

Теоретическое и экспериментальное сопоставление когерентного и некогерентного методов определения параметра сигнал/шум в задачах распространения радиоволн коротковолнового диапазона

С. Ю. Белов*

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, кафедра математического моделирования и информатики
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2
(Статья поступила 25.04.2016; Подписана в печать 05.05.2016)

Мониторинг поверхности земли методом дистанционного зондирования в коротковолновом диапазоне радиоволн может позволить оперативно выявлять некоторые геофизические параметры природных систем. Данный диапазон позволяет диагностировать и подповерхностный слой земли, поскольку параметр рассеяния формируется и неоднородностями диэлектрической проницаемости подповерхностных структур. Данным методом при организации мониторингового зондирования, возможно выявлять области изменения этих сред, например, для оценки сейсмической опасности, опасных природных явлений, таких как землетрясения, извержения вулканов, а также некоторых экстремальных событий техногенного характера. Проблема измерения и учета рассеивающей способности земной поверхности в коротковолновом диапазоне радиоволн важна для решения ряда задач, например, при диагностике свойств среды с помощью методов, использующих этот радиодиапазон, когда на трассе происходит промежуточное отражение (рассеяние) от земной поверхности, что представляет интерес для геологоразведочных и экологических исследований. В работе представлен новый некогерентный метод оценки параметра сигнал/шум. Выполнен сравнительный анализ и показано, что по аналитической (относительной) точности определения этого параметра новый метод на порядок превосходит широко используемый стандартный и одного порядка с известной когерентной методикой. Анализ аналитических погрешностей оценки этого параметра позволил рекомендовать новый метод вместо стандартного.

PACS: 94.20.ws УДК: 550.388

Ключевые слова: дистанционное зондирование, рассеяние радиоволн поверхностью, методика измерения, КВ-диапазон, параметр рассеяния сигнал/шум, ионосфера.

ВВЕДЕНИЕ

В работе предложен новый некогерентный метод оценки параметра сигнал/шум β_K ионосферного сигнала. Выполнен сравнительный анализ и показано, что по аналитической (относительной) точности определения параметра β_K новый метод на порядок превосходит широко используемый стандартный [1] и одного порядка с известной когерентной методикой [2].

Параметр β_K возвращенного, частично рассеянного ионосферного сигнала представляет интерес как важная характеристика «возмущенности», «мутности» статистически неоднородной ионосферной плазмы, показатель надежности работы ионосферных каналов связи, а также диагностических каналов [3]. Оперативная и надежная оценка параметра β_K имеет общезначимый интерес (радиофизика, геофизика, оптика и т. д.); конкретизация осуществлена для ионосферного случая [4]. Данный диапазон позволяет диагностировать и подповерхностный слой земли на предмет предвестников землетрясений, поскольку параметр рассеяния формируется также и неоднородностями диэлектрической проницаемости подповерхностных структур [5].

Проблема измерения и учета рассеивающей способ-

ности земной поверхности в коротковолновом диапазоне радиоволн важна для решения ряда задач, например, при диагностике свойств среды с помощью методов, использующих этот радиодиапазон, когда на трассе происходит промежуточное отражение (рассеяние) от земной поверхности, что представляет интерес для геологоразведочных и экологических исследований [6].

Важнейшими аспектами при использовании средств космического базирования для целей природопользования и экологического мониторинга являются выбор рабочего диапазона зондирования и вопросы влияния сред на проходящее излучение [7]. Выбор КВ-диапазона позволяет учитывать подповерхностный слой (толщины порядка длины волны падающего излучения) [8].

1. МЕТОДЫ РАСЧЕТА (КОГЕРЕНТНЫЙ И НЕКОГЕРЕНТНЫЙ)

В фиксированной точке приема на поверхности земли (в скалярном приближении) ионосферный сигнал, узкополосный случайный процесс $E(t)$ представляет собой суперпозицию «зеркальной» $E_0(t)$ и рассеянной $E_p(t)$ по нормальному закону компонент [9]

$$E(t) = E_0(t) + E_p(t) = E_{00}e^{i(\omega_0 t - \varphi(t))} + E_p(t) = R(t)e^{i(\omega_0 t - \Phi(t))} = [E_c(t) + iE_s(t)]e^{i\omega_0 t}, \quad (1)$$

*E-mail: Belov_Sergej@Mail.Ru

где $\varphi(t)$, $\Phi(t)$, $R(t)$, $E_m(t)$, $m = c, s$ — медленные на периоде $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$ случайные процессы; $E_{00} = \text{const}$.

Параметр рассеяния определяется отношением

$$\beta_k^2 = \frac{\text{мощность зеркальной компоненты}}{\text{мощность рассеянной компоненты}} = \frac{E_{00}^2}{2\varepsilon_k^2}. \quad (2)$$

Здесь и ниже черта означает статистическое усреднение, $E_c(t) = R(t) \cos \Phi(t)$ и $E_s(t) = R(t) \sin \Phi(t)$ — низкочастотные квадратуры ионосферного сигнала, $R(t)$ — огибающая, $\Phi(t)$ — суммарная фаза.

При этом индекс $K = E4, R2, R4$ означает экспериментально регистрируемые первичные случайные процессы и соответствующий метод их регистрации: $E4$ — когерентный, $R2, R4$ — некогерентные амплитудные.

Достаточно широко используется для оценки β_k (2) стандартный некогерентный $R2$ -метод, основанный на соотношении [1]

$$\frac{\overline{R^2}}{(\overline{R})^2} = f(\beta_{R2}) = \frac{4}{\pi} \frac{(1 + \beta_{R2}^2) \exp(\beta_{R2}^2)}{[(1 + \beta_{R2}^2) I_0(\beta_{R2}^2/2) + \beta_{R2}^2 I_1(\beta_{R2}^2/2)]^2}. \quad (3)$$

$I_n(x)$ — функция Бесселя n -го порядка от чисто мнимого аргумента.

Используя когерентный $E4$ -метод, β_{E4} оценивается по эксцессу γ_{E4} квадратур [10]

$$\gamma_{E4}(\beta_{E4}) = \frac{\overline{E_m^4}}{(\overline{E_m^2})^2} - 3 = -\frac{3}{2} \frac{\beta_{E4}^4}{(1 + \beta_{E4}^2)^2}; \quad m = c, s. \quad (4)$$

Следует заметить, что измеряемыми первичными параметрами являются отношения моментов $\overline{R^2}/(\overline{R})^2$, $\overline{E_m^4}/(\overline{E_m^2})^2$ соответственно [11]. Естественно, соотношения (3), (4) получены с учетом определенных моделей структуры ионосферного сигнала [12]. Исследования показали, что вероятностные свойства ионосферного сигнала (1) отражений первой кратности достаточно хорошо описываются моделью Райса со смещенным спектром (РС-модель) [4], на основе которой получены выражения (3), (4). Заметим, что выражение (4) когерентной методики $E4$ обеспечивает на порядок более высокую относительную аналитическую точность оценки параметра β_K [13].

В настоящей работе предлагается новый некогерентный $R4$ -метод определения β_{R4} по эксцессу γ_{R4} огибающей для РС-модели [4]:

$$\gamma_{R4}(\beta_{R4}) = \frac{\overline{R^4}}{(\overline{R^2})^2} - 3 = \gamma_{R4}(\beta_{R4}) = -1 - \frac{\beta_{R4}^4}{(1 + \beta_{R4}^2)^2}. \quad (5)$$

Для сопоставления приведенных методов в смысле относительных погрешностей, допускаемых при

вычислении β_K , обусловленных видом функциональных зависимостей $f(\beta)$, $\gamma_{E4}(\beta)$ и $\gamma_{R4}(\beta)$, получим выражения (6):

$$\varepsilon_k = \left| \frac{\Delta \beta_K}{\beta_K} \right| = \left| \frac{1}{\beta_K} \cdot \frac{dG_K}{dZ_K} \cdot \Delta(Z_K) \right|, \quad (6)$$

где $K = R2, E4, R4$, $G_K = f$, γ_{E4} , γ_{R4} , $\Delta(Z_K)$ — абсолютные статистические ошибки измеряемых величин: $Z_K = \frac{\overline{R^2}}{(\overline{R})^2}$, $\frac{\overline{E_m^4}}{(\overline{E_m^2})^2}$, $\frac{\overline{R^4}}{(\overline{R^2})^2}$.

Погрешности (включая статистические) для разных методик определения β_K :

$$\varepsilon_{R2}(\beta) = \frac{\pi}{8} \frac{[(1 + \beta^2) \cdot I_0(\beta^2/2) + \beta^2 \cdot I_1(\beta^2/2)]^3}{\beta^2 \cdot \exp(\beta^2) \cdot I_1(\beta^2/2)} \Delta(Z_{R2});$$

$$\varepsilon_{E4}(\beta) = \frac{(1 + \beta^2)^3}{6 \cdot \beta^4} \cdot \Delta(Z_{E4}); \quad (7)$$

$$\varepsilon_{R4}(\beta) = \frac{(1 + \beta^2)^3}{4 \cdot \beta^4} \cdot \Delta(Z_{R4}).$$

Статистическая ошибка $\Delta(Z_K)$ зависит от объема выборки N и при одинаковых объемах выборки может быть разной для каждого из способов [14]. Чтобы акцентировать внимание на погрешностях за счет различия функциональных зависимостей (3)–(5), нормируем (7) на $\Delta(Z_K)$.

Графики зависимостей $\varepsilon_K^* = \frac{\varepsilon_K}{\Delta(Z_K)}$ для β_{R2} , β_{E4} и β_{R4} приведены на рис. 1. ε_K^* будем ниже называть аналитической (относительной) погрешностью метода.

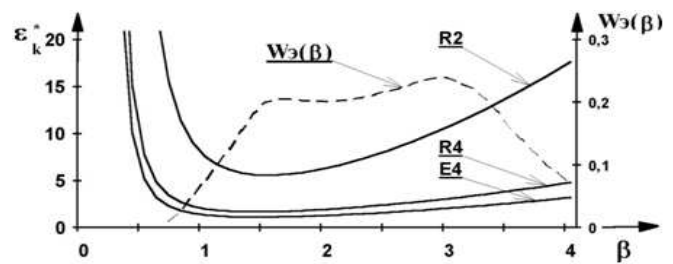


Рис. 1: Графики зависимостей ε_K^* , $K = R2, R4, E4$ (сплошные линии) и экспериментальное распределение $W_{\mathcal{E}}(\beta)$ (пунктир) (слой $F2$, 4.5–9.5 МГц, единичный сигнал)

Экспериментальное распределение $W_{\mathcal{E}}(\beta)$ определяет диапазон изменения β [10].

Из выражений (4) и (5) видно, что $\varepsilon_{E4}^* = \frac{2}{3} \cdot \varepsilon_{R4}^*$ — одного порядка и существенно (на порядок) превосходят точность измерения стандартной $R2$ -методики [15]. В итоге, анализ аналитических погрешностей оценки параметра β_K позволил рекомендовать метод $R4$ вместо

стандартного $R2$. При этом достаточно высокая аналитическая (относительная) точность оценки параметра β_K может быть достигнута с помощью некогерентной аппаратуры, используя выражение (5) метода $R4$. Отметим, что за когерентной методикой $E4$ остается возможность оптимизации статистической ошибки путем соответствующей специальной цифровой обработки ионосферного сигнала [16].

2. ТЕСТИРОВАНИЕ МЕТОДА

Важнейшими аспектами при использовании средств космического базирования для целей природопользования и экологического мониторинга являются выбор рабочего диапазона зондирования и вопросы влияния сред на проходящее излучение. Выбор диапазона позволяет учитывать подповерхностный слой толщины порядка длины волны падающего излучения. Интерпретация получаемых данных производится на основе статистической мультипликативной модели сигнала [2]. Тестирование метода получения «параметра рассеяния» сигнал/шум в произведено на примере двукратного отражения зондирующего сигнала при его вертикальном распространении [5].

В связи с тем, что параметр рассеяния формируется и неоднородностями диэлектрической проницаемости подповерхностных структур, данным методом при организации мониторингового зондирования, возможно выявлять области изменения этих сред, например, на предмет оценки сейсмической опасности и сейсмического риска.

Для тестирования метода при изменении параметра рассеивающей «подложки» в типичных ионосферных условиях был выполнен численный эксперимент на ЭВМ, анализ данных которого показал, что:

1. Метод дистанционной диагностики в КВ-диапазоне чувствителен по исследуемому параметру. При объеме выборки $N \geq 240$ точность определения изучаемого параметра не хуже 5%.
2. Чувствительность метода, его точностные характеристики сохраняются даже при существенном изменении параметров сред распространения.
3. Сопоставление данных численного и натурального экспериментов указывает, что для обеспечения оценки параметра рассеяния в условиях реального эксперимента с точностью сравнимой с аппаратурной погрешностью можно рекомендовать увеличивать длительность сеансов наблюдения до $8 \div 10$ мин.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СИНХРОННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ИОНОСФЕРНЫХ СИГНАЛОВ РАЗЛИЧНОЙ КРАТНОСТИ

Для получения необходимых экспериментальных данных используется импульсный метод когерентного приема [10]. Этот метод позволяет регистрировать низкочастотные квадратурные составляющие ионосферного сигнала $E_c(t)$, $E_s(t)$. По ним возможно определение огибающей $R(t)$ и фазы $\Phi(t)$, то есть функции модуляции сигнала. Аппаратура когерентного приема позволяет также непосредственно регистрировать огибающую и фазу отраженного от ионосферы сигнала. Такой комплексный подход к изучению свойств радиосигнала тем более необходим при изучении кратных ионосферных отражений, где одновременно действует целый ряд факторов, определяющих поле ионосферного сигнала.

Для того чтобы применить аппаратуру когерентного приема к исследованию кратных ионосферных отражений, необходимо обеспечить возможность выделения и одновременной регистрации параметров, относящихся к сигналам разной кратности. При этом необходимо учитывать изменение ряда требований к работе аппаратуры (величин погрешностей, стабильности генераторов, масштабы времени) по сравнению с требованиями к установкам для изучения однократных отражений.

Все вышесказанное и определило пути модернизации аппаратуры когерентного приема для обеспечения работы по исследованию свойств кратных отражений. В установке используется схема регистрации низкочастотных квадратурных компонент ионосферного сигнала $E_c(t)$, $E_s(t)$ и огибающей $R(t)$. Модернизация обеспечила регистрацию на ЭВМ упомянутых параметров сигнала одновременно для сигналов различной кратности. Это достигнуто применением специальной многоканальной системы стробирования и регистрации. На рис. 2 представлена структурная схема установки со схемой регистрации и стробирования. Установка позволяет осуществлять одновременную регистрацию параметров кратных ионосферных отражений. Ниже рассматривается работа и назначение отдельных блоков.

А. Принцип работы основных блоков

Задающий генератор вырабатывает напряжение синусоидальной формы с амплитудой 1–2 В в диапазоне частот 2–15 МГц. Это напряжение поступает на передатчик, управляемый синхронизирующими импульсами. В результате на передающую антенну поступают прямоугольные радиоимпульсы регулируемой длительности в интервале $100 \div 500$ мкс. Период следования импульсов 20 мс, что достаточно для приема нескольких кратных отражений за время между посылками. Передатчик имеет импульсную мощность около 12–15 кВт. Излучение происходит с помощью антенны типа «ромб» с диа-

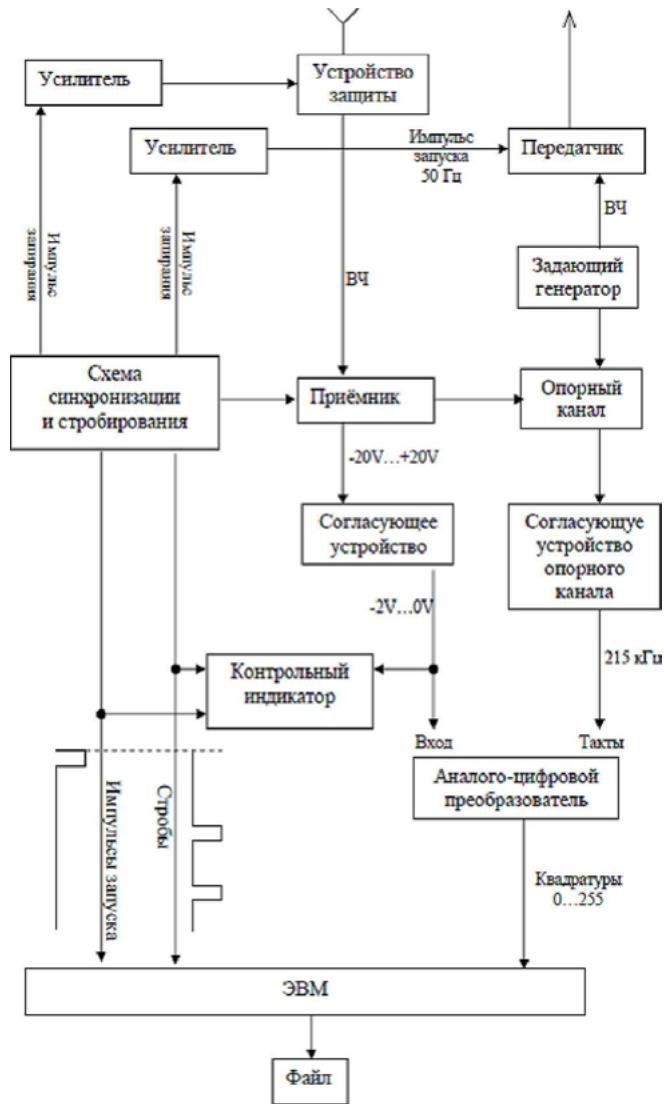


Рис. 2: Функциональная схема экспериментальной установки

гоналями 50 м и 25 м по горизонтали и вертикали соответственно.

Отраженный от ионосферы сигнал принимается на симметричный диполь с длиной луча 14 м, и по двухпроводному кабелю поступает на вход приемника, в нем происходит усиление сигналов. Коэффициент усиления может регулироваться, максимальное его значение 20 дБ. Далее происходит преобразование частоты. В качестве гетеродина в схеме преобразования используется генератор по схеме индуктивной трехточки. Со смесителя приемника напряжение подается на усилитель промежуточной частоты, в котором предусмотрена регулировка, как коэффициента усиления, так и полосы пропускания. Усилитель имеет 4 каскада усиления с трансформаторами промежуточной частоты. Второй и третий трансформаторы имеют регулировку, которая позволяет изменять полосу пропускания в пределах 7–30 кГц.

Усиленное напряжение промежуточной частоты детектируется и поступает на усилитель низкой частоты приемника, а также на АЦП. На контрольный индикатор поступает напряжение низкой частоты с согласующего устройства после приемника и стробирующие импульсы со схемы синхронизации и стробирования. Контрольный индикатор позволяет визуально выбрать сигналы нужных кратностей и определить порядок их регистрации.

Метод когерентного приема предусматривает, в частности, сравнение фаз принятого сигнала и излученного. Для этого необходимо иметь канал опорного напряжения. Так как в данной установке сравнение происходит на промежуточной частоте, то на входе канала опорного напряжения происходит преобразования частоты задающего генератора в промежуточную в блоке смесителя опорного канала. Опорное напряжение промежуточной частоты формируется из напряжения задающего генератора и гетеродина приемника. Далее опорное напряжение поступает в усилитель промежуточной частоты канала опорного напряжения. Усиленное до необходимого уровня опорное напряжение поступает в согласующее устройство опорного канала, где из синусоидального напряжения формируется последовательность импульсов. Полученные импульсы подаются на АЦП. В результате возможна регистрация низкочастотных квадратурных составляющих сигнала, причём даже с использованием ЭВМ с не очень высоким быстродействием за счёт применения оригинальных алгоритмов оптимизации: патент [16].

Для одновременной регистрации параметров сигналов различных кратностей существенно изменена функциональная схема регистратора, создана многоканальная система стробирования и специальный синхронизатор. Ранее регистратор обеспечивал запись на киноплёнку квадратурных составляющих сигналов различной кратности, а также энергетической огибающей и суммарной фазы.

ЭЛТ является контрольным индикатором в системе для визуального наблюдения и наведения стробов. Изменяя временное положение стробов, можно выбрать нужное отражение, так как различной кратности соответствуют различные задержки относительно зондирующего импульса. Попадание сигналов различной кратности в соответствующий канал регистратора АЦП обеспечивается схемой синхронизации и стробирования и контролируется по визуальному индикатору. Управление работой измерительного комплекса и согласование его узлов осуществляется схемой синхронизации. На вход которой поступает напряжение частоты 50 Гц, которое запускает все основные блоки установки. С этой частотой формируется модулирующий импульс для управления работой передатчика, импульс запирающего приемного канала на время зондирующего импульса, а также ряд напряжений для управления работой контрольного индикатора и ЭВМ.

В. О методике экспериментальных исследований

Ранее были рассмотрены вопросы теории общих методик и способов определения параметров сигнал/шум при исследовании свойств кратных ионосферных отражений: способ определения параметра β для отражений различной кратности; способ определения β_2 в условиях новой статистической модели для кратных отражений; оценка рассеивающей способности «шероховатой» земной поверхности в КВ-диапазоне [2, 3].

Выполненный сравнительный анализ эффективности различных методик определения параметра β [4] с одной стороны позволил обосновать выбор оптимальной методики надежной оценки параметра β в условиях настоящего эксперимента. С другой стороны анализ имеет более общую значимость, поскольку получение оперативных и надежных сведений о β представляет интерес при решении задач надежности и совершенствования работы каналов связи, а также позволяет судить о механизме ионосферного и земного рассеяния, о структуре сигнала [3].

Параметр рассеивающей способности «шероховатой» земной поверхности в КВ-диапазоне может зависеть: от пространственной концентрации построек, их распределения и сочетания с открытыми пространствами (степень их поляризации с условно природными элементами); от функционального содержания районов (жилые, производственные или рекреационные), обуславливающего интенсивность и характер деятельности;

а также и от неоднородностей диэлектрической проницаемости подповерхностных структур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мониторинг поверхности земли методом дистанционного зондирования в коротковолновом диапазоне радиоволн может позволить оперативно проводить диагностику подповерхностных структур, выявлять области изменения этих сред, например, на предмет оценки сейсмической опасности. Данный диапазон позволяет диагностировать и подповерхностный слой земли, поскольку параметр рассеяния формируется и неоднородностями диэлектрической проницаемости подповерхностных структур.

Анализ аналитических погрешностей оценки параметра β_K позволил рекомендовать метод *R4* вместо стандартного *R2*. При этом достаточно высокая аналитическая (относительная) точность оценки параметра β_K может быть достигнута с помощью некогерентной аппаратуры, используя метод *R4*.

Благодарности

Автор выражает благодарность профессору Н.Н. Сысоеву за оказанную поддержку в оформлении результатов работы.

-
- [1] Альперт Я. Л. Распространение радиоволн в ионосфере. (М.: АН СССР, 1960).
- [2] Миркотан С.Ф., Белов С.Ю., Захаров В.И. Радиотехника и электроника. **44**, № 10. С. 1190. (1999).
- [3] Миркотан С.Ф., Белов С.Ю. Радиотехника и электроника. **43**, № 11. С. 1382. (1998).
- [4] Белов С.Ю. Физические проблемы экологии (Экологическая физика). № 16./ Сборник научных трудов под ред. В.И. Трухина, Ю.А. Пирогова, К.В. Показеева. (М.: МАКС Пресс. 2010). С. 31.
- [5] Белов С. Ю. Дистанционная диагностика рассеивающей способности земной поверхности в декаметровом диапазоне радиоволн. / XVI Международный симпозиум с элементами научной школы для молодежи «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». (Томск. 2009). С. 279.
- [6] Белов С.Ю., Белова И.Н. Выявление экологического риска при мониторинге поверхности земли методом дистанционного зондирования в коротковолновом диапазоне радиоволн. / Сборник трудов II Всероссийской научной конференции «Экология и космос» имени академика К.Я. Кондратьева. (СПб.: ВКА имени А. Ф. Можайского. 2015). С. 70.
- [7] Белов С.Ю., Белова И.Н. О параметре «возмущенности» неоднородного флуктуирующего дифракционного экрана. / Международный Симпозиум «Атмосферная Радиация и Динамика» (МСАРД-2015). (Санкт-Петербург, 2015). С. 103.
- [8] Белов С.Ю. Дистанционная диагностика рассеивающей способности земной поверхности в КВ-диапазоне. // Перспективы развития научных исследований в 21 век. Сборник материалов 6-й международной научно-практической конференции. Махачкала: (ООО «Апробация», 2014). С. 43.
- [9] Below S.Yu. New measurement method of estimation signal/noise parameter. // European Geosciences Union General Assembly 2010 CityplaceVienna, country-regionAustria, Geophysical Research Abstracts. 2010. **12**. P. 2233.
- [10] Белов С.Ю., Белова И.Н. Функциональная схема экспериментальной аппаратуры когерентного приема в задачах мониторинга поверхности земли методом дистанционного зондирования в коротковолновом диапазоне радиоволн. / III Международная научно-практическая конференция «Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий». Материалы III Международной научно-практической конференции. (Майкоп, 2015). С. 53.
- [11] Белов С.Ю., Белова И.Н. Мониторинг поверхности земли методом дистанционного зондирования в КВ-радиодиапазоне. / V Международная молодежная на-

- учная конференция «Экология-2015»: материалы докл. Всероссийской конференции с международным участием, 22–24 сентября 2015 г. (Архангельск. 2015). С. 6.
- [12] Белов С.Ю. О некоторых характеристиках рассеивающей способности земной поверхности при дистанционном зондировании в коротковолновом диапазоне радиоволн. / Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: материалы II Междунар. науч. конференции (РПДЗЗ-2015), 22–25 сентября 2015 г. (Красноярск, СФУ, 2015). С. 101.
- [13] Белов С.Ю. О возможности повышения точности измерения рассеивающей способности земной поверхности при дистанционном зондировании в коротковолновом диапазоне радиоволн. // 24-я научная конференция «Структура, вещество, история литосферы тимано-североуральского сегмента», 25–27 ноября 2015 г. Мат. XXIV научн. конф. (Сыктывкар: Геопринт. 2015). С. 28.
- [14] Belov S.Yu., Belova I.N. Environmental aspects of the use of remote sensing of the earth's surface in the short-wave range of radio waves. / IGCP 610 Third Plenary Conference and Field Trip «From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary» 22-30 September 2015, Astrakhan, Russia. (Moscow, MSU. 2015). P. 29.
- [15] Белов С.Ю., Белова И.Н. О возможности повышения информативности методик определения параметра сигнал/шум на примере распространения радиосигнала коротковолнового диапазона радиоволн. / «Нелинейные волны–2016»: материалы XVII научной школы, 27 февраля–4 марта 2016 г., ФГБНУ «ФИЦ Институт прикладной физики РАН». (Нижний Новгород. 2016). С. 34.
- [16] Белов С.Ю. Программа регистрации квадратурных компонент n -кратного отраженного от земной поверхности радиосигнала. Свидетельство о регистрации права на программное обеспечение № RU.2016612172 от 19.02.2016 г.

Theoretical and experimental comparison of coherent and incoherent methods for determining a parameter signal/noise in problems of propagation of radio waves of the short-wave range

S. Yu. Belov

*Department of Mathematical Modelling and Informatics, Faculty of Physics,
M.V.Lomonosov Moscow State University, Moscow 119991, Russia
E-mail: Belov_Sergej@mail.ru*

Monitoring of the earth's surface by remote sensing in the short-wave band can provide quick identification of some characteristics of natural systems. This band range allows one to diagnose subsurface aspects of the earth, as the scattering parameter is affected by irregularities in the dielectric permittivity of subsurface structures. This method based on the organization of the monitoring probe may detect changes in these environments, for example, to assess seismic hazard, hazardous natural phenomena such as earthquakes, volcanic eruptions, as well as some man-made hazards and etc. The problem of measuring and accounting for the scattering power of the earth's surface in the short-range of radio waves is important for a number of purposes, such as diagnosing properties of the medium, which is of interest for geological, environmental studies. In this paper, we propose a new method for estimating the parameters of incoherent signal/noise ratio. The paper presents the results of comparison of the measurement method from the point of view of their admissible relative analytical errors. The new method is suggested. Analysis of analytical error of estimation of this parameter allowed to recommend new method instead of standard method. A comparative analysis and shows that the analytical (relative) accuracy of the determination of this parameter new method on the order exceeds the widely-used standard method.

PACS: 94.20.ws.

Keywords: remote sensing, surface scattering of radio waves, measurement technique, SW-range, the scattering parameter, signal/noise ratio, Ionosphere.

Received 25.04.2016.

Сведения об авторе

Белов Сергей Юрьевич — физик, инженер; тел.: (495) 592–80–77, e-mail: Belov_Sergej@mail.ru.