

ВЛИЯНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА РАСЧЕТ ОСАДКОВ*

Р. Ю. ИГНАТОВ, И. В. АКИМОВ
Гидрометцентр России, Москва
e-mail: ???

The influence of the vertical structure of temperature and humidity on precipitation was analyzed using the parameterization developed in HMC. The analysis of the experiments has shown that the vertical structure of temperature and humidity has an influence on the simulations of precipitation. The absence of data for three isobaric surfaces (925, 775 and 600 hPa) or on each of them leads to the decrease in the insensitivity of precipitation over the main part of the oceans. Over the land this condition doesn't work everywhere.

Введение

Одним из важнейших элементов водного баланса атмосферы являются осадки. Для расчета осадков в модели ОЦА в работах [1, 2] предложена и оттестирована процедура параметризации крупномасштабных и конвективных осадков с описанием микрофизической структуры физики осадкообразования с помощью эмпирических соотношений, полученных на основе обобщения данных самолетных измерений в облаках.

В данной работе ставилась задача исследования чувствительности параметризации к детальности описания вертикальной структуры влажности и температуры в атмосфере.

1. Используемые данные

Одним из лучших наборов данных по температуре и влажности является реанализ ERA40 [3]. В отличие от доступных для использования рядов объективных анализов Гидрометцентра России или реанализов NCAR/NCEP, в реанализе ERA 40 имелась наиболее подробная вертикальная структура полей температуры и влажности в нижних слоях тропосферы, где сосредоточена основная часть влажности, в частности, имеется информация на уровнях 925 и 775 гПа.

Для исследования зависимости расчетных осадков от вертикальной структуры данных были взяты поля температуры и влажности на 15 (из имеющихся 23) изобарических поверхностях (1000, 925, 850, 775, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50 гПа) Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды за 2001 год с шагом 6 часов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 03-05-64312, № 04-05-64151 и № 04-05-64745), а также INTAS (грант № 03-51-5296).

© Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, 2005.

2. Методика исследования

Методика работы заключалась в проведении серии расчетов осадков по данным о температуре и влажности на изобарических поверхностях. В различных сериях расчетов исключались определенные комбинации поверхностей с температурой и влажностью и результаты расчета осадков сравнивались с расчетами по полному набору поверхностей. Кроме того, для анализа причин изменения осадков рассчитывался ряд дополнительных характеристик атмосферы: интегральное содержание влаги в столбе атмосферы, вертикальные профили относительной влажности и др. Всего было проведено 5 расчетов на год, условное обозначение которых и список исключаемых поверхностей приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Условные обозначения и список исключаемых поверхностей	
Название эксперимента	Поверхности, на которых отсутствовали данные, гПа
R0	Все уровни
R1	925
R2	775, 600
R3	300, 200
R4	925, 775, 600
R5	925, 775, 600, 300, 200

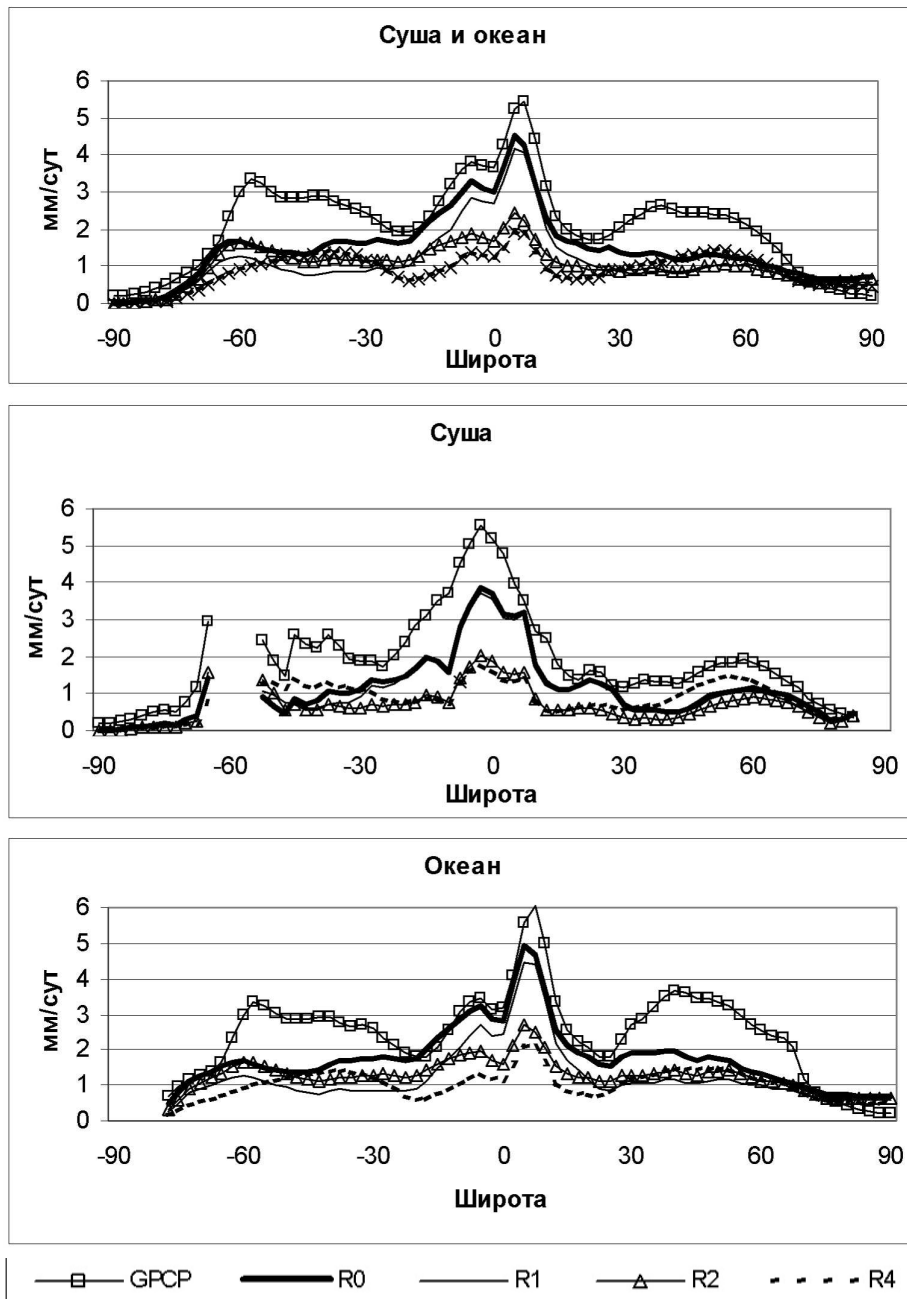
Эксперимент R1 направлен на получение оценки влияния данных в пограничном слое атмосферы, в R2 исключена информация в нижней тропосфере, в R3 исключена информация в верхней тропосфере, в R4 — в пограничном слое и в нижней тропосфере, в эксперименте R5 исключаются 5 уровней в погранслое, нижней и верхней тропосфере.

3. Анализ результатов

При анализе результатов экспериментов стало ясно, что изобарические поверхности 300 и 200 гПа на осадки никакого влияния не оказывают, так как основная влага в атмосфере сосредоточена ниже 500 гПа, поэтому в описании результатов эксперименты R3 и R5 будут опущены.

Проанализируем сначала среднегодовой зональный профиль осадков, полученный для эксперимента R0 (см. рисунок). Кроме рассчитанных осадков на графиках приведены эталонные данные за тот же год из проекта GPCP (Global Precipitation Climate Project — Глобального проекта климатических осадков) [2]. Видно, что ближе всего к эталонным осадкам получились осадки в расчете с полным набором поверхностей. В остальных трех экспериментах осадки получились меньше, чем в базовом эксперименте, и дальше от осадков GPCP.

Была рассчитана доля среднегодовой интенсивности осадков в каждом из экспериментов R1, R2, R4 по отношению к интенсивности осадков в базовом эксперименте по формуле $(R_n/R_0) \cdot 100\%$, где R_n — среднегодовая интенсивность осадков в экспериментах R1, R2, R4, а R_0 — в базовом эксперименте. Расчеты проводились для каждой широтной зоны, результаты представлены в табл. 2. Из таблицы видно, что отсутствие данных на трех изобарических поверхностях (925, 775 и 600 гПа), а также на каждой из них ведет к значительному уменьшению интенсивности осадков. В частности, над всей Землей при



Зональный разрез среднегодовой интенсивности осадков в 2001 году для всей Земли.

отсутствии данных на 925 гПа доля расчетных осадков составила 76 % от осадков в базовом эксперименте. При отсутствии данных на 775 и 600 гПа этот параметр оказался равен 67 %, а при отсутствии данных на трех поверхностях — 57 %, т.е. осадки уменьшились почти в два раза. Схожая тенденция отмечается в каждом из полушарий, а также в тропиках обоих полушарий. В умеренных широтах самое сильное уменьшение интенсивности осадков произошло в эксперименте R1, в котором отсутствовали данные на поверхности 925 гПа, осадки в этом эксперименте составляют 70 % от осадков в эксперименте с полными данными.

Рассмотрим отдельно сушу и океаны, над которыми процессы протекают по-разному. Из табл. 2 видно, что над сушей отсутствие данных на поверхности 925 гПа практически не

Т а б л и ц а 2

Отношение интенсивности осадков (в процентах) в каждом из экспериментов с ограниченным набором поверхностей к интенсивности осадков в эксперименте с полным набором поверхностей для различных широтных зон

Эксперимент	R1 без 925 гПа	R2 без 775 и 600 гПа	R4 без 925, 775 и 600 гПа
Суша и океан			
Глобус	76	67	57
Северное полушарие	82	63	60
Южное полушарие	70	71	54
Тропики Северного полушария	86	57	44
Тропики Южного полушария	74	63	42
Умеренные широты Северного полушария	70	73	93
Умеренные широты Южного полушария	60	83	82
Высокие широты Северного полушария	84	85	93
Высокие широты Южного полушария	74	88	46
Суша			
Глобус	96	56	72
Северное полушарие	96	59	83
Южное полушарие	95	52	55
Тропики Северного полушария	99	48	48
Тропики Южного полушария	96	51	50
Умеренные широты Северного полушария	92	69	137
Умеренные широты Южного полушария	80	65	121
Высокие широты Северного полушария	92	81	106
Высокие широты Южного полушария	96	63	49
Океан			
Глобус	71	69	54
Северное полушарие	77	64	53
Южное полушарие	65	74	54
Тропики Северного полушария	83	59	44
Тропики Южного полушария	68	66	40
Умеренные широты Северного полушария	61	75	75
Умеренные широты Южного полушария	59	84	80
Высокие широты Северного полушария	77	89	81
Высокие широты Южного полушария	72	90	45

сказалось на осадках, они составляют в большинстве широтных зон более 90 % от осадков в базовом эксперименте. Соответствующие кривые на рисунке практически слились в одну. Из этого можно сделать вывод, что изобарическая поверхность 925 гПа на осадки над сушей, порождаемые данной параметризацией, существенного влияния не оказывают.

В эксперименте R2, в котором отсутствовали данные на поверхностях 775 и 600 гПа, во всех широтных зонах по сравнению с базовым экспериментом произошло уменьшение интенсивности осадков, наиболее значительное — в тропиках (примерно в два раза).

Интересным фактом является увеличение интенсивности осадков в эксперименте R3 по сравнению с базовым экспериментом в умеренных широтах обоих полушарий. При этом следует помнить, что в этом эксперименте отсутствовали данные на трех изобари-

ческих поверхностях. Наиболее значительный рост интенсивности осадков произошел над континентальными районами Евразии и Северной Америки (до 300 %) за счет некоторого изменения вертикального профиля температуры и влажности. Ниже это будет показано на примере Средиземноморья.

Ситуация над океанами выглядит более привычно: чем меньше мы имеем информации о вертикальной структуре данных, тем хуже воспроизводятся осадки. Это условие выполняется во всех широтных зонах, а также над всей Землей в целом. Результат подтверждают как зональные профили, так и карты.

Одной из причин изменения величин осадков может явиться изменение влагосодержания столба атмосферы. Был построен зонально-осредненный профиль этой характеристики, но из-за дефицита места в статью не включен. На этом графике все четыре кривые, соответствующие описываемым экспериментам, практически совпадают, что говорит о сохранении вертикального интеграла влаги при изъятии как трех, так и каждой из изобарических поверхностей. Это означает, что на среднегодовые осадки повлияло не изменение влагосодержания атмосферы, а другая причина. Чтобы ее выявить, были рассмотрены два региона: район развития Индийского муссона и Центральное Средиземноморье, где основные осадки выпадают в течение нескольких месяцев в году.

Так как основные осадки над Индостаном выпадают летом, для анализа был выбран июль. При отсутствии данных как на трех, так и на каждой из поверхностей 925, 775 и 600 гПа интегральное влагосодержание столба атмосферы над этим регионом в июле 2001 года не изменилось. Следовательно, причиной изменения интенсивности осадков является не оно.

При отсутствии данных на изобарической поверхности 925 гПа интенсивность осадков над Индостаном практически не изменилась, хотя если взглянуть на вертикальный профиль относительной влажности (не представлен в статье), то становится ясно, что отсутствие данных на этой поверхности привело к уменьшению относительной влажности в слое 850 . . . 1000 гПа. Все это означает, что изобарическая поверхность 925 гПа существенного влияния на осадки в июле над Индостаном не оказывает. Происходит это, несмотря на уменьшение относительной влажности в слое 850 . . . 1000 гПа.

Совершенно другая ситуация имеет место при отсутствии данных на более высоких изобарических поверхностях — 775 и 600 гПа. Осадки в этом случае получаются значительно заниженными, их доля составляет лишь 40 % от осадков в эксперименте с полным набором данных. Причина этого явления, скорее всего, в небольшом уменьшении (на 2–4 %) относительной влажности в слое 500 . . . 700 гПа в случае более редкой вертикальной структуры.

Рассмотрим теперь другой регион — Средиземноморье. Основные осадки выпадают над данным регионом в зимний период, когда активизируется циклоническая деятельность на полярном фронте. Поэтому для анализа был выбран январь 2001 года.

В январе 2001 года при отсутствии данных на изобарических поверхностях 925 гПа среднемесячная интенсивность осадков в центре и на востоке данного региона уменьшилась на 20–30 %. Точно такая же ситуация наблюдается при отсутствии данных на изобарических поверхностях 775 и 600 гПа. А вот если отсутствуют данные на всех трех вышеозначенных поверхностях, то интенсивность осадков над данным регионом возрастает более чем в 2 раза.

Можно отметить, что в случае с прореженными данными в слое 850 . . . 1000 гПа относительная влажность уменьшилась на несколько процентов.

Выводы

Анализ проведенных экспериментов показал, что вертикальная структура данных по температуре и влажности оказывает влияние на расчетные осадки. Отсутствие данных на трех изобарических поверхностях (925, 775 и 600 гПа) или на каждой из них приводит к уменьшению интенсивности осадков над большей частью океанов. Над сушей это условие выполняется далеко не везде.

Список литературы

- [1] АКИМОВ И.В. Метод расчета количества осадков из облачности капельного и смешанного фазового состояния, основанный на параметризации микрофизических процессов // Тр. Гидрометцентра России. 2001. Вып. 338.
- [2] ENGELEN R.J., SEPHERS G.L. Use of the ECMWF reanalysis data in the assessment of the role of the hydrological cycle in the tropical intraseasonal oscillation // Proc. of the Second WCRP International Conf. on Reanalyses (Wokefield Park, nr. Reading, UK, 23–27 August 1999). 2000. WCRP-109. WMO/TD-N 985. P. 201–204.
- [3] The Global Precipitation Climatology Project — Implementation and Data Management Plan // WMO/TD-N 367.

Поступила в редакцию 2 июня 2005 г.