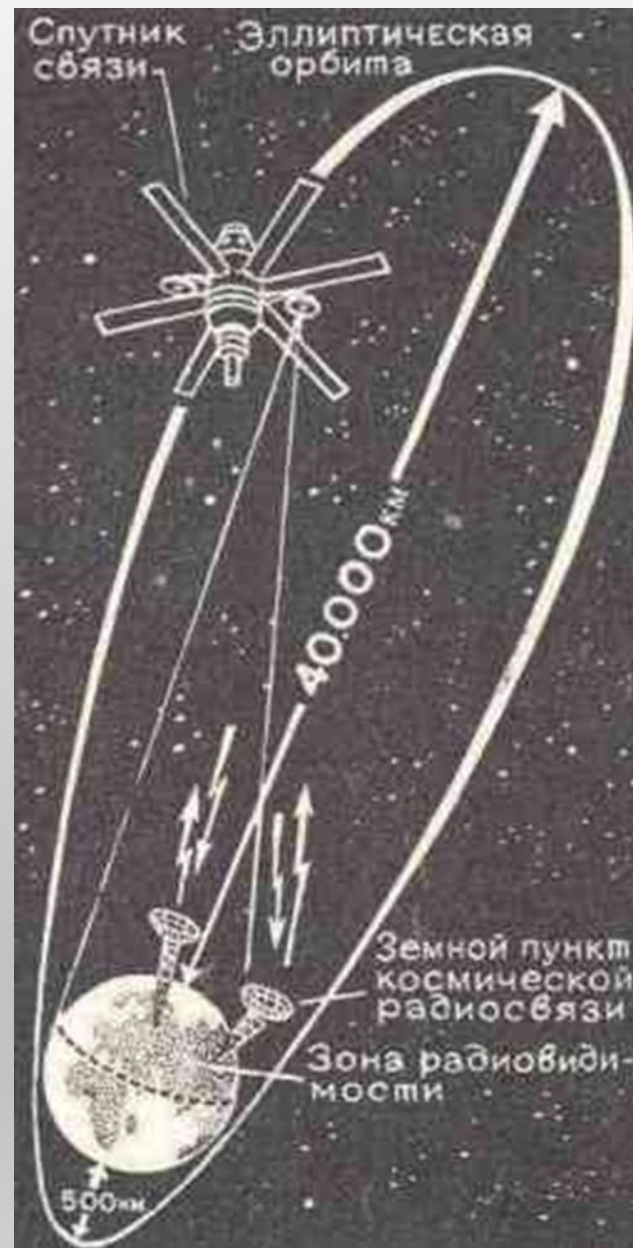


*Спутник связи
«Early Bird» (США)*

В ноябре 1962 г. в СССР удалось осуществить радиосвязь через планету Венера. Переданное с Земли телеграфным кодом слово «МИР» достигло планеты Венера, отразилось от нее и, пройдя общее расстояние 81 млн. 745 тыс. километров, и через 4 мин. 32,7 сек. было принято на Земле.

В СССР запуск первого искусственного спутника связи "Молния-1" состоялся 23 апреля 1965 г.

Первая спутниковая линия связи "Молния-1", разработанная МНИИРС и НИИР, связала Москву и Владивосток. Она работала в диапазоне частот ниже 1 ГГц. Эта линия предназначалась для передачи ТВ-программы или группового спектра 60 телефонных каналов. Спутник «Молния-1» был выведен на высокоэллиптическую орбиту с апогеем около 40 тыс. км, с перигеем около 500 км и периодом обращения вокруг Земли 12 ч.



Орбита спутника «Молния-1» была удобна для обслуживания территории нашей страны, расположенной в северных широтах, так как в течение **восьми часов** на каждом витке ИСЗ был виден с любой точки страны. Кроме того, запуск на такую орбиту с нашей территории осуществлялся с меньшими затратами энергии, чем на геостационарную.



Первый спутник связи – «Молния-1» (1965 год)

В 1969 г. в СССР впервые в мире по радио было осуществлено управление по радиоканалу с Земли роботом «Луноход-1», функционирующим на луне.

За время нахождения на поверхности Луны «Луноход-1» проехал 10 540 м, обследовав площадь в 80 000 м², передал на Землю 211 лунных панорам и 25 тысяч фотографий.

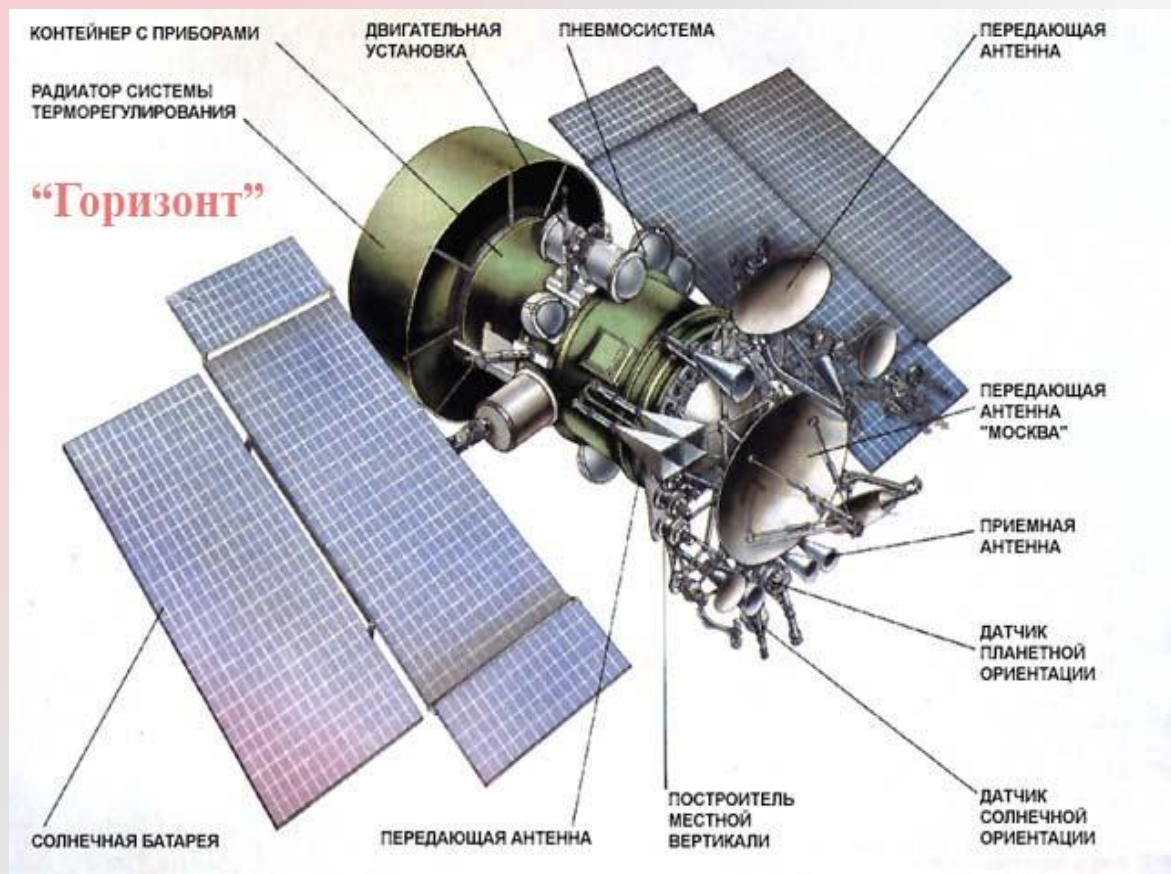


В 1965-1967 годах в СССР была создана первая в мире спутниковая система "Орбита" для распределения ТВ-программ. Была решена проблема подачи ТВ-программ центрального телевидения в восточные районы страны.

Система спутникового вещания "Орбита" работала в диапазоне 1 ГГц на базе аппаратуры "Горизонт-К". Она использовала также спутники «Молния» и «Радуга».

Главным конструктором данной разработки, имеющей для страны огромную важность, был **Н. В. Талызин** - в те годы заместитель директора НИИР.

В рекордно короткие сроки в восточных районах нашей страны было одновременно сооружено и введено в действие 20 земных станций "Орбита».



В период **1970-1972** г.г. система "Орбита" была переведена в международный С-диапазон 6/4 ГГц. Станция, функционирующая в новом диапазоне частот, получила название "Орбита-2".

К концу 1986 г. было построено около 100 станций "Орбита-2". Многие из них и в настоящее время являются действующими приемо-передающими станциями.

Создание первых в мире спутниковых систем распределения телепрограмм "Орбита" и "Орбита-2" явилось значительным техническим достижением в области телекоммуникаций и позволило обеспечить центральным ТВ-вещанием многие большие города и удаленные территории нашей страны.

20 млн. человек, живущие за Уралом, получили возможность смотреть программы Центрального телевидения.

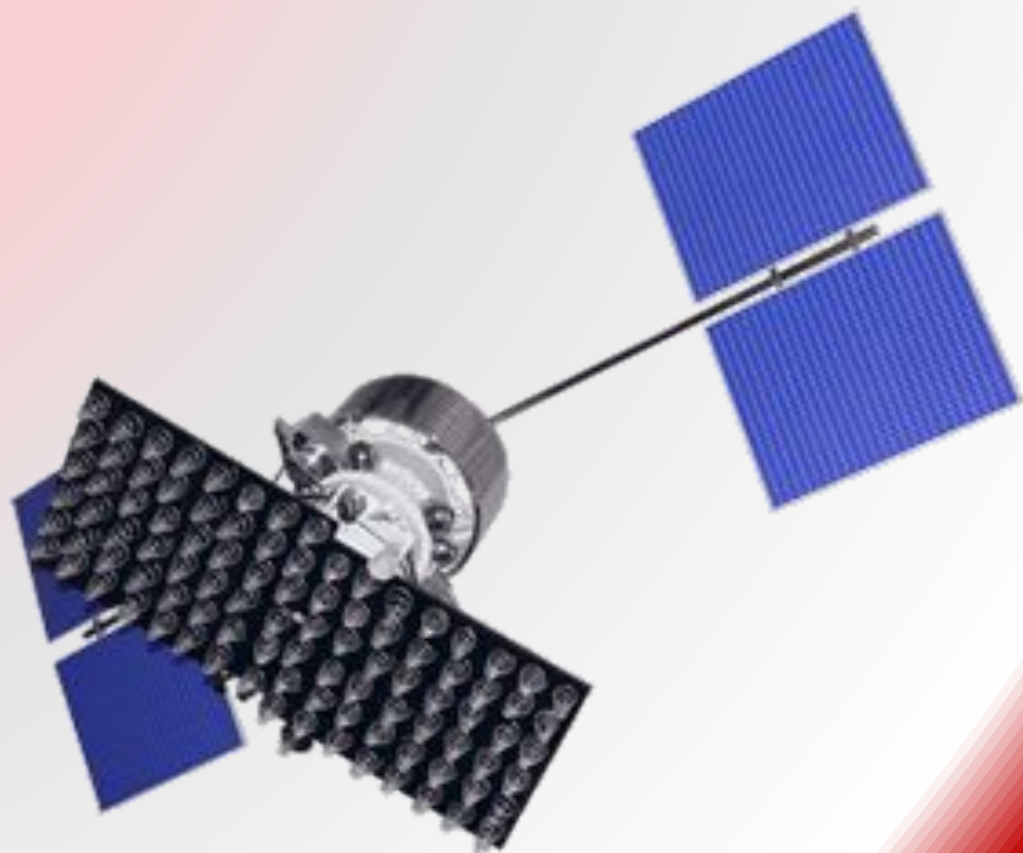


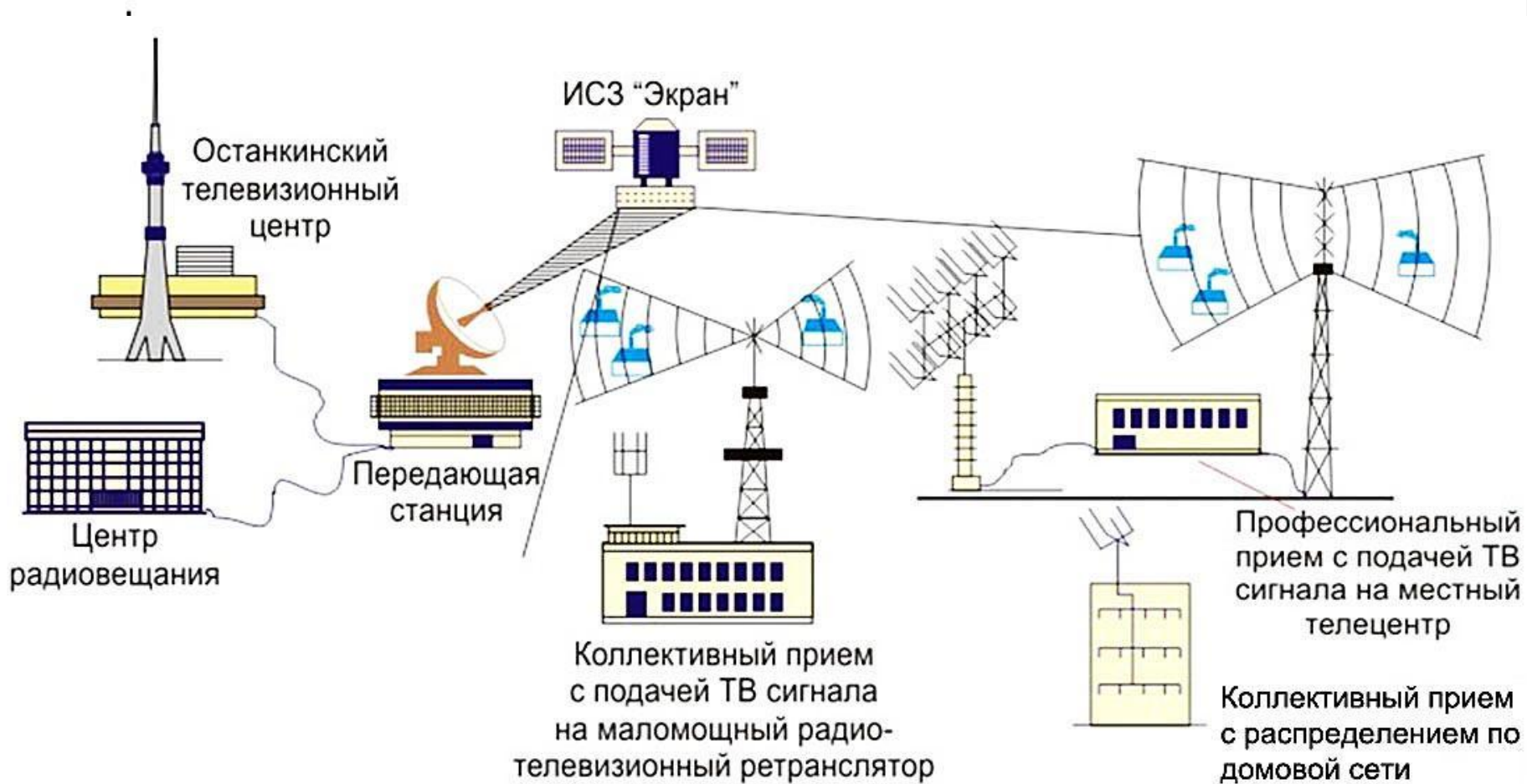
26 октября 1976 г. на геостационарную орбиту в точку 99° в.д. был запущен первый спутник системы «Экран» - первой в мире системы непосредственного спутникового вещания

Она работала в диапазоне частот 714 и 754 МГц и имела большую мощность передатчика бортового ретранслятора. Целью этой системы был охват ТВ-вещанием малонаселенных пунктов в районах Сибири, Крайнего Севера и части Дальнего Востока. Первый спутник серии «Экран» начал работу 26 октября 1976 г. Всего выпущено около 30 аппаратов этой серии.

Создание систем "Орбита" и "Экран" позволило обеспечить центральным ТВ- и ЗВ-вещанием всю азиатскую часть страны.

Последний «Экран-М», находящийся в позиции 99 градусов в. д., прекратил работу 1 февраля 2009 года.





Первая в мире система непосредственного ТВ-вещания "Экран"

Дальнейший прогресс в развитии систем спутникового ТВ-вещания в нашей стране связан с созданием системы **"Москва"**, в которой технически устаревшие земные станции (ЗС) системы "Орбита", имевшие большие антенны и большое энергопотребление, были заменены на малые ЗС

Для системы "Москва" на ИСЗ "Горизонт" был предусмотрен ствол повышенной мощности, работающий в диапазоне **4 ГГц** на узконаправленную антенну. Это позволило применять на приемных ЗС небольших параболических антенн с диаметром зеркала **2,5 м** без автоматического наведения.

Вследствие своей простоты и небольших размеров ЗС системы "Москва" получили большое распространение. Было выпущено около 10 тыс. ЗС разных модификаций.



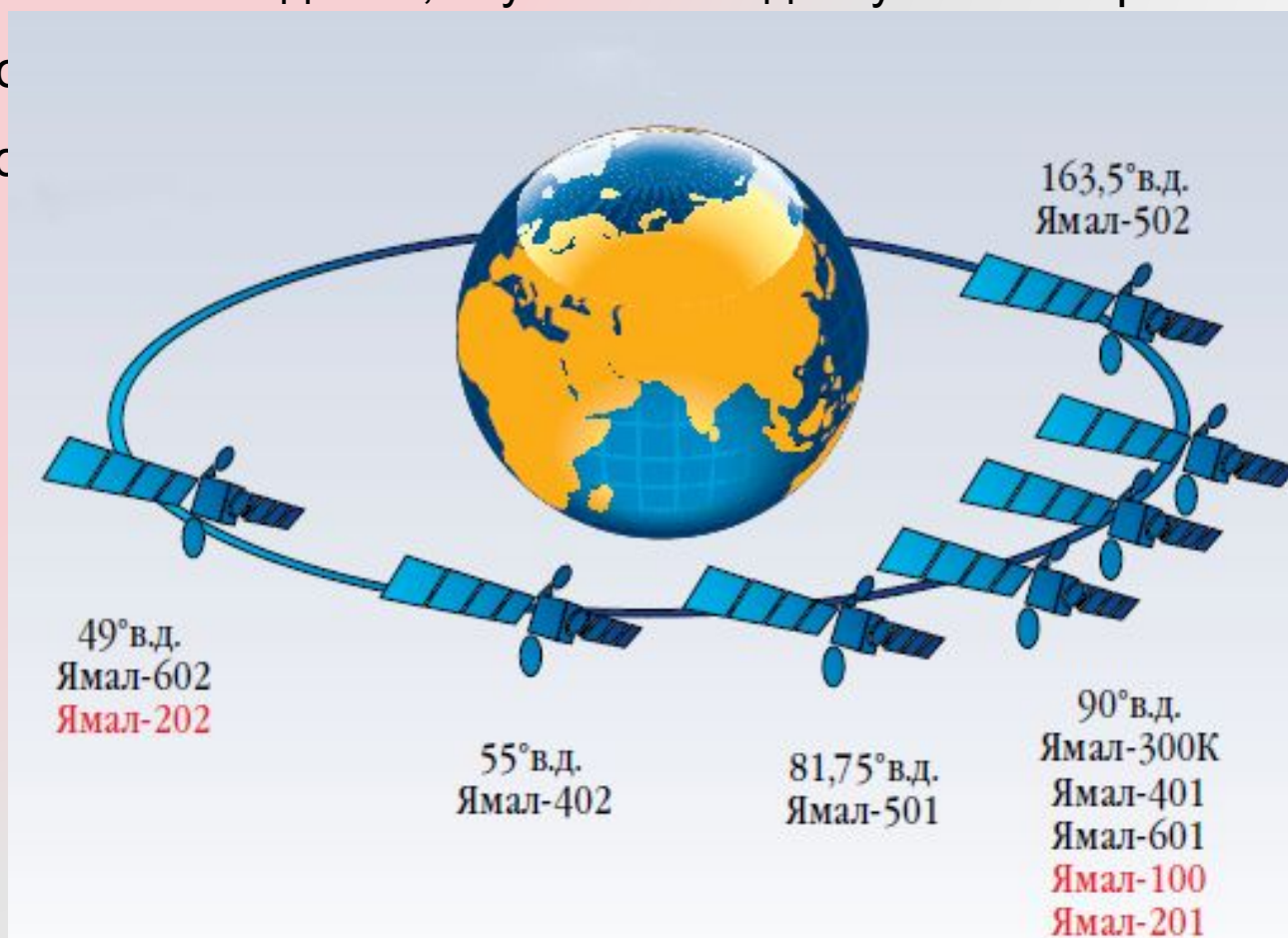
В 1989 году начала работать система «Москва - Глобальная», обеспечивающая прием отечественных телевизионных программ на территории практически всех стран мира.

Эта система послужила прототипом для многих спутниковых систем, созданных позже в США и Западной Европе, в которых для подачи программ ТВ на ЗС малого размера и умеренной стоимости использовались ИСЗ средней мощности, работающие в диапазоне фиксированной спутниковой службы.

Примером современной отечественной спутниковой системы связи и вещания является система «Ямал».

На базе спутников системы «Ямал» оказываются услуги по организации каналов связи и передачи данных, видео-конференцсвязи, распределительного телевидения, спутникового доступа в Интернет.

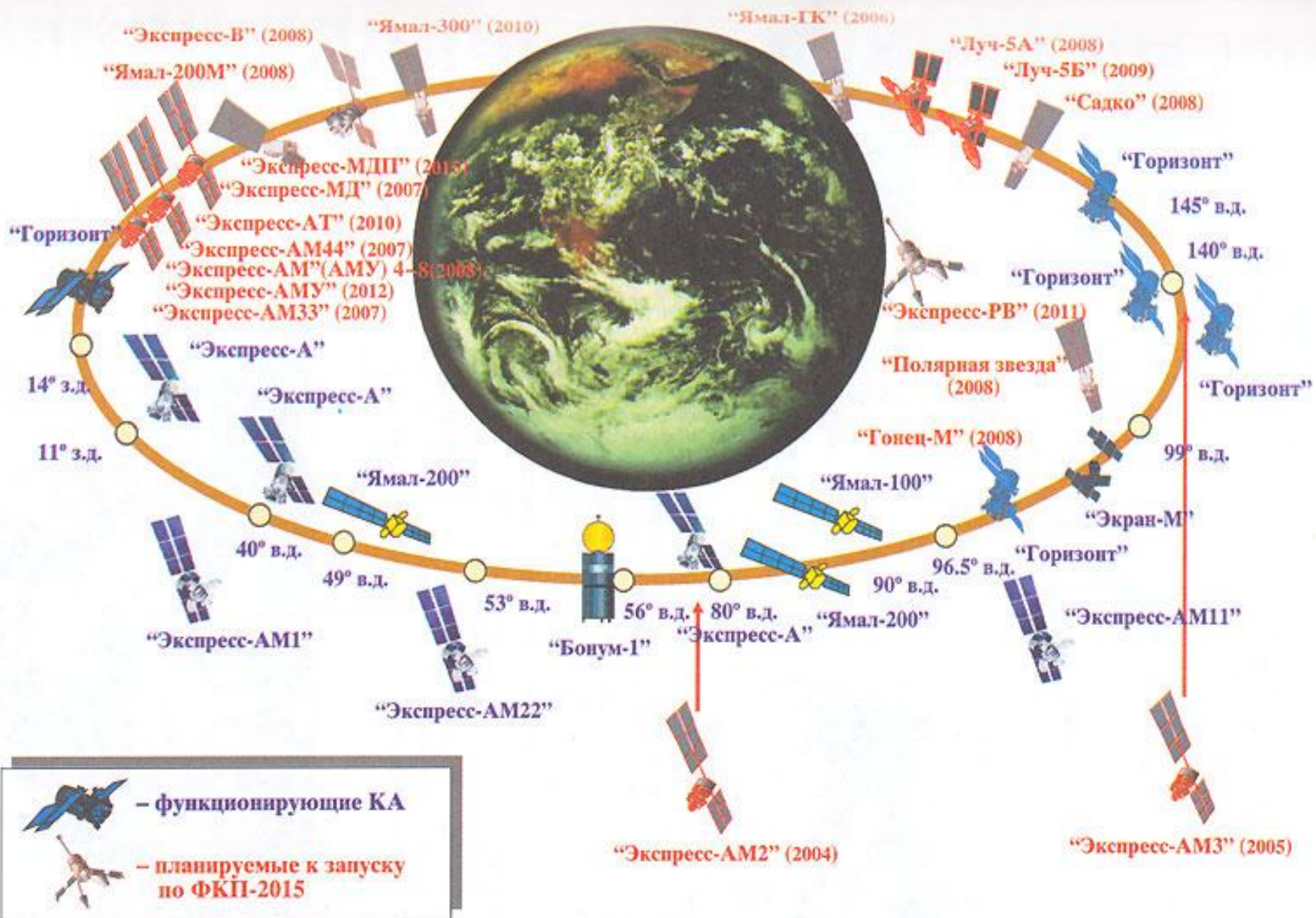
На их основе
телевидения р
телемедицины.



В последнее десятилетие минувшего века началось создание российского космического аппарата (КА) "Экспресс", предназначенного для замены спутников серии "Горизонт"



Перспективная спутниковая группировка России



Несмотря на достоинства систем спутниковой связи и навигации, Министерством связи РФ рассматриваются и альтернативные технологии. В частности, рассматривается аэростатное направление как альтернатива спутниковой группировке в Арктической зоне, где связь при помощи геостационарных спутников невозможна.



Рисунок2 - Дирижабль российского производства AU-30

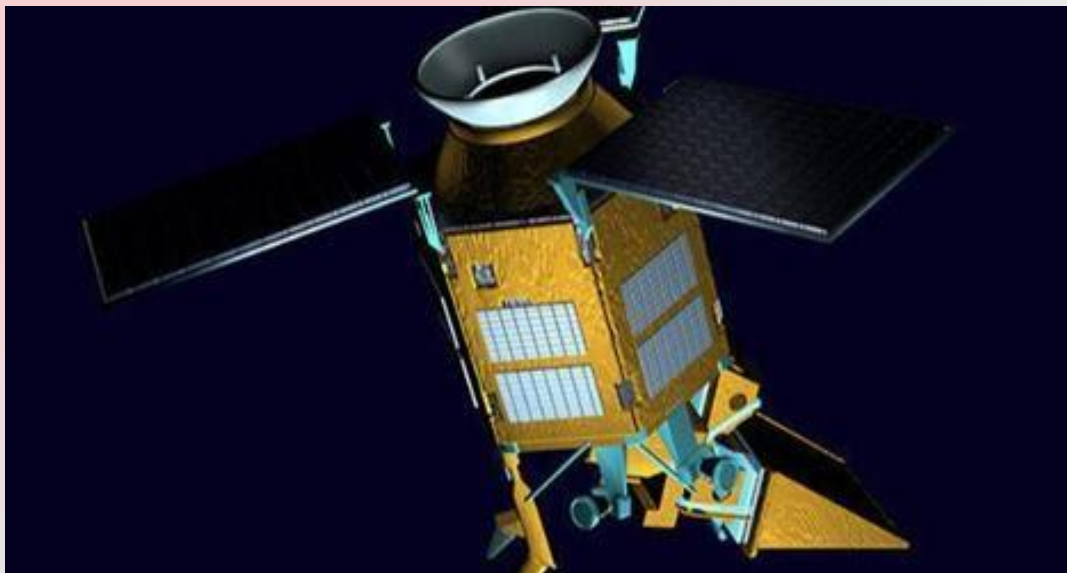
Россия намерена создать мощную инфраструктуру **персональной космической связи**, которая сможет обеспечить глобальный охват и конфиденциальность коммуникаций.

Для организации конфиденциальной подвижной связи предлагается создать **космический комплекс "Эллипс"**, заказчиками которого выступили Минобороны и Роскосмос. Бюджет проекта — 65,6 миллиарда рублей.

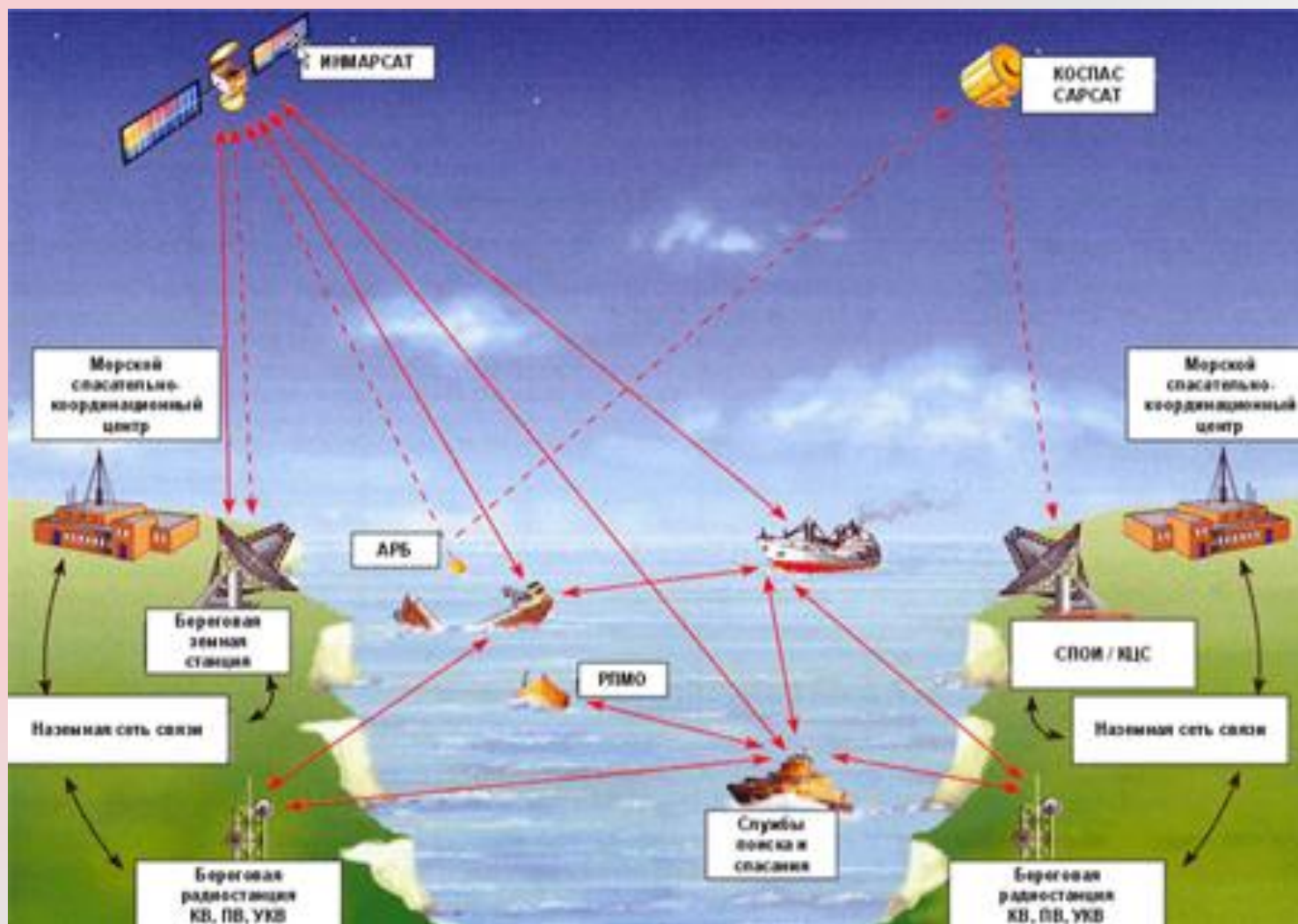
Планируется, что **к 2020 году** пропускная способность системы достигнет 80 гигабит, а к 2025 году — 120 гигабит, что позволит обслуживать до миллиона высокоскоростных абонентских терминалов одновременно.

Предполагается, что "Эллипс" будет использоваться руководством страны и военными для защищенной коммуникации.

Система будет функционировать на основе космических аппаратов нового поколения "Гонец-М1" и "Гонец-М2".



В настоящее время основой морской радиосвязи является **Глобальная морская система связи при бедствии для обеспечения безопасности (ГМССБ)**, обеспечивающая информационное взаимодействие судов между собой и с береговыми спасательно-координационными центрами в случае бедствия, для организации поиска и спасания судов и людей на море, а также для обеспечения судов информацией по безопасности мореплавания и служебной связью.



Войска воздушно-космической обороны (ВВКО), охраняющие рубежи России с воздуха и в космосе, появились в стране совсем недавно - первая дежурная смена заступила на боевое дежурство 1 декабря 2011 года.

ВВКО приняли на себя управление силами и средствами систем предупреждения о ракетном нападении, ПРО, ПВО, контроля космического пространства, запуска и управления спутников.

В 2015 году Войска воздушно-космической обороны были объединены с Военно-воздушными силами и составили новый вид войск — **Воздушно-космические силы**.

В настоящее время в составе отечественной орбитальной группировки более 130 космических аппаратов различного назначения.

Российская боевая авиация использовала в Сирии в 2015 году против террористов "Исламского государства" (ИГ) новейшую высокоточную авиационную бомбу, корректируемую с помощью ГЛОНАСС, точность попадания которой с высоты 5 км. составила 5 метров.

Анализ тенденций развития спутниковой связи и вещания показывает, что идет постепенное расширение использования новых телекоммуникационных технологий при сохранении преимущественности с уже развернутыми наземными сетями спутниковой связи и вещания.

Контрольные вопросы:

1. Кто открыл явление электромагнитной индукции?
2. Уравнения чьего имени лежат в основе теории распространения электромагнитных волн?
3. Кто открыл электромагнитные волны и измерил скорость света?
4. Какой эффект, использовавшийся впоследствии в когерере, открыл физик Э. Бранли?
5. Назовите устройство, изобретенное Оливером Лоджем, которое было применено А.С. Поповым в его грозоотметчике.
6. Назовите дату, которая в нашей стране считается днем изобретения радио.
7. Какой текст был впервые в мире передан по радио А.С. Поповым?
8. Чей приоритет в изобретении радио признал американский суд?
9. Кто получил нобелевскую премию за практическое использование радио?
10. В каком году и в какой стране был запущен первый искусственный спутник Земли, с которого впервые была осуществлена передача сигналов?
11. Как называлась первая спутниковая линия связи для передачи телевидения?