

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСЛАБЛЕНИЯ РАДИОВОЛН УКВ ДИАПАЗОНА В РАЙОНАХ МИРОВОГО ОКЕАНА

В. Л. Костина, И. М. Мыценко, А. Н. Роечко, С. И. Хоменко

*Институт радиопроизведения и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины,
12, ул. Ак. Проскуры, Харьков, 61085, Украина,
E-mail: rk@ire.kharkov.ua*

Одной из основных характеристик трассы распространения радиоволн является множитель ослабления V и его дистанционная зависимость $V(R)$. Ввиду многообразия факторов, влияющих на ослабление радиосигналов над поверхностью океанов, а также отсутствия систематических экспериментальных данных в ИРЭ НАН Украины проведены многолетние комплексные радиофизические исследования в различных районах Атлантического, Индийского, Северного Ледовитого и Тихого океанов. Результаты этих исследований легли в основу базы данных дистанционных зависимостей множителя ослабления, которая позволяет рационально решать задачи управления массивами данных и обеспечивает оперативный доступ к массивам и их обработку согласно функции запроса. Ил. 5. Табл. 2. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: множитель ослабления, дистанционная зависимость, база данных.

Как известно одной из основных характеристик трассы распространения является множитель ослабления V радиоволн и его дистанционная зависимость $V(R)$ [1]. Ввиду многообразия факторов, влияющих на ослабление радиосигналов над поверхностью океанов, а также отсутствия систематических экспериментальных данных в ИРЭ НАН Украины были проведены многолетние комплексные радиофизические исследования в различных районах Атлантического, Индийского, Северного Ледовитого и Тихого океанов.

Первые исследования по распространению радиоволн проведены в 1962 г. в Северной Атлантике [2, 3]. Получены дистанционные зависимости множителя ослабления поля прямого сигнала (до 300 км), которые существенно отличались от зависимостей на континентальных [4] и прибрежных трассах. Увеличение интенсивности судосодства и необходимость увеличения безопасности судовождения требовали продолжения этих исследований. В период с 1976 по 1991 гг. ИРЭ и СКТБ НАН Украины продолжили экспериментальные исследования распространения радиоволн в акваториях Атлантического, Северного Ледовитого, Индийского и Тихого океанов, которые сопровождалось аэрологическим зондированием тропосферы, метеорологическими исследованиями и изучением тонкой структуры приподнятого слоя тропосферы с помощью рефрактометров. Некоторые результаты проведенных исследований в основном в 3- и 10-см диапазонах были использованы авторами работы [5] для сопоставления экспериментальных и расчетных дистанционных зависимостей множителя ослабления. Работы по исследованию распространения радиоволн над водной поверхностью проведены и за рубежом на трассах между островами [6]. Исследования распространения радиоволн над поверхностью Тихого океана выполнены также и ТИА СУР [7]. В настоящее время повышенный

интерес к изучению ослабления сигнала над морской поверхностью вызван развитием мобильной связи [8], а также необходимостью охраны территориальных вод от несанкционированного доступа и других правонарушений [9].

1. Районы радиофизических исследований. Результаты радиофизических исследований, представленные в данной статье, получены в пяти районах Мирового океана.

Район №1 (координаты центра района 40° з. д. и 55° с. ш.) интересен в гидрологическом отношении в связи с его близостью к полярному фронту - границе теплых атлантических и холодных вод Лабрадорского течения. При усилении ветров, дующих из области холода в Северо-Западной Атлантике и полуострова Лабрадор, а также из области Исландского центра, действие атмосферы увеличивается объемом теплых вод, переносимых ветвями Гольфстрима и, следовательно, разностью температур между холодным воздухом и теплым океаном. В районе происходит потеря тепла океаном. Период проведения работ характеризуется большим разнообразием погодных условий и сильной нестационарностью макроскопических процессов.

В районе №2 (координаты центра района 20° з. д. и 58° с. ш.) гидрометеорологические условия определяются его положением на Юго-Восточной периферии Исландского минимума в умеренной зоне Северной Атлантики. Осенний период характеризуется активной циклонической деятельностью, создающей условия для развития умеренного и сильного волнений при преобладающих западных и юго-западных ветрах.

Исследуемый район №3 (координаты центра района 25° в. д. и 76° с. ш.) расположен на материковой отмели за полярным кругом между Атлантическим океаном и Арктическим бассейном в субарктической климатической зоне. Характер погоды определяется взаимодействием арктиче-

ских воздушных масс, а также двух основных течений: холодного Восточного-Гренландского и теплого Норвежского. В период проведения работ синоптическая и метеорологическая обстановка предполагала изменение такого важного параметра как разность температур вода - воздух. Однако в связи с понижением температуры воздуха до нулевой и отрицательной влажность у поверхности воды была невысокой, а ее перепад, определяющий, в первую очередь, высоту волноводов, был на протяжении исследований одинаковым при разных погодных условиях.

В районе №4 (координаты центра района 60° в. д. и 5° с. ш.) на метеорологические условия основное влияние оказывает общий характер тропической циркуляции. В период проведения исследований среднемесячные параметры совпадали со среднеклиматическими. Над районом располагалось малоградиентное поле давления.

Район №5 (координаты центра района 150° в. д. и 50° с. ш.) представляет собой при-

брежную часть Тихого океана, которая охватывает Охотское и Японское моря и Тихий океан. Средние многолетние данные по метеорологическому режиму приведены в работе [7].

2. Методика измерений и аппаратура. В измерениях использовались два судна, на одном из которых размещался передатчик, а на другом – приемник. Для уменьшения погрешностей в определении дистанционных зависимостей множителя ослабления проводилось измерение сигнала в интерференционной зоне и «привязка» измеренных значений к рассчитанным. Суть «привязки» и определение дистанционных зависимостей множителя ослабления радиоволн заключались в следующем. Сначала рассчитывались положения интерференционных максимумов для всех длин волн и высот расположения антенн при нормальной рефракции [1]. Данные о длинах радиоволн, высотах размещения приемных и передающих антенн, расчетных значениях положения максимумов интерференционного поля приведены в табл. 1.

Таблица 1

Длина волны, см	Высота антенны, м		Положения максимумов, км	
	Передатчик	Приемник	$R_{\max 1}$	$R_{\max 2}$
3,2	4,5	5,5	3,93	1,03
3,2	4,5	19	10,69	3,56
3,2	17	5,5	12,03	4,01
3,2	12	17	25,5	8,5
3,2	12	22,5	33,75	11,25
3,2	4,5	22,5	12,65	4,22
10	17,5	17	11,9	-
10	12	20	9,6	-
50	10	17,5	1,4	-
50	12	19	2,58	-
200	22	12,5	0,55	-
200	22	22	0,97	-

При расхождении или схождении судов по записанным сигналам определялось реальное положение интерференционных максимумов R_{\max} , которое затем сравнивалось с расчетной величиной, взятой из табл. 1.

Для 10-, 50- и 200-см диапазонов (см. рис. 1) определялось положение первого максимума $R_{\max 1}$, а для 3-см диапазона - первых двух $R_{\max 1}$, $R_{\max 2}$ (см. рис. 1). Это связано с тем, что в случае волноводного распространения первый максимум может быть сильно смещен и не выражен. Расстояние между судами определялось с помощью штатного навигационного оборудования в пределах его дальности действия, а затем с помощью данных ИСЗ о местоположении судов.

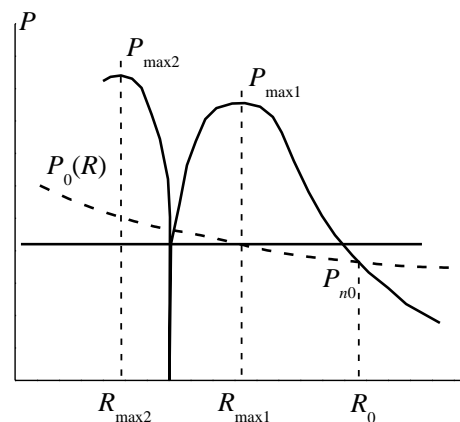


Рис. 1. Дистанционная зависимость множителя ослабления в зоне интерференции

Затем измерялась мощность в максимуме первого лепестка $P_{\max 1}$ (рис. 1) или второго лепестка $P_{\max 2}$ (3-см диапазон при волноводном распространении радиоволны). Для исключения влияния наведения антенн на точность «привязки» схождение и расхождение судов проводилось с применением широконаправленных рупорных антенн в 3- и 10-см диапазонах и петлевых вибраторов Пистолькорса для 50- и 200-см диапазонов. После расхождения судов до 50-100 км приемники и передатчики подключались к узконаправленным потенциальным антенным системам, и по специальной программе проводилось наведение по азимуту и углу места. При схождении судов все делалось в обратном порядке. Расхождение судов и измерение мощности принятых сигналов проводилось до полной их потери в шумах. Затем суда разворачивались и начинали сходить.

По окончании расхождения судов и потери сигнала в шумах определялась дистанционная зависимость $V(R)$ множителя ослабления с использованием измеренной в зоне интерференции мощности в максимуме первого лепестка $P_{\max 1}$ и его положения $R_{\max 1}$ (для случая, описанного выше, $P_{\max 2}$ и $R_{\max 2}$).

Дистанционная зависимость определялась следующим образом.

Как известно, множитель ослабления радиоволн равен [1]

$$V R = 10 \log \frac{P R}{P_0 R}, \quad (1)$$

где P - мощность сигнала на входе приемника, принимаемая в реальных условиях; P_0 - мощность сигнала, которая была бы принята приемником в свободном пространстве.

Преобразуем выражение (1) к виду

$$\begin{aligned} V R &= 10 \log \frac{P R}{P_0 R} = \\ &= 10 \log \frac{P R}{P_{\max 1}} - 10 \log \frac{P_0 R}{P_{\max 1}}, \end{aligned} \quad (2)$$

Мощность, создаваемая в приемной антенне при распространении в свободном пространстве

$$P_0 R = \frac{P_{rad} G_1 G_2 \lambda^2}{4\pi R^2}, \quad (3)$$

где P_{rad} - излучаемая мощность передатчика; G_1 и G_2 коэффициенты усиления приемной и передающей антенн соответственно.

Обозначим через $K = \frac{P_{rad} G_1 G_2 \lambda^2}{4\pi R^2}$, тогда

$P_0 R = \frac{K}{R^2}$. Определим K , «привязав» его к уровню сигнала $P_{\max 0_1}$ на расстоянии положения первого максимума $R_{\max 1}$. С учетом того, что коэффициент отражения близок к единице,

$$\begin{aligned} P_{\max 0_1} &= \frac{P_{\max 1}}{4}, \quad K = \frac{P_{\max 1}}{4} R_{\max 1}^2, \\ P_0 R &= \frac{P_{\max 1} R_{\max 1}^2}{4R^2}. \end{aligned}$$

Подставив значение $P_0(R)$ в выражение (2), получим

$$V R = 10 \log \frac{P R}{P_{\max 1}} - 10 \log \frac{R_{\max 1}^2}{4R^2} \quad (4)$$

или в логарифмических единицах

$$\begin{aligned} V R_{dB} &= P R_{dB/V} - P_{\max 1_{dB/V}} - \\ &- 20 \log \frac{R_{\max 1}}{R} + 6dB. \end{aligned} \quad (5)$$

Как видно из выражения (5), для определения дистанционной зависимости множителя ослабления нет необходимости в определении параметров измерительного комплекса P_{rad} , G_1 , G_2 , что существенно увеличивает точность измерений, которая не превышала $\pm 1,5$ дБ. Дистанционные зависимости, определенные по изложенной выше методике, представлены на рис. 2, 3.

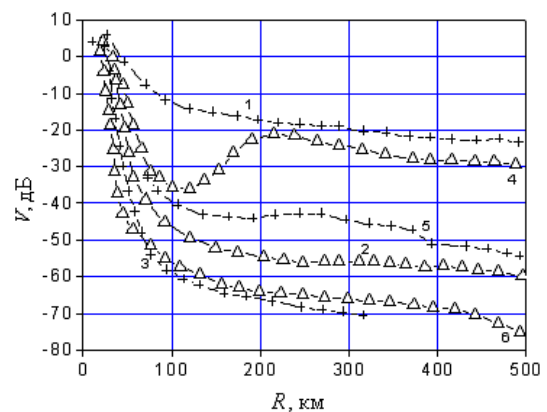


Рис. 2. Дистанционные зависимости $V R$: 1, 2, 3 - для 3-см диапазона; 4, 5, 6 - для 10-см диапазона

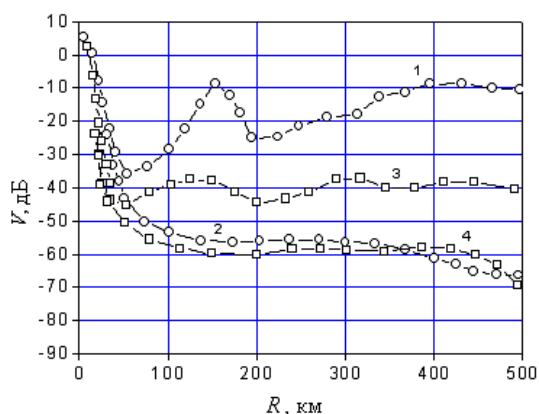


Рис. 3. Дистанционные зависимости $V(R)$: 1, 2 - для 50-см диапазона; 3, 4 - для 200-см диапазона

3. Результаты измерений. При загоризонтном распространении радиоволн сантиметрового, дециметрового и метрового диапазонов над морской поверхностью ослабление сигнала зависит от многих факторов: регулярной рефракции в нижних слоях тропосферы; дифракции вокруг выпуклой поверхности; отражения от приподнятых инверсионных слоев, дальнего тропосферного рассеяния и др. В результате совместного действия этих факторов ослабление сигналов имеет сложную пространственно-временную структуру, которая может быть описана случайными функциями координат и времени.

На рис. 2 показаны типичные усредненные дистанционные зависимости множителя ослабления $V(R)$ для 3- и 10-см диапазонов радиоволн. Зависимости $V(R)$ представлены для высот расположения приемо-передающих антенн $h = 12, 17, 20, 22, 25$ м, дистанционный ход которых и величина ослабления за пределами радиогоризонта мало отличались. При высоте расположения антенн $h = 4,5$ и $5,5$ м дистанционный ход множителя ослабления существенно отличался от представленных, особенно при наличии достаточно высоких волноводов испарения. В этом случае ослабление сигнала до расстояний $50 \div 70$ км меньше, чем при применении более высокорасположенных антенн, а затем при увеличении расстояний это преимущество теряется. Более подробно этот вопрос рассмотрен в работе [10].

Дистанционные зависимости множителя ослабления $V(R)$ радиоволн (см. рис. 2) 3-см диапазона (кривая 1) соответствуют волноводному распространению, когда высоты волноводов испарения в исследованных районах достигали значений $10-12$ м. В волноводах испарения наличие флуктуаций коэффициента преломления, изменчивости волнения поверхности и т. д. вызывают рассеяние энергии радиоволн на этих неоднородностях, что приводит к затуханию сигнала. Кроме этого, волновод испарения является открытым волноводом, и рассеяние вызывает преобразование основной волны в сильно затухающие моды, энергия

которых высвечивается в верхние слои тропосферы. Действительно, как видно из рис. 2 (кривая 1), на трассе протяженностью в 500 км ослабление сигнала относительно свободного пространства достигало 20 дБ. Дистанционные зависимости множителя ослабления $V(R)$ радиоволн 3-см диапазона (кривая 2) соответствуют нормальной рефракции и наличию низкого волновода испарения, когда его высота в исследованных районах достигала значения $2 \div 4$ м. Основными механизмами распространения за пределы радиогоризонта в этом случае являются дифракционный механизм и дальнее тропосферное рассеяние. Область дифракции располагалась в пределах до $50-60$ км, а затем начиналась область дальнего тропосферного рассеяния с присущим ей протяженным участком слабо изменяющегося множителя ослабления $V \approx 50-60$ дБ. Такой тип диапазонной зависимости $V(R)$ (кривая 2) при разработке судовых радиотехнических систем может рассматриваться как основной для всех районов Мирового океана. Исключением являются районы арктических морей, где вода холоднее воздуха (Норвежское море и др.), и наблюдается субрефракция. В этих районах за пределами радиогоризонта (кривая 3) сигналы 3-см диапазона имеют наибольшее ослабление. Дистанционные зависимости множителя ослабления $V(R)$ радиоволн 10-см диапазона представлены для различных условий распространения. Зависимость (кривая 6) соответствует наибольшему ослаблению сигналов по дистанции, когда высоты волноводов испарения не превышали $2-6$ м и отсутствовали инверсионные слои. Зависимость (кривая 5) соответствует высотам волноводов испарения $10-15$ м и имеет существенно меньшее ослабление сигналов по дистанции (~ 20 дБ). Зависимость (кривая 4) получена при наличии инверсионных слоев с высотами расположения нижних границ $H \approx 500$ м. Наблюдается влияние отражений от инверсионного слоя на ход дистанционной зависимости за пределами радиогоризонта. При этом расположение максимума отраженного сигнала зависело от высоты расположения нижней границы инверсионного слоя.

На рис. 3 представлены дистанционные зависимости $V(R)$ 50- и 200-см диапазонов. Зависимости 2 и 4 соответствуют наибольшему ослаблению сигналов, когда отсутствуют инверсионные слои и работает дифракционный механизм распространения (до расстояний ~ 50 км), а затем – тропосферное рассеяние на неоднородностях тропосферы. Для этого механизма распространения характерно, как уже было сказано выше, наличие продолжительного участка дистанционной зависимости множителя ослабления с почти неизменной величиной. При наличии инверсионных слоев дистанционные зависимости множителя ослабления (кривая 1 и 3) 50- и 200-см диапазонов становятся неравномерными и имеют минимумы и максимумы ослабления сигналов за радиогоризонтом. Максимумы отраженного сигнала (т. е. минимум

ослабления) для этих диапазонов имеют разные координаты. Разное и ослабление сигналов по дистанции. 200-см диапазон (кривая 3) всегда имеет большее ослабление, а максимум отраженного сигнала располагается ближе. Это связано с различием реальной формы диаграммы направленности антенн 50- и 200-см диапазонов.

4. База данных множителя ослабления.

Результаты проведенных исследований позволили создать базу данных дистанционных зависимостей множителя ослабления. Она представляет собой совокупность массивов экспериментальных данных, оформленных в виде базы данных (БД), и пакета прикладных программ, позволяющих работать с этой базой данных, называемого системой управления базой данных (СУБД).

СУБД дает возможность создавать БД и изменять уже существующую БД, вести поиск массивов по определенному набору параметров и обработку этих массивов, обеспечивает вывод результатов обработки на экран дисплея и на принтер.

Основная идея при работе с БД заключается в поиске массивов по определенным параметрам. Это достаточно трудоемкая задача, требующая определенных затрат времени на обработку всего набора данных. Для облегчения и ускорения работы создаются вспомогательные

так называемые индексные файлы. Они содержат информацию о дате проведения исследований (например, указание месяца года) в определенном районе Мирового океана, а также о количестве массивов, записанных в течение этого времени.

Пакет прикладных программ можно разделить на две части. Первая - содержит программы, позволяющие создавать новые и изменять уже существующие массивы. Вторая - включает в себя программы выбора массивов в соответствии с выбранными критериями и их последующей обработки и сравнения. Для работы с базой данных используется диалоговый режим и система "меню", обеспечивающие переход к нужному фрагменту прикладной программы. Система является открытой, т. е. может пополняться новыми массивами данных. Ограничением является физическая емкость применяемого внешнего накопителя.

На рис. 4 представлен режим работы программы, позволяющий производить выбор экспериментальных дистанционных зависимостей множителя ослабления в зависимости от параметров, характеризующих каждый массив данных. К таким параметрам относятся дата (год, месяц), район исследований, номер галса, длина волны излучения, высоты установки антенн.

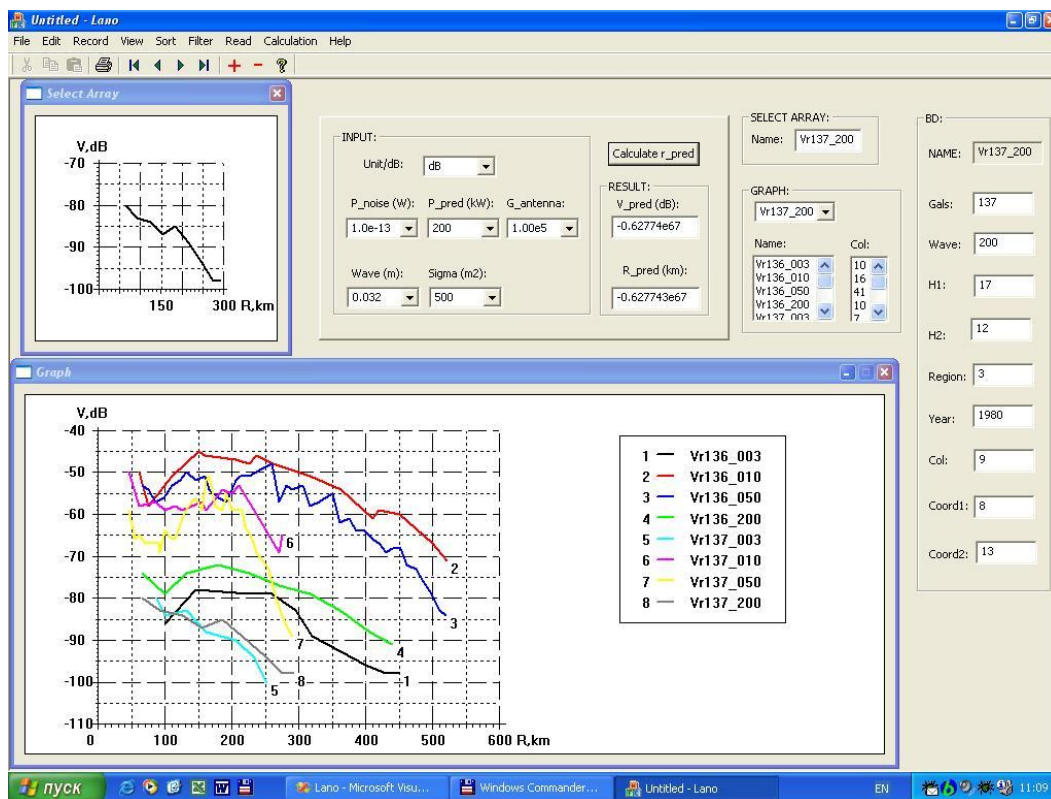


Рис. 4. Режим выбора экспериментальных дистанционных зависимостей множителя ослабления

На рис. 5 представлен режим работы программы, позволяющий рассчитать дальность опре-

деления цели с заданной величиной эффективной площади рассеяния (ЭПР) при определенных ме-

теоусловиях. Видно, что при заданных параметрах радиолокационной системы (мощности передатчика, чувствительности приемника, длине волны, коэффициенте усиления антенн) и определенном значении ЭПР цели дальность определения меняется в зависимости от конкретных метеоусловий. Расчетные значения дальности и множителя ос-

лабления выводятся на экран и запоминаются в отдельном файле. Для примера в табл. 2 приведено сравнение экспериментальных и расчетных значений дальности действия трех РЛС «МРЛ-5», «К2М» и «Дон» при ЭПР цели $\sigma = 1500 \text{ м}^2$. Видно достаточно хорошее совпадение расчетных и экспериментальных значений.

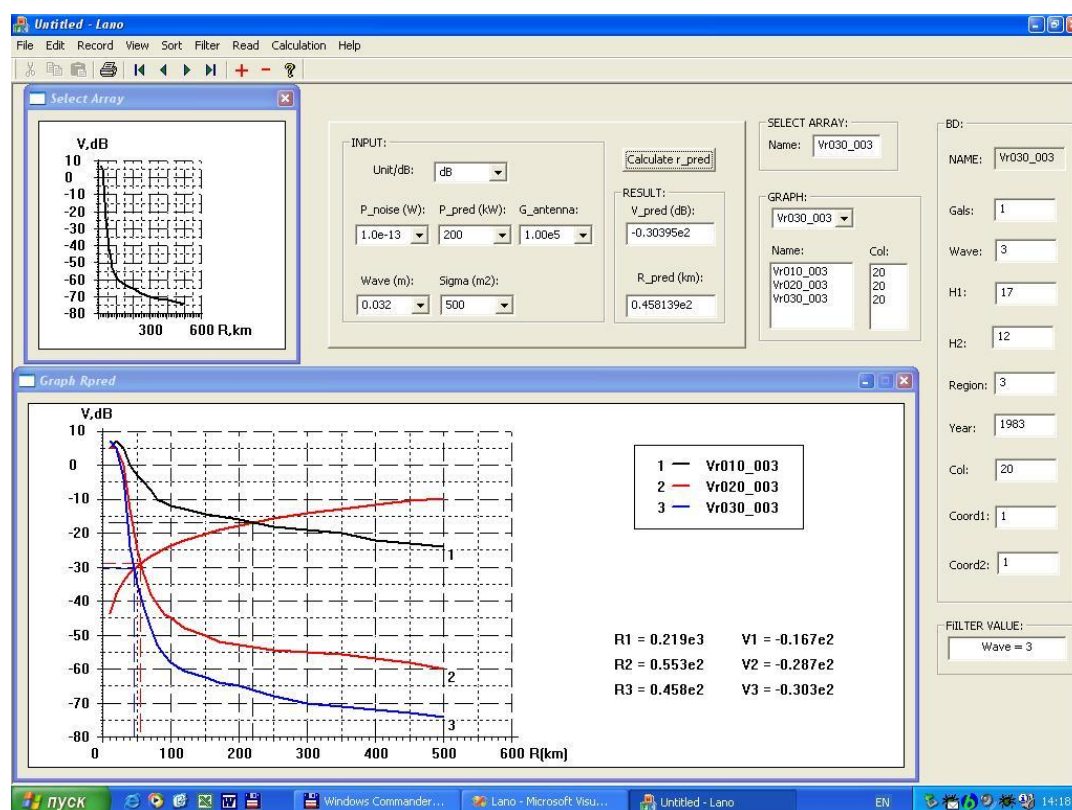


Рис. 5. Режим определения дальности до цели с заданной величиной ЭПР

Таблица 2

Экспериментальные и расчетные значения дальности действия РЛС

Экспериментальное значение дальности действия, км			Рассчитанная с использованием базы данных прогнозируемая дальность действия ($\sigma = 1500 \text{ м}^2$), км		
«МРЛ-5»	«К2М»	«Дон»	«МРЛ-5»	«К2М»	«Дон»
54, 54, 50, 52, 46, 52, 53, 48, 50, 50	33, 33, 40	32, 32, 31, 32, 32, 36, 34, 34	50	40	35
51, 59, 63, 60, 65		33, 32, 46, 30, 32	50	40	35
68, 60	36, 50	38, 32, 30, 28	50	40	35
50, 59, 60	51, 40, 46, 47	36, 36	60	40	35
72	63, 49	38, 28, 25	83	40	35
	57, 54, 59, 70, 46, 42	35, 30, 34, 37, 38, 36	87	50	35
	85, 60, 48	39, 30, 32, 40, 42, 50	96	60	41
95, 110, 115	76, 65, 41, 81, 48, 54, 50	50, 48, 55	100	66	52
	84, 65, 40, 37	50, 57	118	69	54
115	63, 42, 39, 43, 80	55, 60, 65	123	70	56

Программная оболочка позволяет рационально решать задачи управления массивами данных, оперативного доступа к ним, выбора согласно функции запроса и их обработки. Комплект программ прост и удобен в применении. Использование этой системы не требует от пользователя каких-либо знаний программирования или специального опыта в области обработки данных.

Выводы. Проведенные экспериментальные исследования показали, что ослабление радиоволн метрового, дециметрового и сантиметрового диапазонов над океанской поверхностью за пределами радиогоризонта существенно меньше, чем ослабления над сушей. Причем наибольшие отличия наблюдаются в дециметровом и сантиметровом диапазонах волн, где даже при наилучших условиях распространения разница может достигать 20-30 дБ. Кроме того, наблюдается различная частотная зависимость множителя ослабления радиоволн за горизонтом: если над сушей более длинные волны распространяются с меньшим ослаблением, то над океанской поверхностью до расстояний 300-350 км - наоборот. Полученные экспериментальные данные позволили создать базу данных дистанционных зависимостей множителя ослабления радиоволн метрового, дециметрового и сантиметрового диапазонов. База данных может быть использована при расчете и разработке судовых радиотехнических средств, а также для проверки существующих теоретических моделей распространения радиоволн над морской поверхностью.

1. *Мыценко И. М., Роевко А. Н., Хоменко С. И.* Диагностика и прогнозирование дальности действия судовых навигационных РЛС трехсантиметрового диапазона // Радиофизика и электроника. - Харьков: Ин-т радиофизики и электрон. НАН Украины. - 2001. - 6, №1. - С.67-71.
2. *Richter J. H. and Hiney H. V.* The effect of the evaporation duct on microwave propagation. Navel Electronics. Zab. Cen. Tech. Rep. - 1975. - P.1949.
3. *Anderson K. D.* Evaporation duct effects on moderate range propagation over the sea at 10 and 1.7 cm wave lengths. - Navel Ocean Syst. Cen. Tech. Rep. - 1982. - P.858.
4. *Гаврилов А. С., Петров Ю. С.* Методы расчета структуры приводного слоя атмосферы применительно к задачам радиолокации над океаном // Рассеяние и дифракция радиолокационных сигналов и их информативность. - Л.: СЗПИ: 1984. - С.31-36.
5. *George S. Y., Carton J. A.* A New Model of the Oceanic Evaporation Duct // J. Appl. Meteorology. - 1997. - P.193-203.
6. *Rogers L. T. and Pauls R. A.* Measured performance of evaporation duct models // Proc. Battlespace Atmospherics Conf. VAS. - 1996.
7. *Мыценко И. М., Панкратов Л. С., Хоменко С. И.* Экспериментальное исследование дальности действия судовых

навигационных РЛС сантиметрового диапазона в районах Мирового океана // Збірник наукових праць. Міністерство оборони України. - Харків: Харків. військовий ун-т. - 2001. - Вип.2 (32). - С.56-59.

8. Радиофизические исследования мирового океана // Сб. науч. тр. - Харьков: Ин-т радиофизики и электрон. НАН Украины. - 1992. - 220 с.
9. *Rotheram S.* Radiowave propagation in the evaporation duct. The marooning Rev. - 1974. - 42. - P.18-40.
10. *Mytsenko I. M., Homenko S. I.* Distance Dependence of the Dampiny Factor for Metric and Decimetric Waves in an Inversion Layer Condition // Telecommunications and RadioEngineering. - 2003. - 59, №7-9. - P.95-100.

INVESTIGATION OF UHF RADIOWAVE ATTENUATION FACTOR IN THE REGIONS OF THE WORLD OCEAN

V. L. Kostina, I. M. Mytsenko, A. N. Roenko, S. I. Khomenko

Attenuation factor V and its distance dependence $V(R)$ are the important features of the propagation path. Due to a lot of factors influencing radiowave attenuation over oceanic surface as well as the lack of regular experimental data the complex radiophysical investigations were carried out in the different regions of Atlantic, Indian, Arctic and Pacific oceans. The results obtained allow creation of attenuation factor distance dependence data base. The latter makes it possible to solve rationally the problems of data arrays control, operative access and arrays selection according to the function of inquiry.

Key words: propagation factor, distances dependencies, database.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСЛАБЛЕННЯ РАДІОХВИЛЬ УКХ ДІАПАЗОНУ В РАЙОНАХ МИРОВОГО ОКЕАНУ

В. Л. Костіна, І. М. Миценко, О. М. Роевко, С. І. Хоменко

Однією з основних характеристик траси поширення радіохвиль є множник ослаблення V та його дистанційна залежність $V(R)$. Через різноманіття факторів, що впливають на ослаблення радіосигналів над поверхнею океанів, а також відсутність систематичних експериментальних даних в ІРЕ НАН України проведені багаторічні комплексні радіофізичні дослідження в різних районах Атлантичного, Індійського, Північного Льодовитого та Тихого океанів. Результати цих досліджень дали можливість створити базу даних дистанційної залежностей множника ослаблення, що дозволяє раціонально вирішувати завдання управління масивами даних і забезпечує оперативний доступ до масивів та їх обробку щодо функції запиту.

Ключові слова: множник ослаблення, дистанційна залежність, база даних.

Рукопись поступила 10 августа 2007 г.