

- мещения) и получения пространственной информации (1 этап): ТЭО / БелНИЦзем, рук. *А.С. Помелов*. Мн., 2010.
4. Создание навигационной карты: отчет о НИР / БелНИЦзем, рук. *И.П. Самсоненко*. Мн., 2010.
 5. Интернет-адрес: <http://code.google.com/intl/ru-RU>.
 6. Интернет-адрес: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OpenLayers_Simple_Example.
 7. Поваренная книга глобальной инфраструктуры пространственных данных – GSDI, 2004.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРИМАССОВЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ МЕЗОМАСШТАБНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОГОДЫ

Т. Г. Табальчук

Конвекция играет крайне важную роль в формировании погодных условий на территории Беларуси. Атмосферная конвекция не только осуществляет вертикальный перенос тепла, водяного пара и количества движения, но и является основной причиной многих опасных погодных явлений: ливневые дожди, град, грозы.

Поскольку конвективные потоки, особенно в устойчивой атмосфере, имеют локальный характер, для их изучения должны применяться методы мезо- и микропрогнозирования. В данной работе рассмотрена возможность воспроизведения развития конвективных потоков в рамках программы WRF, новейшей версии программной системы мезомасштабного моделирования погоды, развиваемой с 1970-х гг. Система включает в себя саму мезомасштабную модель и некоторое количество внешних вспомогательных программных модулей, предназначенных для подготовки входных данных для модели и интерпретации полученных результатов. В числе основных преимуществ: работа с вложенными друг в друга расчётными сетками с изменяющимся шагом, негидростатическая динамика, возможность проведения 4-мерного усвоения данных, высокая степень переносимости программного пакета на различные компьютерные платформы. Следует также отметить широкий выбор параметризации физических процессов.

В негидростатической модели дополнительной переменной является вертикальная компонента скорости ветра. Вертикальное ускорение вносит свой вклад в вертикальный градиент давления, вследствие чего гидростатическое равновесие более не имеет места.

Вертикальные координаты в модели определяются p_0 – давлением базового состояния, то есть представляют собой гидростатические, не зависящие от времени координаты. В модели WRF используется следующая рельефу местности вертикальная координата: крайний верхний уровень

представляет собой плоскую поверхность и является началом вертикальной координаты, а нижние уровни сетки следуют рельефу исследуемой области. Промежуточные уровни с высотой становятся всё более плоскими по мере того как давление базового состояния, уменьшаясь, приближается к давлению на выбранной верхней границе атмосферной модели.

Для определения модельных уровней используется безразмерная величина σ :

$$\sigma = \frac{\rho_o - \rho_{top}}{\rho_{so} - \rho_{top}} = \frac{\rho_o(z) - \rho_{top}}{\rho_{so}(x, y) - \rho_{top}} = \frac{\rho_o(z) - \rho_{top}}{\rho^x(x, y)}$$

где $\rho_o = \rho_o(z)$ – давление базового состояния, ρ_{top} – давление верхней границы атмосферной модели, $\rho_{so}(x, y)$ – давление базового состояния на земной поверхности, а

$$\rho^x(x, y) = \rho_{so}(x, y) - \rho_{top}$$

Таким образом, из независимости базового состояния от времени следует, что высота каждого узла расчётной сетки модели остается постоянной.

В ходе работы было проведено мезопрогнозирование конкретной погодной ситуации, имевшей место 30 мая 1999 г. в Минске («трагедия на Немиге»). Для формирования начальных и граничных условий с сайта NOAA [3] были адаптированы данные реанализа глобальной циркуляции за 27 – 30 мая 1999 г., а также в архиве Белгидрометцентра получены данные о местном распределении метеорологических величин за этот же период. В результате был произведен расчет полей температуры, давления, скорости и направления ветра, а также получены аэрологические диаграммы на вышеуказанные даты с помощью модели Microphysics, входящей в состав программы.

Полученные в результате расчета данные показывают неустойчивость в атмосфере, нарастающую изо дня в день и достигшую своего пика 30 мая.

27 мая 1999 г. кривая стратификации отразила вполне устойчивую атмосферу. Была небольшая неустойчивость в приземном слое, однако инверсия в слое 850–700 гПа мешала образованию конвективной облачности.

Однако в развитии 28 и 29 мая было видно, что происходило сглаживание инверсии в верхних слоях атмосферы. Несмотря на это, облачность все еще не образовывалась: мешала инверсия в приземном слое.

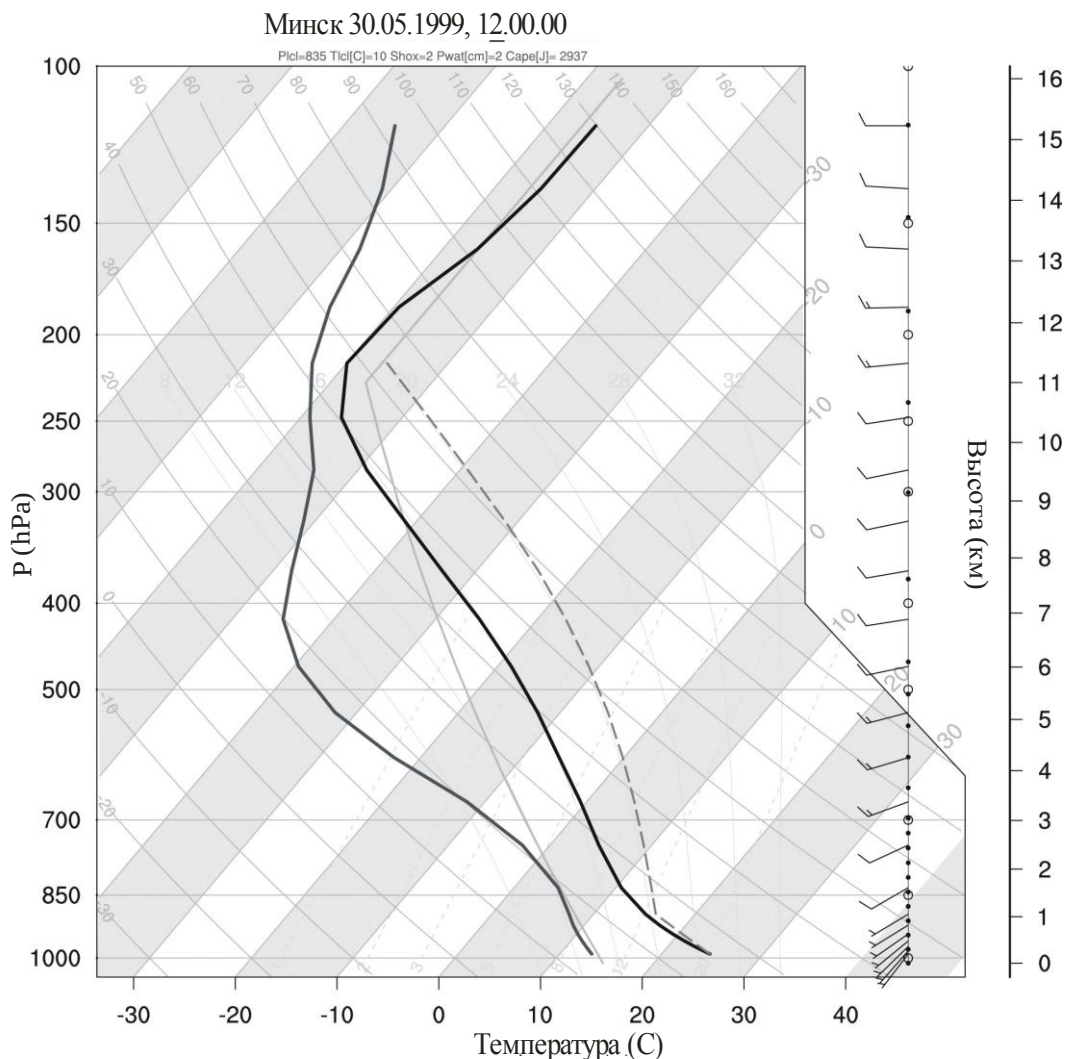


Рис. 1. Аэрологическая диаграмма на 30 мая 1999 г.
 Черным цветом показана кривая стратификации, серым – депеграмма,
 пунктиром – кривая состояния

30 же мая ситуация в атмосфере изменилась: неустойчивость достигла своего максимума, а инверсия в приземном слое исчезла, создав благоприятные условия для развития конвекции. Легко увидеть, что на уровне 850 гПа депеграмма (кривая точек росы) приблизилась к кривой стратификации, создав благоприятные условия для конденсации: с этого уровня могло начаться развитие облачности.

Результаты моделирования за 27–30 мая 1999 г. показывают, что данная ситуация явилась вполне закономерным следствием ранее происходивших в атмосфере процессов. Изначально, на протяжении 27, 28 и 29 мая стратификация атмосферы была такова, что в верхней части наблюдалась неустойчивость, однако из-за инверсии в приземном слое конвекция не получала развития. В то же время вследствие бароклинно-

сти атмосферы накапливалась ее неустойчивость. В данном случае (рис. 2) изотермы отклонены влево от изобар и вектор скорости ветра с увеличением высоты поворачивает влево, приближаясь по направлению к изотермам средней температуры слоя. При этом общий перенос происходит из области холода в область тепла, т. е. имеет место адвекция холода. В результате стратификация тропосферы становится со временем более неустойчивой, [1, с. 193; 2, с. 573]. Таким образом, когда 30 мая приземная инверсия была преодолена, началась конвекция, приведшая к образованию мощной кучево-дождевой облачности и последующему выпадению ливневых осадков.

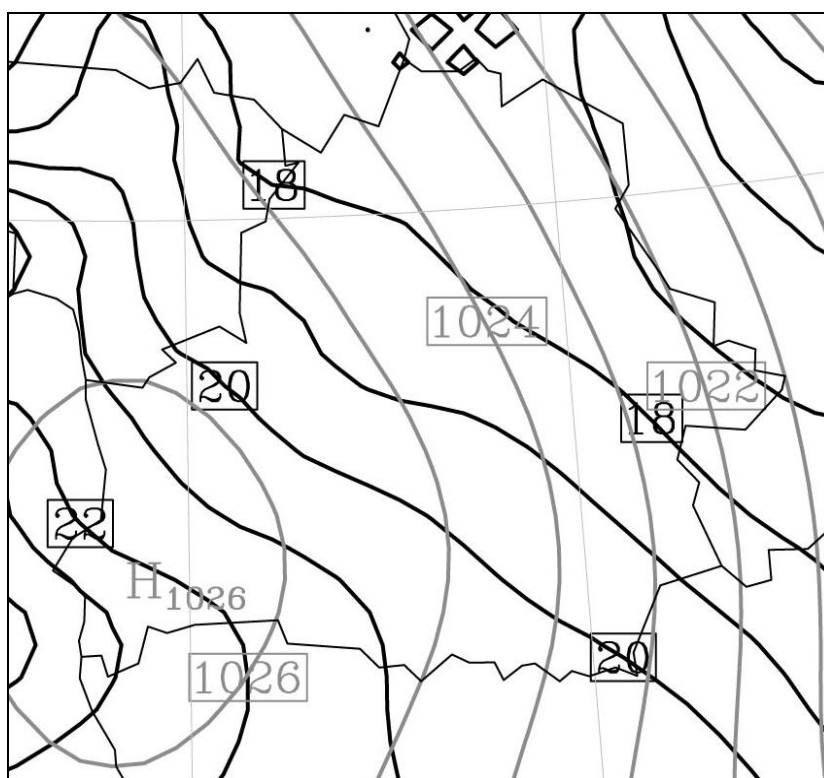


Рис. 2. Распределение температуры и давления 28 мая 1999 г.
Черным цветом показаны изотермы, серым – изобары

Можно заметить, что ситуации, подобные той, что случилась на Немиге, вполне поддаются прогнозированию. В случае применения мезопрогнозирования имеется возможность предсказывать возникновение локальной неустойчивости в результате процессов адвекции в антициклоне.

Литература

1. Гандин Л. С., Лайхтман А. Л., Матвеев Л. М., Юдин М. И. Основы динамической метеорологии. Гидрометеиздат, 1955 г.
2. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Гидрометеиздат, 1976.
3. Интернет-адрес: <http://esrl.noaa.gov/psd/>.