

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ АТМОСФЕРЫ НА АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ*

Ю. В. МАРТЫНОВА

ГУ СибНИГМИ Росгидромета, Новосибирск, Россия

e-mail: FoxyJ13@yandex.ru

Study of the influence of the Northern Atlantic (SST) surface temperature variability on the atmosphere climate dynamics over Eurasia is presented in this paper. Results are obtained using the combined atmosphere — ocean — sea ice — biosphere (PlanetSimulator/MPI) climate system model Comparison and analysis of the obtained results allow us to define the character of consequences of the SST variations on the surface climate dynamics over Eurasia. Results are presented in the form of graphics with the help of GrADS.

Введение

В настоящее время активно изучается проблема глобального потепления климата. Многие ученые полагают, что это приведет к более суровым зимам и прохладным летним периодам в Западной Европе и на восточном побережье США. Глобальное потепление климата, очевидно, вызовет таяние ледников Арктики, т. е. произойдет высвобождение огромных масс холодной воды. Приток холодной воды понизит температуру вод Северной Атлантики и ее морей, а также замедлит движение волн. В результате понизится температура течения Гольфстрим, а также течений, последовательно продолжающих его: Северо-Атлантического, Норвежского, Нордкапского. Совокупность четырех указанных течений образует так называемую североатлантическую аномалию. Сегодня существование этих теплых течений обуславливает сравнительно мягкий климат в Европе, европейской части России и на восточном побережье США.

Целью исследований является качественная оценка изменения температуры атмосферы у поверхности земли материка Евразия при варьировании температуры поверхности воды над Северной Атлантикой (SST) в области, соответствующей по географическому положению указанным выше течениям. Целесообразно также определить географическую локализацию областей максимального изменения температуры. Цели, преследуемые данной работой, примыкают к исследованию квазистационарных режимов погоды, существование которых обнаружено в моделях общей циркуляции атмосферы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 05-05-64989).

© Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, 2006.

В настоящей статье приводятся описание модели, имитирующей климат планеты в целом [1]; описание численного эксперимента, проведенного на основе указанной модели, включающее схему изменения SST; анализ полученных результатов, позволяющий судить о влиянии варьирования SST на среднегодовую температуру атмосферы у поверхности земли материка Евразия.

1. Описание модели

Численный эксперимент проводился при помощи крупномасштабной модели климатической системы атмосфера — океан — морской лед — поверхность суши (PlanetSimulator MPI, Germany), позволяющей воссоздавать климат планеты Земля в целом. Далее будет приведено описание каждого из указанных блоков модели [1].

Динамика атмосферы описывается уравнениями сохранения момента и массы, первым законом термодинамики и уравнением состояния, упрощенным гидростатической аппроксимацией. Эти уравнения обезразмерены, перегруппированы, в них введены дополнительные обозначения. Члены полученных таким образом уравнений разделены на два типа: линейные и нелинейные. Линейные члены вычисляются в физическом пространстве (на сетке), а вычисление нелинейных членов осуществляется в спектральном пространстве. Переход на следующий временной шаг происходит также в спектральном пространстве.

Физические процессы в атмосфере определяются взаимодействием многих параметров. В используемую модель заложен учет влияния и взаимодействия поверхностных потоков зонального и меридионального моментов, явной и скрытой теплоты, вертикальной и горизонтальной диффузии, радиации, влажностных процессов и сухой конвекции, процессов, происходящих на поверхности суши, почвы и морской поверхности. Под вертикальной диффузией подразумевается постоянный турбулентный обмен применительно к горизонтальным компонентам ветра, потенциальной температуре и удельной влажности.

Модель термических и циркуляционных процессов в океане, используемая в модели всей климатической системы, включает в себя прогностические уравнения в каждой точке океана для температуры океанического слоя перемешивания. Для типовой модели Крауса — Тернера, представляющей собой интегральную модель слоя перемешивания, прогнозирующую изменение интегральных свойств верхнего уровня океана, вычисляется глубина слоя перемешивания при использовании турбулентной кинетической энергии и запаса плавучести.

Модель формирования морского льда и его влияния на атмосферные и океанические процессы построена на определении общего теплового потока, включающего в себя атмосферный, океанический тепловой потоки, тепловой поток, проводимый через лед, и коррекцию теплового потока. Кроме общего теплового потока заложен учет таких параметров и процессов, как формирование льда в открытой воде, температура морского льда, определяемая из энергетического баланса, наличие снежного покрова, максимальная толщина ледяного поля.

Помимо перечисленных компонентов возможно включение в модель еще и биосферы. При расчетах параметров рассматривается только та поверхность суши, которая точно затрагивается наземной растительностью. Эти параметры включают фоновое альbedo поверхности земли, величину шероховатости, фактор усиления скрытого теплового потока и глубину корневой зоны.

2. Описание эксперимента. Результаты

Для выявления реакции атмосферы у поверхности земли материка Евразия на аномалии температуры поверхности Северной Атлантики проведены следующие расчеты. При использовании в качестве входных начальных данных средних климатических показателей произведены расчеты в общей сложности для 105 лет модельного времени. Первые 100 лет просчитывались для того, чтобы вся система успела прийти в равновесие. Выбор указанного периода времени обусловлен тем, что процессы в океане протекают намного медленнее, чем в атмосфере, следовательно, при выборе менее длительного промежутка времени возможно, что вносимые возмущения не успеют найти отклик в рассматриваемой системе. Для достижения указанных выше целей использованы расчеты для последних пяти лет модельного времени (из 105 лет), выполненные в двух вариантах:

— расчеты, где в качестве входных начальных данных используются средние климатические показатели;

— расчеты, где принудительно в поле температуры поверхности воды Северной Атлантики внесены изменения по схеме, приведенной далее.

Для каждого варианта расчета вычислено поле среднегодовой температуры у поверхности земли материка Евразия за рассматриваемый пятилетний период модельного времени. Изменение поля температуры поверхности Северной Атлантики произведено по следующей схеме. В соответствии с географическим положением североатлантической аномалии выделены точки сетки, в которых температура принудительно изменена, как показано на рис. 1. Понижение температуры североатлантической аномалии в разных точках сетки на различные величины обусловлено необходимостью обеспечения монотонной непрерывности поля температуры у поверхности Северной Атлантики.

Для удобства проведения анализа результаты численного эксперимента представлены в виде поля аномалий температур у поверхности земли материка Евразия (рис. 2), т. е. в виде разностей полей среднегодовых температур, полученных для последних пяти лет модельного времени (из общих просчитанных 105 лет) по итогам первого и второго вариантов расчета.

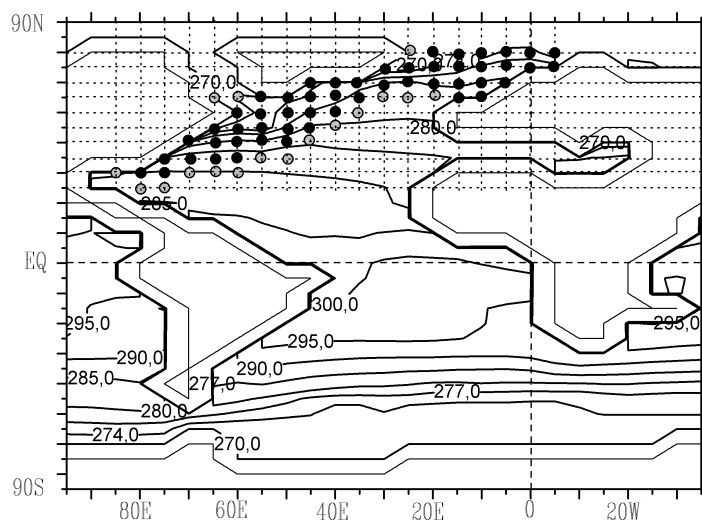


Рис. 1. Изменение температуры поверхности Северной Атлантики: черные точки — понижение температуры на 2 К, серые — на 1 К.

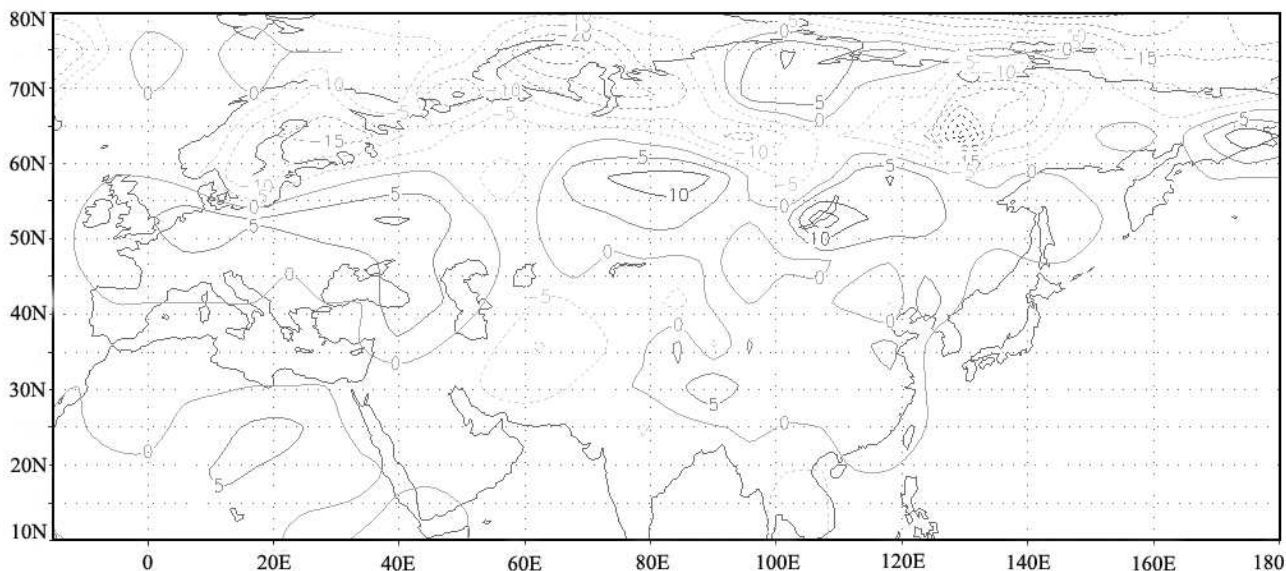


Рис. 2. Карта аномалий температур (разность полей среднегодовых температур двух вариантов расчета).

Как видно из рисунка, очаги наиболее сильного холода образовались над берегами, омываемыми рассматриваемыми течениями, т. е. над Скандинавским, Кольским полуостровами. Этот результат был ожидаем перед проведением эксперимента, так как температура поверхности воды Северной Атлантики в области, соответствующей по географическому положению течениям, непосредственно омывающим указанные участки суши, была понижена, что, в свою очередь, не могло не сказаться на температуре у поверхности земли над указанными выше полуостровами. Очаги сильного холода наблюдаются также над территорией Новой Земли, полуостровом Ямал, над поверхностью воды Северного Ледовитого океана и в центральной части Восточной Сибири. Помимо очагов холода произошло формирование очагов тепла над территорией Европы, европейской части России, центральной части России и над Чукоткой.

Высокие значения аномалии, изображенной на рис. 2, объясняются тем, что температура североатлантической аномалии была понижена на величину, значительно большую, чем естественные периодические отклонения температуры совокупности рассматриваемых течений, составляющие порядка $0.1 \dots 0.3$ К [2]. Это сделано для того, чтобы четко проявилось местоположение возможных очагов холода и тепла. Такое положение очагов холода и тепла объясняется характером движения воздушных масс над территорией материка Евразия и его орографией. Под характером движения воздушных масс подразумевается преимущественный западно-восточный перенос воздушных масс над территорией материка, в результате чего основной, наиболее сильный очаг холода локализовался над центральной частью Восточной Сибири. Влияние орографии материка рассматривается с точки зрения создания естественных препятствий (горные массивы) или, напротив, способствования (впадины) проникновению теплых и холодных воздушных масс в глубь материка.

Для более наглядной демонстрации зависимости величины аномалии среднегодовой температуры атмосферы у поверхности земли от долготы или широты построены графики разрезов рассматриваемой аномалии (рис. 3 и 4). Видно, что максимальное понижение

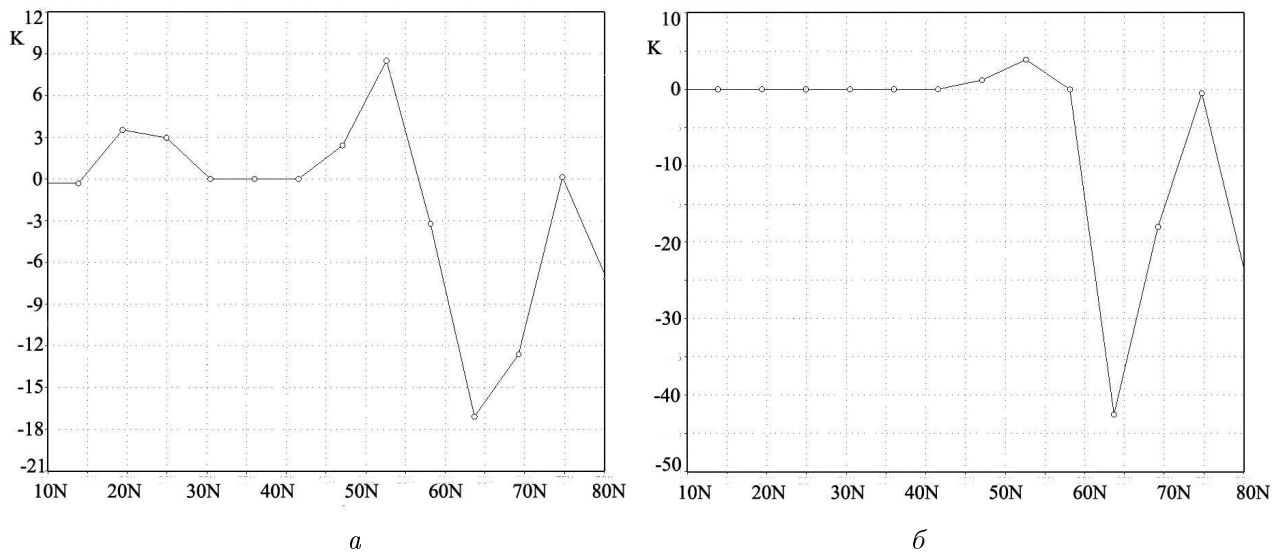


Рис. 3. Разрезы аномалии среднегодовой температуры атмосферы по долготе: *а* — зафиксирована долгота 30E; *б* — зафиксирована долгота 130E.

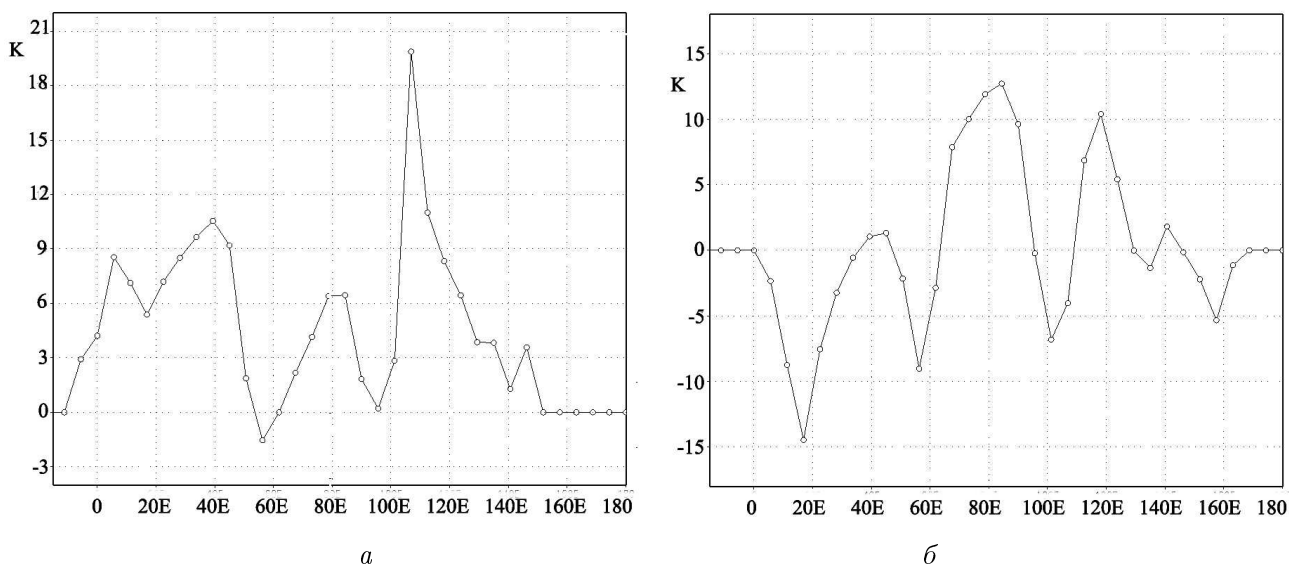


Рис. 4. Разрезы аномалии среднегодовой температуры атмосферы по широте: *а* — зафиксирована широта 50N; *б* — зафиксирована широта 60N.

температуры наблюдается ближе к северным широтам. Можно заметить, что влияние изменения температуры североатлантической аномалии сильнее проявляется на территориях, находящихся к ней ближе по меридиональному положению.

Заключение

Описанный выше численный эксперимент позволил выявить локализацию очагов тепла и холода, возникающих при варьировании температуры поверхности Северной Атлантики, а также качественно оценить степень влияния изменчивости североатлантической аномалии на различные территории поверхности материка Евразия.

С синоптической точки зрения существование длительных аномалий (с временами перехода намного меньше, чем время жизни аномалии) было уже установлено в ряде работ (см., например, [3, 4]), где на основе кластерного анализа и некоторых других методов проводилось тестирование на квазистационарность и отклонение от нормальности функции распределения. Соответствующие центры режимов похожи на телекоммуникационные структуры или поля долгоживущих аномалий [5, 6]. Например, поля аномалий погодных режимов в тихоокеанском секторе высоко коррелированы с тихоокеанско-североамериканской (PNA) структурой. С другой стороны, можно отметить, что верхняя и нижняя фазы колебаний североатлантической структуры (NAO) не так отчетливо коррелируют с погодными режимами в атлантическом секторе.

Полученные результаты и их анализ не являются окончательными. В дальнейшем планируются более детальное исследование влияния изменчивости североатлантической аномалии на климат материка Евразия, расширение географической области исследования, т. е. введение в рассмотрение всего Северного полушария, а не отдельного материка.

Автор благодарит В. Крупчатникова за постоянное внимание к работе.

Список литературы

- [1] PLANET Simulator. Reference Manual. Version 0.92 / F. Lunkeit et al. Hamburg, 2004.
- [2] TOURRE Y.M., RAJAGOPALAN B., KUSHNIR Y. Dominant patterns of climate variability in the Atlantic ocean region during the Last 136 Years // J. of Climate. July, 1998.
- [3] OERLEMANS J. An objective approach to breaks in the weather // Mon. Wea. Rev. 1978. Vol. 8, N 106. P. 1672–1679.
- [4] YANG S., REINHOLD B. How does low-frequency variance vary? // Mon. Wea. Rev. 1991. Vol. 9, N 119. P. 119–127.
- [5] WALLIS J., GUTZLER D.S. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter // Mon. Wea. Rev. 1981. Vol. 28, N 109. P. 785–812.
- [6] DOLE R.M., GORDON N.D. Persistent anomalies of the Northern Hemisphere wintertime circulation. Geographical distribution and regional persistence characteristics // Mon. Wea. Rev. 1983. Vol. 20, N 111. P. 1567–1586.

Поступила в редакцию 9 ноября 2006 г.