

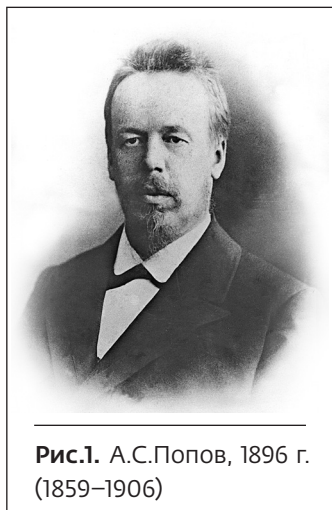
# ЭВОЛЮЦИЯ РАДИОТЕХНОЛОГИЙ как история освоения радиочастотного спектра

## 120-летию изобретения радио посвящается

Часть 1

**Н.Борисова**, кандидат технических наук,  
заместитель директора Центрального музея связи им. А.С.Попова

Представлен ретроспективный взгляд на эволюцию радиотехнологий как на движение к использованию более высокочастотных участков электромагнитного спектра, опирающееся на результаты фундаментальных физических исследований.



**Рис.1.** А.С.Попов, 1896 г.  
(1859–1906)

В текущем году исполняется 120 лет со дня изобретения радио. Термин "радио", имеющий ряд толкований, в данном случае обозначает передачу сообщений на расстояние без проводов с помощью электромагнитных волн. Первопроходцами в изучении и реализации этого процесса на долгие годы (вплоть до наших дней) стали физики, среди которых – русский ученый, преподаватель физики Минного офицерского класса в Кронштадте А.С.Попов (рис.1). Его современники, и сам Александр Степанович, начинали с изучения и демонстрации низкочастотных волн Герца. В начале 20 века ученые-физики обратились к исследованию физических особенностей распространения радиоволн, их влиянию на дальность связи; ближе к середине прошлого века приступили к изучению мегагерцовых участков

электромагнитного спектра. Теоретические результаты были взяты на вооружение радиоинженерами, которым на их основе удалось создать излучатели и приемники электромагнитных колебаний в СВЧ-диапазоне электромагнитных волн.

Продвигаясь вверх по шкале электромагнитных волн в гигагерцовые участки спектра, ученые создают теоретические основы для разработки все более высокочастотной элементной базы и способствуют, таким образом, развитию радиотехнологий и решению актуальнейшей на сегодняшний день проблемы дефицита частотного ресурса. Эта тема не сходит с повестки дня конгрессов и форумов, страниц периодики и новостных лент сайтов телекоммуникационных операторов.

Основное внимание в решении проблемы дефицита частотного ресурса в наши дни уделяется организационно-техническим методам. Рассматриваются проблемы перераспределения занятых участков спектра, специалисты оперируют понятиями "конверсия радиочастотного спектра", "цифровой дивиденд" и т.п. Может быть, стоит обратить внимание на научно-технический поиск возможностей освоения незанятых участков на шкале электромагнитных волн,

которая сродни периодической таблице химических элементов? О том, что это возможно (даже, если кажется невероятным), говорят и история формирования шкалы электромагнитных волн, и закономерности развития радиотехнологий, ведущих свой отсчет от далекого 1895 года, когда А.С.Попов перед маститыми учеными на заседании Русского физико-химического общества (РФХО) прочитал доклад "Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям" и сопроводил его демонстрацией в действии аппаратуры для беспроволочной передачи электрических сигналов различной длительности (рис.2).

### ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СПЕКТР В ГОД ИЗОБРЕТЕНИЯ РАДИО

Все электромагнитные волны тождественны по своей природе: они подчиняются одним и тем же законам отражения, преломления, интерференции, дифракции и поляризации и имеют одинаковую скорость распространения в эфире, равную  $3 \cdot 10^8$  м/с; отличаются друг от друга только длиной волны. Полный электромагнитный спектр (окончательно сформировавшийся на основании экспериментальных данных) к началу 1920-х годов представлял собой совокупность всех получаемых и наблюдаемых на земле электромагнитных волн, расположенных в последовательном порядке в соответствии с длиной волн.

Идея упорядочить электромагнитные волны, известные к тому времени, пришла к ученым в 1880-х годах. Их стали изображать графически на логарифмической шкале длин (*scala* – по латыни лестница), чтобы иметь возможность изобразить длины волн всего электромагнитного спектра на листе. В качестве отметок в шкале использовали длину волны (линия волновых отметок) или частоту (линия частотных отметок). Линия волновых отметок строилась на основе упорядочения величин длин волны в метрах, сантиметрах, миллиметрах и т.д.; линия частотных отметок – величин частоты в герцах, килогерцах, мегагерцах и т.д. В отличие от измерительных шкал здесь не было ни нулевой, ни последней отметки.

Впервые графическое изображение спектра на логарифмической шкале было выполнено Релеем в 1883 году (Англия); этим способом воспользовались Гюильом в 1889 году (Франция), Рубенс в 1900 году (Германия), Лебедев в 1901 году (Россия). В те времена еще не все виды и свойства излучений

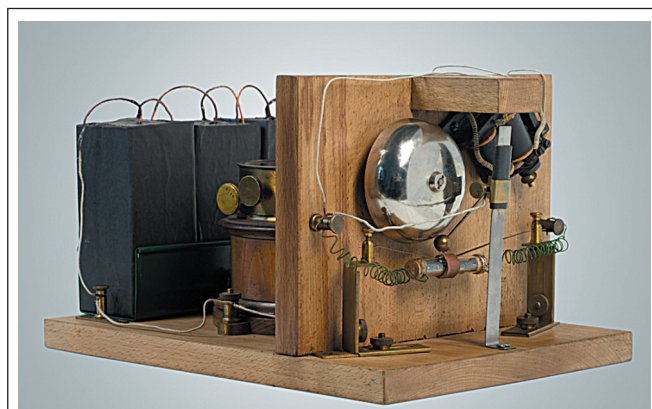
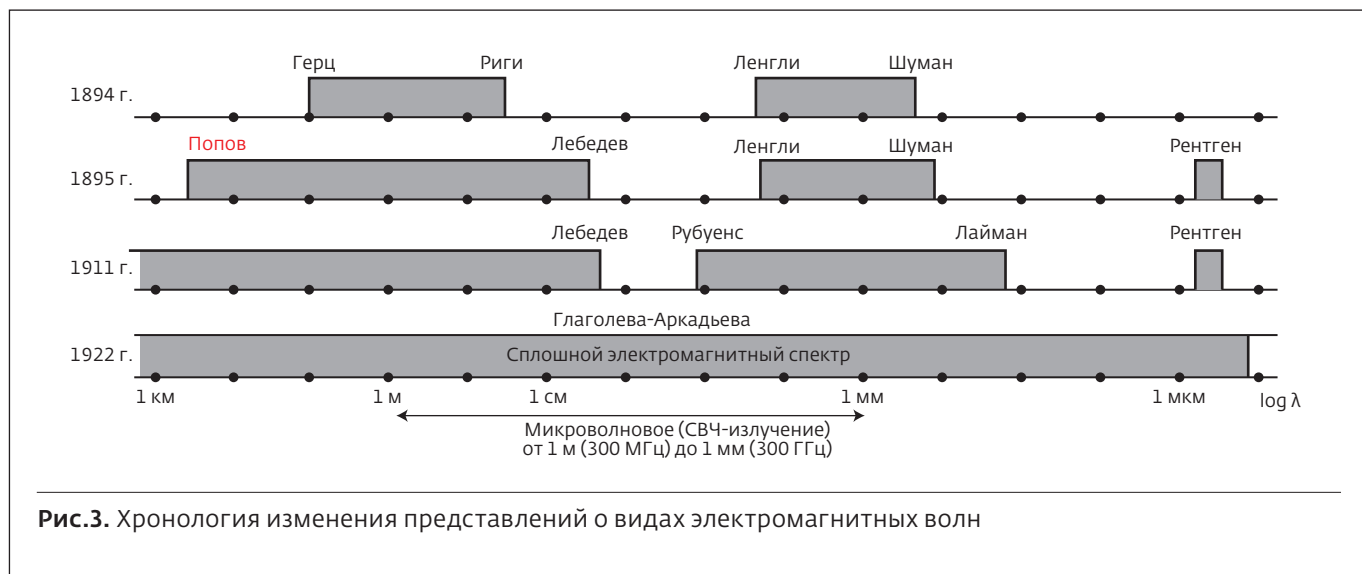


Рис.2. Приемник А.С.Попова

были открыты, поэтому электромагнитный спектр не был сплошным. Физики стремились "сомкнуть" электромагнитный спектр – получить и исследовать все возможные частоты. На шкале, изображенной на рис.3, для сравнения условно представлены виды электромагнитных волн, которыми располагало человечество (т.е. имелись излучатели и/или приемники излучений) в конце 1894, 1895-го годов. Необходимо отметить, что 1895 год вошел в историю науки и техники не только как год изобретения радио, но и существенного пополнения знаний об электромагнитных волнах.

Во-первых, следует отметить открытие в 1895 году Рентгеном так называемых X-лучей, и тот интерес, который был проявлен к этому событию физиками всего мира, в том числе А.С. Поповым. Не зная об опасности излучения, изобретатель радио начал экспериментировать с X-лучами сразу, как только узнал о новинке – в декабре 1895 года. Не исключено, что эти эксперименты могли негативно сказаться на его здоровье, став одной из причин раннего ухода из жизни – в конце 1905 года в возрасте 46 лет.

Во-вторых, в 1895 году экспериментально было доказано существование электромагнитных волн выше и ниже так называемого диапазона "Герц – Риги". Наибольшую длину волны (9,3 м) немецкому физика Г.Герцу удалось получить, исследуя отражение электромагнитных волн от грандиозного зеркала размером  $2 \times 4$  м. При этом нельзя не отметить такой любопытный факт, что классический вибратор Герца работал на дециметровых волнах и был весьма эффективным излучателем для физических опытов, но не для передачи сообщений на расстояние.



**Рис.3.** Хронология изменения представлений о видах электромагнитных волн

По представлениям того времени, когда модуляцию еще не придумали, для передачи на расстояние информации необходимо было излучать в пространство электромагнитные волны низких (информационных) частот. Если учесть, что дальность связи определялась длиной волны, а та, в свою очередь, соответствовала геометрическим размерам антенны, то становится понятно, почему сам Герц категорически отрицал возможность применения электромагнитных волн для осуществления беспроводной связи на расстоянии. Он ссылаясь на то, что для достижения практически значимых дальностей потребовались бы антенные системы, превышающие по высоте самые высокие горы в мире.

До каких же пределов произошло расширение электромагнитного спектра волн Герца в 1895 году? Волномеров в те годы не существовало, поэтому длину волны излучателя и приемника можно оценивать только ориентировочно по размерам антенны. Когда А.С.Попов 25 апреля (7 мая) 1895 года демонстрировал работу своего приемника на заседании РФХО (в помещении), то он не вышел за нижний предел волн Герца, так как использовал в качестве антенны вертикальную проволоку небольшой длины (2,5 м). Но во время испытаний своего приемника в качестве грозоотметчика летом 1895 года в Лесном институте, в Санкт-Петербурге, А.С.Попов использовал антенную систему, которая имела общую длину порядка 108 м, что с учетом сопротивления и емкости трубки Бранли могло составить длину волны от 250 до 500 м.

По состоянию на 1894 год наименьшая длина излучаемой электромагнитной волны была получена

итальянским физиком А.Риги, которому удалось уменьшить размеры вибратора английского физика О.Лоджа. Последний состоял из двух шаров диаметром около 10 см. В процессе экспериментов Риги уменьшил их диаметр до 4 см и 1,36 см, поместив в масло. П.Н.Лебедеву в 1895 году удалось, изменив конструкцию, получить волны длиной 6 мм, а при определенных условиях – даже 3 мм. Таким образом, в результате работ двух русских ученых-физиков, электромагнитный спектр волн Герца в 1895 году был сильно расширен передвижением его границ влево и вправо.

Когда в начале 20 века ученые расположили в один ряд все открытые к тому времени виды электромагнитных колебаний, то оказалось, что только в одном месте наблюдался разрыв – между самыми короткими радиоволнами, полученными Лебедевым и инфракрасными лучами, полученными Рубенсом, имевшими длину волны не более 100 мкм. Но физики разных стран верили в существование всеобщей непрерывной шкалы электромагнитных колебаний. Один из ученых того времени писал: "В 1900 году на конгрессе физиков в Париже встретились Лебедев и Рубенс и, подавая друг другу руки, высказали пожелание протянуть друг другу руки и в спектре электромагнитных волн". Ни Лебедеву, ни Рубенсу не было суждено дожить до этого. Только в сентябре 1922 года (через двадцать два года после памятного рукопожатия) преподаватель Московского университета А.А.Глаголева-Аркадьева на третьем съезде Российской ассоциации физиков объявила о создании "массового" излучателя, в спектре которого были обнаружены колебания с длиной волны от 80 мкм до 50 мм. Так



Рис.4. Шкала электромагнитных волн

был заполнен последний пробел в электромагнитном спектре, который касался микроволнового диапазона, востребованного современными радиотехнологиями.

Шкала электромагнитных волн (полный электромагнитный спектр) делится на следующие диапазоны: радиоволны, инфракрасные лучи, свет, ультрафиолетовое, гамма- и рентгеновское излучения (рис.4). За пределами гамма-излучения ученые предполагают наличие космических

лучей. Иногда встречается зеркальное изображение шкалы, когда она начинается с гамма-излучения и заканчивается радиоизлучением. В этом случае при движении по шкале вправо увеличивается длина волны и уменьшается частота излучения.

Упорядоченное представление электромагнитных волн оказалось необычайно полезным как для изучения природы электромагнитных волн, так и для развития радиотехнологий. ■



## Новый модуль грозозащиты InfiNet успешно прошел испытания

Компания "Инфинет" (InfiNet Wireless) – российский разработчик и производитель систем беспроводного широкополосного доступа операторского класса, сообщил об успешном завершении комплекса сертификационных испытаний для внешнего гигабитного модуля грозозащиты AUX-ODU-LPU-G. Данное решение было протестировано на соответствие требованиям стандарта GR-1089-CORE независимой испытательной лабораторией MET Laboratories. Испытания включали

в себя комплекс тестов, призванных подтвердить защитные свойства изделия в части подавления электрических импульсов, навешенных грозовыми разрядами.

Соответствие AUX-ODU-LPU-G требованиям стандарта является гарантией надежной работы сетевого и беспроводного оборудования, установленного за модулем грозозащиты. Для максимальной защиты рекомендуется устанавливать по одному модулю на мачте в непосредственной близости

от блока ODU и на входе в здание, а также следовать рекомендациям, приведенным в документации на изделие.

Помимо этого, новый модуль успешно прошел испытания в лаборатории Intertek на пылевлагозащиту согласно требованиям IP66 и IP67, подтверждая их пригодность для установки в самых сложных климатических зонах.

*По информации компании "Инфинет"*

## Новый корпоративный сайт

Компания "Родник" запустила новый корпоративный сайт, с которым стало быстрее, удобнее и проще работать. Самое главное нововведение, появившееся на сайте [www.rodnik.ru](http://www.rodnik.ru), – это "Личный кабинет" с возможностями оперативного заказа. На новом сайте посетителю предложено выбрать геолокацию, чтобы определить, с каким офисом НПП "Родник" удобнее работать – в Москве, Санкт-Петербурге или Екатеринбурге.

Зарегистрировавшись на сайте, клиент может самостоятельно добавить в спецификацию те продукцию или программное обе-

спечение, которые ему необходимы. Также теперь через "Личный кабинет" легко можно отслеживать историю запросов, оперативно менять набранную спецификацию и подписываться на новости по RSS-каналу.

Еще одна удобная функция нового сайта – возможность заказать обратный звонок любого специалиста компании "Родник". Также через форму обратной связи можно создать запрос из карточки продукта в произвольной форме, записаться на курсы или семинары, которые проводит Учебно-консультационный центр "Родник".

Вся информация на сайте была по-новому систематизирована, и теперь любой продукт может быть найден через "Каталог оборудования и программного обеспечения", где представлены 17 категорий – "Радиосети сбора данных и управления", "САПР СВЧ-устройств", "Защищенные планшеты, ноутбуки и коммуникаторы", "Измерительная аппаратура" и т.д. Найти продукцию можно как через продуктовый каталог, так и по производителям.

*По информации НПП "Родник"*

## Российское оборудование радиодоступа "прописывается" на сельских сетях связи

Компания "РОТЕК" признана победителем в конкурсе ПАО "Ростелеком" на поставку оборудования беспроводного широкополосного доступа (БШПД) в рамках реализации инициативы "Модернизация сельской связи в 2015–2024 гг." С установкой оборудования производства российской компании 143 небольших населенных пункта получат доступ к информационным ресурсам. По итогам тендера в МРФ "Волга" и "Сибирь" запланировано поставить 419 базовых станций и 6791 абонентское устройство.

Выбранное оператором решение представляет собой узел БШПД, состоящий из базовой станции (БС) и абонентских устройств, работающих в диапазоне 5 ГГц. Для наилучшего покрытия предусматривается установка трех внешних антенн с секторной диаграммой направленности.

Каждая БС поддерживает одновременно более 30 активных абонентских станций в радиусе до 5 км.

Установленный на стороне клиента абонентский комплект включает в себя радиомодуль с направленной антенной и блок для установки в помещении. Абоненту предоставляется возможность использовать услуги Triple Play (интернет, цифровое ТВ, телефонная связь VoIP) с гарантированной скоростью трафика передачи данных не менее 10 Мбит/с в прямом и 5 Мбит/с в обратном каналах. Оборудование "РОТЕК", предназначенное для установки вне помещений, разработано специально для эксплуатации в жестких условиях окружающей среды.

*По информации НПК "РОТЕК"*

## G.fast для дома

Компания Alcatel-Lucent представила новое устройство для жилого и бизнес-сектора – квартирный шлюз G.fast – 7368 ISAM CPE. Шлюз – простое, автоматически конфигурируемое устройство, для установки которого инженерам оператора не нужно выезжать к абоненту, при этом применение стандарта G.fast позволяет на имеющихся телефонных линиях достичь скоростей, сравнимых со скоростями, поддерживаемыми оптическими технологиями. Потребитель получает дома скорость доступа более 750 Мбит/с по медной инфраструктуре.

Квартирный шлюз G.fast обеспечивает двудиапазонное Wi-Fi-подключение с высоким уровнем мощности и скоростью передачи 1 Гбит/с. Наличие встроенной технологии обратного электропитания удаленных точек распределения G.fast позволяет оператору больше не беспокоиться о подключении распределительных устройств к местной электросети.

*По информации Alcatel-Lucent*