

## ОСОБЕННОСТИ РАДИОСВЯЗИ В ГОРАХ

Характерные физико-географические и климатические условия горных районов оказывают большое влияние на подготовку и ведение войсками боевых действий. Резко пересеченный рельеф создает значительные затруднения для перегруппировок войск, их маневрирования и использования всех видов вооружения и военной техники. Кроме того, на действиях войск сильно отражаются значительные колебания температуры, которые тем резче, чем выше местность над уровнем моря.

Особенности ведения боевых действий в горах требуют высокой физической выносливости личного состава, навыков в преодолении крутых и обрывистых скатов, в движении по ледникам, подверженным снежным завалам, особой тактической и стрелковой подготовки в соответствии с горной обстановкой.

Опыт показал, что управление частями и подразделениями, ведущими бой в горах, отличается повышенной сложностью. В горной местности зачастую приходится действовать на отдельных, изолированных направлениях, находящихся на значительных расстояниях друг от друга. Все это вызывает дополнительные трудности в управлении подразделениями. Каждое подразделение часто ведет бой самостоятельно, в изоляции от других труднопроходимыми препятствиями (горные отроги с крутыми скатами, глубокие ущелья, горные реки и т.д.).

Управление боем командир осуществляет с командного пункта. Командный пункт разворачивается:

- в наступлении - на господствующих точках горного рельефа в полосе ответственности, с широким обзором местности, по возможности ближе к наступающим подразделениям на направлении главного удара;
- в обороне - в глубине полосы обороны, за подразделениями первого эшелона, на направлении сосредоточения основных усилий.

В тех случаях, когда с командного пункта горные складки недостаточно хорошо просматриваются, на отдельные направления выдвигаются передовые или боковые наблюдательные пункты, имеющие в своем составе отделения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), оборудованных видеокамерами и ретрансляторами связи. Опыт

показывает, что в современных условиях при ведении боевых действий в горах актуально развитие и использование сетей беспроводного широкополосного доступа (БШПД) как основной сети передачи данных от БпЛА.

Передовой наблюдательный пункт служит для непосредственного наблюдения за действиями противника и своих передовых подразделений на склонах горного рельефа, а также для поддержания более тесной связи и управления передовыми подразделениями. Боковые наблюдательные пункты служат вспомогательным средством для наблюдения за ходом боевых действий или для обзора района действия подразделений, отделенных горными отрогами.

БпЛА, оборудованные техническими средствами наблюдения и связи, в условиях горной местности являются чрезвычайно важными средствами не только разведки, но и управления войсками. Сложность и разнообразие горного рельефа, своеобразие климатических и атмосферных условий требуют от подразделений связи тщательной подготовки личного состава и технических средств. При действиях в высокогорных районах все техническое имущество узлов и линий связи должно быть приспособлено для перевозки в горах транспортом высокой проходимости (БМП, БТР, снегоходами, квадроциклами, горными велосипедами), в особых случаях - на выюках.

Работа по установлению радиосвязи в горах несравненно труднее, чем на равнине. Организацию связи в горах затрудняют в основном следующие факторы:

- резко пересеченный рельеф, труднопроходимые ущелья, горные реки и горные отроги с крутыми склонами;
- разреженность воздуха на высотах, что вызывает у специалистов связи большое напряжение сил при движении, особенно с носимыми средствами связи;
- частая облачность, туманы, дожди, снег;
- существенное уменьшение дальности связи в УКВ-диапазоне;
- малое развитие или полное отсутствие дорог создает серьезные препятствия при перевозке радиостанций, радиорелейных, тропосферных станций, станции спутниковой связи, КШМ и др.

Для поддержания непрерывной связи в горах особое внимание должно обращаться на дублирование (резервирование) связи, так как на восстановление прерванной связи в горной местности затрачивается значительно больше времени, чем на равнинной. Рассмотрим особенности обеспечения радио-, радиорелейной, тропосферной и спутниковой связи в горной местности.

### **Особенности обеспечения радиосвязи**

При ведении боевых действий в горах наиболее широко средства радиосвязи используются в звене батальон - рота - взвод. Организуя связь в этом звене, необходимо учитывать не только общие физические законы распространения электромагнитных волн, но и возможности усиления сигнала и установления связи за счет эффектов отражения, использования природных «волноводов» (рис. 1).

В низовом звене радиотелефонная и радиотелеграфная (слуховая) связь в горах применяется преимущественно в следующих случаях:

- на сложно-пересеченной местности при наличии труднопроходимых преград (реки, ущелья, хребты);
- когда постоянно поддерживать проводную связь не представляется возможным;



**Рис. 1. Отражение электромагнитной волны от горного рельефа**

- при пасмурной погоде (туман, дождь, снег), препятствующей функционированию оптической и сигнальной связи.

Следует особо учитывать, что при развертывании радиостанций в ущельях и горных распадках радиус действий намного уменьшается. Иногда радиосвязь в этом направлении вообще прерывается, или слышимость бывает чрезвычайно слабой.

Радиостанция, развернутая непосредственно у подошвы крутого ската горного хребта или отрога, не обеспечивает радиосвязь через горные преграды, находящиеся вблизи станции. По направлениям вдоль ущелий и через отдаленные от станции хребты дальность действия радиостанции, в сравнении с равнинной местностью, понижается незначительно.

Вследствие специфических физико-географических условий, свойственных горным районам, ведение радиосвязи в горах имеет ряд таких особенностей, как:

- значительные замирания принимаемого радиосигнала вследствие интерференции электромагнитных волн за счет отражения от горного рельефа;
- высокая степень поглощения энергии электромагнитной волны поверхностью при ведении радиосвязи земными волнами и низких значениях электрических характеристик земной поверхности;
- трудности использования эффективных антенн из-за возможных проблем при выборе необходимых площадок для их развертывания.

Эти особенности требуют более детального изучения характера местности, прогнозирования прохождения радиоволн не только КВ-, но и УКВ-диапазонов тщательного отбора средств для создания и обеспечения работы ретрансляционных и переприемных пунктов.

При организации связи в горах возрастает значение радиосвязи в коротковолновом диапазоне частот, что объясняется значительно меньшим поглощением коротких волн при работе земной волной, распространяющейся над скальной поверхностью, и явлением их дифракции (**рис. 2**). Связь с КВ-радиостанциями целесообразно планировать до роты, если последняя действует в отрыве от главных сил. Однако следует учитывать особенности прохождения КВ-радиоволн в различных районах местности и в разное время суток. В случае достаточно высокой подготовки расчетов КВ-радиостанций, правильного использования штатных антенн и рабочих частот, своевременного маневра ими обеспечивается устойчивая радиосвязь независимо от времени суток. При действиях войск в пешем порядке обычно

используются переносные радиостанции КВ-диапазона, обеспечивающие дальность связи на антенну «штырь» 10–15 км, а на антенну «симметричный диполь» — 100 км и более.



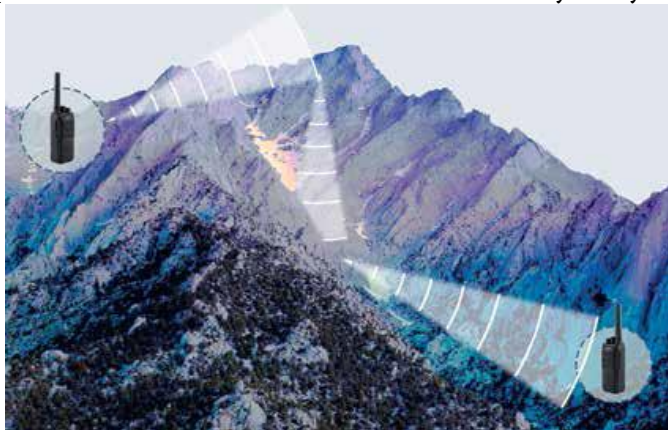
**Рис. 2. Явление дифракции радиоволн над горной вершиной**

Этими радиостанциями целесообразно оснащать обходящие, специальные и рейдовые отряды, тактические воздушные десанты, а иногда и авиационных наводчиков в мотострелковых полках и батальонах.

В горной местности, особенно в движении, табельные антенны зенитного излучения и «штырь» не гарантируют устойчивой связи. Поэтому для обеспечения переговоров целесообразно делать кратковременные остановки и разворачивать антенну «симметричный диполь». Если дальность не превышает 100 км, нет необходимости поднимать мачты КШМ, достаточно расположить антенну на колышках высотой около одного метра. Целесообразно также применять  $\lambda$ -образную антенну, развернув ее на деревьях, кустах, отрогах скал.

Несмотря на сложный рельеф и изменчивость гидрометеорологических условий, радиосвязь на УКВ-радиосредствах имеет в горной местности достаточно широкое применение. При этом требуется тщательное изучение изломов ущелий, каньонов, направлений долин, скальных «зеркал» и углов их отражения, а также характера подстилающей поверхности и растительного покрова. Большое значение здесь имеет выбор мест разворачивания радиостанций, рабочих и запасных частот, антенн.

Известно, что высокие горы снижают дальность действия радиостанций УКВ-диапазона. Так, у подошвы горы принимаемый сигнал очень слаб или отсутствует (**рис. 3**).



**Рис. 3. Слабый радиосигнал на радиостанции, развернутой у подошвы горы.**

Ультракороткие волны огибают препятствие не по его контуру, а по пологой кривой. В итоге у основания горного массива появляется так называемая зона радиомолчания.

Следовательно, радиостанцию необходимо располагать как можно дальше от препятствия. Кроме того, необходимо иметь в виду, что чем длиннее волна, тем меньше влияние препятствий на ее распространение. Уровень сигнала в значительной степени зависит от электрических свойств подстилающей поверхности. Если используются несимметричные вертикальные вибраторы, радиостанцию предпочтительно устанавливать на участке с влажной, хорошо проводящей почвой. На каменистом грунте коэффициент полезного действия штыревой антенны снижается в 1,5–2,5 раза. При развертывании УКВ-радиостанций на сухой или каменистой почве следует применять противовесы, а также направленные антенны, в частности антенну бегущей волны (АБВ). Маневр антеннами необходимо проводить и при изменении метеоусловий. Проверено, что в сильные морозы эффективно работает АБВ, а при оттепели и мокром снеге  $\lambda$ -образная антенна.

Радиостанции предпочтительнее развертывать на вершинах холмов. Если же по условиям боевой обстановки радиостанцию приходится устанавливать на обратном склоне, то она должна быть удалена от подножия холма на расстояние, равное длине его обратного склона. При развертывании в долине радиостанцию необходимо размещать на склоне, обратном к корреспонденту.

В горах есть возможность обеспечивать радиосвязь за счет прохождения трассы сигнала через острые (клинообразные) горные препятствия. В этом случае применение направленных антенн обеспечивает облучение остроконечных вершин, что позволяет в значительной степени повысить устойчивость радиосвязи.

В горных ущельях с крутыми склонами и резкими изломами можно обеспечить дальнюю УКВ-радиосвязь по природному «волноводу» за счет многократного отражения волны от склонов. Если такой возможности нет, то на изгибах ущелья целесообразно оборудовать переприемные или ретрансляционные пункты. Как показал опыт связь радиосредствами УКВ-диапазона довольно широко применялась для управления подразделениями, действующими вдоль долин, ущелий, вытянутых в одном направлении. Большую роль играли переприемные и ретрансляционные пункты, оборудованные на господствующих высотах. Например, современное оборудование автономного ретранслятора связи (АРС) целесообразно размещать в малогабаритных контейнерах, которые можно перевозить различными транспортными средствами (рис. 4).

Оснащение такими АРС подразделений связи позволит обеспечить развертывание системы автономных ретрансляторов с учетом складывающейся обстановки.

Опыт организации радиосвязи подтверждает целесообразность применения портативных радиостанций шестого поколения Р-187-П1, работающих в помехозащищенном режиме ППРЧ с многопролетной ретрансляцией (МПР). Сеть МПР с большим числом абонентов развертывается на основе использования высокоподнятых стационарных магистральных ретрансляторов (МРТР), которые устанавливаются на вышки или вершины холмов (гор). МРТР целесообразно располагать в труднодоступных районах, планировать систему долговременного электропитания, персонал для технического обслуживания и охраны





Рис. 4. Автономный ретранслятор связи

### Особенности обеспечения спутниковой связи

В повышении устойчивости управления войсками в современных условиях неизмеримо возросла значимость средств спутниковой связи.

Ранее упомянутые особенности горных условий и их влияние на ведение боевых действий создают дополнительные затруднения в обеспечении войск спутниковой связью на частотах свыше 8 ГГц. При этом возникают определенные сложности с доставкой мобильных станций спутниковой связи (СтСС) в высокогорные районы, прокладка кабеля до конечных аппаратных становится затруднительной и требует большого времени для проведения рекогносцировки местности. В данных условиях приоритет следует отдать носимым СтСС. Однако и при использовании станций спутниковой связи остается проблема затенения горными массивами прямой видимости между СтСС и ретрансляторами связи (РС). Поэтому не всегда имеется возможность обеспечить спутниковую связь через космические аппараты на геостационарной орбите (ГСО), а обеспечение связи севернее 70 гр. с. ш. через РС на ГСО и вовсе затруднительно из-за малых углов местности. Станции СС при работе через ретрансляторы на ГСО требуется развешивать на вершинах или на южных склонах гор (при наличии подходящей площадки) для обеспечения видимости на ретранслятор связи.

Наиболее перспективными способами организации и обеспечения спутниковой связи в горной местности являются:

- дополнение систем ретрансляторами наземного (воздушного) базирования, обеспечивающими возможность обслуживания абонентов вне зависимости от физико-географических условий;

- применение станций, обеспечивающих работу через РС, как на ГСО, так и высокоэллиптической орбите (ВЭО);
- использование антенных устройств станций спутниковой связи на дистанционном управлении, подключенных к пульту управления по кабельным линиям;
- для борьбы с затуханиями радиосигналов, возникающими вследствие многолучевости, предпочтительно использовать цифровые антенные решетки (ЦАР) с управляемой диаграммой направленности.

## ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СВЯЗИ

Трассы радиорелейных линий (РРЛ) следует развертывать вдоль горных ущелий, что существенно ограничивает протяженность интервалов связи из-за сложной геометрии трассы. Это, в свою очередь, приводит к увеличению количества ретрансляционных станций, а значит, увеличивает расход сил и средств.

При размещении РРСт на горных хребтах (с учетом возможности их транспортировки) интервалы связи с большой вероятностью будут открытого типа, поэтому целесообразно уменьшать высоту подъема антенн, что способствует повышению разведзащищенности позиций развертывания станций, сокращает время их развертывания (свертывания) и уменьшает ветровую нагрузку на антенно-мачтовое устройство (АМУ). Интерес представляет вариант организации связи с размещением ретранслятора на БПЛА, что позволит с одной ретрансляцией обеспечить связь в ДМВ-диапазоне в зависимости от высоты подъема на дальности до 250 км.

Так же эффективно работают радиорелейные линии, развернутые поперек горного склона, если в качестве ретранслятора применять контейнерные (не обслуживаемые) станции на господствующих труднодоступных высотах. В этом случае потребуется дополнительное время для выбора подходящей площадки для развертывания, их доставки с помощью летно-подъемных средств, обеспечения автономного электропитания на длительный период, тщательного планирования и расчета интервалов РРЛ. Однако такая станция может оказаться легкоуязвимой перед современными средствами разведки на БПЛА (самолетах, вертолетах, космических аппаратах), потребуется хорошая маскировка от видовых способов разведки, защита от огневых средств поражения и радиоэлектронного подавления.

При планировании линии в горных условиях с открытыми трассами имеется большая вероятность возникновения быстрых замираний, обусловленных многолучевым распространением радиоволн, что негативно скажется на устойчивости работы РРЛ. Однако существует ряд доступных методов для снижения влияния быстрых замираний:

- увеличение наклона трассы за счет изменения высоты антенны одной из двух радиорелейных станций;
- развертывание линий там, где можно уменьшить случаи появления значительных зеркальных и диффузных отражений;
- перенос точки отражения на поверхность с худшим коэффициентом отражения путем оптимизации размещения станций на местности, а также высот их антенн;
- выбор вертикальной поляризации на частотах выше 3 ГГц;
- использование пространственной избирательности антенн для уменьшения влияния луча, отраженного от горного образования или поверхности земли (целесообразно немного наклонить вверх (вниз, в сторону) одну или обе антенны);

- уменьшение просвета трассы, чтобы интервал из открытого перешел в полуоткрытый, с возможностью обеспечения прогнозируемой величины потерь из-за дифракции;

- применение методов пространственного, углового и частотного разнесения сигналов.

Линии привязки целесообразно разворачивать с использованием станций беспроводного широкополосного доступа или перспективных малогабаритных ТРСт диапазона 80–90 ГГц.

## ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРОПОСФЕРНОЙ СВЯЗИ

На обеспечение тропосферной связи в горных условиях могут влиять следующие факторы.

1. Средняя приподнятость трассы интервала ТРЛ над уровнем моря может существенно превышать значение  $h_{тр} = 200$  м, что приводит к дополнительному затуханию волн и, соответственно, к сокращению протяженности интервала.

2. На направлениях с препятствиями в виде горных образований клиновидной формы возможно осуществление связи на укороченных интервалах ( $R_i < R_{ср}$ ) дифракционной волной (благодаря большому энергетическому потенциалу ТРСт).

3. На направлениях, где горные образования полностью экранируют прохождение волн, но имеется горное образование, находящееся в стороне и «видимое» из точек размещения обеих станций интервала, возможно осуществление связи волной, рассеянной от указанного горного образования как от естественного пассивного ретранслятора (потребуется дополнительное время на практический подбор углов наведения антенн);

4. Отсутствие статистики распределения глубины замираний в горных районах, отличающейся от замираний в условиях мало- и среднепересеченной местности, что требует при расчетах пользоваться имеющейся статистикой, которая существенно снижает точность расчетов.

Тропосферные линии, планируемые для развертывания в горных условиях, рассчитываются для двух механизмов распространения радиоволн — тропосферного и дифракционного, обусловленного огибанием радиоволнами горных вершин и хребтов. Кроме этого, необходимо учитывать дополнительные замирания сигнала в точке приема за счет интерференции электромагнитных волн при отражении от горного рельефа.

Для каждого механизма распространения радиоволн в результате расчета получают некоторое свое значение потери надежности по замираниям. Для оценки пригодности интервала принимают большее из этих значений, если оно окажется менее требуемого  $T^*_{тр} \%$ , указанного для каждого типа ТРСт, то интервал и соответствующие места развертывания ТРСт считаются пригодными.

При планировании ТРЛ в горных условиях, где возможно эффективное использование дифракционного механизма распространения радиоволн, особенности выбора позиций развертывания ТРСт заключаются в следующем:

- на интервале не должно быть более двух горных препятствий;
- препятствия должны располагаться как можно ближе к середине интервала;
- вершины препятствий должны быть как можно более остроконечными (клиновидными);

- при одном препятствии на интервале должна обеспечиваться прямая видимость между вершиной препятствия и антенной каждой ТРСт, а при двух препятствиях требуется, чтобы была прямая видимость между ТРСт и ближайшей к ней вершиной препятствия. Профиль местности интервала ТРЛ в таком случае строится на полную протяженность.



Для развертывания тропосферной связи в ТЗУ может применяться ЦТРСт типа Р-423ПМ, «Гроза-1,5». На небольших интервалах и интервалах прямой видимости данные станции обеспечивают режимы радиорелейной связи.

Таким образом, обеспечение радиосвязи в горных условиях достаточно специфично и сравнительно мало изучено. Поэтому большое значение имеет изучение опыта войн и вооруженных конфликтов последнего времени. Обеспечение управления войсками в горных условиях требует хорошего знания физико-географических условий местности и их влияния как на ведение боевых действий и организацию управления, так и на особенности боевого применения средств и комплексов связи.

Источник: <https://prussia.online/books/armeyskiy-sbornik-2024-2?ysclid=mjq5n8lecg211938676>