

РЕАЛИЗАЦИЯ СХЕМЫ УСВОЕНИЯ ДЛЯ ПОЧВЕННЫХ ПЕРЕМЕННЫХ В ГЛОБАЛЬНОЙ ПОЛУЛАГРАНЖЕВОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗА ПОГОДЫ*

Н. Н. БОГОСЛОВСКИЙ, М. А. ТОЛСТЫХ

Институт вычислительной математики РАН и

Гидрометцентр России, Москва

e-mail: dorgun@mail.ru, tolstykh@inm.ras.ru

In this paper an assimilation scheme for soil variables is considered. The scheme initializes the following surface variables: surface soil temperature, mean soil temperature, surface water content and total soil water content. Estimates of the forecast quality for the temperature and the relative humidity at 2 meters height is presented.

Введение

В большинстве моделей численного прогноза погоды переменные на высоте 2 м не являются прогностическими переменными модели. Значения этих переменных есть результат интерполяции между значениями переменных на поверхности земли и нижнем модельном уровне. Поэтому качество прогноза температуры (T_{2m}) и относительной влажности (RH_{2m}) на высоте 2 м зависит от качества анализа и прогноза температуры и влажности на поверхности и в глубине почвы. Для улучшения прогноза в полулагранжевой модели численного прогноза погоды (ПЛАВ-2005) [1] реализована параметризация процессов тепло- и влагообмена на поверхности суши с учетом растительности ISBA (Interaction Soil Biosphere Atmosphere), которая разработана во французской метеослужбе [2, 3]. В свое время проведены эксперименты, основанные на 72-часовых прогнозах, для оценки важности точности задания начальных данных для влагосодержания и температуры почвы при применении данной схемы параметризации поверхности [4]. Они показали, что ошибка в начальных данных влажности и температуры почвы может привести к достаточно большим изменениям в прогнозе температуры и относительной влажности на высоте 2 м. Поэтому реализация схемы задания начальных данных для почвенных переменных, которая предложена D. Giard и E. Bazile в 2000 г. [5], является необходимым шагом в улучшении качества прогноза метеопараметров T_{2m} и RH_{2m} .

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 04-05-64638, № 06-05-08109).

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

1. Схема коррекции

Схема, предложенная D. Giard и E. Bazile [5], инициализирует следующие переменные: поверхностную температуру почвы T_s , температуру глубинного слоя почвы T_p , влагосодержание приповерхностного ω_s и глубинного ω_p слоев почвы. Схема основывается на коррекции температуры и влагосодержания в зависимости от ошибки прогноза температуры и относительной влажности на высоте 2 м.

Метод коррекции температуры почвы очень прост и почти не отличается от метода, предложенного Coiddier (1987). Он основан на вычислении инкремента анализа температуры на высоте 2 м в каждой точке сетки:

$$\Delta T_s = \Delta T_{2m}, \quad \Delta T_p = \Delta T_{2m}/2\pi, \quad (1)$$

где Δ обозначает инкремент, т. е. значения анализа минус значения прогноза (шестичасовой прогноз, стартовавший 6 ч назад). Коррекция для T_s и T_p производится всегда. Как было показано в [5], полное или частичное отключение коррекции температуры почвы приводит к явному ухудшению прогноза.

Для коррекции влагосодержания поверхностного и основного слоев почвы используется метод, предложенный в [6], но с коэффициентами, настроенными для параметризации ISBA:

$$\begin{aligned} \Delta \omega_s &= \alpha_s^T \Delta T_{2m} + \alpha_s^H \Delta H_{2m}, \\ \Delta \omega_p &= \alpha_p^T \Delta T_{2m} + \alpha_p^H \Delta H_{2m}. \end{aligned} \quad (2)$$

Коэффициенты α_s^T , α_s^H , α_p^T , α_p^H зависят от структуры почвы, локального солнечного времени и характеристик подстилающей поверхности. Для аналитического выражения коэффициентов в [5] предложены следующие формулы:

$$\begin{aligned} \alpha_s^T &= f(\text{txt})(1 - \text{veg}) [a_0^T(t^*) + a_1^T(t^*)\text{veg} + a_2^T(t^*)\text{veg}^2], \\ \alpha_s^H &= f(\text{txt})(1 - \text{veg}) [a_0^H(t^*) + a_1^H(t^*)\text{veg} + a_2^H(t^*)\text{veg}^2], \\ \alpha_d^T &= f(\text{txt}) \left\{ (1 - \text{veg}) [b_0^T(t^*) + b_1^T(t^*)\text{veg} + b_2^T(t^*)\text{veg}^2] + \right. \\ &\quad \left. + \text{veg} \frac{\text{LAI}}{R_{s \min}} [c_0^T(t^*) + c_1^T(t^*)\text{veg}] \right\}, \\ \alpha_d^H &= f(\text{txt}) \left\{ (1 - \text{veg}) [b_0^H(t^*) + b_1^H(t^*)\text{veg} + b_2^H(t^*)\text{veg}^2] + \right. \\ &\quad \left. + \text{veg} \frac{\text{LAI}}{R_{s \min}} [c_0^H(t^*) + c_1^H(t^*)\text{veg}] \right\}, \end{aligned} \quad (3)$$

где veg — это доля ячейки сетки, покрытой растительностью; LAI — листовой индекс; $R_{s \min}$ — минимальное поверхностное сопротивление. Локальное солнечное время t^* выражается в часах и является целочисленной функцией, зависящей от склонения солнца и абсолютного солнечного времени (т. е. от даты, долготы и широты). Данная функция отмасштабирована относительно длины солнечного дня, для того чтобы она равнялась

шести часам при восходе, 12 часам по полудни и 18 часам при заходе солнца. $f(\text{txt})$ определяется по следующей формуле:

$$f(\text{txt}) = \frac{(w_{\text{fc}} - w_{\text{wilt}})_{\text{txt}}}{(w_{\text{fc}} - w_{\text{wilt}})_{\text{loam}}}, \quad (4)$$

где w_{wilt} — точка завядания (wilting point); w_{fc} — влагоемкость почвы (field capacity) для различных структур почвы (txt). В [5] предложены следующие аналитические функции, зависящие от локального солнечного времени, для выражения коэффициентов в многочленах (3):

$$x(t^*) = x_s \sin\left(\frac{2\pi t^*}{24}\right) + x_c \cos\left(\frac{2\pi t^*}{24}\right) + x_m. \quad (5)$$

Здесь $x = a_i^T, a_i^H, b_i^T, b_i^H, c_i^T, c_i^H$. В [5] приведены подробный вывод коэффициентов и их численные значения.

Существующая в рамках системы усвоения данных ИОИ Гидрометцентра России схема записывается следующим образом (далее оперативная схема):

$$\Delta T_s = 0.5\Delta T_{2m}, \quad \Delta T_p = 0, \quad \Delta \omega_s = 0, \quad \Delta \omega_p = 0,$$

т. е. коррекция влагосодержания почвы и температуры глубинного слоя почвы не производится.

2. Результаты

Данная схема реализована для полулагранжевой глобальной модели прогноза погоды [1] с постоянным разрешением. Разрешение данной модели составляет 0.9° по долготе, 0.72° по широте; вертикальное разрешение — 28 уровней. В качестве начальных данных использовались объективные анализы, полученные в результате работы системы усвоения данных на базе этой модели [7]. Проведены расчеты 48-часовых прогнозов для летней ситуации (август 2005 г., исходные сроки 00 и 12 СГВ) с использованием новой и существующей схем задания начальных данных для почвенных переменных.

Получены первые результаты, позволяющие оценить чувствительность прогноза приземных метеопараметров T_{2m} и RH_{2m} к новой схеме задания почвенных переменных. В качестве оценок выбраны средняя (RCO) и среднеквадратическая (RMS) ошибки.

На рис. 1 приведены графики среднего отклонения и среднеквадратической ошибки температуры (a и b) и относительной влажности (v и g) на высоте 2 м относительно анализа системы усвоения данных ИОИ Гидрометцентра России при прогнозе на срок до 48 ч для Центральной России. По оси абсцисс отложено время прогноза, по оси ординат — температура и проценты для относительной влажности. В результате применения новой схемы произошло уменьшение среднего отклонения и среднеквадратической ошибки. Особенно это заметно для температуры на высоте 2 м для прогнозов на 12 и 36 ч, стартующих в 00 СГВ, и на 24 и 48 ч, стартующих в 12 СГВ. Что касается относительной влажности, то здесь новая схема дает небольшое улучшение. Качество прогноза приземной температуры также оценивалось по сравнению с данными наблюдений наземных станций (SYNOP). Оценка проводилась по 386 станциям, находящимся на территории Центральной России. Графики RCO и RMS представлены на рис. 2. Данные оценки также показывают улучшение качества прогноза приземной температуры.

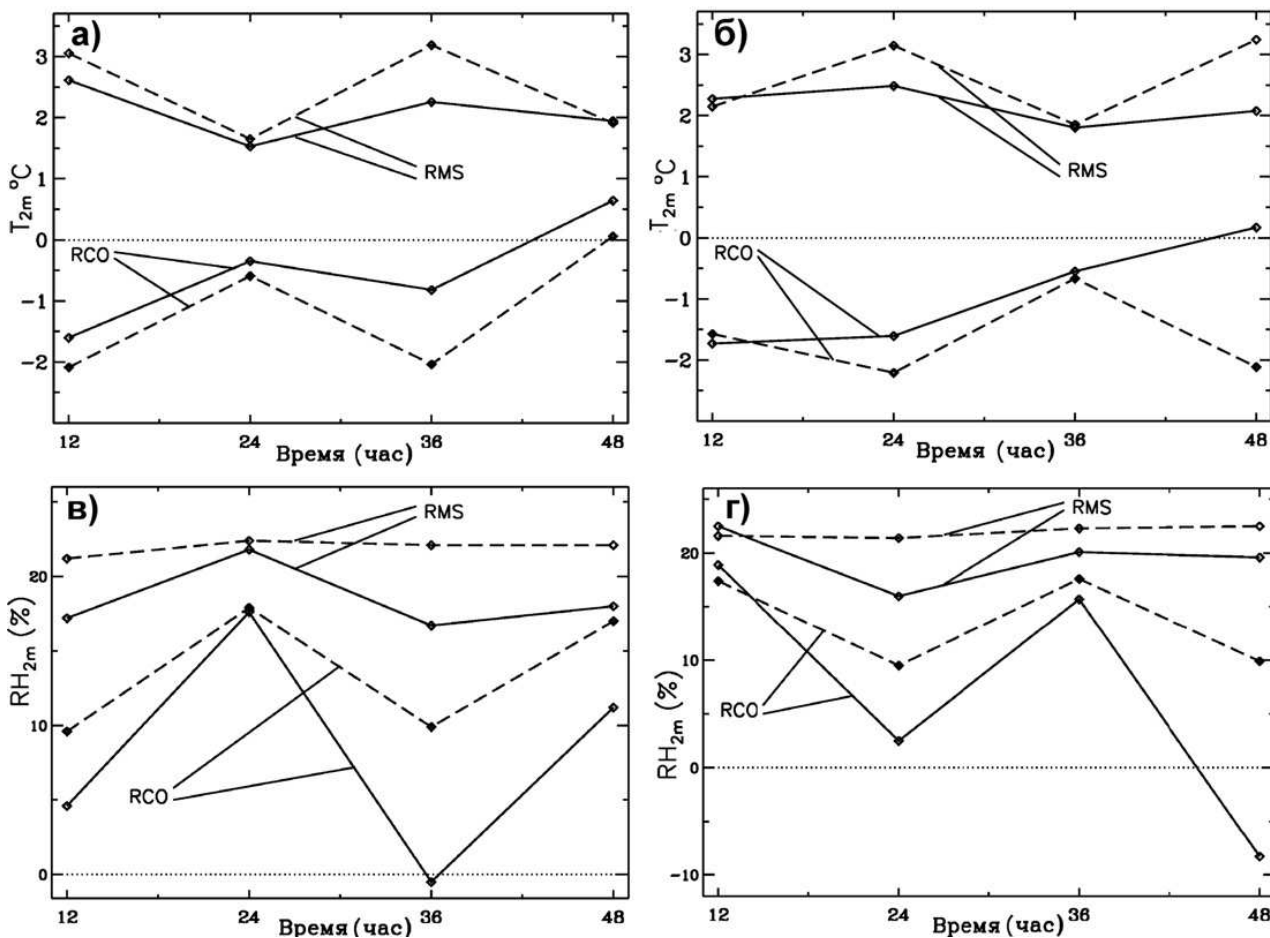


Рис. 1. Разница между прогнозом и анализом для T_{2m} , прогнозы, стартующие в 00 СГВ (а), 12 СГВ (б) и RH_{2m} , стартующие в 00 СГВ (в), 12 СГВ (г) (средняя ошибка RCO и среднеквадратическая ошибка RMS), осредненные за август 2005 г. над Центральной Россией. Сплошная линия — новая схема усвоения; штриховая — оперативная схема усвоения.

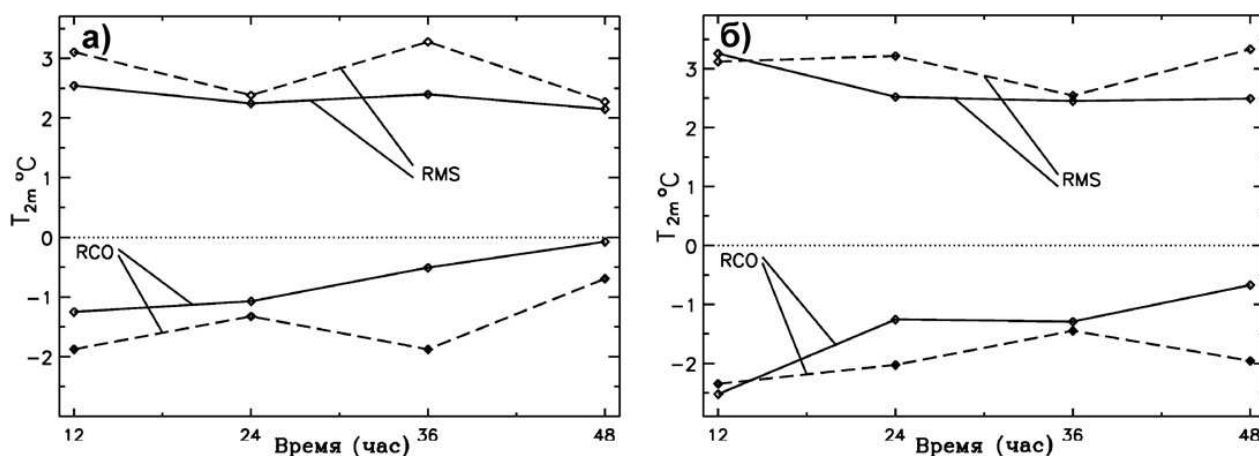


Рис. 2. Разница между прогнозом и данными наземных станций наблюдений (SYNOP) T_{2m} , прогнозы, стартующие в 00 СГВ (а) и 12 СГВ (б) (средняя ошибка RCO и среднеквадратическая ошибка RMS), осредненные за август 2005 г. над Центральной Россией по 386 станциям. Сплошная линия — новая схема усвоения; штриховая — оперативная схема усвоения.

Заключение

Первые результаты расчетов показали, что в случае применения новой схемы анализа почвенных переменных качество прогноза температуры и относительной влажности на высоте 2 м улучшается в равнинных регионах.

Пока не реализована коррекция прогноза на разность модельной и фактической ортографий, что не позволяет оценить влияние данного блока на прогноз в горных районах. В ближайшее время планируется реализовать данную коррекцию и оценить качество прогноза относительно данных наблюдений наземных станций для всех регионов и также произвести проверку схемы в зимнее время. Планируется протестировать данную схему в полном цикле усвоения.

Список литературы

- [1] TOLSTYKH M.A. Semi-Lagrangian high-resolution atmospheric model for numerical weather prediction // Russ. Meteorology and Hydrology. 2001. N 4. P. 1–9.
- [2] NOILHAN J., PLANTON S. A simple parameterization of land surface processes for meteorological models // Mon. Wea. Rev. 1989. Vol. 117. P. 536–549.
- [3] NOILHAN J., MAHFOUF J.-F. The ISBA land surface parameterisation scheme // Global Planet. Change. 1996. Vol. 13. P. 145–149.
- [4] GIARD D., BAZILE E. Assimilation of soil temperature and water content with ISBA in arpege: Some new developments and tests // HIRLAM Newsl. Swedish Meteorological and Hydrological Institute. 1996. N 24. P. 10–12.
- [5] GIARD D., BAZILE E. Implementation of a new assimilation scheme for soil and surface variables in a global NWP model // Mon. Wea. Rev. 2000. Vol. 128. P. 997–1015.
- [6] MAHFOUF J.-F. Analysis of soil moisture from near surface parameters: a feasibility study // J. Appl. Meteor. 1991. Vol. 30. P. 1534–1547.
- [7] ЦЫРУЛЬНИКОВ М.Д., ТОЛСТЫХ М.А., БАГРОВ А.Н., ЗАРИПОВ Р.Б. Развитие глобальной системы усвоения данных с переменным разрешением // Метеорология и гидрология. 2003. № 4. С. 5–24.

Поступила в редакцию 9 ноября 2006 г.