

А.С. Иванова<sup>2</sup>, И.В. Латышева<sup>2</sup>, С.И. Молодых<sup>2</sup>, В.И. Мордвинов<sup>2</sup>,  
А.А. Фоменко<sup>1</sup>

## Численное моделирование реакции приземного термобарического поля на аномалии температуры поверхности океана

<sup>1</sup> *Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск*

<sup>2</sup> *Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск*

Поступила в редакцию 25.11.2003 г.

Результаты расчетов приземного термобарического поля с помощью модели общей циркуляции атмосферы ИВМ и МГ СО РАН, учитывающие реальные изменения температуры поверхности океана за 19 лет с 1982 по 2000 г., сопоставлены с данными NCEP/NCAR Reanalysis. Модельные расчеты занижают уровень вихревой активности, что приводит на умеренных и высоких широтах к систематическим отклонениям приземного давления от данных NCEP/NCAR Reanalysis. Степень влияния температуры поверхности океана (ТПО) на внутриконтинентальные области быстро убывает при удалении от побережий. Исключениями являются области в зонах влияния Северо-Атлантического, Северо-Тихоокеанского и Южного колебаний. Довольно большая амплитуда колебаний приземного давления внутри Азиатского континента, не связанных с вариациями, обусловленными ТПО, позволяет предположить существование в этом регионе независимого источника межгодовых колебаний циркуляции атмосферы.

Изменения температуры поверхности океана (ТПО) являются одним из основных факторов долговременной изменчивости климатических характеристик атмосферы [1]. Особенно велико влияние ТПО на термический и циркуляционный режим атмосферы над океанами. Корреляция приземного давления и ТПО достигает в тропиках  $\sim -0,7$  и  $\sim 0,7$  в умеренных широтах. Поэтому для выявления других факторов климатической изменчивости, например гелиогеофизических, из временных рядов необходимо исключить вариации, обусловленные ТПО.

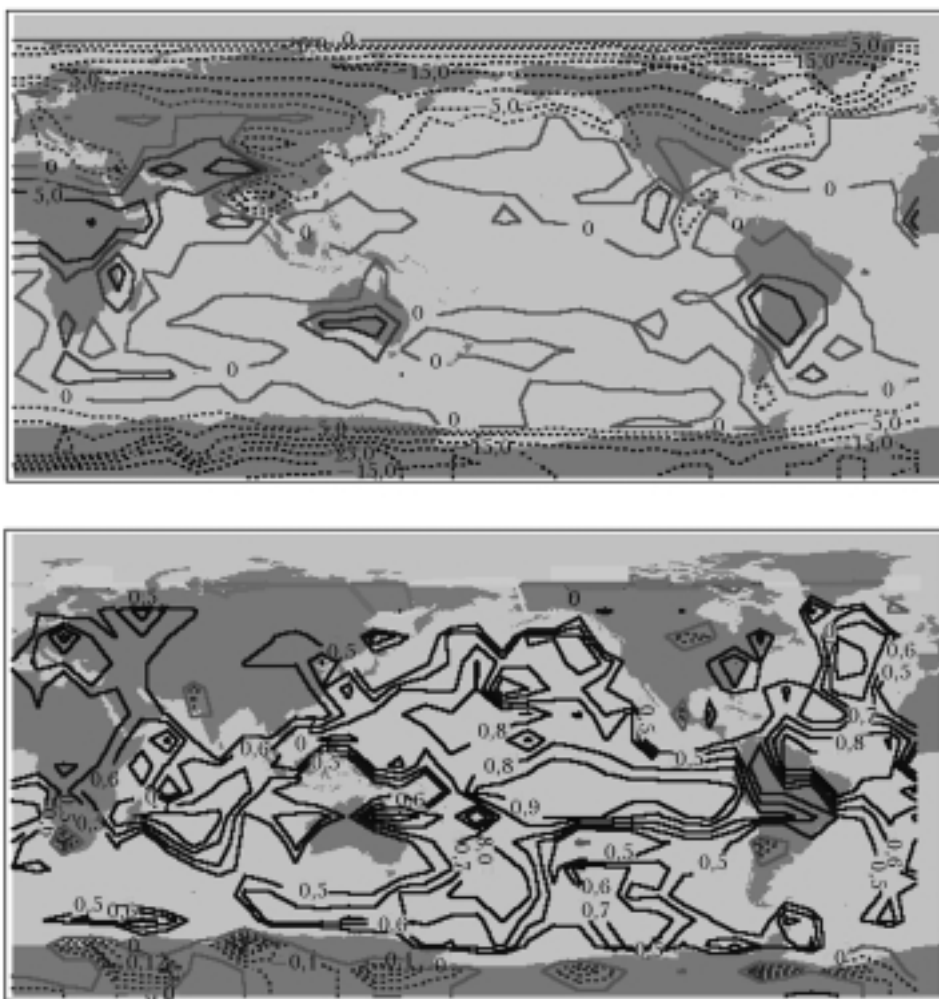
Для анализа вариаций метеопараметров, обусловленных изменениями температуры поверхности океана, была использована модель общей циркуляции атмосферы ИВМ и МГ СО РАН [2], в которой в качестве граничных условий задавались данные наблюдений ТПО, интерполированные в узлы регулярной сетки (SST Reynolds). Расчеты были выполнены за период с 1982 по 2000 г. Результаты расчетов термобарического поля на ближайшем к поверхности уровне  $\sigma = 0,992$ , где  $\sigma = p/p_s$ ,  $p_s$  — приземное давление, сопоставлялись затем с данными NCEP/NCAR Reanalysis.

На рис. 1,а в узлах  $10 \times 10^\circ$  сетки построены разности усредненных за 19 лет среднесуточных значений приземной температуры по данным NCEP/NCAR Reanalysis и по модельным расчетам. Над океанами, как и следовало ожидать, разности температур близки к нулю, над континентами различия более существенны, особенно в области умеренных и высоких широт северного полушария и высоких широт южного полушария. В этих зонах данные наблюдений дают более низкие температуры, чем

модельные расчеты. Гораздо меньше расхождения средних температур над континентами в умеренных широтах, причем расчетные температуры оказываются ниже наблюдаемых. Возможно, различие в зональных контрастах температур обусловлено неточной параметризацией радиационного баланса в модели общей циркуляции атмосферы или влиянием орографии, которую весьма сложно учесть при моделировании.

Для оценки степени влияния вариаций температуры поверхности океана на термический режим внутриконтинентальных районов по модельным расчетам и данным NCEP/NCAR Reanalysis были найдены коэффициенты корреляции вариаций среднегодовых температур (рис. 1,б). Над океанами корреляция достигает 90% и выше и убывает в глубь континентов. Более высокие значения имеют коэффициенты корреляции вариаций температуры над Европой, Аляской, центральными частями Африки и Южной Америки. Вероятно, это обусловлено влиянием Северо-Атлантического, Северо-Тихоокеанского и Южного колебаний. Над внутриконтинентальными районами модельные расчеты, в отличие от данных наблюдений, практически не дают значимых вариаций и трендов среднегодовой температуры.

Для анализа особенностей моделирования циркуляции атмосферы на рис. 2,а построены разности средних значений расчетного приземного барического поля и поля, приведенного к уровню моря по данным NCEP/NCAR Reanalysis. Если исключить из рассмотрения высокие горные массивы и ледниковый щит Антарктиды, где результаты расчетов, не приведенные к уровню моря, существенно ниже



б

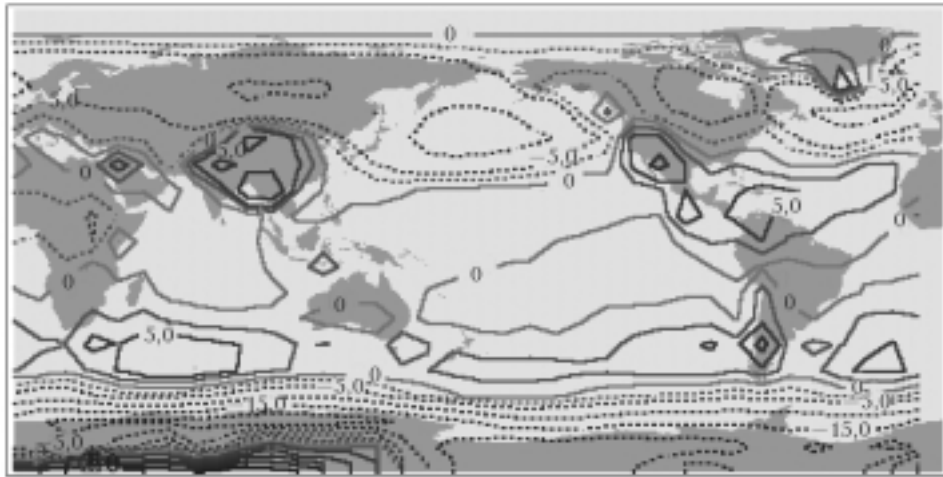
Рис. 1. Разности средних значений приземной температуры за 19 лет по данным NCEP/NCAR Reanalysis и по модельным расчетам. Сплошными линиями обозначены области положительной разности, пунктирными – отрицательной (а); коэффициенты корреляции вариаций среднегодовых температур по модельным расчетам и данным NCEP/NCAR Reanalysis.

Сплошные линии – области положительной корреляции, пунктирные – отрицательной корреляции (б)

данных Reanalysis, наиболее сильные отклонения оказываются сосредоточенными в умеренных и высоких широтах над океанами. Вероятно, эти различия обусловлены относительно невысоким пространственным разрешением модели ( $4 \times 5^\circ$ ), что существенно снижает уровень вихревой активности, характерной для перечисленных широтных зон, особенно в районе циркумантарктической депрессии. Следует, однако, отметить, что сеть наблюдений в районе депрессии весьма редка и обсуждать уровень вихревой активности в этом районе следует крайне осторожно.

Для сопоставления межгодовых вариаций на рис. 2,б,в приведены распределения коэффициентов корреляции вариаций приземного давления по результатам моделирования и данным наблюдений отдельно в летние и зимние месяцы. Лучше всего барические аномалии моделируются в зимние месяцы. Область высокой положительной корреляции охватывает практически весь Тихий океан за ис-

ключением крайнего северо-запада, восток Африки и запад Индийского океана, Австралию и Северную Атлантику. Области отрицательной корреляции занимают Европу, северо-восток Азии и восток Северной Америки, Южную Атлантику, восток Индийского океана и Южную Америку. Летом области отрицательной корреляции занимают значительную площадь северного полушария. При этом сами значения коэффициентов корреляции в этих областях относительно невелики и, как показывает прямое сопоставление графиков, обусловлены скорее случайными флуктуациями, чем обратным ходом изменений давления. Вероятно, для объяснения особенностей вариаций барических полей необходимо более точно учитывать соотношение двух факторов – зависимости от ГПО вихревой активности и квазистационарных центров действия. Модель гораздо более точно учитывает второй фактор, чем первый. Это, возможно, частично объясняет пространственную структуру корреляционных полей.



в

Рис. 2. Разности средних значений приземного барического поля по результатам моделирования и барического поля, приведенного к уровню моря по данным NCEP/NCAR Reanalysis. Сплошными линиями обозначены области положительной разности, пунктирными – отрицательной (а); распределение коэффициентов корреляции вариаций приземного давления по результатам моделирования и данным наблюдений в зимние месяцы (б); распределение коэффициентов корреляции в летние месяцы (в). Сплошные линии – области положительной корреляции, пунктирные – отрицательной корреляции

Для иллюстрации характера временных вариаций приземной температуры и барического поля на рис. 3 приведены графики изменения этих величин по результатам расчетов и данным наблюдений.

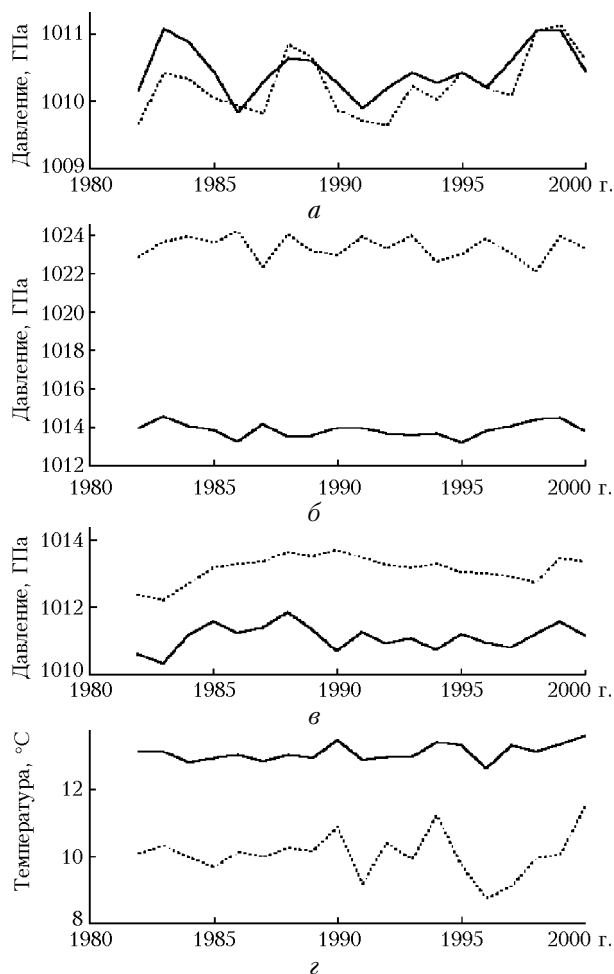


Рис. 3. Вариации приземной температуры и барического поля по результатам расчетов (пунктирные линии) и данным наблюдений (сплошные линии) в точках с координатами: а – 150° з.д., 0° с.ш.; б – 100° в.д., 50° с.ш.; в – 110° з.д., 30° с.ш.; г – 20° в.д., 45° с.ш.

*A.S. Ivanova, I.V. Latysheva, S.I. Molodykh, V.I. Mordvinov, A.A. Fomenko. Numerical simulation of the reaction of the surface thermobaric field to temperature anomalies of the ocean surface.*

The results of calculation of the surface thermobaric field using the IVM and MG SB RAS global circulation model with the allowance made for the real changes in the sea surface temperature (SST) for 19 years from 1982 through 2000 are compared with the NCEP/NCAR Reanalysis data. The model calculations understate the level of the vortical activity, which results in the systematic deviations of the surface pressure from the NCEP/NCAR Reanalysis data in the middle and high latitudes. The degree of SST effect on continental areas decreases quickly with the distance from a shore. The exclusions are the regions affected by the North Atlantic, North Pacific, and Southern Oscillations. The rather high amplitude of surface pressure oscillations not connected with the SST-induced oscillations in interior Asia suggests the existence of an independent source of interannual oscillations of atmospheric circulation in this region.

Очень высокий уровень связи демонстрируют приземные барические поля в центральной части Тихого океана (рис. 3,а). Вблизи побережий степень связи уменьшается, а внутри континентов расчетные и наблюдаемые вариации давления, будучи примерно одинаковыми по амплитуде, не связаны между собой (рис. 3,б). Более высокую связь демонстрируют континентальные области в зоне Южной осцилляции (рис. 3,в). Вариации температуры коррелируют в Европе (рис. 3,г), что, как мы уже отмечали, вероятно, обусловлено Северо-Атлантическим колебанием.

### Заключение

Результаты моделирования приземного термобарического поля, учитывающие реальные изменения температуры поверхности океана за 19 лет, с 1982 по 2000 г., сопоставлены с данными NCEP/NCAR Reanalysis. Над океанами различия температур малы и возрастают в глубь континентов, где расчеты практически не дают значимых вариаций и трендов среднегодовой температуры. При удалении от побережий быстро убывают и коэффициенты корреляции межгодовых вариаций расчетных и наблюдаемых значений приземного давления. Исключениями являются зоны влияния Северо-Атлантического, Северо-Тихоокеанского и Южного колебаний. Это указывает на существование кроме ТПО другого источника межгодовых колебаний циркуляции атмосферы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 02-05-64525 и гранта INTAS 2001-0550.

1. Ланно С.С., Гулев С.К., Рождественский А.Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан–атмосфера и энергоактивные области Мирового океана. Л.: Гидрометеониздат, 1990. 336 с.
2. Fomenko A.A., Krupchatnikov V.N. A finite-difference model of atmospheric dynamics with the conservation laws // Bull. Novosib. Comput. Cent. Ser. Numer. Model. Atmos., Ocean and Environ. Stud. 1993. P. 17–31.