



**ПОЛЯКОВ<sup>1</sup> Владимир Тимофеевич,**  
**кандидат технических наук, доцент**

# **NVIS — ТЕХНИКА БЛИЖНЕЙ СВЯЗИ НА КВ**

*В статье рассказано о способе КВ-радиосвязи, использующем почти вертикальное падение волн на ионосферный отражающий слой (NVIS). Способ пригоден для расстояний 40 — 400 км, слишком больших для УКВ-связи, но малых для дальней КВ-связи. Ключевыми моментами в организации связи оказываются выбор рабочей частоты и использование довольно простых антенн зенитного излучения.*

*In this article there is told about HF radio communication using Near Vertical Incidence Skywave, or NVIS radio-wave propagation method. The way is suitable for distances 40 — 400 km, too greater for VHF, but too small for DX HF communications. The key points in the organization of communication appear a choice of working frequency and use simple aeriels for zenith radiation.*

## **Актуальная задача**

Стало почти аксиомой, что на коротких волнах (КВ) стремятся приходить как можно более дальние связи, на тысячи километров, поднимая повыше антенны и используя все другие средства, чтобы прижать главный лепесток излучения к горизонту, и получить касательное отражение волн от ионосферы.

В то же время существует насущная необходимость установления связи внутри региона, с ближайшими населенными пунктами, экспедициями, поисковыми и разведывательными партиями и т. д. Местная связь особенно необходима во время стихийных бедствий и других чрезвычайных ситуаций (ЧС). Телефонная сотовая связь покрывает лишь небольшую часть территории страны, а ее базовые станции, без которых она не может функционировать, выходят из строя при ЧС чуть ли ни первыми. Дальность действия УКВ-радиостанций ограничена дальностью прямой видимости, то есть первыми десятками километров, и еще сильнее нарушается экранирующим действием хребтов в горных районах. Спутниковая связь пока все еще дорога и мало доступна. Таким образом, диапазон дальностей

порядка 40...400 км оказался почти недоступен для современных КВ и УКВ средств связи.

Для таких связей прижатый к горизонту максимум излучения антенны совсем не оптимален и даже вреден. А если к этому добавить неподходящий выбор диапазона, ближние корреспонденты вообще могут оказаться в мертвой зоне, характерной для распространения КВ.

## **Возможное решение**

В последние годы возрос интерес к технике связи, названной NVIS — Near Vertical Incidence Skywave propagation (NVIS обычно произносится как нэ-вис). Эта техника предусматривает работу пространственной волной, падающей на ионосферный слой почти вертикально, и отражающейся тоже почти вертикально вниз, создавая значительную напряженность поля на небольших расстояниях (десятки — сотни километров) от передатчика.

Первыми использовали такой тип распространения волн, по-видимому, английские и немецкие военные в целях тактической связи на КВ [1] в 1943 — 44 гг.

<sup>1</sup> — Профессор кафедры телекоммуникаций и систем связи РОСНОУ



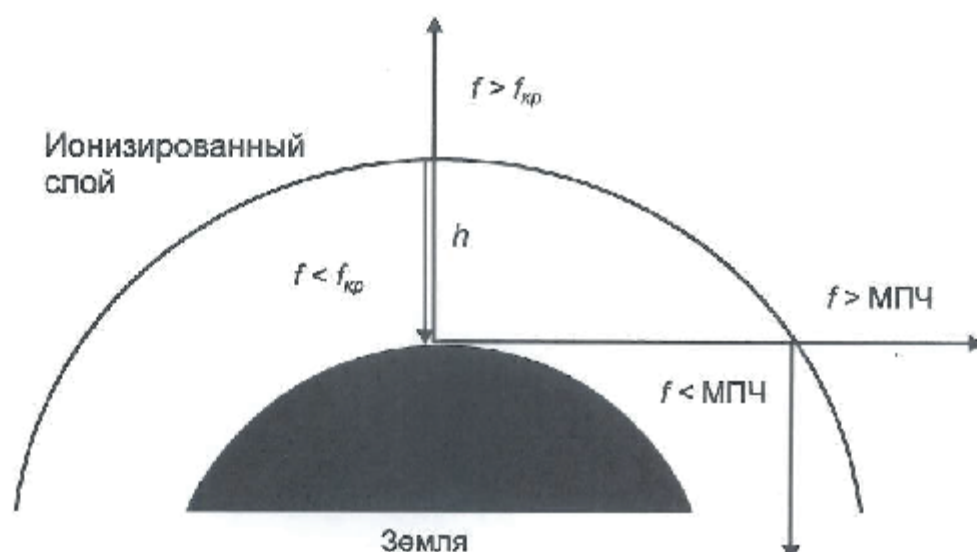


Рис. 1

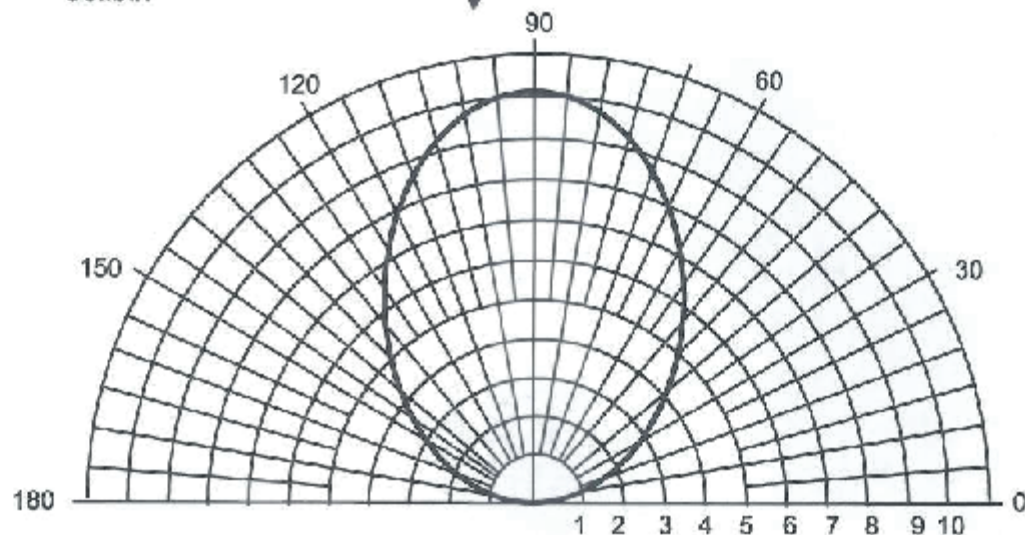


Рис. 2

С равным успехом и, вероятно, еще раньше его применяли советские партизаны на оккупированных фашистскими войсками территориях для связи через линию фронта. Не случайно во всех странах диапазон частот 2...8 МГц часто называют «военным». Указанный диапазон также широко используют спасатели, пограничники и береговая гвардия, то есть службы, аналогичные нашей МЧС. Этот вид связи незаменим там, где расстояния не так уж и велики, но дальности действия обычных УКВ-радиостанций уже не хватает.

Большую работу по исследованию NVIS на о. Цейлон с привлечением местных радиолюбителей провел английский коротковолновик G3BGL/VS7PS в начале 50-х гг. прошлого века. Его результаты были использованы при организации тропической радиовещательной службы в диапазонах 120, 90, 60, 49, 41 и 31 м. В последующие годы неоднократно появлялись публикации по использованию NVIS для целей ближней радиосвязи.

Из теории распространения радиоволн известно, что ионизированные слои полностью характеризуются высотой максимума электронной концентрации  $h$  и критической частотой  $f_{кр}$  – максимальной частотой отражающейся волны при вертикальном зондировании (рис. 1). Критическая частота зависит только от электронной концентрации в слое и определяется простой формулой:

$$f_{кр}^2 = 80,8 N, \text{ где } N - \text{число электронов в } 1 \text{ м}^3.$$

Так, например, если в летний полдень концентрация электронов в слое E достигла  $10^{12}$  электронов/м<sup>3</sup>, то  $f_{кр} = 9 \times 10^6$  Гц или 9 МГц.

При увеличении частоты сигнала вертикально падающие волны перестают отражаться, но часть падающих волн еще отражается. При этом вокруг передатчика образуется «мертвая зона», в которой сигнал не слышен. На больших же расстояниях сигнал может быть достаточно сильным. Максимально применимая частота (МПЧ) – та, при которой еще отражаются волны, посланные антенной передатчика

в направлении на горизонт. На частотах выше МПЧ слой вообще перестает отражать волны, посланные с поверхности земли, и они уходят сквозь ионосферу в Космос. МПЧ обычно в несколько раз выше  $f_{cr}$ . Связь тоже очень простая:

$(МПЧ/f_{cr})^2 = 1 + R/2h$ , где  $R$  – радиус Земли (6300 км).

Для вышеприведенного примера, если  $h = 90$  км, то  $МПЧ = 2,5f_{cr}$  или 22,5 МГц. В этих условиях сильной дневной ионизации для NVIS-связей подойдет диапазон 7 МГц, а для дальних связей – 21 МГц.

Из нашего краткого рассмотрения ясно, что для NVIS пригодны волны с частотами ниже критической. А насколько ниже? Здесь надо учитывать поглощение волн в ионосфере. Теория говорит, что поглощение в ионосфере увеличивается с понижением частоты. Так,

например, средние волны днем полностью поглощаются слоем  $D$  ( $h = 70$  км), критическая частота которого недостаточна для отражения, и волне приходится дважды его пропирывать при отражении от слоя  $E$  ( $h = 90...120$  км, ночью выше). Таким образом, для уменьшения поглощения надо выбирать частоту как можно ближе к  $f_{cr}$ , но немного ниже ее.

Критические частоты слоя  $E$  и вышележащего слоя  $F$  ( $h = 200...250$  км) очень сильно зависят от времени суток, времени года и солнечной активности. Все эти факторы определяют электронную концентрацию в слое, а, следовательно, и  $f_{cr}$ . Так, например, расчеты, проведенные американскими радиолюбителями для трассы Сакраменто-Рено на западном побережье США, показывают, что критические частоты могут

Рис. 3

90°

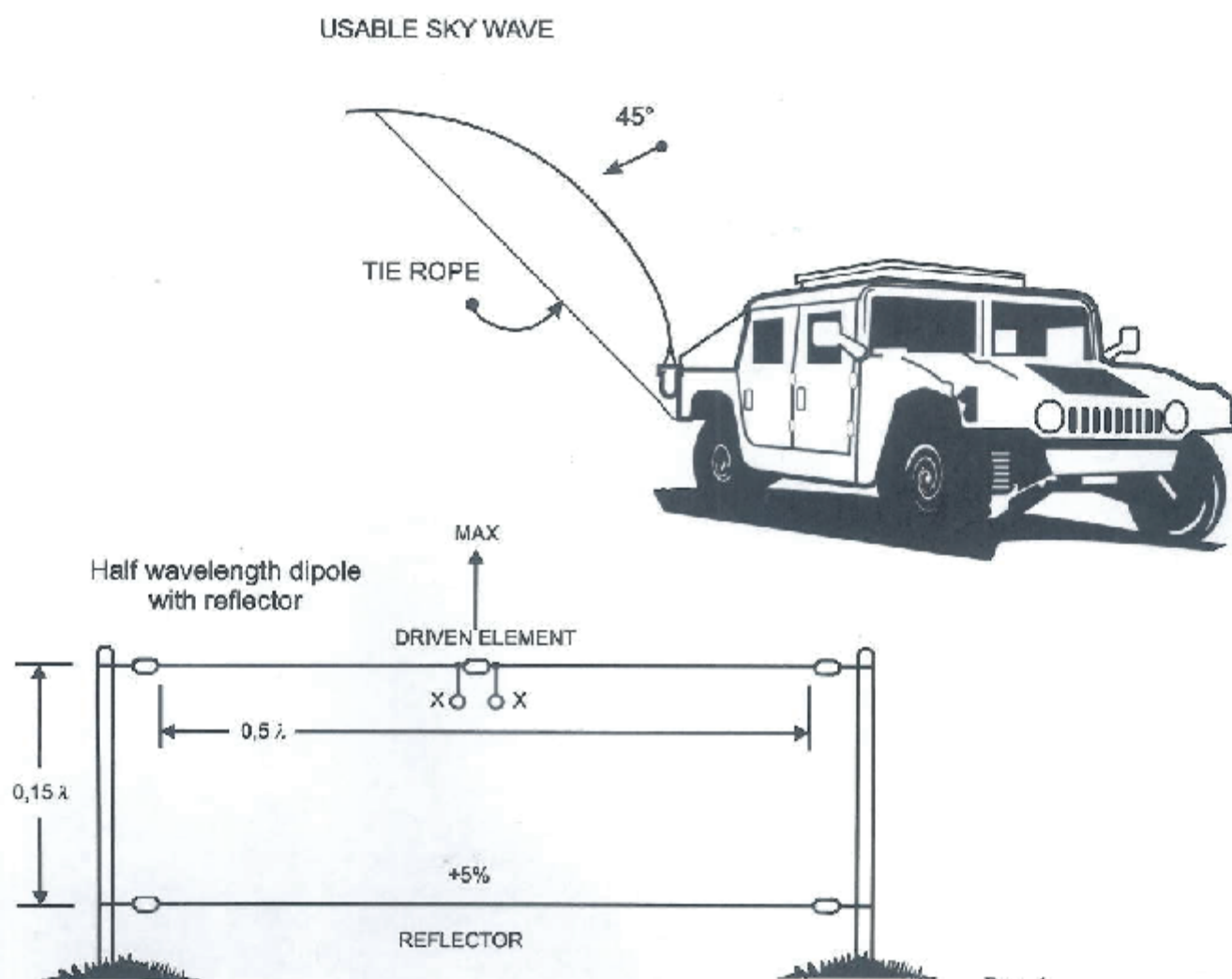


Рис. 4



изменяться от 2 до 14 МГц. Чаще же всего они лежат в области 2...7 МГц, понижаясь ночью и возрастая днем.

#### Требования к антеннам и примеры их выполнения

Антенны для NVIS, в шутку называемые «нагревателями облаков», должны излучать преимущественно вверх. Они очень плохо подходят для дальних связей, зато создают повышенную напряженность поля в ближней зоне, на расстояниях от 30 (где прямая поверхностная волна уже затухает) до 500 км. Оптимальная ДН NVIS-антенны показана на рис. 2.

Хорошие результаты дают горизонтальный диполь и Inverted V, расположенные на высоте 0,1...0,15  $\lambda$  над землей. Земля в этом случае служит естественным и довольно неплохим рефлектором, направляя излучение вертикально вверх. Входное сопротивление полуволнового диполя, расположенного горизонтально и невысоко над землей, заметно понижается, и надо подумать о его согласовании.

В ряде случаев на сухой земле и на скальных грунтах можно вообще не поднимать антенну, расстелив ее просто по земле. Потери при этом, конечно, больше, но в экстренных ситуациях, когда речь идет хоть о какой-то связи, по сравнению с ее полным отсутствием, это может оказаться радикальным выходом из положения. Другой вариант, предложенный военными, состоит в использовании штатной штыревой антенны со своим согласующим устройством, которыми оборудовано транспортное средство. Антенну просто отгибают в сторону любыми подручными средствами (рис. 3), например, с помощью синтетической (хорошо изолирующей) веревки [2].

Подобный вариант использует и другой американский любитель, назвавший свой луч «Roadside antenna»

(антенна для обочины). Это провод длиной 20 м, разделенный в середине изолятором с перемычкой, оснащенной «крокодилом». Луч он протягивает горизонтально с крыши джипа, стоящего на обочине, к соседнему дереву. При разомкнутой перемычке 10 м провода образуют четвертьволновый вибратор в диапазоне 40 м. Для работы в диапазоне 80 м перемычку замыкают. В диапазоне 160 м в точке питания (на крыше джипа) включают удлиняющую катушку. Полагают, что две тонны автомобильного металла служат достаточным противовесом этой четвертьволновой антенне.

Радиолюбитель-коротковолновик CO2KK усовершенствовал антенну для NVIS, применив петлевой полуволновой диполь, изогнутый в виде Inverted V. Под диполем на высоте около 1 м над землей протянут проволоочный рефлектор, длина которого увеличена на 5% относительно диполя. Он уменьшает потери в земле и увеличивает направленность антенны вверх. Расстояние от центра диполя до рефлектора 0,15...0,2  $\lambda$ , расстояние от концов диполя до рефлектора 0,1  $\lambda$ .

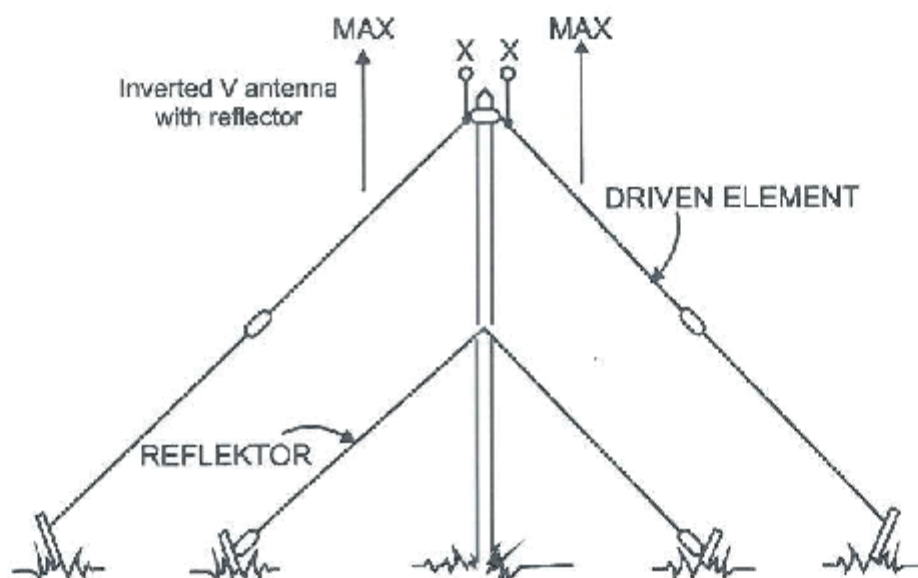
Подобные же варианты дипольных антенн с рефлектором, пригодных для NVIS-связей, показаны на рис. 4, 5. И в заключение приведем рисунок «Супер Бима» на диапазон 40 м для NVIS, где использовали петлевой вибратор и целых три рефлектора, по всей видимости, просто расстеленных по земле (рис. 6).

Особый интерес вызывает ссылка [7], где дана фотография прямоугольной рамочной магнитной антенны, замаскированной под конструктивный элемент багажника на крыше автомобиля (фото 1). В рабочем положении рамку устанавливают вертикально (как на снимке), а в походном – откидывают вбок. Информация о способах ее согласования не приводится, по-видимому, из коммерческих соображений.

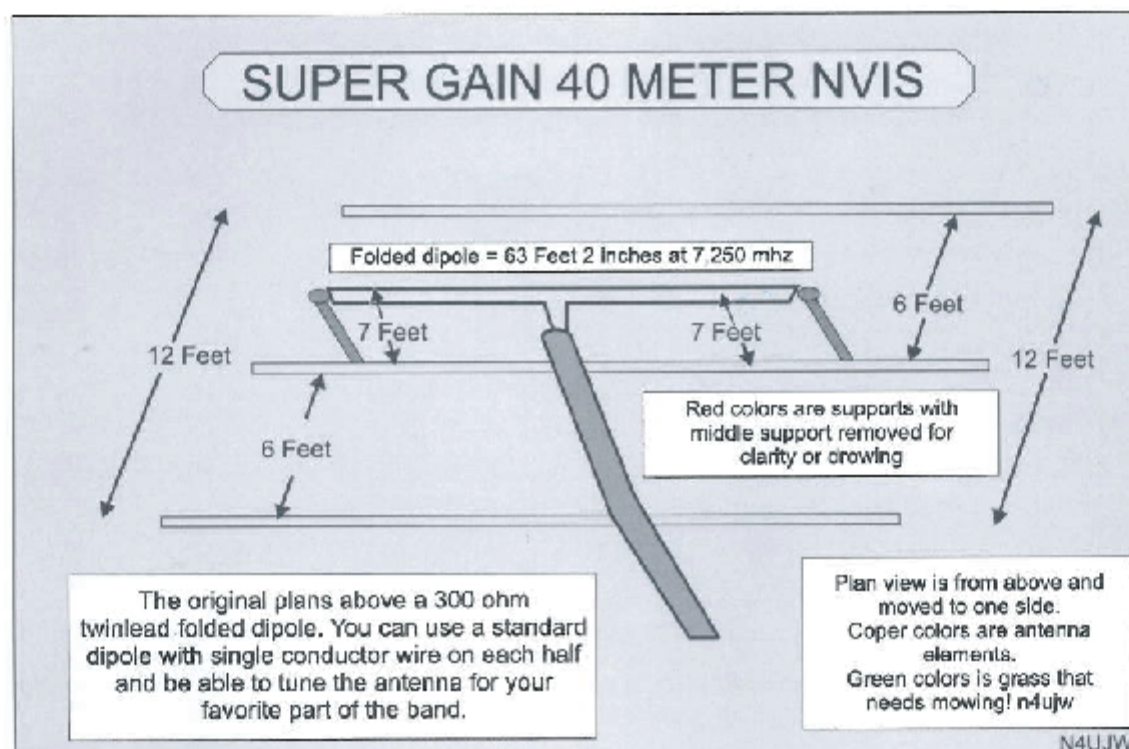


Фото 1





Puc. 5



Puc. 6

## Литература

1. Austin, B.A. Evolution of near vertical incidence skywave communications and the Battle of Arnhem. [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?tp=&arnumber=997794&isnumber=21521](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?tp=&arnumber=997794&isnumber=21521)
2. Morrow R., K5CNF. Near Vertical Incidence Skywave Communications. <http://www.antennex.com/shack/Jan02/nvis.html>
3. <http://www.nviscom.com/>
4. <http://www.emcomm.org/projects/nvis.htm>
5. <http://www.hamuniverse.com/nvisbeam.html>
6. <http://www.hamuniverse.com/supernvis.html>
7. <http://www.stealth-us.com/>