

## Месть доброй воли не имеет отношения к этой статье!!!

Мы приводим ее для общего понимания области радиолокации и некоторых типов радиолокации. Это полезно при классификации радиоэлектронных средств

Она взята с сайта <https://www.radartutorial.eu/>. Очень интересный сайт по радиолокации. Автор: Андрій Музиченко (Украина)

Не стыдно учиться у врага – стыдно не учиться вовсе.

### Диапазоны частот и длин волн

Спектр электромагнитных волн простирается до частот выше  $10^{24}$  Гц. Этот очень широкий сложный диапазон делится на поддиапазоны с различными физическими свойствами.

Разделение частот по поддиапазнам ранее выполнялось в соответствии с исторически сложившимися критериями и в настоящее время устарело. Это привело к возникновению современной классификации диапазонов частот, которая в настоящее время используется на международном уровне. Однако в литературе все еще можно встретить традиционно сложившиеся названия диапазонов частот.

На Рисунке 1 изображен диапазон частот, занятый электромагнитными волнами, и показано его деление на поддиапазоны.

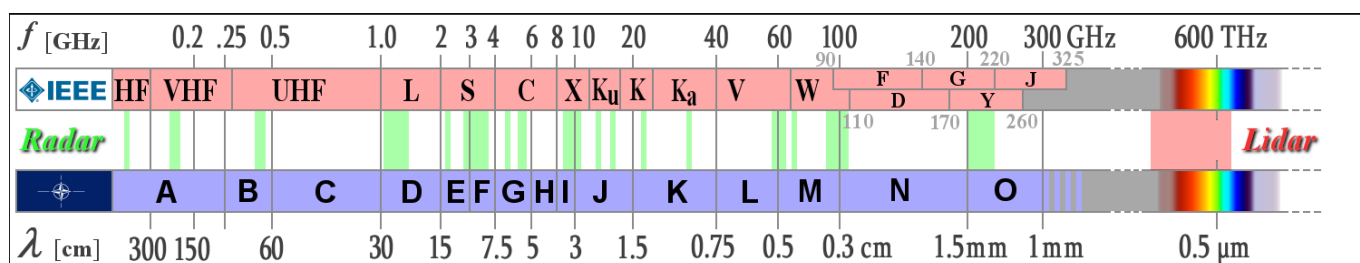
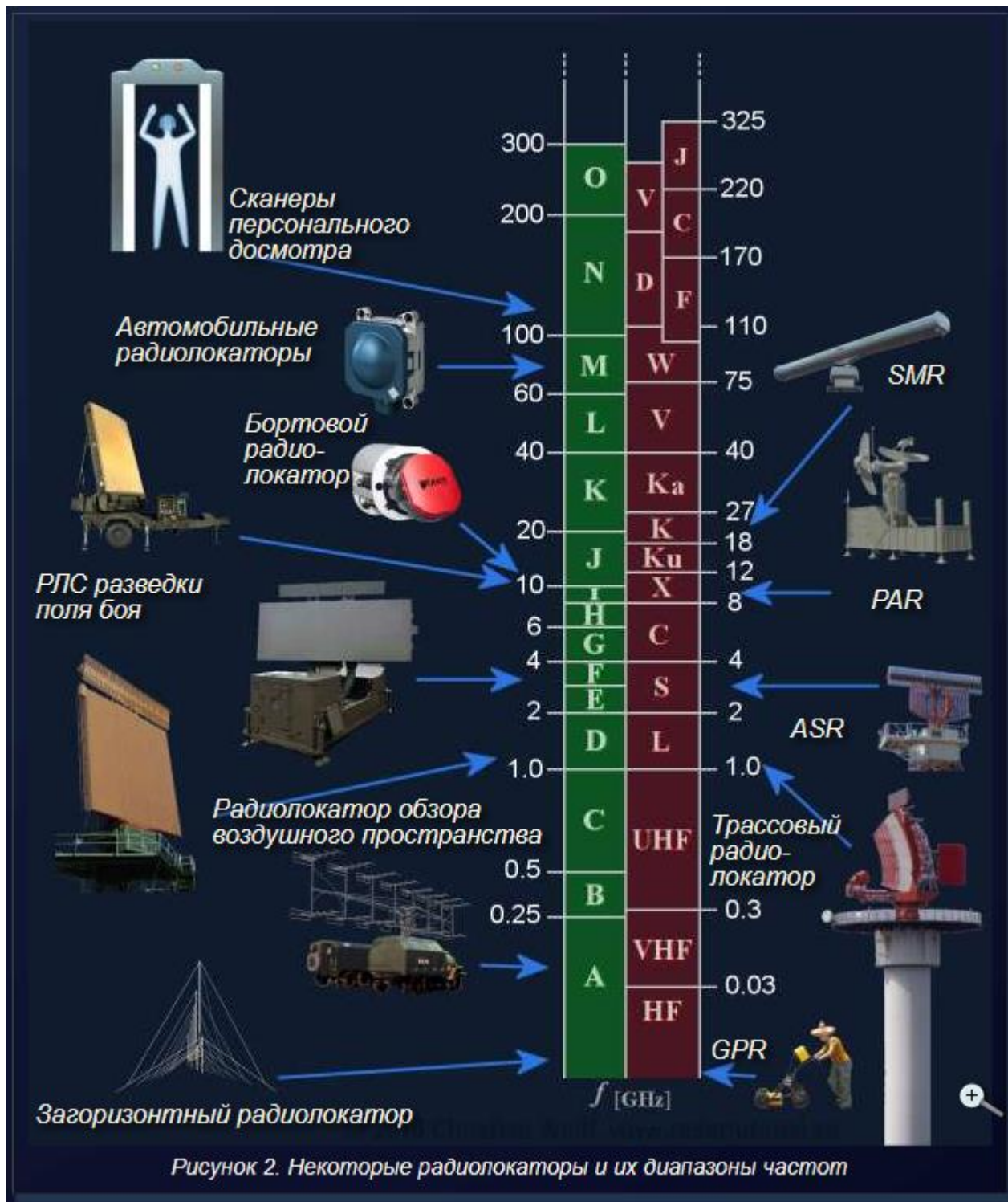


Рисунок 1. Диапазоны частот и длин волн, используемые в радиолокации

В верхней части рисунка показано деление спектра электромагнитных волн, сложившееся исторически и официально принятое Институтом инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (Institute of Electrical and Electronic Engineer, IEEE). В нижней части рисунка показана современная классификация диапазонов частот, принятая для использования в структурах НАТО. Видно, что границы частотных диапазонов в этих двух классификациях не всегда совпадают.

Диапазоны и поддиапазоны частот называют заглавными буквами. Такой подход возник еще на заре радиолокации, когда точное значение рабочей частоты радиолокационного средства старались держать в тайне.



В русскоязычной литературе эти диапазоны называют диапазоном высоких частот (ВЧ) и диапазоном очень высоких частот (ОВЧ, иногда – метровым диапазоном), в англоязычной – диапазоном HF (High Frequency) и диапазоном VHF (Very High Frequency).

Эти радиолокационные диапазоны ниже 300 МГц имеют давнюю историю применения, поскольку именно в этих диапазонах активно развивались радиотехнологии в годы Второй мировой войны. В настоящее время эти частоты используются в радиолокаторах раннего обнаружения и так называемых загоризонтных радиолокаторах (Over The Horizon, OTH). Для таких низких частот легче строить высокоомощные передатчики. Затухание электромагнитных волн на таких частотах меньше, чем при использовании более высоких частот. С другой стороны, точность таких радиолокаторов ограничена, поскольку низкие частоты требуют антенн с очень большими физическими размерами, что определяет точность измерения и разрешающую способность по угловым координатам. Кроме того, эти диапазоны частот используются и другими службами, связью и радиовещанием, поэтому полоса частот для радиолокаторов ограничена (что, опять же влияет на точность и разрешающую способность).

Однако, в последнее время, интерес к использованию этих диапазонов частот в радиолокации возвращается, поскольку на этих частотах технологии снижения радиолокационной заметности Stealth не обеспечивают требуемого эффекта.

## **С-диапазон (УВЧ)**

Этот диапазон называется диапазоном ультравысоких частот (УВЧ) или дециметровым диапазоном. В англоязычной литературе – Ultra High Frequency (UHF).

Существует не так много радиолокационных систем, разработанных для этого частотного диапазона (от 300 МГц до 1 ГГц). Эти частоты хорошо подходят для радиолокационного обнаружения и сопровождения спутников и баллистических ракет на больших расстояниях. Радиолокаторы, работающие в этом диапазоне частот, используются для раннего обнаружения и предупреждения о целях как, например, обзорный радиолокатор в системе противовоздушной обороны средней дальности MEADS (Medium Extended Air Defense System). Некоторые метеорологические радиолокационные системы, например, предназначенные для построения профиля ветра, работают в этом диапазоне, поскольку распространение электромагнитных волн на таких частотах слабо зависит от облаков и дождя.

Новые технологии сверхширокополосной радиолокации (Ultrawideband, UWB) используют все частоты от А- до С-диапазона. Сверхширокополосные радиолокаторы излучают очень короткие импульсы на всех частотах одновременно. Они используются для неразрушающего контроля материалов и объектов, а также как радиолокаторы подповерхностного зондирования (Ground Penetrating Radar, GPR), например, для археологических исследований.

## **D-диапазон (L-диапазон)**

Этот частотный диапазон (от 1 до 2 ГГц) является предпочтительным для работы радиолокаторов дальнего обнаружения с дальностью действия до 250 морских миль (около 450 километров). Они излучают импульсы высокой мощности с широким спектром и, зачастую, с внутриимпульсной модуляцией. Вследствие кривизны земной поверхности максимальная дальность обнаружения ограничена для целей, находящихся на малых высотах. Такие цели, по мере увеличения дальности, очень быстро исчезают за радиогоризонтом.

В этом диапазоне частот работают радиолокаторы дальнего обнаружения в системе управления воздушным движением, такие как трассовый обзорный радиолокатор (Air Route Surveillance Radar, ARSR). При объединении с моноимпульсным вторичным обзорным радиолокатором (Monopulse Secondary Surveillance Radar, MSSR) они используют относительно большую медленно вращающуюся антенну.

Если букву L подразумевать как первую в слове Large (большой), то обозначение L-диапазон является хорошей мнемонической рифмой для большого размера антенны или большой дальности действия.

## **E/F-диапазон (S-диапазон)**

В этом диапазоне атмосферное ослабление выше, чем в D-диапазоне. Радиолокаторам, работающим в этом диапазоне, требуется значительно большая излучаемая мощность для того, чтобы достичь хороших значений максимальной дальности действия. В качестве примера можно привести радиолокатор средней мощности MPR (Medium Power Radar) с импульсной мощностью 20 МВт. В этом частотном диапазоне влияние погодных условий сильнее, чем в D-диапазоне. Поэтому несколько метеорологических радиолокаторов работают в E/F-диапазоне но, в основном, в тропических и субтропических климатических зонах, поскольку тут они могут «видеть» за пределами сильного шторма.

Специальные аэродромные обзорные радиолокаторы (Airport Surveillance Radar, ASR) используются в аэропортах для обнаружения и отображения положения самолетов в воздушном пространстве аэропортов, в среднем, на дальностях 50 ... 60 морских миль (около 100 км). Аэродромные радиолокаторы определяют положение самолетов и погодные условия в районах как гражданских, так и военных аэродромов.

Обозначение S-диапазона (Small, Short – малый, короткий), в противоположность обозначению L-диапазона, может трактоваться как обозначение меньших размеров антенн или меньшей дальности действия.

## **G-диапазон (C-диапазон)**

В G-диапазоне (от 4 до 8 ГГц) работают много военных мобильных радиолокаторов (обзора поля боя, управления оружием и наземной разведки) с малой и средней дальностью действия. Размеры антенн обеспечивают отличную точность измерения и разрешающую способность и, при этом, будучи сравнительно небольшими, не препятствуют быстрому перемещению. Влияние плохих погодных условий очень существенно. Поэтому в радиолокаторах этого диапазона, предназначенных для работы по воздушным объектам, часто применяются антенны с круговой поляризацией. Этот диапазон частот отведен для большинства типов метеорологических радиолокаторов, используемых для обнаружения осадков в умеренных климатических зонах, таких как Европа.

### **I/J-диапазон (X- и Ku-диапазоны)**

В этом диапазоне частот (от 8 до 12 ГГц) соотношение между используемой длиной волны и размером антенны существенно лучше, чем в диапазонах более низких частот. I/J-диапазон является сравнительно распространенным в военных применениях, таких как бортовые радиолокаторы, обеспечивающие функции перехвата воздушной цели и ведение огня по ней, а также атаки наземных целей. Очень малый размер антенны определяет хорошую применяемость. Системы наведения ракет в I/J-диапазоне имеют приемлемые размеры для комплексов, для которых важны мобильность и малый вес, а большая дальность действия не является основным требованием.

Этот диапазон частот широко используется в морских навигационных радиолокаторах как гражданского, так и военного применения. Небольшие и недорогие антенны с высокой скоростью вращения обеспечивают значительные максимальные дальности действия и хорошую точность. В таких радиолокаторах используются волноводно-щелевые и небольшие полосковые антенны, размещенные, как правило, под антенными обтекателями.

Кроме перечисленного, этот частотный диапазон распространен в космических и бортовых радиолокаторах построения изображений, основанных на антеннах с синтезированными апертурами (Synthetic Aperture Radar), предназначенных как для целей военной электронной разведки, так и для гражданского географического картографирования.

Специализированные радиолокаторы с обратной синтезированной апертурой (Inverse Synthetic Aperture Radar, ISAR) используются в морских воздушных средствах контроля загрязнения.

### **K-диапазон (K- и Ka-диапазоны)**

Чем выше частота, тем сильнее атмосферное поглощение и затухание электромагнитных волн. С другой стороны потенциальная точность и разрешающая способность тоже возрастают. Радиолокационные системы, работающие в этом

диапазоне, обеспечивают небольшую дальность действия, но очень высокое разрешение и высокую скорость обновления данных. В системах управления воздушным движением такие системы используются как радиолокаторы управления наземным движением (Surface Movement Radar, SMR) или (как часть) оборудование для обнаружения на поверхности аэропорта (Airport Surface Detection Equipment, ASDE). Использование коротких зондирующих импульсов длительностью в несколько наносекунд обеспечивает разрешение по дальности, при котором на экране радиолокатора можно распознать контур самолета или наземного транспортного средства.

## **V-диапазон**

Вследствие явления рассеяния на молекулах (влияние влажности воздуха) затухание электромагнитных волн в этом диапазоне очень высокое. Радиолокационные применения здесь ограничены дальностью действия в несколько метров.

## **W-диапазон**

В этом диапазоне наблюдаются два явления: максимальное затухание вблизи 75 ГГц и относительный минимум на частоте около 96 ГГц. Оба эти эффекта используются на практике. В автомобилестроении небольшие встроенные радиолокационные средства работают на частотах 75 ... 76 ГГц в парковочных ассистентах, для просмотра слепых зон и ассистентах торможения. Высокое затухание (влияние молекул кислорода O<sub>2</sub>) снижает уровень помех от таких радиолокационных средств.

Радиолокационные установки, работающие на частотах от 96 до 98 ГГц, используются в качестве лабораторного оборудования. Они позволяют получить представление о применении радиолокации на чрезвычайно высоких частотах, таких как 100 ГГц.