

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СУММАРНЫХ ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКОВ ТЕПЛА В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ ПО ДАННЫМ МАССИВОВ РЕ-АНАЛИЗА NCEP И ERA-40

А.Б. Полонский, В.В. Белоконь
Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: belokonv@mail.ru

На основе данных ре-анализа NCEP за 1950-2001 гг. ERA-40 за 1957-2002 гг. уточнены физико-географические особенности пространственного распределения турбулентных потоков тепла на нижней границе атмосферы и проведено сравнение различных массивов ре-анализа.

Введение. Вопросы изменчивости климата относятся к числу наиболее актуальных. Особую роль в климатических изменениях межгодового масштаба играет крупномасштабное тепловое взаимодействие океана и атмосферы. Одними из основных компонентов теплообмена океана с атмосферой, а также одной из основных компонент теплового баланса являются явные, скрытые и суммарные турбулентные потоки тепла.

Цель работы – уточнение физико-географических особенностей различных составляющих турбулентных потоков тепла на границе раздела атмосферы с подстилающей поверхностью и оценка их изменений на межгодовом и масштабе. Эти задачи решались на основе данных массивов ре-анализа NCEP за 1950–2001 гг. и ERA-40 за 1957–2002 гг.

Характеристика использованного материала и методика его обработки. Данные по ежемесячным турбулентным (явным и скрытым) потокам тепла за 1950–2001 гг. были взяты из массива ре-анализа NCEP и за период 1957–2002 гг. из массива ре-анализа ERA-40. Массивы ре-анализа представляют собой гидрометеорологические данные нанесенные на пространственную сетку. В массиве ре-анализа NCEP расстояние

между узлами этой сетки составляет $1,875^{\circ}$, В ERA-40 это расстояние равно $2,5^{\circ}$. Для анализа в данной работе использовались данные с дискретностью в 1 год.

Было сделано следующее:

- рассчитаны средние годовые величины суммарного турбулентного потока тепла за период с 1950 по 2001 год и с 1957 по 2002 год, а также отношение Боуэна;
- оценены коэффициенты линейных трендов в Северном полушарии;
- проведено сравнение исходных данных массивов ре-анализа NCEP и ERA-40;
- оценена межгодовая изменчивость суммарных турбулентных потоков тепла.

Расчет средних годовых величин суммарного турбулентного потока тепла, коэффициентов линейного тренда, отношения Боуэна проводилось с помощью пакетов программ: MS Excel и Pascal. Для оценки межгодовой изменчивости использовался пакет Matlab.

Для сравнения исходных данных массивов ре-анализа между собой была проведена интерполяция этих массивов на двухградусную сетку. В результате был рассчитан коэффициент корреляции между массивом ре-анализа NCEP и массивом ре-анализа ERA-40

Результаты и их анализ. Полученный коэффициент корреляции между исходными данными в среднем составил 0,8. Наибольшие значения коэффициента корреляции (0,87) приходятся на хорошо обеспеченные данными районы, это континентальные области, а также главные судоходные пути. Наименьшие значения этого коэффициента (0,74) расположены над океанами, особенно в тропических и полярных широтах.

По данным массива ре-анализа ERA-40, пространственное распределение средних годовых суммарных турбулентных потоков тепла характеризуется следующими особенностями (рис.1). К северу от 40° с.ш. потоки тепла преимущественно отрицательны, причем величина их составляет $(20 \div 80)$ Вт/м². К югу от 40° с.ш. потоки тепла положительны, а пределы изменения составляют $0 \div 350$ Вт/м². Такая картина наблюдается и по данным массива ре-анализа NCEP [1].

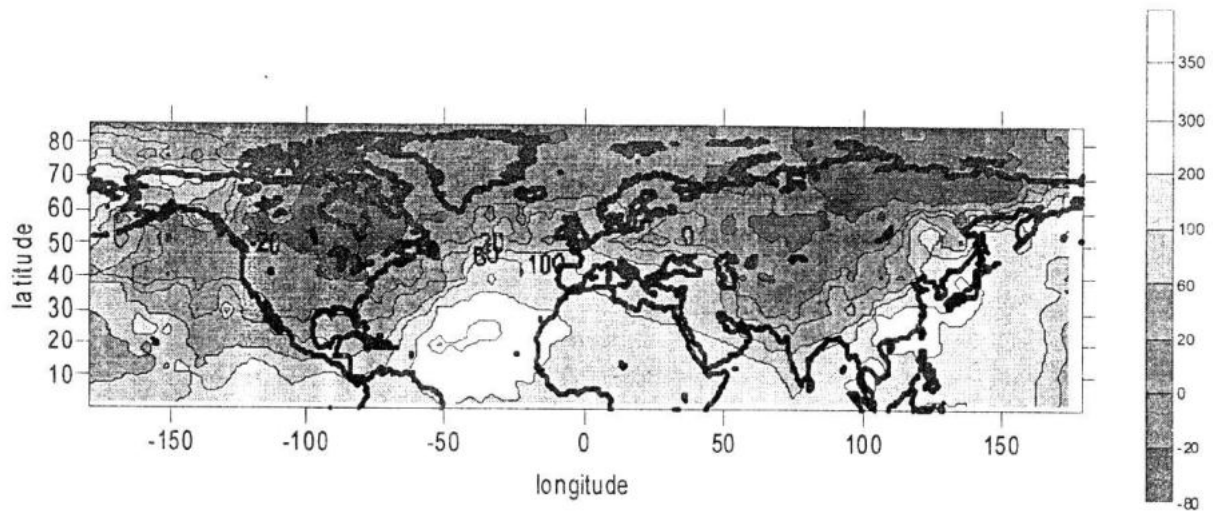


Рисунок 1 – Средние годовые суммарные турбулентные потоки тепла ($\text{Вт}/\text{м}^2$, ERA-40)

Скрытые потоки тепла по данным ре-анализа ERA-40 максимальны в тропических широтах (рис. 2). Поэтому отношение Боуэна тут много меньше единицы. В умеренных и высоких широтах океан интенсивно отдает тепло за счет явных потоков. Поэтому отношение Боуэна по абсолютной величине в этих областях больше единицы. Причем в высоких широтах потоки явного тепла почти на порядок превышают по абсолютной величине потоки скрытого тепла. Близкие результаты получаются и при расчете

отношения Боуэна с использованием массива ре-анализа NCEP [1]. Однако, есть одно существенное различие в пространственном распределении этой характеристики, которое заключается в смещении нулевой изолинии отношения Боуэна, по ERA-40, к северу на 5-6 градусов. Это, отчасти, может быть и следствием разного пространственного разрешения массивов ре-анализа, поскольку расстояние между узлами сетки у ERA-40 2,5 градуса, а у NCEP 1,875 градуса, что в сумме составляет около 5 градусов.

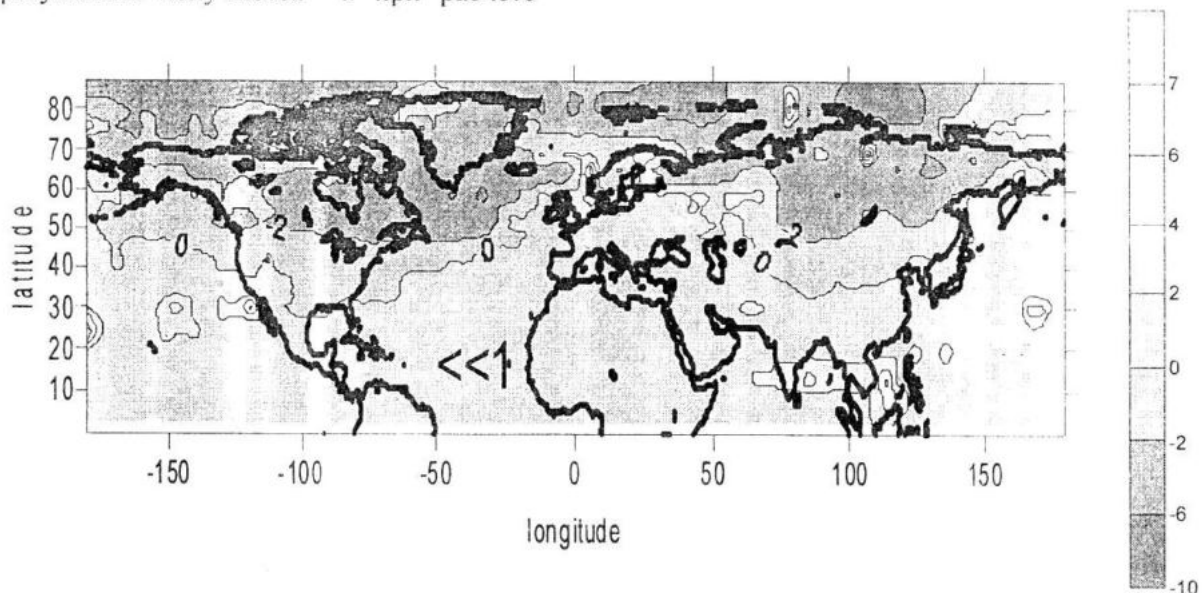


Рисунок 2 – Отношение Боуэна для средних величин потоков тепла ($\text{Вт}/\text{м}^2$, ERA-40)

Оценка коэффициентов линейного тренда суммарных потоков тепла по массиву ре-анализа ERA-40 (рис. 3) NCEP [1] показала максимумы в районах крупномасштабных океанических течений. В этих районах, а также над Сахарой, абсолютные значения коэффициента линейного тренда достигают $1 - 1.5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{год}$. Тем не менее, в среднем суммарный тренд для турбулентных потоков тепла в Северном полушарии имеет отрицательное значение (около $-0,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{год}$), в основном за счет уменьшения скрытых потоков тепла. Уменьшение же скрытых потоков тепла в Северном полушарии за последние пятьдесят лет объясняется увеличением

влажности воздуха и облачности в северных районах, преимущественно над континентами. Проведенная оценка коэффициентов линейного тренда суммарных потоков тепла с использованием массива ре-анализа NCEP [1] показала, что максимальные величины этого коэффициента расположены в тех же районах, что и максимальные значения коэффициента линейного тренда полученные с использованием массива ре-анализа ERA-40. Однако, средний суммарный тренд для турбулентных потоков тепла в Северном полушарии рассчитанный по данным NCEP примерно составляет $-0,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{год}$.

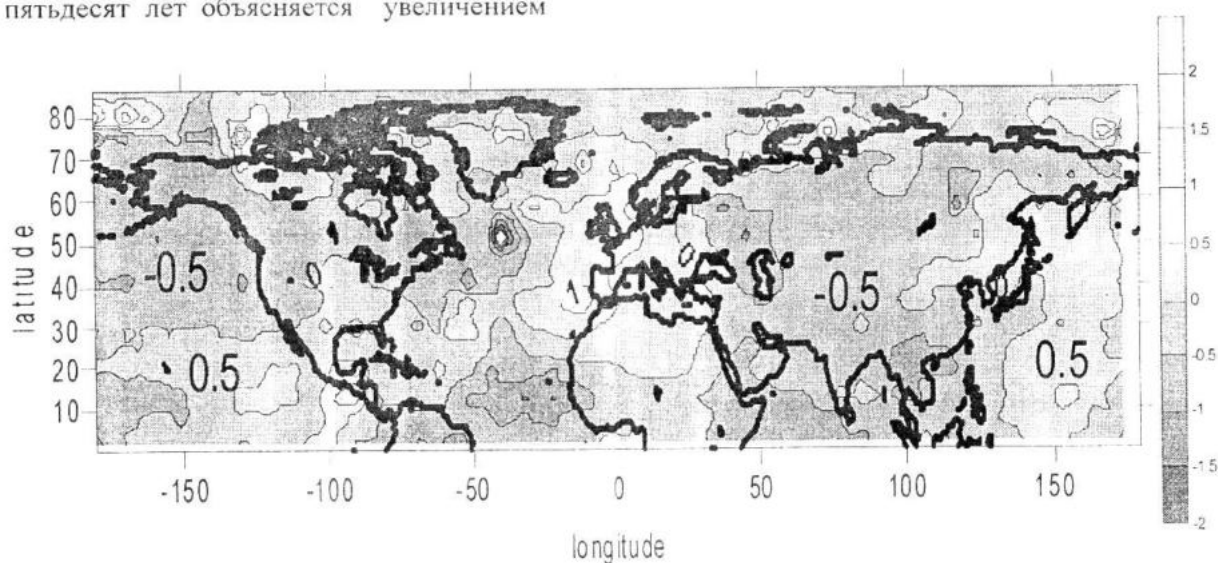


Рисунок 3 – Линейный тренд для суммарного турбулентного тепла ($\text{Вт/м}^2 \cdot \text{год}$, ERA-40)

Для анализа крупномасштабной структуры межгодовой изменчивости характеристик теплового взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью проводилось разложение полей суммарных турбулентных потоков тепла на эмпирические ортогональные функции по данным ERA-40. Первая эмпирическая ортогональная мода для суммарных потоков тепла описывает 29% суммарной дисперсии поля (рис. 4). Она характеризуется максимальной амплитудой турбулентного потока тепла в экваториальных широтах, большей части субтропиков, а также в умеренных широтах Атлантики, Тихого океана и, частично,

Северной Америке. Величина этой амплитуды примерно в 1.2 раза превышает соответствующую амплитуду в высоких широтах. При сравнении этих результатов разложения с результатами разложения на эмпирические ортогональные функции по NCEP [1], прослеживаются некоторые различия. Первая эмпирическая ортогональная мода для суммарных турбулентных потоков тепла, по NCEP, описывает 34% суммарной дисперсии поля, а максимальная амплитуда их приходится на тропические и субтропические широты, величина ее в 1.5 раза превышает соответствующую амплитуду в высоких широтах.

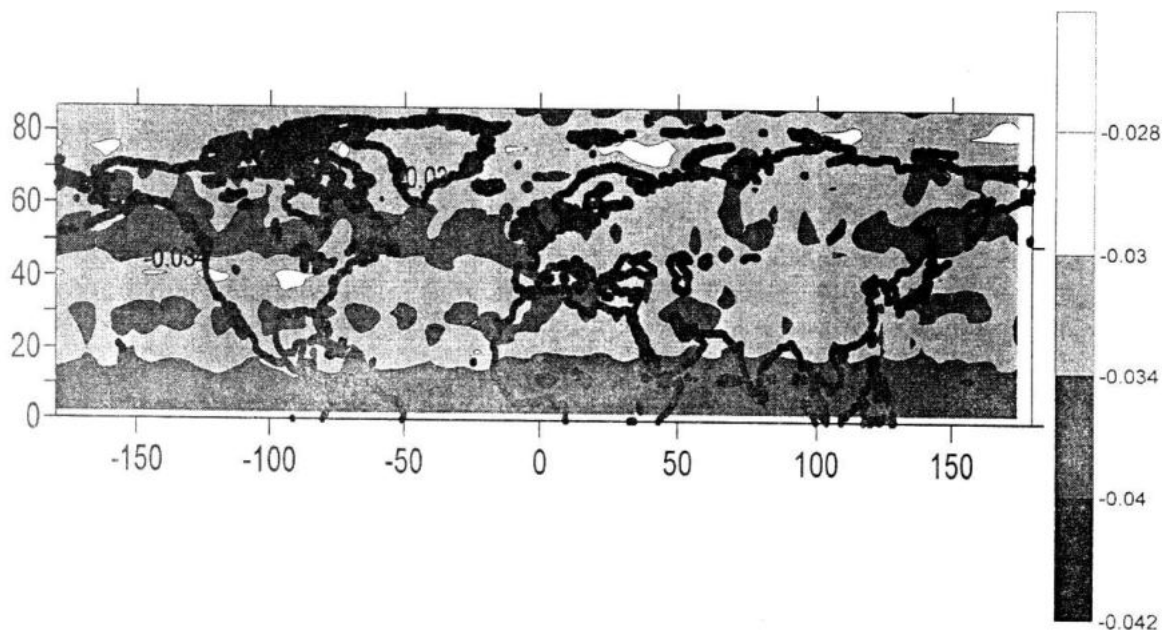


Рисунок 4 – Первая мода пространственного распределения для суммарных потоков тепла (ERA-40)

Выводы. 1. В Северном полушарии средние суммарные турбулентные потоки тепла на нижней границе атмосферы преимущественно положительны. Их величина достигает 350 Вт/м^2 в тропических широтах и областях крупных теплых океанических течений (Гольфстрим, Куроисио), тропической и субтропической зоне Атлантического океана, хотя в северных районах существуют области, где потоки тепла имеют отрицательные значения $\sim (20\div 80) \text{ Вт/м}^2$. Такое распределение получается при анализе обоих массивов и NCEP и ERA-40.

2. Максимальные значения линейного тренда суммарного турбулентного потока тепла в Северном полушарии наблюдаются в восточной части районах крупномасштабных океанических течений. В этих районах коэффициенты линейного тренда достигают $1 - 1.5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{год}$. Тем не менее, в среднем суммарный тренд для турбулентных потоков тепла в Северном полушарии имеет отрицательное значение ($-0,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{год}$) по данным ре-анализа NCEP, а по данным ERA-40 равным $-0,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{год}$.

3. При сравнении отношения Боуэна по разным массивам ре-анализа выделяется одно существенное различие в пространственном распределении этой характеристики, которое заключается в

смещении нулевой изолинии, по ERA-40, к северу на 5-6 градусов.

4. Первая эмпирическая ортогональная мода для суммарных турбулентных потоков тепла полученная по данным ERA-40, ответственна за 29% общей изменчивости поля. Она характеризуется максимальными значениями в экваториальных широтах, большей части субтропиков, а также в умеренных широтах Атлантики, Тихого океана и, частично, Северной Америке. Максимальная же амплитуда суммарного турбулентного потока тепла, по данным NCEP, приходится на тропические и субтропические широты.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.В. Белоконов, А.Б. Полонский.. Системы контроля окружающей среды // – Севастополь, 2006. – С. 186–190.
2. Е.Н. Воскресенская, А.Б. Полонский. Низкочастотная изменчивость гидрометеорологических полей и потоков тепла в Северной Атлантике // Морской гидрофизический журнал. 2004. № 4. – С. 19–39.
3. Н.А. Тимофеев, А.В. Юровский. Радиационные тепло- и водно-балансовые режимы океанов. Климат и изменчивость // – Севастополь, НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2004. – С. 35–40.