

УДК 551.521 + 520.6.05

А.А. Кривобок, к.г.н.

Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Киев

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОКОВ ОТРАЖЕННОЙ КОРОТКОВОЛНОВОЙ РАДИАЦИИ НА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЕ АТМОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ РАДИОМЕТРА AVHRR СПУТНИКА NOAA

*Проведено сравнение различных методов определения потоков отраженной солнечной коротковолновой радиации на верхней границе атмосферы по данным AVHRR спутника NOAA. Показано, что наиболее точным является метод Нисек and Jacobowitz. Относительная ошибка восстановления потоков на верхней границе атмосферы как правило не превышает 0.12 и только в отдельных географических зонах она составляет 0.16.*

**Ключевые слова:** коротковолновая радиация, AVHRR, спутники NOAA

### 1. Введение

Современные спутниковые системы позволяют восстанавливать параметры радиационного баланса Земли (РБЗ) на верхней границе атмосферы (ВГА) с достаточно высоким как пространственным, так и временным разрешением. В связи с этим совершенствование методов определения параметров РБЗ является одной из ключевых задач в процессе обработки и практического использования спутниковых данных в исследовании климата.

В данной работе анализируются методы определения одной из компонент РБЗ отраженного коротковолнового потока солнечной радиации (ОКПСР) на ВГА по данным полярноорбитальных метеорологических спутников NOAA. Как правило, измерения с этих спутников используются для определения ОКПСР в приполярных районах, для территории Европы – это севернее 60° с.ш., потому что данные с геостационарных спутников имеют над этими районами очень большие искажения и не пригодны для получения количественных характеристик состояния атмосферы. Сама процедура определения ОКПСР по спутниковым данным состоит из следующих шагов:

- радиометрической калибровки данных;
- специальной коррекции данных (придерживаясь общепринятых определений, будем называть ее NTB коррекция – narrow to broadband correction). Это связано с тем, что измерения производятся узкополосным радиометром AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), установленным на борту спутника NOAA, и для получения характеристик отраженного потока на ВГА необходимо перейти от узкополосных измерений к широкополосным путем проведения соответствующей коррекции;
- коррекции с использованием так называемых угловых моделей [1], позволяющих учитывать анизотропию измерений над различными типами поверхности в зависимости от угла зондирования.

Данная работа исследует точность определения ОКПСР на ВГА в зависимости от выбора модели NTB коррекции. В предыдущей работе автора [2] были проанализированы основные факторы (геометрия и время наблюдений, тип подстилающей поверхности, календарное время проведения измерений) влияющие на точность определения ОКПСР по данным NOAA, рассчитанные с помощью различных методов NTB коррекции. Здесь же

будет продолжено тестирование этих методов в зависимости от географических зон и рассмотрена возможность использования их для локальных географических районов. В этой работе в качестве непосредственных измерений ОКПСР на ВГА использовались данные, полученные сканирующим радиометром радиационного баланса (СРРБ), который был установлен на борту российского спутника "Метеор-3".

В настоящее время для расчета ОКПСР на ВГА по узкополосным спутниковым измерениям используются каналы, расположенные в видимой и ближней инфракрасной областях спектра. Предыдущие исследования показали, что существует линейное соотношение между измерениями в одном или нескольких каналах (в видимом и/или ближнем инфракрасном спектрах) и в одном широкополосном канале (0.2 - 4.0 мкм) по всему солнечному спектру. Переходя к характеристикам отражения (альбедо или коэффициентам отражения) такое соотношение может быть представлено в следующем виде

$$R_b = a + \sum_{i=1}^N b_i R_i, \quad (1)$$

где  $R_b$  коэффициент отражения в широкополосном канале;

$R_i$  – коэффициенты отражения в каналах измерений (нормализованные на высоту Солнца с учетом изменяющегося расстояния от Земли до Солнца);

$N$  – количество каналов;

$a, b_i$  - эмпирические коэффициенты, зависящие от канала измерений.

Для радиометров AVHRR, установленных на спутниках NOAA, данное соотношение выглядит следующим образом

$$R_b = a + b_1 R_1 + b_2 R_2, \quad (2)$$

где  $R_1, R_2, b_1, b_2$  – коэффициенты отражения и эмпирические коэффициенты, соответственно, в каналах 0.58-0.68 мкм и 0.70-1.10 мкм радиометра AVHRR.

Такие соотношения были получены на основании сравнения данных AVHRR с измерениями в канале 0.2 – 4.0 мкм радиометра ERBE (Earth Radiation Budget Experiment), установленного на спутнике Nimbus [3,4].

Другое соотношение, учитывающее только данные одного видимого канала [5], выглядит следующим образом

$$R_b = a + b_1 R_1, \quad (3)$$

## 2. Обзор различных методов NTB коррекции для оценки ОКПСР на ВГА

Для проведения сравнения нами были выбраны из литературных источников четыре метода NTB коррекции для оценки ОКПСР на ВГА. Ниже приводится их краткое описание.

### 2.1 Wydick et al. [6]

Данный метод используется как оперативный в NOAA/NESDIS для расчета параметров радиационного баланса. Он основан на сравнении данных радиометров AVHRR и ERBE установленных соответственно на спутниках NOAA-7 и NIMBUS-7. Восстановление

ОКПСР на ВГА основано на использовании двух каналов AVHRR. Коэффициенты, используемые в данном методе не зависят от типа подстилающей поверхности и облачности.

## 2.2 Hucek and Jacobowitz [4]

В этом методе коэффициенты регрессии определялись на основе сравнения данных радиометров AVHRR и ERBE (Earth Radiation Budget Experiment), установленных на спутнике NOAA-9, в зависимости от типа поверхности (снег, морская поверхность, суша, пустыня) и количества облачности (безоблачно, малооблачно, преимущественно облачно и облачно). В этом методе использованы два канала AVHRR.

## 2.3 Li and Leighton [3]

Этот метод был разработан на основе сравнения данных AVHRR и ERBE, как и в предыдущем случае, но количество данных ограничилось 4 днями июля 1985 года и территорией севернее 60°N. Коэффициенты регрессии определялись только в зависимости от типа подстилающей поверхности (вода, суша, снег и облака) по двум каналам AVHRR.

## 2.4 Hollmann [5]

В последнем методе, который рассматривался в данной работе, использовались коэффициенты регрессии, полученные путем сравнения данных видимого канала AVHRR и СРРБ. Общая схема определения ОКПСР на ВГА состояла из двух шагов – на первом использовалось линейное соотношение, по которому по данным видимого канала AVHRR определяется значение в видимом канале СРРБ, а на втором - для найденного значения находилось соответствующее значение в канале 0.2- 4.0 мкм СРРБ в зависимости от высоты Солнца, количества облачности и типа подстилающей поверхности.

## 3. Описание данных

### 3.1 Данные AVHRR

В данной работе были использованы данные радиометра AVHRR спутника NOAA-11. Данный радиометр имеет 5 каналов, два из которых расположены в видимой (0.58 - 0.68 мкм) и ближней инфракрасной (0.70 - 1.10 мкм) областях спектра. Измерения данного радиометра производятся с пространственным разрешением  $1.1 \times 1.1 \text{ км}^2$ . Последующая обработка этих данных заключалась в их калибровке [2] и в отнесении каждого пикселя изображения к следующим категориям подстилающей поверхности с учетом количества облачности (безоблачная, малооблачная, преобладающе облачная и полностью облачная): снежная, водная поверхности, суша и пустыня [2]. Затем для каждого пикселя было рассчитано значение  $R_b$  по каждому из вышеперечисленных методов NTB коррекции с учетом угловых моделей [1]. Для получения значений ОКПСР на ВГА ( $F_{sw}$ ) мы использовали следующее соотношение

$$F_{sw} = R_b S_{const}, \quad (4)$$

где  $S_{const}$  - солнечная постоянная [7].

### 3.2 Данные СРРБ

Данные ОКПСР были измерены сканирующим радиометром радиационного баланса, который базировался на российском спутнике "Метеор-3" с февраля 1994 г. по март 1995г.

СРРБ представляет собой 4-канальный радиометр, сканирующий поперек траектории полета с пространственным разрешением (в надире)  $60 \times 60 \text{ км}^2$  с высоты 1250 км (высота орбиты КА "Метеор-3"). Сектор сканирования составляет  $100^\circ$ , что обеспечивает полосу обзора около 3000 км. Радиометр имеет несколько каналов, в том числе один в видимой области (0.5 - 0.7 мкм), а другой широкополосный (0.2 – 4.0 мкм). Ошибка измерений ОКПСР составляет менее 1% [8].

#### 4. Сравнение различных методов NTВ коррекции

Для того, чтобы произвести сравнение различных схем коррекции восстановления ОКПСР по узкополосным измерениям, были отобраны соответствующие данные, рассчитанные по значениям радиометра AVHRR (видимый и ближний инфракрасный каналы) и непосредственно измеренные СРРБ (канал 0.2 – 4.0 мкм). Учитывая, что измерения производились двумя разными спутниками, данные отбирались в соответствии с критериями, которые учитывали геометрию наблюдений, время между измерениями двух приборов, тип подстилающей поверхности, зенитный угол Солнца и календарную дату измерений (табл.1). Кроме этого, учитывался такой фактор, как однородность поля ОКПСР, полученного по данным AVHRR в пределах одного пикселя СРРБ (табл.1). Использование такого критерия объясняется тем, что в одном пикселе СРРБ находится как правило не менее 225 пикселей AVHRR – это следствие различного пространственного разрешения двух приборов – что приводит к тому, что в зоне видимости одного пикселя могут оказаться разные по своим радиационным свойствам типы подстилающей поверхности. Для того чтобы не учитывать их в дальнейшем анализе вводится этот критерий. При расчете среднего значения ОКПСР в пределах пикселя СРРБ учитывалась так называемая весовая функция точки (ВФТ), которая описывает вклад каждого измерения AVHRR [9]. Таким образом, нами было отобрано 41930 парных измерений AVHRR и СРРБ в основном над территорией Европы (рис.1).

Таблица 1 - Критерии отбора данных для тестирования различными методами

<i>Определение критерия</i>	<i>Пределы изменения критерия</i>
Угол между векторами ( $\Delta\theta$ ), определяющими положение в пространстве AVHRR и СРРБ	$-90^\circ < \Delta\theta < 90^\circ$
Время ( $\Delta t$ ) между соответствующими измерениями AVHRR и СРРБ	$-30 < \Delta t < 30 \text{ min}$
Однородность поля отраженной солнечной радиации (var), которое определяется как отношение стандартного отклонения к среднему значению	$0 < \text{var} < 1$
Тип подстилающей поверхности (type)	$0 < \text{type} \leq 12$
Зенитный угол Солнца (sza)	$0 < \text{sza} < 60$
Календарное время проведения измерений	Май – Август

Для расчета статистических зависимостей между измеренными значениями ОКПСР по данным СРРБ и рассчитанными по AVHRR были использованы следующие характеристики:

средняя разность  $M\_DIFF$

$$M\_DIFF = \frac{\sum(F_o - F_c)}{N} \quad (5)$$

стандартное отклонение  $\sigma$ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(F_o - F_c)^2}{N}} \quad (6)$$

относительная ошибка  $R\_ER$ :

$$R\_ER = \frac{\sum \left[ \frac{|F_o - F_c|}{F_o} \right]}{N} \quad (7)$$

где  $F_o, F_c$  - измеренные и рассчитанные значения ОКПСР на ВГА.

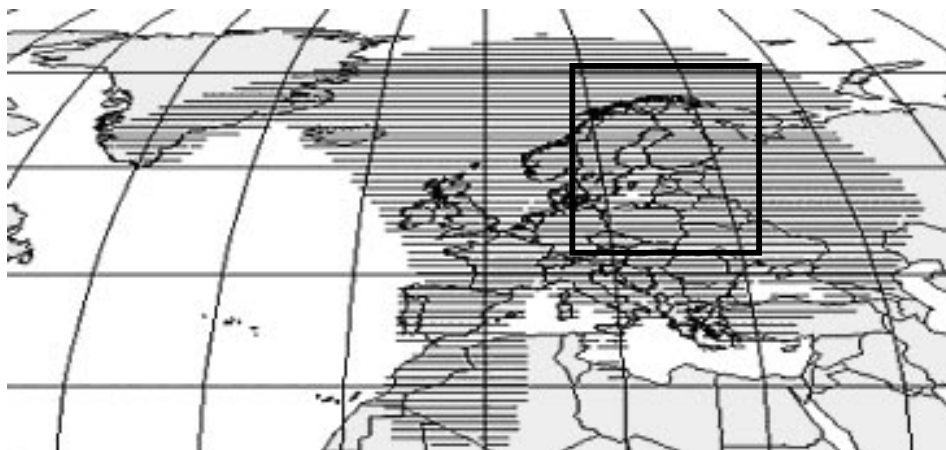


Рисунок 1 - Географическая область (черные линии), по которой проводилось тестирование методов. Прямоугольником отмечен район, над которым проводилось тестирование над ограниченной областью.

#### 4.1 Анализ всех измерений

По всем проведенным измерениям были рассчитаны статистические характеристики, согласно соотношениям (5) - (7). Из всех методов наиболее точные результаты определения ОКПСР на ВГА по данным AVHRR были получены методом *Husek and Jacobowitz*, причем относительная ошибка составила 0.12, тогда как по другим методам она была не менее 0.16. Анализ значений  $M\_DIFF$  говорит о том, что в данном

методе отсутствует как систематическое завышение, так и занижение значений ОКПСР на ВГА. Недостаток других методов в том, что они, как правило, или систематически завышают (*Wydick, Hollmann*) или занижают (*Li & Leighton*) значения ОКПСР. С помощью одноканального метода *Hollmann* можно восстановить значения ОКПСР на ВГА с более высокой точностью, чем по методам *Li & Leighton* и *Wydick*. По мнению автора, такой результат говорит о том, что точность того или иного метода NTB коррекции для определения ОКПСР на ВГА в большей степени зависит от учета типа подстилающей поверхности и количества облачности, чем от количества каналов в регрессионном уравнении (1).

#### 4.2 Анализ результатов в зависимости от географических зон

Для анализа точности определения ОКПСР на ВГА в разных географических зонах были рассмотрены два метода, которые по результатам, полученным в п.4.1, дали лучшие оценки ОКПСР - *Hucek and Jacobowitz* и *Hollmann* методы. Для этих методов были получены статистические оценки восстановления ОКПСР на ВГА (табл.3) в трех географических зонах. Анализ результатов показал, что метод *Hucek and Jacobowitz* позволяет восстанавливать ОКПСР с более высокой точностью, чем *Hollmann* во всех географических регионах. Особенно это характерно для арктической зоны, где все статистические характеристики для метода *Hollmann* хуже почти в два раза чем, соответствующие для метода *Hucek and Jacobowitz*.

Кроме этого нами было рассмотрено географическое распределение относительной ошибки, полученной по этим двум методам NTB коррекции (рис.2). Визуальный анализ показывает, что метод *Hucek and Jacobowitz* более точно, чем метод *Hollmann* восстанавливает значения ОКПСР над западным побережьем Скандинавского полуострова, прибрежными районами Балтийского моря, северо-западным побережьем Африки. В то же время над побережьем Гренландии, районами Исландии, открытыми районами океана над севером Европы и юго-западным побережьем Европы оба метода имеют невысокую точность. По мнению автора, достаточно низкая точность методов над районами открытой водной поверхности обусловлена их сильной зависимостью от состояния атмосферы. Что касается прибрежных районов, то невысокая точность связана с несовершенством так называемых угловых моделей [1] прибрежных зон, позволяющих переходить от измерений интенсивности к значениям потока излучения, а также их сильной зависимостью от точности процедуры навигации пикселей изображений, учитывая, что единичный пиксель СРРБ имеет размер 60х60 км<sup>2</sup>.

#### 4.3 Анализ результатов над локальным географическим районом

В качестве локального географического района нами был выбран регион, расположенный на севере Европы, выделенный на рис.1 прямоугольником. Он включает ряд стран, вовлеченных в так называемый Балтийский эксперимент [10]. Анализ данных над этой территорией проводился для оценки точности восстановления ОКПСР на ВГА над различными типами подстилающей поверхности с использованием различных методов NTB коррекции. Для проведения анализа нами были отобраны данные над сушей, морской поверхностью, прибрежной зоной, а также над участками поверхности частично, в основном и полностью покрытые облачностью. Полученные результаты подтверждают выводы, сделанные в разделах 4.1 - 4.2 данной работы о том, что метод *Hucek and Jacobowitz* позволяет восстанавливать значение ОКПСР с более высокой точности, чем другие. Все методы показали систематическое завышение рассчитанных значений по

сравнению с измеренными (табл.4–9) вне зависимости от типа подстилающей поверхности. Значения  $M\_DIFF$  меняются в достаточно широких пределах от  $-0.9 \text{ Вм/м}^2$  (Hucek and Jacobowitz, табл.5) до  $-49.39 \text{ Вм/м}^2$  (Li & Leighton, табл.4). Вместе с тем над участками поверхности покрытыми облачностью наблюдается как завышение рассчитанных значений ОКПСР (табл.7–8) так и их занижение (табл.9) по сравнению с измеренными. Необходимо отметить, что значения стандартного отклонения  $\sigma$  не ниже чем  $32.46 \text{ Вм/м}^2$  (Hucek and Jacobowitz, табл.7) и достигает своего максимального значения  $124.81 \text{ Вм/м}^2$  (Li & Leighton, табл.9).

Среди наблюдаемых типов подстилающей поверхности лучшие статистические характеристики определения ОКПСР на ВГА наблюдаются для суши в не зависимости от метода NTV коррекции (табл.5). Наблюдения над морской поверхностью и прибрежными районами (табл.4, 6) отличаются относительно невысокой точностью в силу причин, указанных в разделе 4.2. Эти результаты хорошо согласуются с выводами автора [2], полученными над значительно большим по размерам географическим районом.

Наблюдения над участками поверхности занятыми облачностью показывают значительную зависимость точности восстановления ОКПСР от степени покрытия облачностью (табл.7-9) методами *Wydicke u Li & Leighton*. В тоже время методы *Hucek & Jacobowitz* и *Hollmann* показывают относительную независимость точности от степени покрытия облачностью. Этот факт свидетельствует о том, что в двух последних методах коэффициенты регрессии в уравнении (1) зависят количества облачности, а в-первых двух такой зависимости нет.

Достаточно низкая точность восстановления ОКПСР на ВГА, характерная для метода *Li & Leighton*, объясняется тем, что он был основан на анализе данных четырех дней июля 1985, и не может адекватно учитывать изменения в отражательных характеристиках подстилающей поверхности и облачности в зависимости от времени года.

## 5. Выводы

Полученные результаты показали, что метод Hucek & Jacobowitz позволяет более точно восстанавливать ОКПСР на ВГА и может быть рекомендован как оперативный практически для всей территории Европы. Это подтверждается тем, что статистические характеристики, полученные как над значительным географическим регионом, так и над ограниченным районом, не имеют существенных отличий. Высокая точность определения значений потоков коротковолновой радиации над сушей методом Hucek & Jacobowitz говорит о возможности организации спутникового мониторинга за климатообразующими параметрами над территорией Украины с высоким пространственным разрешением.

Данная работа показала, что одноканальный метод Hollmann более точен, чем двухканальные Wydicke и Li & Leighton. Это свидетельствует о том, что для определения ОКПСР на ВГА более важен учет типа подстилающей поверхности и количества облачности, чем количество каналов в регрессионном уравнении (1).

Таблица 2 - Статистические характеристики определения ОКПСР на ВГА разными методами NTB коррекции по результатам всех измерений.

Методы NTB коррекции	$M\_DIFF, \text{Вт/м}^2$	$\sigma, \text{Вт/м}^2$	$R\_ER$
<i>Wydick</i>	-37.2	73.0	0.20
<i>Li &amp; Leighton</i>	43.1	75.6	0.21
<i>Hucek &amp; Jacobowitz</i>	-1.8	48.0	0.12
<i>Hollmann</i>	-12.3	67.7	0.16

Таблица 3 - Статистические характеристики определения ОКПСР на ВГА разными методами NTB коррекции в отдельных географических зонах.

Географическая зона	NTB коррекция	$M\_DIFF, \text{Вт/м}^2$	$\sigma, \text{Вт/м}^2$	$R\_ER$
Арктическая (широта > 70°)	<i>Hucek &amp; Jacobowitz</i>	-3.5	55.31	0.11
	<i>Hollmann</i>	-24.6	104.4	0.18
Средние широты (70° > широта > 40°)	<i>Hucek &amp; Jacobowitz</i>	1.9	46.7	0.09
	<i>Hollmann</i>	-10.8	59.4	0.16
Средиземноморье (широта < 40°)	<i>Hucek &amp; Jacobowitz</i>	16.12	50.4	0.20
	<i>Hollmann</i>	-1.6	56.9	0.26

Таблица 4 - Статистические характеристики определения ОКПСР на ВГА разными методами NTB коррекции над ограниченным районом (морская поверхность).

Методы NTB коррекции	$M\_DIFF, \text{Вт/м}^2$	$\sigma, \text{Вт/м}^2$	$R\_ER$
<i>Wydick</i>	-29.06	66.46	0.62
<i>Li &amp; Leighton</i>	-49.39	72.93	0.61
<i>Hucek &amp; Jacobowitz</i>	-28.31	50.11	0.39
<i>Hollmann</i>	-41.58	69.39	0.57

Таблица 5 - Статистические характеристики определения ОКПСР на ВГА разными методами NTB коррекции над ограниченным районом (суша).

Методы NTB коррекции	$M\_DIFF, \text{Вт/м}^2$	$\sigma, \text{Вт/м}^2$	$R\_ER$
<i>Wydick</i>	-38.75	60.86	0.19
<i>Li &amp; Leighton</i>	-38.71	58.28	0.22
<i>Hucek &amp; Jacobowitz</i>	-0.9	40.71	0.09
<i>Hollmann</i>	-10.28	49.17	0.14



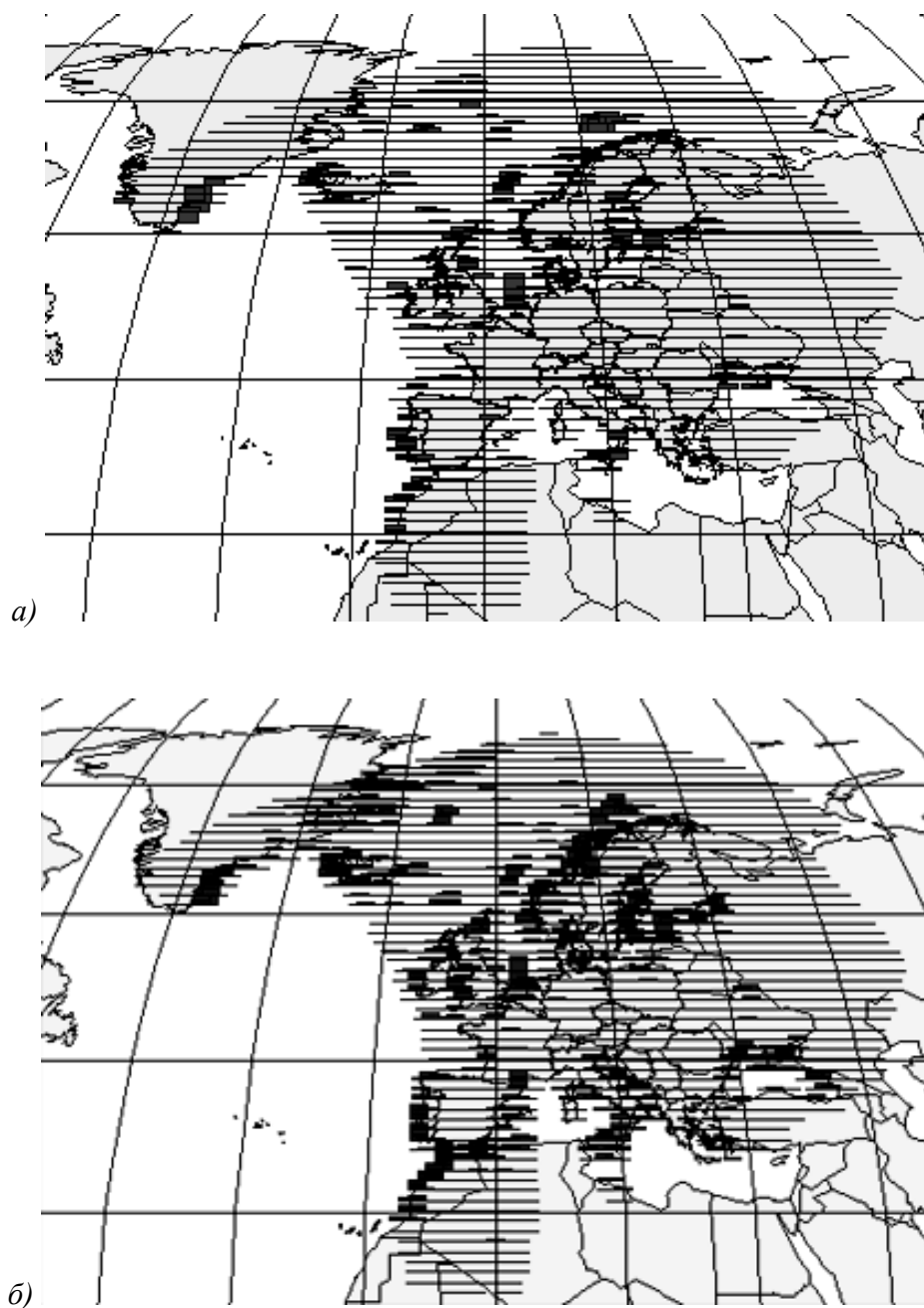


Рисунок 2 - Географическое распределение  $R_{ER}$  для методов Нусек & Якобовиц (а) и Холлманн (б). Значения  $R_{ER}$  больше 0.2 отмечены темным цветом.

Таблица 6 - Статистические характеристики определения ОКПСР на ВГА разными методами NTB коррекции над ограниченным районом (прибрежные районы).

Методы NTB коррекции	$M\_DIFF, \text{Вт/м}^2$	$\sigma, \text{Вт/м}^2$	$R\_ER$
<i>WyDick</i>	-23.56	50.78	0.32
<i>Li &amp; Leighton</i>	-43.34	60.20	0.33
<i>Hucek &amp; Jacobowitz</i>	-14.69	39.33	0.26
<i>Hollmann</i>	-24.46	55.14	0.34

Таблица 7 - Статистические характеристики определения ОКПСР на ВГА разными методами NTB коррекции над ограниченным районом (частичная облачность).

Методы NTB коррекции	$M\_DIFF, \text{Вт/м}^2$	$\sigma, \text{Вт/м}^2$	$R\_ER$
<i>WyDick</i>	-32.02	49.42	0.20
<i>Li &amp; Leighton</i>	-41.60	54.89	0.24
<i>Hucek &amp; Jacobowitz</i>	-4.44	32.46	0.11
<i>Hollmann</i>	-15.93	44.27	0.15

Таблица 8 - Статистические характеристики определения ОКПСР на ВГА разными методами NTB коррекции над ограниченным районом (преимущественно облачность).

Методы NTB коррекции	$M\_DIFF, \text{Вт/м}^2$	$\sigma, \text{Вт/м}^2$	$R\_ER$
<i>WyDick</i>	-48.78	71.22	0.18
<i>Li &amp; Leighton</i>	-40.41	64.92	0.17
<i>Hucek &amp; Jacobowitz</i>	1.34	47.81	0.10
<i>Hollmann</i>	-7.23	55.10	0.11

Таблица 9 - Статистические характеристики определения ОКПСР на ВГА разными методами NTB коррекции над ограниченным районом (полностью облачность).

Методы NTB коррекции	$M\_DIFF, \text{Вт/м}^2$	$\sigma, \text{Вт/м}^2$	$R\_ER$
<i>WyDick</i>	-61.52	86.89	0.17
<i>Li &amp; Leighton</i>	111.22	124.81	0.42
<i>Hucek &amp; Jacobowitz</i>	15.00	54.17	0.09
<i>Hollmann</i>	-2.36	60.76	0.10

### Список литературы

1. Suttles, J.T., Green, R.N., Minnis P., Smith G.L., Staylor, W.F., Wielicki B.A., Walker I.J., Young D.F., Taylor, V.R. and Stowe, L.L. 1988: Reflected Radiation. Vol.1, Angular Radiation Models for Earth Atmosphere System. NASA Reference Publication 1184, 87 pp.
2. Kryvobok, O., and Hollmann, R. Estimation of TOA reflected shortwave flux from AVHRR data. Visiting Scientist Report. - GKSS-Forschungszentrum, 2003, - 29 pp.
3. Li, Z., and Leighton, H.G. Narrowband to Broadband Conversion with Spatially Autocorrelated Reflectance Measurements. J. Appl. Meteor. 1992. - **31**, p. 421- 432.
4. Hucek, R., and Jacobowitz, H. Impact of Scene Dependence on AVHRR Albedo Models. J. Atmos. Oceanic Technol. 1995. - **12**, p. 697-711.
5. Hollmann, R. Räumlich hochaufgelöste Strahlungsbilanz über Europa: Ableitung aus Satellitendaten, Validation eines regionalen Modells. Dissertation Universität Hamburg, external report GKSS 2000/24. - available from GKSS Forschungszentrum Geesthacht, 200. - 136 pp.
6. Wydick, J., Davies, P., and Gruber, A. Estimation of broadband planetary albedo from operational narrowband satellite measurements, NOAA Technical Report, NESDIS, 1987.
7. Neckel, H. and Labs, D. The solar radiation between 3300 and 12500 Å. Physics and Astronomy. – vol.90, 2, 1984, p.205-258
8. Mueller, J., Stuhlmann, R., Becker, R., Raschke, E., Rink, H., Burkert, P., Monge, J.-L., Sirou, F., Kandel, R., Tremas, T., and Pakhomov, L.A. 1997: Ground characterisation of Scanner for Radiation Budget (ScaRaB) flight model 1. J. Atmos. Oceanic Technol., **14**, 802-813.
9. Sirou F., and Kandel R.S. ScaRaB characterization/documentation. Minutes of ISSWG-2 - Hamburg, March 1996.
10. Baltic Sea Experiment BALTEX – Initial Implementation Plan/ March 1995, 84 p.

**Визначення потоків відображеної короткохвильової сонячної радіації на верхній межі атмосфери за даними радіометра AVHRR супутників NOAA. Кривобок О.А.**

*Було проведено порівняння різних методів визначення потоків відображеної короткохвильової радіації (ОКПСР) на верхній межі атмосфери (ВГА) за даними AVHRR супутника NOAA. Показано, що найточнішим є метод Hucek and Jacobowitz. Відносна помилка відновлення ОКПСР на ВГА як правило не перевищує 0.12 і лише в окремих географічних зонах вона складає 0.16.*

**Ключові слова:** короткохвильова радіація, AVHRR, супутники NOAA

**Estimation of shortwave reflected solar radiation fluxes on the top of atmosphere using the data of the radiometer AVHRR on NOAA satellites. Kryvobok A.A.**

*The testing of different methods of shortwave reflected solar radiation fluxes (RSRF) estimation on the top of atmosphere (TOA) using AVHRR data from NOAA satellites was carried out. It was shown that the Hucek and Jacobowitz method gives the best results. The relative error of RSFS estimation on TOA using this method is 0.12 and only for specific geographical zone this error is 0.16*

**Key words:** Shortwave radiation, AVHRR, NOAA satellites