

КРУПНОМАСШТАБНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКОВ ТЕПЛА НА НИЖНЕЙ ГРАНИЦЕ АТМОСФЕРЫ В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ

В.В.Белоконов, А.Б.Полонский

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
99011, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: belokonv@mail.ru

На основе данных ре-анализа NCEP за 1950-2001 гг. уточнены физико-географические особенности пространственного распределения турбулентных потоков тепла на нижней границе атмосферы и проанализирована изменчивость потоков тепла на межгодовом и десятилетнем масштабах.

Введение. Особая роль в формировании наблюдаемой изменчивости климатической системы декадного масштаба (с типичными периодами ~ 10 лет) принадлежит крупномасштабному взаимодействию океана и атмосферы, которое осуществляется, главным образом, благодаря явным и скрытым турбулентным потокам тепла [1-3]. Поэтому в данной статье рассмотрены и проанализированы как средние за ~ 50 лет характеристики турбулентных потоков тепла, так и пространственно-временная изменчивость крупномасштабных потоков явного и скрытого тепла в Северном полушарии.

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 (National Center of Environmental Prediction). Цель данной работы

mental Prediction). Цель данной работы - уточнение физико-географических особенностей теплового взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью и характеристики пространственно-временной изменчивости крупномасштабных потоков явного и скрытого тепла в Северном полушарии. Для этого было сделано следующее:

- рассчитаны средние годовые величины суммарного турбулентного потока тепла за период с 1950 по 2001 год, а также отношение Боуэна;
- описаны статистические характеристики межгодовых изменений явного, скрытого и суммарного потоков тепла;
- оценены коэффициенты линейных трендов в Северном полушарии;
- произведено разложения полей явного, скрытого и суммарного турбулентного потоков тепла на эмпирические ортогональные функции и выявлены крупномасштабные особенности изменчивости потоков явного, скрытого и суммарного тепла, описываемые первой модой.

Результаты и их анализ. Пространственное распределение средних суммарных турбулентных потоков тепла в Северном полушарии характеризуется следующими особенностями. 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 $0 \div 360$ Вт/м². Максимальные значения суммарных турбулентных потоков тепла приходятся на тропическую и субтропическую зону Атлантического океана, окрестности теплых океанских течений - Кюросио и Гольфстрима, а также Сахару (рис. 1).

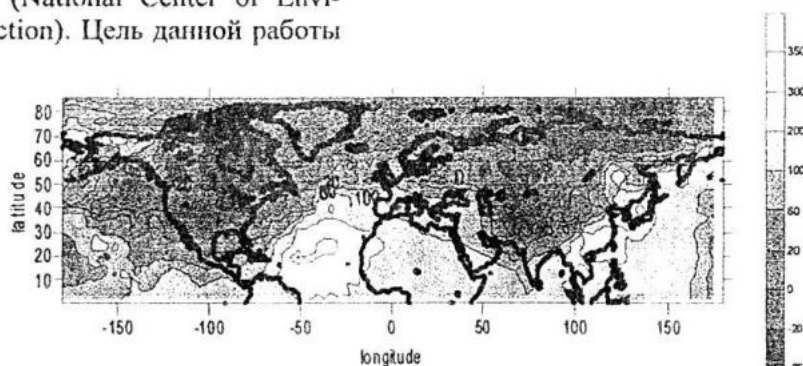


Рисунок 1 – Средние годовые суммарные турбулентные потоки тепла за 1950–2001г (Вт/м²)

Скрытые потоки тепла максимальны в тропических широтах (рис. 2). Поэтому отношение Боуэна тут много меньше 1. В умеренных и высоких широтах океан интенсивно отдает тепло за счет явных пото-

ков. Поэтому отношение Боуэна по абсолютной величине тут больше 1. Причем в высоких широтах потоки явного тепла почти на порядок превышают по абсолютной величине потоки скрытого тепла.

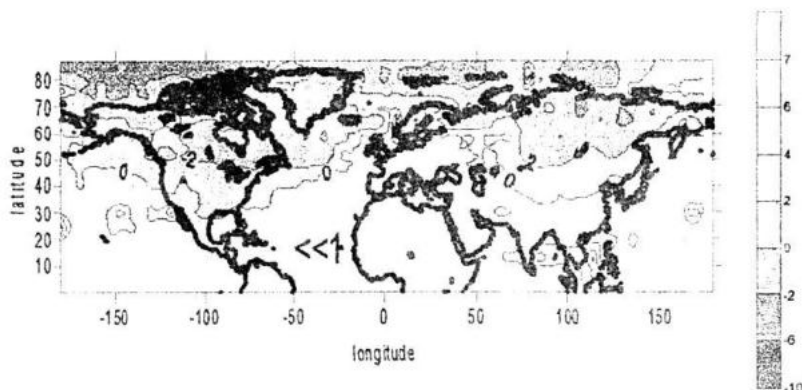


Рисунок 2 – Отношение Боуэна для средних величин потоков тепла ($\text{Вт}/\text{м}^2$).

В результате оценки средних статистических характеристик было получено среднее квадратичное отклонение и коэффициент вариации.

Для суммарных турбулентных потоков тепла районы с максимальными значениями среднего квадратичного отклонения приходятся на окрестности Го-

льфстрима и Северо-Атлантического течения (в Атлантическом океане), Муссонного течения (в Индийском), Куроисио и Северо-Тихоокеанское течения (в Тихом океане) (рис 3). Характерные величины среднеквадратичного отклонения турбулентных потоков тепла в этих районах достигают $80 - 100 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

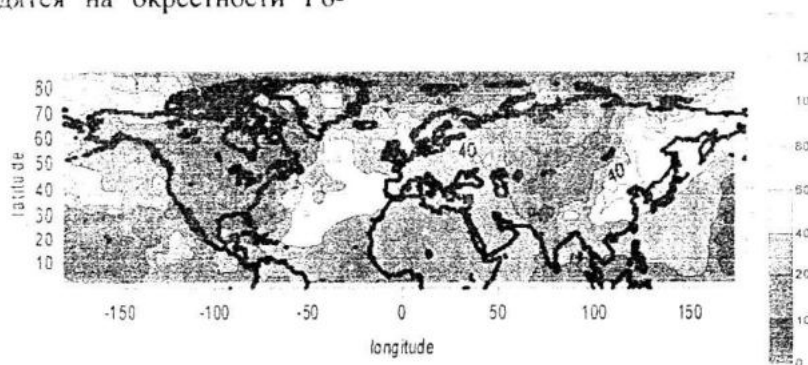


Рисунок 3 – Среднее квадратичное отклонение для суммарного турбулентного потока тепла ($\text{Вт}/\text{м}^2$).

Коэффициент вариации суммарного турбулентного потока тепла показывает (рис. 4), что основная межгодовая изменчивость потока приходится на субтропическую зону Тихого океана, западную часть Северного Ледовитого океана и окрест-

ность Уральских гор. В этих районах характерная величина коэффициента вариации > 1 (или $> 100\%$), тогда как средняя величина этого коэффициента по Северному полушарию составляет менее 0.5 (или 50%).

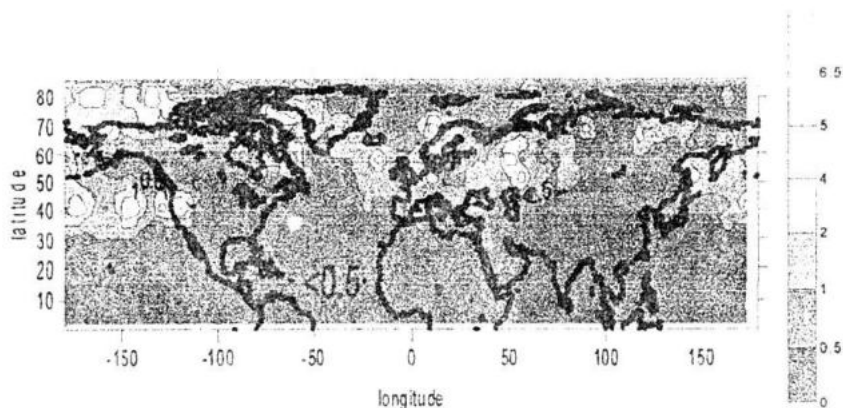


Рисунок 4 – Коэффициент вариации для суммарного тепла

Оценка коэффициентов линейного тренда суммарных потоков тепла показала максимумы в районах крупномасштабных океанических течений (рис. 5). В Тихом океане эти максимумы приходятся на Северное Пассатное, Курошио и Северо-Тихоокеанские течения. В Индийском океане – на Муссонное течение. В Атлантическом океане – на восточную часть

Субтропического круговорота. В этих районах, а также в Сахаре, абсолютные значения коэффициента линейного тренда достигают 1 – 1.5 $\text{вт}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$. Тем не менее, в среднем суммарный тренд для турбулентных потоков тепла в Северном полушарии имеет отрицательное значение (около $-0,03 \text{ вт}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$), в основном за счет уменьшения скрытых потоков.

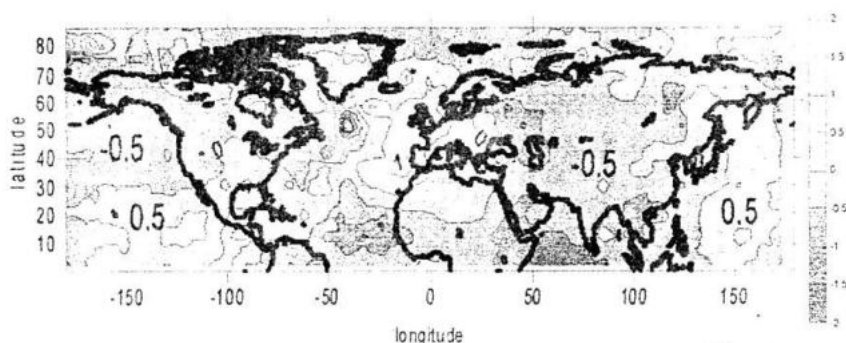


Рисунок 5 – Линейный тренд для суммарного тепла ($\text{вт}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$).

Для анализа крупномасштабной структуры межгодовой и декадной изменчивости характеристик теплового взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью рассмотрим первую эмпирическую ортогональную моду для суммарных потоков тепла, описывающую 34%

суммарной дисперсии поля (рис. 6). Она характеризуется максимальной амплитудой турбулентного потока тепла в тропических и субтропических широтах, превышающей в 1.5 раза соответствующую амплитуду в высоких широтах.

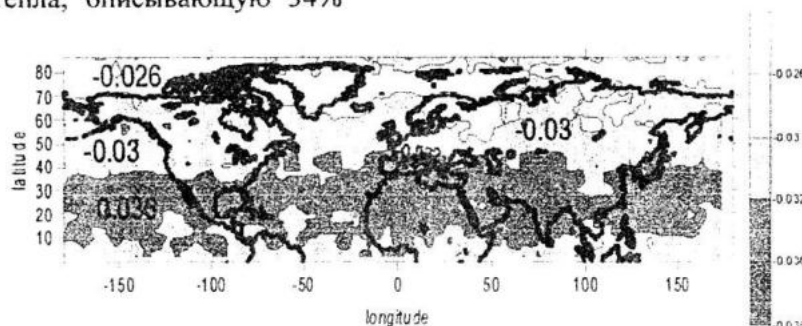


Рисунок 6 – Первая мода пространственного распределения для суммарных потоков тепла.

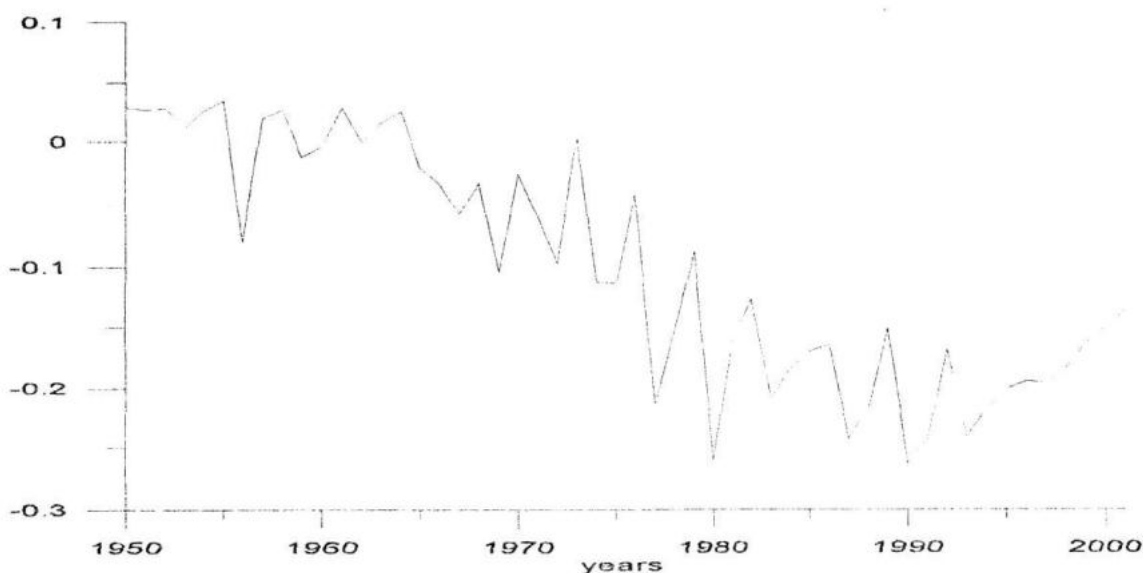


Рисунок 7 – Временной ход первой моды для суммарных турбулентных потоков тепла

Временной ход первой моды для суммарных турбулентных потоков тепла (рис. 7) указывает на тот факт, что со второй половины 1960-ых до начала 1990-ых годов происходило уменьшение суммарных потоков тепла, отвечающих первой моде, а с начала 1990-ых годов началось их увеличение. Таким образом, временной ход первой моды для суммарных турбулентных потоков тепла, по-видимому, свидетельствует о наличии крупномасштабной климатической изменчивости с типичным периодом в 60 – 80 лет. Более точную оценку получить невозможно ввиду недостаточной длины ряда наблюдений.

Выводы. 1. В Северном полушарии средние суммарные турбулентные потоки тепла на нижней границе атмосферы преимущественно положительны. Их величина достигает 360 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 $\sim - (20 \div 80) \text{ Вт/м}^2$.

2. Максимальные значения линейного тренда суммарного потока тепла в Северном полушарии наблюдаются в восточной части Субтропического круговорота Атлантического океана и в районах крупномасштабных океанических течений Тихого океана. В этих районах коэффициенты линейного тренда достигают 1 – 1.5

$\text{Вт/м}^2 \cdot \text{год}$. Однако, суммарный линейный тренд турбулентных потоков тепла в Северном полушарии отрицателен ($-0,03 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{год}$).

3. Типичная величина межгодовой вариации суммарных потоков тепла достигают максимума ($200\text{-}300 \text{ Вт/м}^2$) в субтропической зоне Тихого океана, западной части Северного Ледовитого океана и окрестностях Уральских гор, что составляет 100 – 200% от средних величин.

4. Первая эмпирическая ортогональная мода для суммарных потоков тепла, ответственна за 34% общей изменчивости поля. Она характеризуется максимальными значениями в тропических и субтропических широтах. Временной ход первой моды для суммарных турбулентных потоков тепла свидетельствует о наличии крупномасштабной климатической изменчивости с типичным периодом в 60 – 80 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев Л.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы // Л. Гидрометеоздат, 1965. – 180 с.
2. Воскресенская Е.Н. Полонский А.Б., Низкочастотная изменчивость гидрометеорологических полей и потоков тепла в Северной Атлантике // Морской гидрофизический журнал. 2004. № 4. С.19–39.
3. Тимофеев Н.А., Юровский А.В. Радиационные тепло- и водно-балансовые режимы океанов. Климат и изменчивость. // Севастополь, НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2004. – С. 35–40.