

Модельное исследование ИК-излучения водной поверхности.

Осовский И.А.

Морской ГидроФизический институт
НАН Украины
г.Севастополь, ул.Капитанская, 2.

Высокие требования предъявляемые к точности восстановления температуры водной поверхности по измерениям интенсивности ИК-излучения обуславливают интерес к исследованию зависимостей величин излучательной способности и отражения нисходящего излучения атмосферы от параметров описывающих реальные ситуации.

Понимание физических механизмов, математическая и программная реализации модели рассеяния ИК-излучения позволили получить количественные оценки, необходимые для разработки и анализа практических методов.

Краткое пояснение модели.

Общая методология расчёта интенсивности неполяризованного излучения уходящего от водной поверхности показана в [1]. Расчёт поляризованного излучен. аналогичен.

$$\langle R^{h,v}(\theta) \rangle \sim \langle (1+ig^2\beta)^2 R^{h,v}(\omega) \rangle_{cos\theta,\phi}$$

$$cos(2\omega) = cos\theta cos\theta' sin\theta sin\theta' cos\phi,$$

$$(1+ig^2\beta) = 2(1+cos(2\omega))/(cos\theta + cos\theta'),$$

(ω - угол падения, $\langle \dots \rangle$ - усреднение в сферических координатах θ, θ', ϕ по функции вероятности Эуклона $P(\xi_x, \xi_y)$ к поверхности $z = \xi(x, y)$, $\xi_{x,y} = \partial\xi/\partial x, y$, $ig^2\beta = \xi_x^2 + \xi_y^2$, а пропорциональность - нормировка и учёт затенений). Коэффиц. рассеяния $R^{h,v}(\omega)$ в горизонтальной и вертикальных плоскостях наблюдения от с коэффиц. отражения Френеля $R^{\perp\parallel}(\omega)$:

$$\begin{pmatrix} R^h \\ R^v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - B' & B \\ B' & 1 - B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R^\perp \\ R^\parallel \end{pmatrix}, \text{ где}$$

$$B = \xi_y^2 cos^2(\beta) = 1/2 sin\theta^2 sin\phi^2/(1+cos(2\omega)),$$

$$B' = B/sin^2(\omega); \varepsilon - \text{диэлектр.проницаемость},$$

$$R^{\perp\parallel}(\omega) = (c^{\perp\parallel} - d^{\perp\parallel})/(c^{\perp\parallel} + d^{\perp\parallel}),$$

$$c^{\perp} = cos^2(\omega) + c, \quad d^{\perp} = cos^2(\omega) \sqrt{c+d},$$

$$c^{\parallel} = |\varepsilon|^2 cos^2(\omega) + c, \quad d^{\parallel} = d^{\perp}(c + sin^2(\omega)),$$

$$d = Re(\varepsilon) - sin^2(\omega), \quad c = \sqrt{d^2 + Im^2(\varepsilon)}$$

В предположении сферически однородного излучения атмосферы, предлагается использовать разложение нисходящего излучения, нормированного на излучение горизонта в ряд Фурье по зенитному углу. Излучение горизонта с большой точностью равно излучению АЧТ при приповерхностной температуре воздуха, что следует из:



1) непрерывности температуры и излучения при переходе границы воздух-вода, 2) уравнения переноса излучения при большой оптической толщине горизонта. По предварительным оценкам коэффициентов разложения - для достижения требуемой точности хватает 2-3 гармоник.

Модель нечерноты водной поверхности открыта для дополнения до модели излучения угловыми зависимостями формирования ИК-излучения: 1) внутри водной среды от профиля температуры, 2) исходящего излучения атмосферы. Это позволяет применять разработанную модель совместно с разнообразными экспериментальными либо модельными данными.

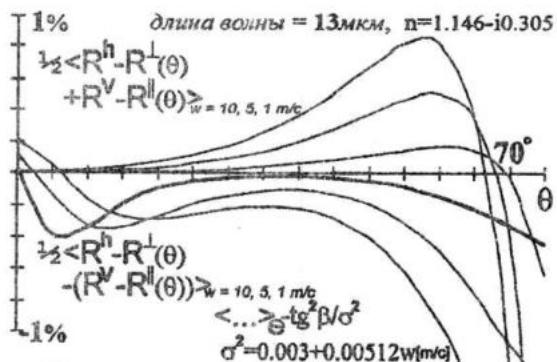
Программная реализация модели выполнена по разработанному автором способу построению подпрограмм универсальных по типу и количеству входных-выходных параметров, что соответствует математическому смыслу сложной функции. Т.е. в подпрограмме данные=аргументу могут определяться и переопределяться на этапе выполнения. Параметром является указатель на указатель, который и переопределяет передаваемый список объектов.

Анализ некоторые результатов применения модели.

В диапазоне 3-13 мкм получены следующие оценки изменения угловых зависимостей излучательной способности:

- 1) от реальной и мнимой частей коэффиц. преломления (учёт изменения физического состояния и химического состава воды);
- 2) при появлении пленки(нефтяной,т.п.);
- 3) при волнении.

Результаты соответствуют представлению об исчезновении различия при устремлении возмущающего фактора к нулю.



Для реально существующих практических случаев: тонких нефтяных плёнок и слабых ветров отмечается незначительное, исходя из точности 0.1К, изменение характеристик неполяризованного излучения при углах наблюдения далёких от горизонтали [1].

Применение количественных оценок характеристик поляризованного излучения предоставляют возможность:

- 1) восстановления температуры поверхности;

- 2) обнаружения неоднородностей на поверхности (так например, отклонение разности поляризаций от ожидаемой свидетельствует о нахождении инородного объекта, причём, для объектов рассеивающих излучение в первом приближении однородно: суша, корабль... разность поляризаций равна нулю!).

К тому же, следует ожидать пренебрежимо малого влияния на разность поляризаций прямо попадающего в поле зрения радиометра атмосферного излучения, т.к. с большой степенью оно неполяризовано. А задача практического исследования поляризационного излучения сводится к оптимизации угла наблюдения по достижимой точности.

Литература:

1. И.А.Осовский, Г.Г.Пантелеева, С.В.Станичный
«Угловые зависимости излучательных характеристик водной поверхности». Исследования Земли из космоса, 1991, N2.