

**Костин Н. А.**

**Технические каналы утечки информации**

**Часть 3**

**Лекция 2.7**

**Москва, 2012**

## **Содержание лекции:**

- 1. Радиоэлектронные каналы утечки информации**
- 2. Вещественные каналы утечки информации**

## **Литература:**

- 1. *Торокин А. А.* Инженерно-техническая защита информации. — М.: Гелиос АРВ, 2005.**

# **1. Радиоэлектронные каналы утечки информации**

## 1.1. Виды радиоэлектронных каналов утечки информации

В радиоэлектронном канале передачи носителем информации является электрический ток и электромагнитное поле с частотами колебаний от звукового диапазона до десятков ГГц.

Радиоэлектронный канал относится к наиболее информативным каналам утечки в силу следующих его особенностей:

- независимости функционирования канала от времени суток и года, существенно меньшая зависимость его параметров по сравнению с другими каналами от метеоусловий;
- высокой достоверности добываемой информации, особенно при перехвате ее в функциональных каналах связи (за исключением случаев дезинформации);
- большого объема добываемой информации;
- оперативности получения информации вплоть до реального масштаба времени;
- скрытности перехвата сигналов и радиотеплового наблюдения.

**В радиоэлектронном канале производится перехват радио- и электрических сигналов, а также радиолокационное и радиотеплолокационное наблюдение.**

**Следовательно, в рамках этого канала утечки добывается семантическая информация, видовые и сигнальные демаскирующие признаки.**

**Радиоэлектронные каналы утечки информации использует радио-, радиотехническая, радиолокационная и радиотепловая разведка.**

Структура радиоэлектронного канала утечки информации в общем случае включает источник сигнала или передатчик, среду распространения электрического тока или электромагнитной волны и приемник сигнала (рис. 6.11).



△

- передающее устройство;
- источники ПЭМИН;
- объекты, отражающие поля;
- источники собственных тепловых излучений

△

- атмосфера;
- космос;
- направляющие линии

△

- радиоприемник (радиоприемная станция)

*Рис. 6.11.* Структура радиоэлектронного канала утечки информации

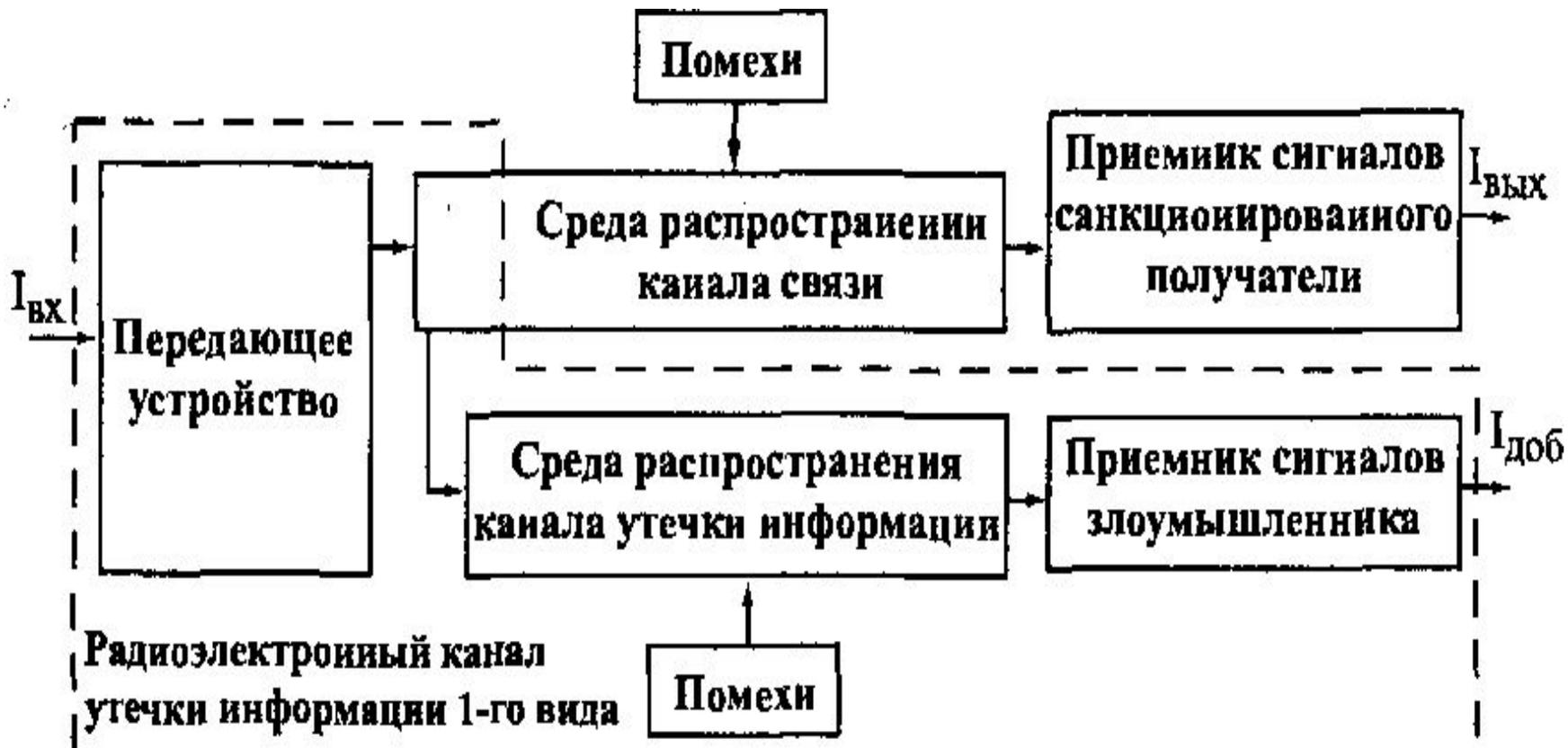
В радиоэлектронных каналах утечки информации

источники сигналов могут быть:

- передающие устройства функциональных каналов связи;
- источники побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН);
- объекты, отражающие электромагнитные волны в радиодиапазоне;
- объекты, излучающие собственные (тепловые) электромагнитные волны в радиодиапазоне.

**Радиоэлектронные каналы в зависимости от вида источников сигналов можно разделить на каналы 1 и 2-го вида.**

В каналах утечки первого вида производится перехват информации, передаваемой по функциональному каналу связи (рис. 6.12). С этой целью приемник сигнала канала утечки информации настраивается на параметры сигнала или подключается (контактно или дистанционно) к проводам соответствующего канала связи. Такой канал утечки имеет общий с функциональным каналом связи источник сигналов — передатчик и часть среды радиоканала или проводного функционального канала до точки подключения средства съема. Эта особенность иллюстрируется стрелкой распространения носителя (электрического тока) из среды распространения функционального канала связи в среду распространения канала утечки информации на рис. 6.12.



*Рис. 6.12.* Структура радиоэлектронного канала утечки информации 1-го вида

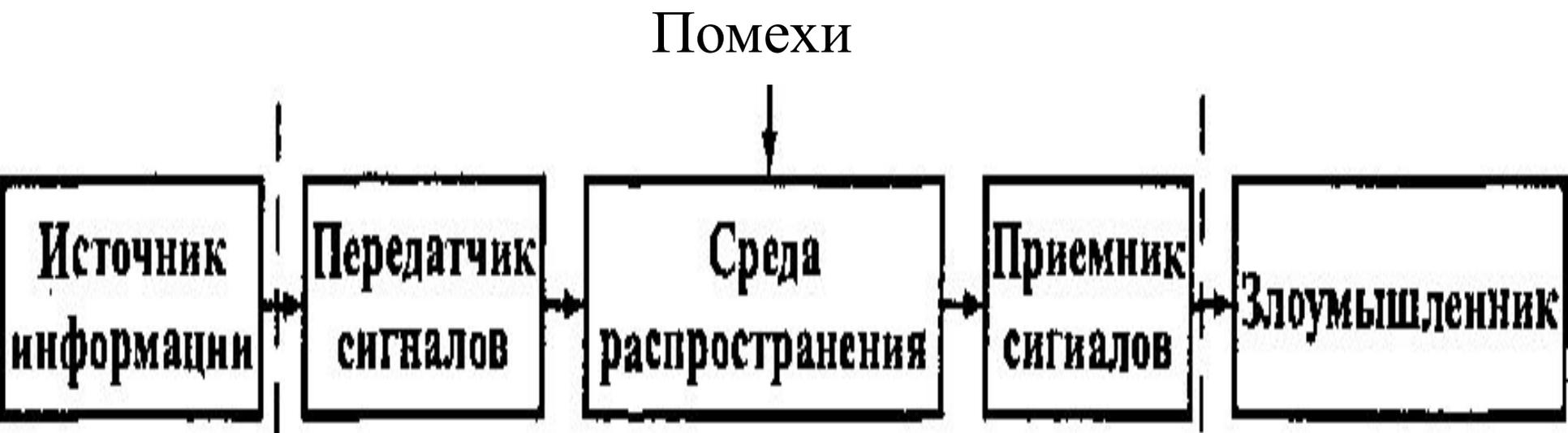
Перехватываемые сигналы передающих устройств функциональных каналов связи имеют мощность от долей Вт до миллиона Вт (МВт).

Например, мощность импульсов станции дальнего радиолокационного обнаружения «Авакс» (США) составляет порядка 1 МВт в десятисантиметровом диапазоне волн. Но так как места расположения приемников функционального канала и канала утечки информации в общем случае не совпадают, то перехватываемый сигнал имеет меньшую мощность, чем сигнал на входе приемника функционального канала связи.

**Радиоэлектронный канал утечки 2-го вида** имеет собственный набор элементов: передатчик сигналов, среду распространения и приемник сигналов (рис. 6.13).

Передатчик сигналов этого канала утечки информации образуется случайно (без участия источника или получателя информации) или специально устанавливается в помещении злоумышленником. **Таковыми передатчиками могут быть случайные источники опасных сигналов и закладные устройства.**

Опасные сигналы, как отмечалось ранее, возникают в результате акустоэлектрических преобразований, побочных низкочастотных и высокочастотных полей, паразитных связей и наводок в проводах и элементах радиосредств. Предпосылки для них создаются в результате конструктивных недоработок при разработке радиоэлектронного средства, объективных физических процессов в их элементах, изменениях параметров в них из-за старения или нарушений правил эксплуатации, не учета полей вокруг средств или токонесущих проводов при их прокладке в здании и т. д.



**Радиоэлектронный канал утечки информации 2-го вида**

**Рис. 6.13. Структура радиоэлектронного канала утечки информации 2-го вида**

**Особенностями передатчиков канала 2-го вида являются малые уровни электрических сигналов — единицы и доли мВ и мощность радиосигналов, не превышающая десятки мВт (для радиозакладок).**

В результате этого протяженность таких каналов невелика и составляет десятки и сотни метров. Поэтому для добывания информации с использованием такого канала утечки приемник необходимо приблизить к источнику на величину длины канала утечки или установить ретранслятор.

**Средой распространения сигналов радиоэлектронного канала утечки информации являются атмосфера, безвоздушное пространство (для канала 1-го вида) и направляющие — электрические провода различных типов и волноводы.**

Носитель в виде электрического тока распространяется по проводам, а электромагнитное поле — в атмосфере, в безвоздушном пространстве или по направляющим — волноводам.

В приемнике производится выделение (селекция) носителя с интересующей получателя информацией по частоте, усиление выделенного слабого сигнала и съем с него информации — демодуляция.

## 1.2. Распространение опасных электрических и радиосигналов в радиоэлектронном канале утечки информации

Среда распространения радиоэлектронных каналов утечки существенно различается для электрических и радиосигналов.

Электрические сигналы как носители информации могут быть аналоговыми или дискретными, их спектр может содержать частот от десятков Гц до десятков ГГц. Электрические сигналы распространяются по **направляющим линиям связи**, связывающим источники и приемники сигналов как внутри организации, так внутри населенного пункта, города, страны, земного шара в целом. Способы и средства передачи электрических сигналов по проводам рассматриваются теорией и техникой проводной связи.

Классификация направляющих электрических линий связи приведена на рис. 6.14.

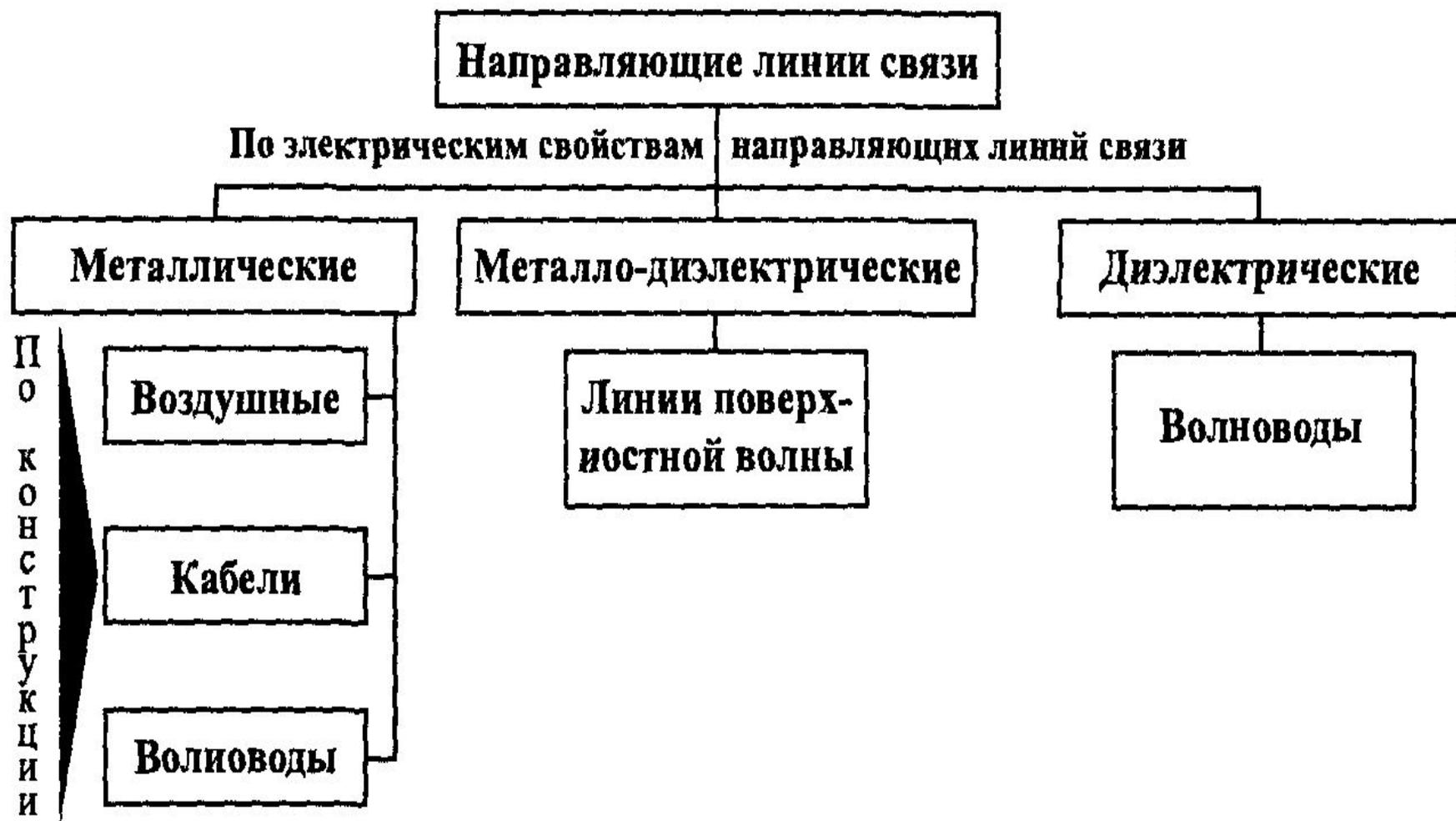


Рис. 6.14. Классификация направляющих линий связи

кабельные проводные линии связи и волноводы.

**Воздушные линии** связи образуют провода, натянутые в воздушном пространстве между опорами. В зависимости от типа несущих конструкций они делятся на **столбовые и стоечные**.

Столбовыми называются линии, несущими конструкциями которых являются деревянные или железобетонные опоры.

Опорами стоечных линий служат металлические стойки, установленные, например, на крышах зданий. Для изоляции проводов воздушных линий друг от друга и относительно земли их укрепляют на фарфоровых изоляторах. Воздушные линии имеют малый частотный диапазон и подвержены воздействию климатических факторов, например обледенению.

Более широко применяются **кабельные линии связи**.

Кабельные линии связи получили доминирующее развитие при организации объектовой, городской и междугородной телефонной связи. Они составляют более 50% телефонных линий России. Наиболее распространены кабели на витой паре и коаксиальные кабели.

Витая пара относится к **симметричным кабелям** и представляет собой два изолированных провода с одинаковыми электрическими параметрами, скрученные вместе. Провода покрываются изоляционным материалом (чаще поливинилхлоридом или полиэтиленом) Тип и толщина слоя изоляционного материала определяют емкость между проводами в кабеле.

Телекоммуникационные кабели могут содержать от двух до 3000 витых пар, полностью покрытых изоляционной оболочкой. Витую пару можно представить в виде электрической модели из двух сопротивлений, параллельно одному из которых подключена емкость. Входное сопротивление витой пары зависит от частоты сигнала. В диапазоне частот стандартного телефонного канала оно принимается равным 600 Ом. С увеличением частоты входное сопротивление уменьшается и на высоких частотах определяется как корень квадратный отношения распределенных индуктивности и емкости.

**В коаксиальном кабеле** один проводник концентрически расположен внутри другого проводника, имеющего форму полого цилиндра. Внутренний проводник изолируется от внешнего с помощью различных изоляционных материалов и конструкций. Для изоляции коаксиальных пар кабеля применяется полиэтилен, фторопан (фторопласт), полипропилен, резина, неорганическая изоляция. Внешний проводник высококачественной коаксиальной пары образуется фольгой и оплеткой из медной или железной сетки. Для защиты от внешних воздействий он покрывается слоем изолятора (полихлорвинила).

**Входное сопротивление** для подсоединения радиоприемника обычно равно 50 Ом, а для передачи телевизионных сигналов и в связи — 75 Ом. Коаксиальный кабель имеет большую пропускную способность, чем симметричный. Стандартный коаксиальный кабель 1,2/4,4 (с диаметрами внутреннего и внешнего проводников 1,2 и 4,4 мм соответственно) обеспечивает передачу 900-960 телефонных каналов на расстояние до 9 км или 3600 каналов на расстояние 1,5 км. При увеличении диаметров проводников кабеля до 2,6/9,5 число телефонных каналов для длины участка 1,5 км возрастает до 10800. Для повышения частотного диапазона требуется дальнейшее увеличение диаметра коаксиального кабеля. Например, кабель РК 50-17-51 с наружным диаметром изоляции (внешнего проводника) 17,3 мм имеет номинальный коэффициент затухания 0,012, 0,035 и 0,05 дБ/м на частотах 200, 450 и 900 МГц соответственно.

Коаксиальный кабель на высоких частотах имеет лучшие электрические характеристики, чем витая пара. В нем практически отсутствуют перекрестные помехи и намного меньше затухание.

Несколько жил, объединенных единым изолятором в виде ленты, образуют ленточные кабели или полосковые линии.

Основными параметрами проводных линий связи являются ширина пропускаемого ими спектра частот и собственное затухание  $Z_c = 10 \lg P_{\text{вх}} / P_{\text{вых}}$ , где  $P_{\text{вх}}$  и  $P_{\text{вых}}$  — мощность сигнала на входе и выходе цепи соответственно. Если сопротивление проводников на низких частотах (в звуковом диапазоне) определяется удельным сопротивлением материала и площадью поперечного сечения проводника, то на более высоких частотах начинается сказываться влияние **поверхностного эффекта**. Сущность его заключается в том, что переменное магнитное поле, возникающее при протекании по проводнику тока, создает внутри проводника вихревые токи. В результате этого плотность основного тока перераспределяется по сечению проводника (жилы): уменьшается в центре и возрастает на периферии. Глубина проникновения (в мм) тока

ре и возрастает на периферии. Глубина проникновения (в мм) тока в медную жилу  $\theta = 67/\sqrt{f}$ , где  $f$  — частота колебаний в Гц. На частоте  $f = 60$  кГц глубина проникновения составляет приблизительно 0,3 мм, а на частоте 250 кГц — на порядок меньше, всего около 0,03 мм. Следовательно, ток с этой частотой распространяется по гипотетической тонкой медной трубке с существенно меньшей площадью сечения и, соответственно, большим сопротивлением.

**На величину затухания линии** влияют также электрические характеристики диэлектрика, наносимого на металлические провода. За счет их удастся расширить полосу пропускания линии. При передаче по воздушным линиям со стальными проводами ширина пропускания составляет около 25 кГц, с медными проводами — до 150 кГц, по симметричным кабелям — до 600 кГц. Расширению спектра частот, передаваемых по симметричным цепям, препятствуют возрастающие наводки. Например, удовлетворительным для телефонных линий считается значение переходного затухания порядка 60-70 дБ.

**Металлические волноводы** представляют собой трубы прямоугольного или круглого сечения, внутри которых может распространяться электромагнитное поле от излучателя, установленного в торце одной из сторон волновода.

Волноводы применяются для передачи электромагнитного поля с длиной волны короче 10-15 см. Отражаясь от внутренней поверхности волновода, электромагнитное поле концентрируется в волноводе и при движении повторяет его изгибы. С целью уменьшения затухания электромагнитного поля внутренние стенки волновода покрывают тонким слоем серебра. Кроме медных и алюминиевых находят применение волноводы из пластических масс с металлизированными изнутри стенками.

Другие типы направляющих линий, указанные на рис. 6.14, представляют собой разновидности волноводных линий с иными физическими процессами.

**В металлодиэлектрических линиях** связи электромагнитное поле распространяется в виде поверхностной волны вдоль металлической ленты или цилиндрического провода с ребристой поверхностью. Энергия электромагнитного поля концентрируется в пространстве, окружающем такой волновод, затухая по мере удаления от него. Недостатком такого волновода является паразитное излучение в эфир электромагнитного поля.

Для передачи сантиметровых и миллиметровых волн могут служить **диэлектрические волноводы**, в которых поверхностью раздела, направляющей волну, служит внутренняя поверхность диэлектрического стержня волновода. Диэлектрические волноводы чувствительны к внешним воздействиям и создают дополнительные потери, связанные с просачиванием энергии за пределы волновода, что затрудняет их практическое применение.

**Основным носителем информации в радиоэлектронном канале является электромагнитное поле.**

**Электромагнитное поле представляет форму движения материи в виде взаимосвязанных колебаний электрического и магнитного полей.**

Электромагнитное поле возникает при протекании по проводам электрического тока переменной частоты и распространяется с конечной скоростью в окружающем пространстве. Векторы напряженности электрического и магнитного полей взаимно перпендикулярны и перпендикулярны направлению распространения электромагнитной волны. Электромагнитная волна характеризуется **частотой колебания, мощностью и поляризацией**. По частоте электромагнитные волны классифицируются в соответствии с Регламентом радиосвязи, утвержденным на Всемирной административной конференции в Женеве в 1979 г. (табл. 6.10).

Таблица 6.10

| <i>Диапазон<br/>длин волн</i> | <i>Наименование<br/>волн</i> | <i>Обозначение<br/>и наименование частот</i> | <i>Диапазон час-<br/>тот</i> |
|-------------------------------|------------------------------|--|------------------------------|
| <i>1</i>                      | <i>2</i>                     | <i>3</i>                                     | <i>4</i>                     |
| > 100 км                      | —                            | ELF — чрезвычайно низкие                     | Доли Гц–3 кГц                |
| 10–100 км                     | Мириаметровые                | VLF(ОНЧ) — очень низкие                      | 3–30 кГц                     |
| 1–10 км                       | Километровые (длинные)       | LF(НЧ) — низкие                              | 30–300 кГц                   |
| 100–1000 м                    | Гектаметровые (средние)      | MF(СЧ) — средние                             | 300–3000 кГц                 |
| 10–100 м                      | Декаметровые (короткие)      | HF(ВЧ) — высокие                             | 3–30 МГц                     |
| 1–10 м                        | Метровые                     | (ОВЧ) — очень высокие                        | 30–300 МГц                   |
| 10–100 см                     | Дециметровые                 | UHF(УВЧ) — ультравысокие                     | 300–3000 МГц                 |
| 1–10 см                       | Сантиметровые                | SHF(СВЧ) — сверхвысокие                      | 3–30 ГГц                     |

| <i>1</i> | <i>2</i>          | <i>3</i>                  | <i>4</i>     |
|----------|-------------------|---------------------------|--------------|
| 1–10 мм  | Миллиметровые     | EHF(КВЧ) — крайне высокие | 30–300 ГГц   |
| 0,1–1 мм | Децимиллиметровые | ГВЧ — гипервысокие        | 300–3000 ГГц |

Поляризация электромагнитной волны определяется направлением вектора напряженности электрического поля. Если вектор электрического поля лежит в вертикальной плоскости, то поляризация вертикальная, когда он находится в горизонтальной плоскости, то — горизонтальная. Промежуточное положение характеризуется углом поляризации между плоскостями поляризации и распространения.

**Плоскостью поляризации** называется плоскость, в которой находятся вектора электрического поля и вектор распространения электромагнитной волны.

**Мощность излучения** электромагнитного поля тем выше, чем ближе частота колебаний в распределенном контуре, образованном индуктивностью проводников и распределенной емкостью между ними и землей, к частоте сигнала. Эффективное преобразование энергии электрических сигналов в электромагнитную волну выполняется **антеннами.**

# Характер поляризации электромагнитной волны

зависит от конструкции и расположения излучающих элементов антенны. Несоответствие поляризации электромагнитной волны пространственной ориентации элементов приемной антенны, в которых наводятся электрические заряды, приводит к уменьшению величины этих зарядов.

Радиоволны в зависимости от характера распространения делятся на земные (поверхностные), прямые, тропосферные и ионосферные (пространственные).

**Земными** называются радиоволны, которые распространяются в непосредственной близости от поверхности Земли и частично огибают ее поверхность в результате дифракции.

**Прямыми** названы радиоволны, распространяющиеся прямолинейно в атмосфере и космосе.

Радиоволны, которые распространяются в тропосфере — приземной неоднородной области атмосферы не выше 10-12 км от поверхности Земли, называются **тропосферными**. В тропосфере происходит рассеивание, а также частичное искривление траектории и отражение радиоволн от неоднородностей тропосферы.

**Ионосферными** называют радиоволны, распространяющиеся в результате преломления их в ионосфере и отражений от земной поверхности.

Ионосферу образуют ионизированные под действием ультрафиолетового излучения Солнца верхние слои атмосферы. Концентрация свободных электронов в ионосфере меняется по высоте. В зависимости от концентрации свободных электронов и, соответственно, положительно заряженных ионов ионосферу условно делят на слои — D, E, F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub>. Наименьшая концентрация имеет место в слое D, наибольшая — в слое F<sub>2</sub>. Состояние ионосферы непрерывно меняется, оно зависит от времени суток, времени года и солнечной активности, которая имеет 11-летний цикл изменения.

**Слой D** располагается до высоты примерно 60 км. В ночные часы в слое D преобладает рекомбинация электронов, ионизация уменьшается или исчезает.

**Слой E** расположен на высоте 100—120 км и менее зависит от времени суток, а

**слои F<sub>j</sub> и F<sub>r</sub>** занимают области на высоте примерно 160-400 км, причем ночью слой F<sub>j</sub> исчезает.

В ионосфере происходит **преломление, отражение и поглощение радиоволн.**

**Преломление радиоволн** обусловлено изменениями диэлектрической проницаемости, и, следовательно, показателя преломления по высоте слоев. По мере распространения радиоволн от наземного источника через более высоко расположенные слои показатель преломления уменьшается, траектория электромагнитной волны искривляется и при определенных условиях волна возвращается на Землю.

**Преломление радиоволн** на той или иной высоте ионосферы зависит от частоты радиоволн и угла их падения на слой. При прочих равных условиях, чем больше угол падения волны, отсчитываемый от вертикальной линии в точке падения, тем более пологая траектория луча в ионосфере и тем меньшая электронная концентрация потребуется для возвращения луча на Землю.

Минимальное значение угла падения, при котором еще возможно отражение радиоволн от ионосферы, называется **критическим**. При угле падения, меньшем критического, радиоволны проходят через ионосферу не отразившись.

Так как коэффициент преломления уменьшается с увеличением частоты, то **длинные волны преломляются сильнее, чем короткие**, а для УКВ преломление недостаточно для возвращения волн на Землю и они уходят в космическое пространство.

Наивысшая частота, при которой электромагнитная волна еще может возвратиться на Землю, называется **максимально применимой частотой**. Но значение этой частоты неоднозначно вследствие зависимости ее от угла падения. Поэтому вводят понятие **критической частоты**, которая является максимально применимой частотой при угле падения 0 градусов. Из определения следует, что эта частота представляет собой низшую из всех максимально применимых частот.

**За счет многократного преломления радиоволн в ионосфере и отражения от земной поверхности электромагнитная волна может распространяться на большие расстояния, вплоть до огибания Земли.**

Но при таком распространении волны на земной поверхности возникают зоны молчания, в которые не попадают отраженные от ионосферы электромагнитные волны. В зонах приема происходит интерференция волн, прошедших разный путь от излучателя и имеющих, следовательно, различные фазы. Случайный характер изменения фаз приводит к случайному изменению амплитуды результирующей волны, которое называется **замиранием** или **федингом**

Степень поглощения радиоволн в атмосфере увеличивается при повышении плотности ионизации, частоты колебания и пути, проходимой радиоволной в ионосфере. Зимой, когда концентрация электронов в связи с понижением солнечной радиации уменьшается, поглощение радиоволн снижается и дальность распространения увеличивается.

В зависимости от частоты колебания радиоволн характер их распространения имеет следующие особенности.

1. **Километровые (длинные) волны** подвержены дифракции, сравнительно слабо поглощаются земной поверхностью и могут распространяться поверхностным лучом на расстояние до 3000 км. В ионосфере они затухают сильнее, но могут отражаться от слоя E и распространяться пространственным лучом на большее расстояние. К преимуществам электромагнитной волны в этом диапазоне как носителя информации относится, кроме большой дальности распространения, сравнительное постоянство напряженности поля в пункте приема в течение суток и года, что обеспечивает устойчивость связи. Эти волны применяются также для связи под водой, где сильно затухают волны более высоких частот.

Недостатком длинноволновой радиолинии является плохая излучательная способность антенн даже при больших размерах, достигающих несколько сотен метров, высокий уровень атмосферных и промышленных помех и малая пропускная способность.

1. **Гектаметровые (средние) волны** могут распространяться поверхностным и пространственным лучами. Энергия средних волн поглощается земной поверхностью сильнее, чем длинноволновых, поэтому дальность связи поверхностным лучом составляет примерно 500-1500 км. Однако для средних волн создаются более благоприятные условия распространения пространственным лучом, для которого прием сигналов возможен до 4000 км.

Условия распространения средних волн существенно изменяются в зависимости от времени суток. В ночные часы за счет преломления в ионосфере дальность распространения выше, чем в дневные, когда преобладают поверхностные волны. В этом диапазоне наблюдаются замирания в результате интерференции земных и поверхностных волн или пространственных волн с различными путями распространения, высокий уровень атмосферных и промышленных помех. Антенны в среднем диапазоне по устройству в основном такие же, как и антенны в длинноволновом, но в силу большей близости их геометрических размеров к длинам волн имеют больший коэффициент усиления. Радиоволны в этом диапазоне используются для радиовещания и связи, на флоте и в авиации.

При распространении **коротких волн** дальность поверхностного луча невелика из-за резкого возрастания поглощения энергии землей.

Поле в точке приема создается в основном за счет преломления в различных слоях ионосферы. В результате флюктуации плотности и высоты слоев и взаимодействия лучей на коротких волнах, как правило, наблюдаются глубокие замирания и даже полное **пропадание** связи в течение единиц и десятков секунд.

Для обеспечения круглосуточной связи в условиях суточного изменения ионосферы необходимо производить **периодическую** смену частот. Определение оптимальных частот производится специальными службами наблюдения за ионосферой по результатам вертикального и вертикально-наклонного зондирования ее радиоимпульсами. Наиболее благоприятные условия **прохождения** волн днем чаще складываются на волнах в интервале 10-25 м, а ночью — 35-70 м.

В диапазоне коротких волн на напряженность поля и характер ее изменения в точке приема влияют **другие** явления, такие как «вспышки» на Солнце, рассеяние волн на мелких неоднородностях ионосферы, поворот плоскости поляризации.

Достоинством коротких волн является возможность обеспечения связи на очень большие расстояния при **сравнительно** малых мощности передатчика и габаритах антенны, а также малое влияние атмосферных и промышленных помех. Они применяются для связи, радионавигации, радиовещания и радиолюбителями.

4. В диапазоне ультракоротких (метровых и более коротких) волн практически отсутствует дифракция. Поэтому они распространяются в пределах прямой видимости, в том числе отражаясь от земли и тропосферы с потерей части энергии на поглощение. Радиоволны в этих диапазонах являются основными носителями информации в сетях телекоммуникаций в силу следующих особенностей:

- имеют широкий частотный диапазон (см. табл. 6.10), обеспечивающий возможность передачи большого объема информации, в том числе путем использования широкополосных каналов;
- низкий уровень атмосферных и промышленных помех, позволяющих использовать приемные устройства с высокой чувствительностью, что повышает дальность приема;
- слабое влияние станционных помех на работу других радиосистем вследствие ограниченности их радиуса видимости;
- возможность создания небольших антенн с узкой диаграммой направленности, позволяющих осуществлять радиосвязь при относительно малой мощности передающих устройств.

Основной недостаток радиоволн рассматриваемого диапазона — существенно большее поглощение их в атмосфере, в том числе природными осадками (дождем, туманом, снегом, градом), особенно в миллиметровом диапазоне, и, как следствие, относительно малая дальность распространения.

Результаты сравнительного анализа характеристик радиоволн различных диапазонов приведены в табл. 6.11.

Таблица 6.11

| Диапазон | Дальность распространения                                 | Антенны  | Уровень помех   | Поглощение в атмосфере   |
|----------|---|--|---|--|
| ДВ       | Поверхностной волной — до 3 тыс. км                       |  <p>Громоздкие</p> |  <p>Высокий</p> |  <p>Слабое</p> |
| СВ       | Поверхностной — до 1500 км, пространственной — до 4000 км |  |   |  |
| КВ       | Пространственной — на любое расстояние                    |  |   |  |
| УКВ      | Прямая видимость  |  |   |  |
|          |   | Компактные   | Низкий  | Сильное  |

**Электрические сигналы** как носители информации могут быть аналоговыми или дискретными, их спектр может содержать частоты от десятков Гц до десятков ГГц.

Наиболее широко применяются сигналы, ширина спектра которых соответствует ширине спектра стандартного телефонного канала. Такие сигналы передают речевую информацию с помощью телефонных аппаратов и распространяются по направляющим линиям связи, связывающим абонентов как внутри организации, так внутри населенного пункта, города, страны, земного шара в целом.

Повышение дальности связи в УКВ-диапазоне обеспечивается

путем:

- подъема передающей или приемной антенн с помощью инженерных конструкций (мач, башен) и аэростатов;
- ретрансляции радиосигналов с помощью наземных и космических ретрансляторов;
- использования тропосферных волн в УКВ диапазоне.

Передающие антенны на башнях устанавливаются для постоянного обеспечения связи, радио- и телевизионного вещания в городах, районах и областях. Для периодического и эпизодического приема сигналов от отдаленных источников в качестве носителей приемников сигналов используют также привязные аэростаты. Информация с них на землю передается по кабелю или

радиоканалу

Для передачи информации в УКВ-диапазонах частот на большие расстояния широко применяются ретрансляторы. С помощью наземных ретрансляторов создаются радиорелейные линии (РРЛ), представляющие собой цепочку приемно-передающих станций, каждая из которых устанавливается в пределах прямой видимости соседних. Все станции РРЛ разделяются на **оконечные, промежуточные и узловые**.

Оконечные радиорелейные станции располагаются в начале и конце линии. На этих станциях вводится и выделяется информация, обеспечивается распределение информации между потребителями.

Промежуточные станции предназначены для ретрансляции сигналов.

Узловые радиорелейные станции — это промежуточные станции, на которых происходит разветвление принимаемых сигналов по различным направлениям, выделение части передаваемой информации (например, программ телевидения) и введение новой информации.

**Диапазоны частот, предназначенных для передачи информации одного вида, объединяются в радиочастотный ствол: телевизионный, телефонный и т. д.**

Существующие отечественные РРЛ могут содержать до 8 стволов, а один ствол, например, телефонный — до 1920 телефонных каналов. Для каждого ствола с целью исключения взаимного влияния выделяются две рабочие частоты — для передачи и приема. Принятые каждой станцией сигналы на частоте приема усиливаются и преобразуются в частоту передачи, на которой излучаются в направлении следующей станции. Радиорелейная связь обеспечивает около 30% телефонных каналов России.

Для повышения дальности в тропосферных линиях связи используют явление рассеяния ультракоротких радиоволн в неоднородностях тропосферы. К таким неоднородностям относятся области тропосферы с резко изменившимися значениями диэлектрической проницаемости. Неоднородности вызываются неравномерностью состояний различных точек тропосферы, непрерывным перемешиванием и смещением воздушных масс в результате неравномерного разогрева Солнцем различных участков поверхности Земли и слоев тропосферы. Для устойчивой тропосферной радиосвязи применяют антенны с высоким коэффициентом усиления (40-50 дБ), мощные передатчики (1-10 кВт) и высокочувствительные приемники. Тропосферные линии связи чаще всего имеют протяженность 140-500 км.

Ретрансляторы, устанавливаемые на **искусственных спутниках Земли (ИСЗ)**, наиболее широко используются для обмена информацией между абонентами, удаленными друг от друга на тысячи километров. Они являются элементами (звеньями) спутниковых систем связи, которые содержат также окончные наземные передающие и приемные станции. Естественно, что связь возможна лишь в том случае, если спутники находятся в зоне видимости обеих земных станций. Для ретрансляции радиосигналов применяются **космические аппараты (КА)** на геостационарной (стационарной) и эллиптической орбитах, а также низкоорбитальные КА.

При распространении радиоволн в городе характер их распространения существенно искажается по сравнению с распространением на открытых пространствах за счет многочисленных переотражений от стен зданий и помещений и затухания в них. Эти обстоятельства необходимо учитывать при оценке пространственной ориентации и возможностей каналов утечки информации.

| Тип здания  | Ослабление, дБ на частоте |         |       |
|---|---------------------------|---------|-------|
|   | 100 МГц                   | 500 МГц | 1 ГГц |
| Деревянное здание с толщиной стен 20 см                               | 5-7                       | 7-9     | 9-11  |
| Кирпичное здание с толщиной стен 1,5 кирпича                          | 13-15                     | 15-17   | 16-19 |
| Железобетонное здание с ячейкой арматуры 15 x 15 см и толщиной 160 мм | 20-25                     | 18-19   | 15-17 |

Экранирующие свойства некоторых элементов здания  
приведены в табл. 6.12 [17].

Указанные в таблице данные получены для стен, 30% площади которых занимают оконные проемы с обычным стеклом. Если оконные проемы закрыты металлической решеткой с ячейкой размером 5 см, то эффективность экранирования увеличивается на 30-40 %. Экранирующие свойства кирпичных и железобетонных стен зданий в 2-3 раза выше, чем деревянных.

**Многообразие природных и искусственных источников излучений в радиодиапазоне порождает проблему электромагнитной совместимости радиосигналов с определенной информацией с другими радиосигналами — помехами с совпадающими частотами.**

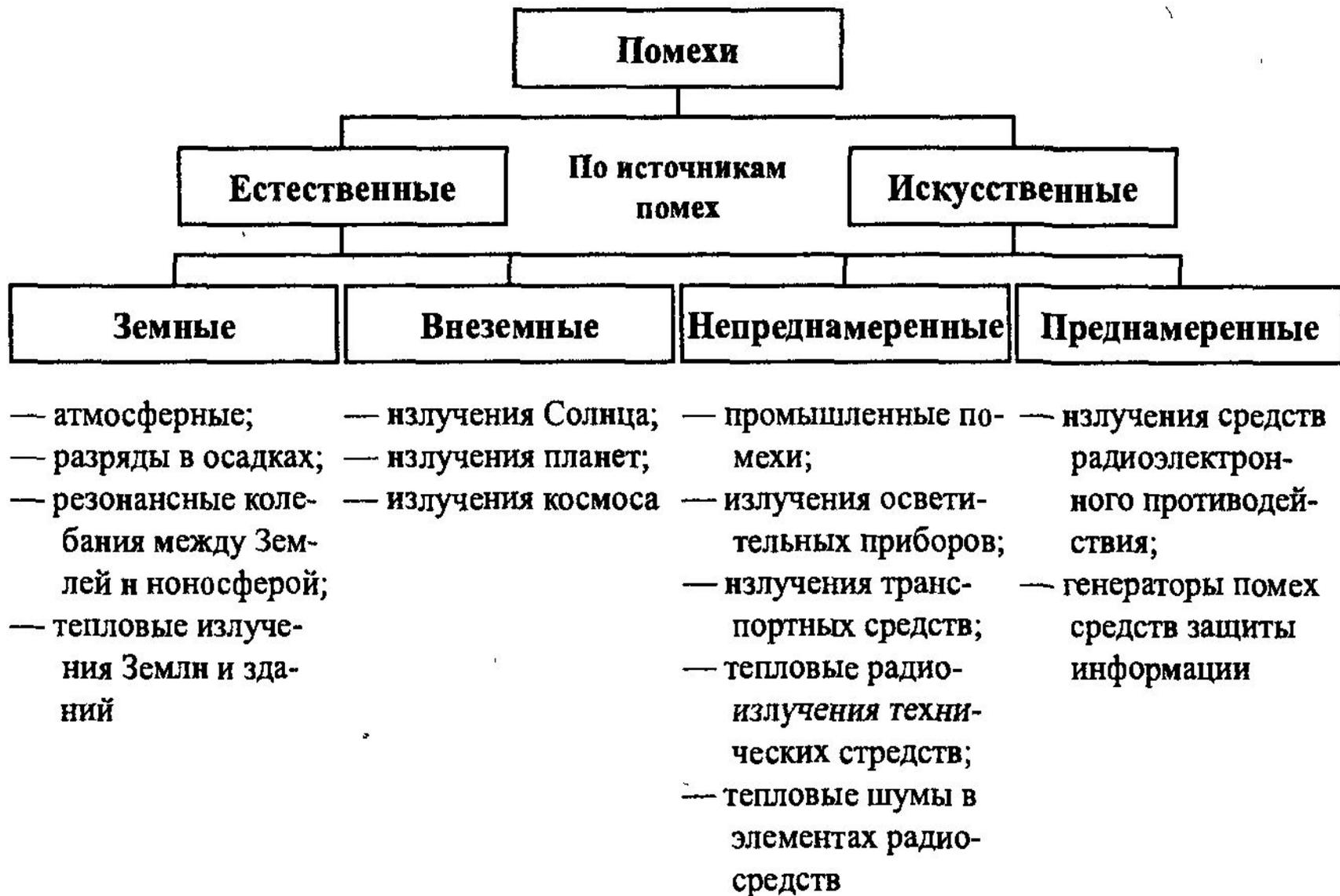


Рис. 6.15. Классификация помех по их источникам

Естественные или природные помехи имеют земное и внеземное происхождение. Земные помехи вызываются физическими процессами в атмосфере, Земле и объектах на ее поверхности, основные из которых следующие:

- электрические грозовые разряды на частотах, как правило, менее 30 МГц;
- разряды статического электричества в облаках и атмосферных осадках;
- резонансные электрические колебания между Землей и ионосферой;
- тепловое излучение Земли и зданий в диапазоне более 30–40 МГц;
- тепловые шумы в элементах и цепях радиоприемников.

Внеземные помехи на частотах выше 1 МГц обусловлены комбинированным излучением Галактики с дискретным и сплошным спектром. Солнце является мощным источником электромагнитных излучений, особенно в период его высокой активности, в основном на частотах выше 20 МГц.

Луна, Юпитер и сверхновая звезда Кассиопея-А представляют собой дополнительные источники космических помех в УКВ-диапазонах. Другие источники естественных помех включают тепловое галактическое излучение, излучение ионизированного и нейтрального водорода и др. Земли достигают также помехи низкой интенсивности, обусловленные вспышками звезд и излучениями радиогалактик.

Обратной стороной технического прогресса является рост уровня **искусственных помех**. Наиболее интенсивные радиоизлучения создаются передающими устройствами различных радио- и радиотехнических средств (станций радиовещания и телевидения, радиолокации, радионавигации, связи и др.). В целях обеспечения их электромагнитной совместимости частоты радиодиапазонов закреплены международными соглашениями и нормативными документами между различными видами деятельности и средств.

К источникам **непреднамеренных помех**, возникающих в результате побочных физических эффектов работы технических средств, относятся различные генераторы и преобразователи электроэнергии, линии электропередач, промышленное оборудование, транспорт на электрической тяге, системы зажигания двигателей внутреннего сгорания, медицинское оборудование, сварочные аппараты, осветительные газоразрядные лампы и др.

**Преднамеренные помехи** создаются специально для подавления систем управления и связи противника в военное время и защиты своей информации от перехвата содержащих ее радиосигналов радиоэлектронными средствами добывания.

Так как эффективность боевых действий в современных условиях зависит от надежности и достоверности связи в войсках и управления оружием, то подавление их мощными помехами не менее, а иногда и более результативно, чем применение оружия. Для ведения радиоэлектронной борьбы в вооруженных силах существует специальный род войск. Электромагнитное зашумление с целью защиты информации создается также генераторами помех, размещаемых в помещениях, в которых циркулирует защищаемая информация.



- флуктуационная; гармоническая; импульсная
- прицельная— заградительная;
- маскировочная — имитационная
- пространственная;— линейная

**Рис. 6.16.** Классификация помех по их характеристикам

**Так как электромагнитные волны в радиодиапазоне являются основными носителями информации, то с целью нарушения управления и связи в ходе радиоэлектронной борьбы созданы разнообразные средства генерирования помех.**

По соотношению спектра помех и полезных сигналов помехи подразделяются на **заградительные** и **прицельные**. Заградительные помехи имеют ширину спектра частот, значительно превышающую ширину спектра полезного сигнала, что позволяет подавлять сигнал без точной настройки генератора помех на его частоту.

Прицельная помеха имеет ширину спектра, соизмеримую (равную или превышающую в 1,5-2 раза) с шириной спектра сигнала, и создает высокий уровень спектральной плотности мощности в полосе частот сигнала при небольшой (относительно мощности заградительной помехи) мощности передатчика помех.

Помеха изменяет демаскирующие признаки сигнала случайным образом (маскирующая помеха) или формирует демаскирующие признаки другого объекта сигнала (имитирующая помеха).

Помеха, которая зашумляет пространство, называется **пространственной**, а помеха, распространяющаяся по направляющим линиям, — **линейной**.

## **2. Вещественные каналы утечки информации**

## **2.1. Общая характеристика вещественного канала утечки информации**

Особенность этого канала вызвана спецификой источников и носителей информации по сравнению с другими каналами. Источниками и носителями информации в нем являются субъекты (люди) и материальные объекты (макротела и микрочастицы). Утечка информации в этих каналах сопровождается физическим перемещением людей и материальных тел с информацией за пределами контролируемой зоны. Для более четкого описания рассматриваемого канала целесообразно уточнить состав источников и носителей информации.

## **Основными источниками информации вещественного канала утечки информации являются следующие:**

-черновики различных документов и макеты материалов, узлов, блоков, устройств, разрабатываемых в ходе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, ведущихся в организации;

-отходы делопроизводства и издательской деятельности в организации, в том числе использованная копировальная бумага, забракованные листы при оформлении документов и их размножении;

- отходы промышленного производства опытного и серийного выпуска продукции, содержащей защищаемую информацию в газообразном, жидком и твердом виде;
- содержащие защищаемую информацию дискеты и жесткие диски ПЭВМ, нечитаемые из-за их физических дефектов и искажений загрузочных или других секторов;
- бракованная продукция и ее элементы;
- радиоактивные материалы.

Перенос информации в этом канале за пределы контролируемой зоны возможен следующими субъектами и объектами:

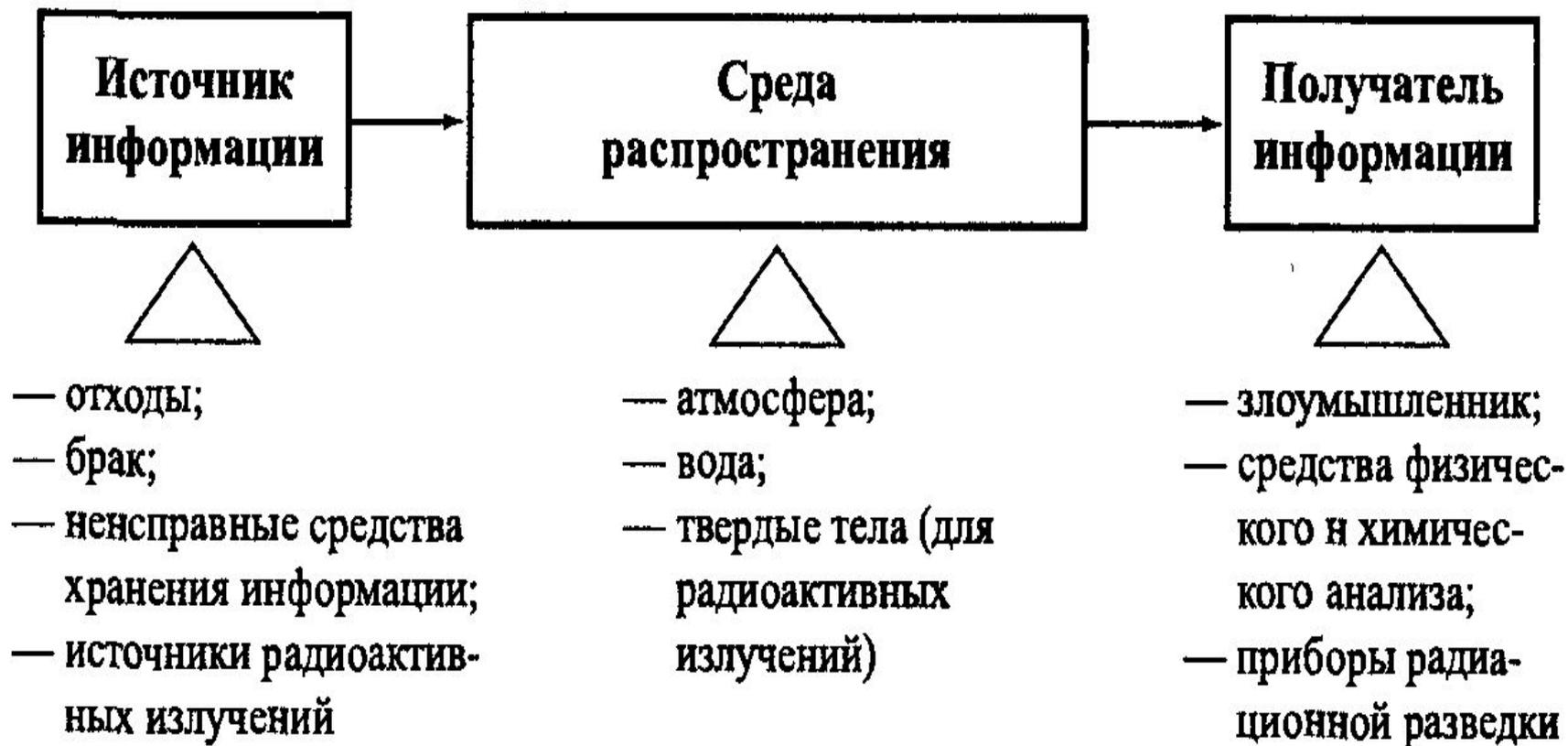
- людьми (сотрудниками организации, посетителями, представителями вторсырья и др.) и управляемыми ими техническими средствами;
- воздушными массами атмосферы;
- жидкой средой;
- излучениями радиоактивных веществ.

Эти носители могут переносить все виды информации: семантическую и признаковую, а также демаскирующие вещества.

Семантическая информация содержится в черновиках документов, схем, чертежей.

Информация о видовых и сигнальных демаскирующих признаках — в бракованных узлах и деталях, в характеристиках радиоактивных излучений и т. д.

Демаскирующие вещества — в газообразных, жидких и твердых отходах производства



*Рис. 6.17.* Структура вещественного канала утечки информации

**Приемники информации** этого канала достаточно разнообразны.

Это эксперты зарубежной разведки или конкурента, приборы для физического и химического анализа, средства вычислительной техники, приемники радиоактивных излучений и др.

В рамках вещественного канала ведется химическая и радиационная разведка. Демаскирующие вещества добываются в основном путем взятия проб веществ в твердой, жидкой и воздушной средах. Развиваются активные и пассивные методы и средства анализа веществ, в основном в воздушных средах. В активных методах предусматривается посылка лазерного луча к исследуемой воздушной смеси и анализ излучений результатов взаимодействия. В пассивных методах производится анализ спектра собственных излучений веществ.

Для предприятий химической, парфюмерной, фармацевтической и других сфер разработки и производства продукции, технологические процессы которых сопровождаются использованием или получением различных газообразных или жидких веществ, возможно **образование каналов утечки информации через выбросы в атмосферу газообразных или слив в водоемы жидких демаскирующих веществ.**

Подобные каналы образуются при появлении возможности добывания демаскирующих веществ в результате взятия злоумышленниками проб воздуха, воды, земли, снега, пыли на листьях кустарников и деревьев, на траве и цветах в окрестностях организации.

## **2.2. Методы добывания информации о вещественных признаках**

Вещественные признаки продукции, содержащие защищаемую информацию, определяются в результате химического, физико-химического и физического анализа. Основу химического анализа составляют химические реакции изучаемого вещества в растворе. Физико-химический анализ предусматривает измерение физических величин, изменение которых обусловлено химическими реакциями. Физический анализ учитывает изменение физических характеристик добытой пробы, вызванных исследуемым веществом.

Принципы и методы определения химического состава вещества рассматривает аналитическая химия, которая включает **качественные и количественные методы анализа**. Для аналитической химии характерно применение не только традиционных химических методов, но и физико-химических и физических методов, а также биологических методов.

**Качественный анализ** представляет собой совокупность методов установления химического состава путем идентификации атомов, ионов, молекул, входящих в анализируемое вещество. Основными показателями качественного анализа являются **специфичность и чувствительность**. Специфичность характеризует возможность метода обнаруживать искомое вещество в присутствии других элементов. Чувствительность определяется наименьшим количеством вещества, которое может быть обнаружено рассматриваемым методом. Чувствительность современных методов качественного анализа составляет порядка 1 мкг.

**Количественный анализ** использует совокупность методов определения количественных соотношений, в которых находятся элементы или отдельные соединения в анализируемом веществе. Показатели количественного анализа — **специфичность, чувствительность и точность**. Чувствительность и точность измеряются в процентах содержания исследуемого вещества в пробе. Чувствительность современных методов достигает  $10^{-10} \sim 10^{-15} \%$ . Точность, выражаемая значением относительной ошибки, составляет 1-2%.

# Основными методами аналитической химии являются:

- методы разделения веществ;
- термические методы;
- химические методы;
- электрохимические методы;
- хроматографические методы;
- спектральный анализ;
- масс-спектрографические методы;
- радиоактивные методы;
- биологические методы.

**Разделение**— операция, в результате которой отделяются один от другого компоненты, составляющие исходную смесь. Для разделения применяются такие процессы как:

- осаждение, основанное на различной растворимости соединений в водных растворах;
- экстракция— процесс распределения вещества между двумя фазами;
- сорбция — поглощение газов, паров или растворенных веществ твердыми или жидкими поглотителями — сорбентами;
- электровыделение (электролиз), при котором отделяемое вещество выделяют на твердых электродах;
- электрофорез, основанный на различиях в скоростях движения частиц разного заряда, формы и размера в электрическом поле;
- цементация, заключающаяся в восстановлении компонентов на металлах с отрицательными потенциалами;
- простая отгонка (выпаривание)— удаление веществ, находящихся в форме готовых летучих соединений;
- возгонка (сублимация) — перевод вещества из твердого состояния в газообразное и последующее осаждение его в твердой форме, минуя жидкую фазу;
- кристаллизация — образование зародышей твердой фазы при охлаждении газа, расплава или раствора.

**Термические методы** анализа используют термические эффекты, которые являются причиной или следствием химических реакций, и процессы выделения или поглощения теплоты в результате физических процессов.

В основе **химических методов** анализа лежат химические реакции трех типов: кислотно-основные, окислительно-восстановительные и комплексообразования. Основными из них являются классические гравиметрический и титриметрический методы. Гравиметрический метод заключается в выделении (путем осаждения, отгонки и т. д.) в чистом виде вещества и его взвешивании. Титриметрический метод основан на измерении количества реагента, затрачиваемого на реакцию с определяемым веществом. Методы, основанные на учете скорости химической реакции в зависимости от концентрации взаимодействующих веществ, представляют собой кинетические химические методы.

**Электрохимические методы** анализа изучают и используют процессы, протекающие на поверхности электрода и в приэлектродном пространстве. Различают прямые и косвенные электрохимические методы. В прямых методах используют связь между силой тока (величиной потенциала и т. д.) и концентрацией определяемого вещества, в обратных — зависимость измеряемого электрического параметра от объема титрата (раствора с определенной концентрацией).

**Хроматография** — физико-химический метод разделения и анализа смесей, основанный на распределении их компонентов между подвижными и неподвижными веществами. Жидкость или газ (подвижное вещество) протекают мимо неподвижного твердого вещества или пленки жидкости, нанесенной на него. Хроматографические методы классифицируются по агрегатному состоянию смеси (газ, жидкость), по механизму разделения, по форме проведения хроматографического процесса (колоночная, капиллярная, плоскостная).

**Спектральный анализ** проводится с целью определения состава вещества по его спектру. Различают атомарный, молекулярный спектральный, эмиссионный (по спектрам излучений) и адсорбционный (по спектрам поглощения) методы анализа. В качественном анализе полученный спектр идентифицируют и интерпретируют с помощью таблиц и атласов спектров элементов и индивидуальных соединений. В количественном спектральном анализе определяют состав вещества по относительно или абсолютной интенсивностям полос спектра.

Масс-спектрометрические методы позволяют исследовать вещества путем определения масс и распределения частиц, содержащихся в веществе. С этой целью производится ионизация атомов и молекул изучаемого вещества и разделение образующихся ионов в пространстве или времени.

Методы анализа веществ, основанные на радиоактивности, разделяют на группы: радиоактивный анализ, радиоиндикаторные, основанные на поглощении и рассеянии радиоактивных излучений, и радиометрические. Наиболее распространен радиоактивный метод исследования радиоактивного излучения нуклидов под воздействием потока элементарных частиц.

**Биохимические методы** используют биологические компоненты (ферменты, антитела и др.).

Если количество добытого вещества очень мало (порядка 100 мкг), то применяют **микрохимический анализ**, при меньшем количестве (единицы и доли мкг) — методы **ультромикрохимического анализа**. Простейшие методы качественного микрохимического анализа предусматривают получение в капле раствора на фарфоровой пластинке окрашенных продуктов реакции и выделение в капиллярных пробирках осадков, характерных для конкретного элемента. В качественном микрохимическом анализе наиболее универсальным методом является **капельный анализ**, для которого раствор и высокочувствительные реагенты берутся в количестве нескольких капель. Для обнаружения определенных ионов используют характерные цветные реакции, которые проводят на фильтровальной бумаге, часовом стекле, капельной пластинке, в микротигле. Полуколичественная капельная калориметрия выполняет сравнения интенсивности окраски пятен, полученных на фильтровальной бумаге, с окраской стандарта. Чувствительность этого метода составляет (0,01-0,1) мкг

В количественном микроанализе используются гравиметрические, титрометрические, фотометрические методы. Титрометрические методы занимают ведущее положение как наиболее простые и высокоточные. Предпочтение отдается электрохимическим методам титрования, прежде всего кулометрическим.

**Кулометрия** — совокупность электрохимических методов анализа, основанных на измерении количества электричества, расходуемого при выделении на электроде того или иного вещества.

Весьма малые количества вещества (порядка  $10^{-6}$  г и менее) исследуются методами **ультрамикрохимического анализа**. Приемы подготовки к анализу весьма специфичны и индивидуальные для каждого образца. Операции ультрамикрохимического анализа выполняются в капиллярной посуде через лупу (когда объем не менее  $10^{-3}$  мл) и с помощью микроскопа с микроманипулятором (при объеме менее  $10^{-3}$  мл). При наблюдении в микроскоп выполняют:

- осаждение в микроконусе с последующим отделением осадка центрифугированием;
- электролиз на микроэлектродах из тонкой проволоки;
- титрование в капиллярных ячейках;
- определение в виде окрашенных соединений в капиллярных кюветах с помощью микроскопов-фотометров.

В ультрамикрoхимическом анализе органических веществ наряду с титрованием и спектрофотометрией применяют методы газовой **хроматографии** и **газового анализа**. Образцы для ультрамикрoхимического анализа взвешивают на ультрамикровесах с точностью  $10^{-9}$ — $10^{-8}$  г. Проблемы анализа малых образцов обеспечиваются также сочетанием методов ультрамикрoхимического исследования и физических методов.

## Вопросы для самопроверки

1. Особенности утечки информации по сравнению с утечкой материальных объектов.
2. Чем отличается технический канал утечки информации от канала связи?
3. Классификация технических каналов утечки информации.
4. Состав простых и составных каналов утечки информации.
5. Основные показатели технических каналов утечки информации.
6. Почему длина технического канала утечки информации является важным его показателем?
7. Виды и основные характеристики источников сигналов технических каналов утечки информации.
8. Виды и основные характеристики среды распространения технических каналов утечки информации.
9. Виды и основные характеристики приемников технических каналов утечки информации.
10. С какой целью комплексно используют технические каналы утечки информации?
11. Параметры источников сигналов, среды распространения и приемников сигналов акустических каналов утечки информации.
12. Что учитывает громкость звука? Диапазон громкости звуков в дБ и громкости речи в помещении.
13. Что представляет собой явление реверберации и как оно оценивается?
14. Какие составные каналы используются для повышения дальности передачи речевой информации?

## 15. Основные параметры источников сигналов, среды распространения и приемников сигналов оптических каналов утечки информации.

1. Какими показателями оценивается метеорологическая дальность видимости?
2. Основные показатели оптических волокон как световодов оптических каналов утечки информации.
3. Виды радиоэлектронных каналов утечки информации.
4. Виды сред распространения сигналов в радиоэлектронных каналах утечки информации.
5. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов.
6. Способы повышения дальности распространения ультракоротких волн.
7. Виды помех в радиоэлектронном канале утечки информации.
8. Источники информации вещественных каналов утечки информации.
9. Методы добывания информации с использованием вещественных каналов утечки информации.