

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ВОЗДУШНЫХ МАСС**

**Т. Г. Табальчук**

Атмосферная конвекция играет крайне важную роль в формировании погодных условий на территории Беларуси. Она не только осуществляет вертикальный перенос тепла, водяного пара и количества движения, но и является основной причиной многих опасных погодных явлений: ливневые дожди, град, грозы, [2, с. 192].

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. Среди основных возможностей WRF следует отметить учёт влияния рельефа на поля метеоэлементов, работу с вложенными друг в друга расчётными сетками с изменяющимся шагом, негидростатическую динамику, возможность проведения 4-мерного усвоения данных, широкий выбор параметризаций физических процессов, высокую степень переносимости программного пакета на различные компьютерные платформы.

Для изучения внутримассовых процессов в антициклонах в архиве Белгидрометцентра были проанализированы случаи их прохождения над территорией Беларуси в летнее время за период с 2000 по 2009 гг. Особое внимание обращалось на случаи, в результате которых был нанесён ущерб хозяйству. По итогам анализа было выбрано три наиболее характерных случая: 17 июля 2007 года, представляющий собой типичный для Беларуси антициклон, 1 июля 2009 года, показывающий, как обострение фронта привело к выпадению большого количества осадков, и 15 июля 2005 года – случай, характеризующий малоподвижный антициклон, где местные циркуляционные процессы преобладают над процессами глобальной циркуляции. Далее из сети Интернет, с сайтов [nomads.ncdc.noaa.gov](http://nomads.ncdc.noaa.gov) и [esrl.noaa.gov](http://esrl.noaa.gov) [2, 3] были взяты исходные данные для указанных периодов, которые впоследствии были использованы для расчётов.

Полученные с помощью моделирования данные были визуализированы и проанализированы, в результате можно описать следующие случаи.

17 июля 2007 года. В то время территория Беларуси длительное время находилась под действием мощного антициклона с центром над северной частью республики, где наблюдались типичные для антициклональной погоды ход изобар, направление ветра, а также суточный ход температуры воздуха. В данном случае также наблюдалась устойчивая стратификация атмосферы. Энергия неустойчивости была велика, однако инверсия на уровне 800 – 850 гПа препятствовала развитию конвекции. В результате погода в течение длительного периода времени была жаркой, осадков не наблюдалось. Данный случай является наиболее типичным случаем прохождения антициклона летом над территорией Беларуси.

1 июля 2009 года. В течение ночи и днём 1 июля (с небольшими перерывами) в районе АС Волковыск и по Волковысскому району выпало 57 мм осадков.

В этом случае по данным моделирования можно сделать вывод, что северо-восточную часть Беларуси занимала область повышенного давления от малоподвижного антициклона с центром над территорией России. Через западную часть республики проходил тёплый атмосферный фронт, остававшийся малоподвижным до середины дня. Следует отметить, сам фронт находился не в антициклоне. Фронт являлся частью идущего с запада циклона, однако из-за особенностей вертикального строения фронтов (рис. 1) при проекции их на земную поверхность создаётся видимость выпадения осадков внутри антициклона.

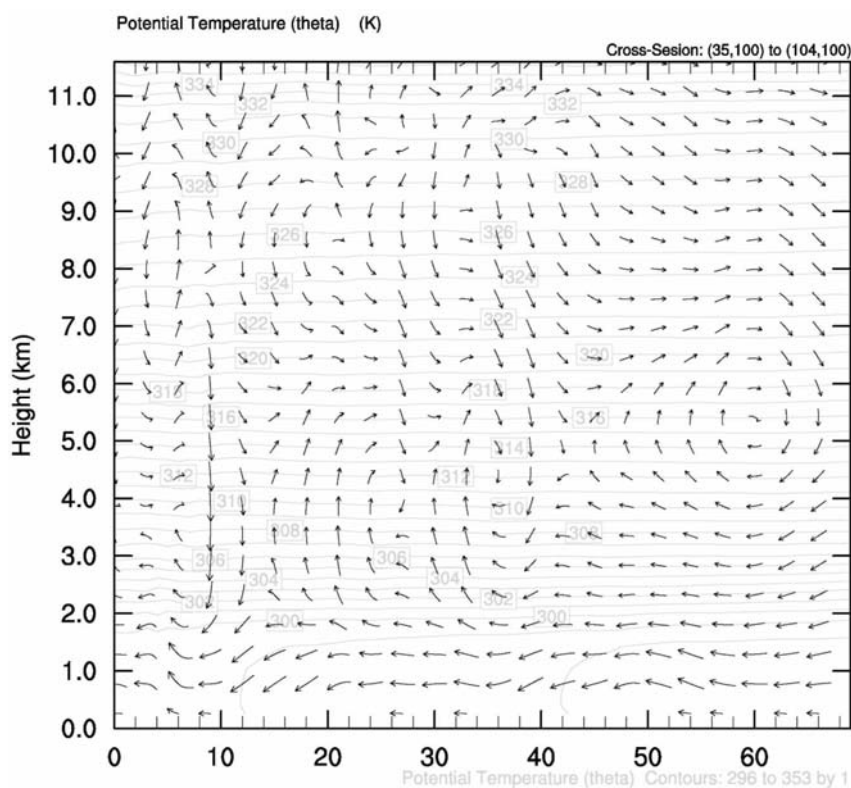


Рис. 1. Вертикальный разрез в широтном направлении через г. Волковыск на 1 июля 2009 г.

На рисунке 1 приведён поперечный профиль через атмосферный фронт, проходивший в то время через западную часть Беларуси. Профиль ясно показывает наклонную линию фронта, который начинается на высоте около 1 км на западе и заканчивается на высоте более 6 км на востоке.

Таким образом, конвекция в зоне атмосферных фронтов является вынужденной. Сам механизм конвекции здесь осуществляется за счёт того, что движущийся вперёд холодный тяжёлый воздух вытесняет вверх более лёгкий тёплый. Данный процесс носит чисто механический характер [1, с. 133; 2, с. 598]. Тёплый воздух, поднимаясь вверх, охлаждается и, если позволяют условия, конденсируется. При этом в атмосферу выделяется огромное количество энергии скрытой теплоты парообразования, которая ещё более усиливает конвекцию. В результате усиления конвекции из-за конденсации и в данном случае последующей кристаллизации произошло обострение вышеуказанного тёплого фронта в ночные и утренние часы над районами Гродненской области, что вызвало грозовую деятельность и стало причиной выпадения очень сильного дождя.

15 июля 2005 г. Во второй половине дня 15 июля по большей части территории Беларуси наблюдались грозовые дожди. По данным метеостанции Брагин за 1 час 37 минут выпало 50 мм осадков.

Данный случай представляет собой типичный пример внутримассовой неустойчивости. Несмотря на то, что в целом воздушная масса устойчива, внутри неё появляется множество местных областей неустойчивости (рис. 2). Они возникают за счёт неравномерного нагрева подстилающей поверхности, свойственной территории Беларуси в летнее время в условиях антициклона. Такое распределение областей высокого и низкого давления связано с тем, что рассматриваемый антициклон малоподвижен. В результате этого локальные процессы облакообразования стали доминировать над глобальной циркуляцией, формируя множество мелких конвективных ячеек, которые, несмотря на небольшой размер, играют более важную роль в формировании погоды, чем процессы глобальной циркуляции. Данный случай наглядно объясняет, что именно в условиях антициклона наиболее эффективно работают местные климатообразующие факторы: местные конвективные ячейки существенно влияют на изменение направления и скорости ветра и выпадение осадков.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что конвекция в квазиустойчивых воздушных массах является свободной, то есть осуществляется за счёт термического разогрева поверхности. Изначально более лёгкий тёплый воздух поднимается по сухой адиабате, а после достижения уровня конденсации – по влажной, [1, с. 135]. В случае, если антициклон подвижен, подстилающая поверхность, как правило, не успевает прогреться до необходимой температуры, и образовавшиеся днём конвективные облака

испаряются ночью в результате выхолаживания поверхности, охлаждения опускающегося воздуха и удаления его от точки насыщения. В малоподвижном антициклоне местные климатообразующие факторы начинают преобладать над процессами глобальной циркуляции. В результате неравномерного прогрева поверхности образуется большое количество локальных конвективных ячеек с мощной вертикальной конвекцией.

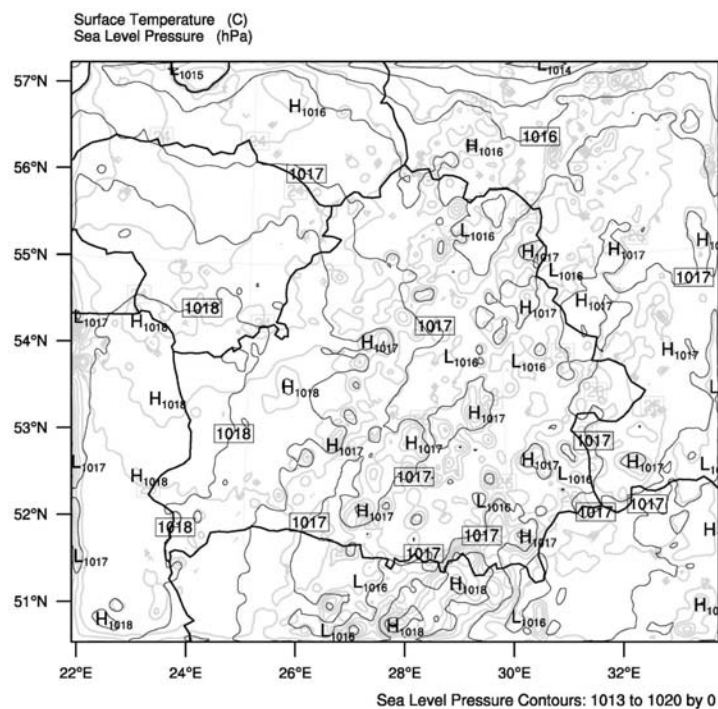


Рис. 2. Распределение полей температуры и давления на 15 июля 2005 г.  
Черным цветом показаны изобары, серым – изотермы

### Литература

1. Гандин Л.С., Лайтман А.Л., Матвеев Л.М., Юдин М.И. Основы динамической метеорологии. М., 1955.
2. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. М., 1976.
3. Интернет-адрес: <http://esrl.noaa.gov/psd/>.
4. Интернет-адрес: <http://nomads.ncdc.noaa.gov/thredds/catalog/gfs4/>.