

УДК 004.9:504:519.6

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОСАДКОВ В РАЙОНЕ УКРАИНСКИХ КАРПАТ В ПЕРИОД КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ПАВОДКА

И.В. Ковалец

Институт проблем математических машин и систем НАН Украины

e-mail: ik@env.com.ua

Введение. В период 21-27 июля 2008 г. в Украине, в частности, в бассейне Днестра, прошли сильнейшие паводки, которые принесли значительный ущерб экономике страны. В целом по своему масштабу июльский паводок характеризуется вероятностью превышения 2% [1] и приблизительно соответствует известному летнему паводку 1969 г, происшедшему в карпатском регионе, но в верховьях Днестра июльский паводок 2008 г даже превышал по последствиям паводок 1969 г [1]. Известно, что катастрофический характер паводка был связан не только с интенсивной циклонической деятельностью и взаимодействием теплой и холодной воздушных масс в районе Карпат [2], но также и с усилением осадков под влиянием горного рельефа [2,3]. Географическое усиление осадков приводит к очень неравномерному их выпадению по территории, и следовательно, для оптимизации ресурсов, необходимых для предотвращения и ликвидации последствий таких паводков чрезвычайно важно уметь рассчитывать пространственно-временные распределения осадков в горных районах. Для решения этой задачи могут использоваться мезомасштабные метеорологические модели, такие как MM5, WRF [4] и др. В работе [3] представлены результаты применения таких моделей в связке с гидрологическими моделями для прогнозирования последствия паводка 2008 г и показано, что с заблаговременностью 24-48 ч можно было с большой точностью указать подверженные паводку районы. В настоящей работе исследуется возможность и целесообразность применения таких моделей для реконструкции подобных паводков.

Обзор синоптической ситуации.

Достаточно детальный обзор синоптической ситуации, вызвавшей выпадение катастрофических осадков в регионе представлен в работе [2]. Согласно этой работе экстремальные осадки были вызваны взаимодействием холодного фронта, смещавшегося с северо-запада с теплой и влажной воздушной массой, поступавшей с юго-востока. Взаимодействие этих двух потоков обусловило возникновение конвективной облачности, что привело к сильным осадкам. На рис. 1 представлена карта синоптического положения 23 июля 2008 г., 0 ч, составленная Британским гидрометеорологическим центром Metoffice, из которой видно, что линия фронта расположена поперек гряды Украинских Карпат. При этом возникают скользящие движения воздуха вдоль склонов, которые, в свою очередь, могут являться причиной развития конвективной облачности. Правая часть рис. 1, на которой приведено RGB изображение [5], характеризующее опасную конвективную облачность [6], составленное EUMETSAT на основе данных спутника MSG в видимом и инфракрасном диапазонах для 23 июля 2008 г, 10:00, который подтверждает корреляцию расположения районов с развитой конвективной облачностью и горных массивов. Отметим, что образование конвективной облачности в данном случае – нелинейный процесс, в котором скорость вертикального движения частиц и, следовательно, выпадение осадков, определяется и конвективной неустойчивостью, и вертикальными движениями, возникающими за счет воздействия гор на ветровой поток. Поэтому простые формулы, наподобие [7], связывающие осадки над горами с градиентом высоты рельефа, скоростью и влажностью обтекающего потока, едва ли могут быть использованы в этом случае для оценки интенсивности осадков над Карпатами. Расчетные оценки выпадения осадков в этом случае могут быть получены, по-видимому, только с

помощью полных мезомасштабных метеорологических моделей, таких как модель WRF [4].

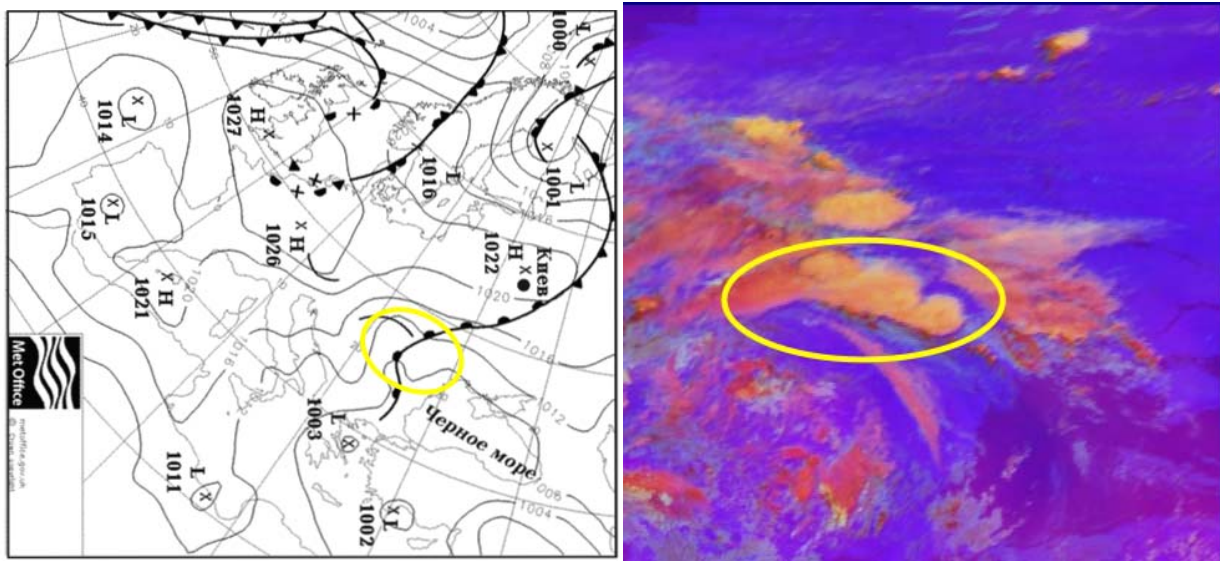


Рис. 1. Карта синоптического положения Британского гидрометеорологического центра Metoffice (слева) и RGB изображение, характеризующее опасную конвективную облачность (EUMETSAT) для 23 июля 2008 г, 10:00.

Результаты расчетов.

Расчеты производились моделью WRF на последовательности из четырех вложенных областей с горизонтальным шагом сетки 27, 9, 3, 1 км. Разрешение по вертикали во всех четырех областях было одинаковым и равным 28 слоев. Четвертая вычислительная область, с самой детальной сеткой, охватывала район размером 220x180 км, в который полностью попадали Украинские Карпаты. Датой начала расчета было 21 июля 2008 г, 0 ч. Для задания начальных и граничных условий использовались данные финального анализа Национального центра прогнозирования окружающей среды США (NCEP), характеризующиеся горизонтальным пространственным разрешением, равным 1 градус. В расчетах использовался следующий набор физических параметризаций (в терминологии входных данных модели WRF [4]): mp_physics= 6, ra_lw_physics= 1, ra_sw_physics=2, sf_sfclay_physics=1, sf_surface_physics= 2, bl_pbl_physics= 99, cu_physics= 1 (за исключением 4-й вложенной области, где нет необходимости применять параметризацию кучевой облачности).

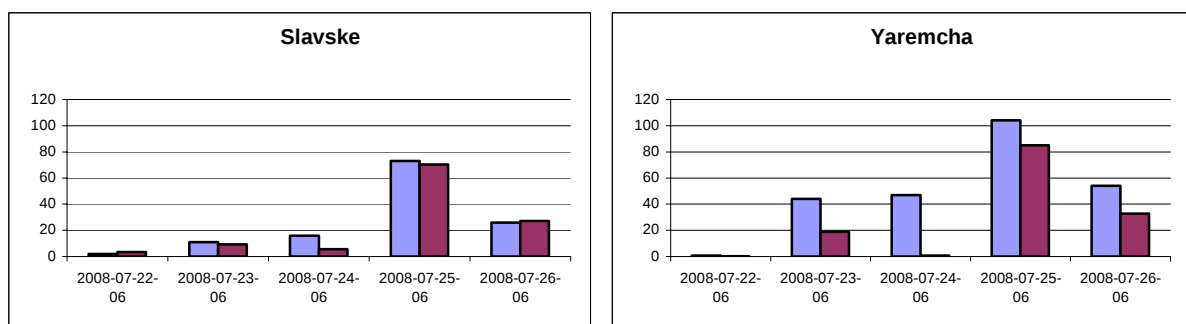


Рис. 2. Сравнение суточных сумм осадков с данными станций, расположенных вблизи максимальных осадков (см. рис. 3).

На рис. 2 показано сравнение суточных сумм осадков с данными метеостанций Яремча и Славское, расположенных в верхней части бассейна Днестра, где наблюдались максимальные осадки, и паводки носили особенно катастрофический характер [2]. Как видно из приведенных рисунков, максимальные осадки, рассчитанные моделью, согласуются с измерениями.

На рис. 3 показано пространственное распределение суммарных осадков за 25-е июля (в этот день осадки были в целом максимальными за изучаемый период). Как видно из приведенных на данном рисунке результатов, максимум осадков, рассчитанный моделью, расположен между измерительными станциями, и попадает на бассейн рек Опир и Быстрица. Это согласуется с утверждением работы [2] о том, что в формировании катастрофических паводков «особливо відзначилися басейн Опора та верхів'я річок Бистриці Солотвинської та Надвірнянської». Согласно модели величина максимума, попадающего между станциями измерений в 1.5 раз превышает значение максимума, измеренного на станциях. При этом модель, как было отмечено выше, согласуется с измерениями в точках расположения измерительных станций. Значит, если модель верна, то суммарное количество осадков, выпавших в верховьях рек Опир и Быстрица приблизительно на 30% выше того значения, которое получается на основе экстраполяции данных измерений. Это, в свою очередь, говорит о том, что существующая в Прикарпатье сеть измерений слишком редка для того, чтобы адекватно оценивать катастрофические паводки, происходящие в данном регионе.

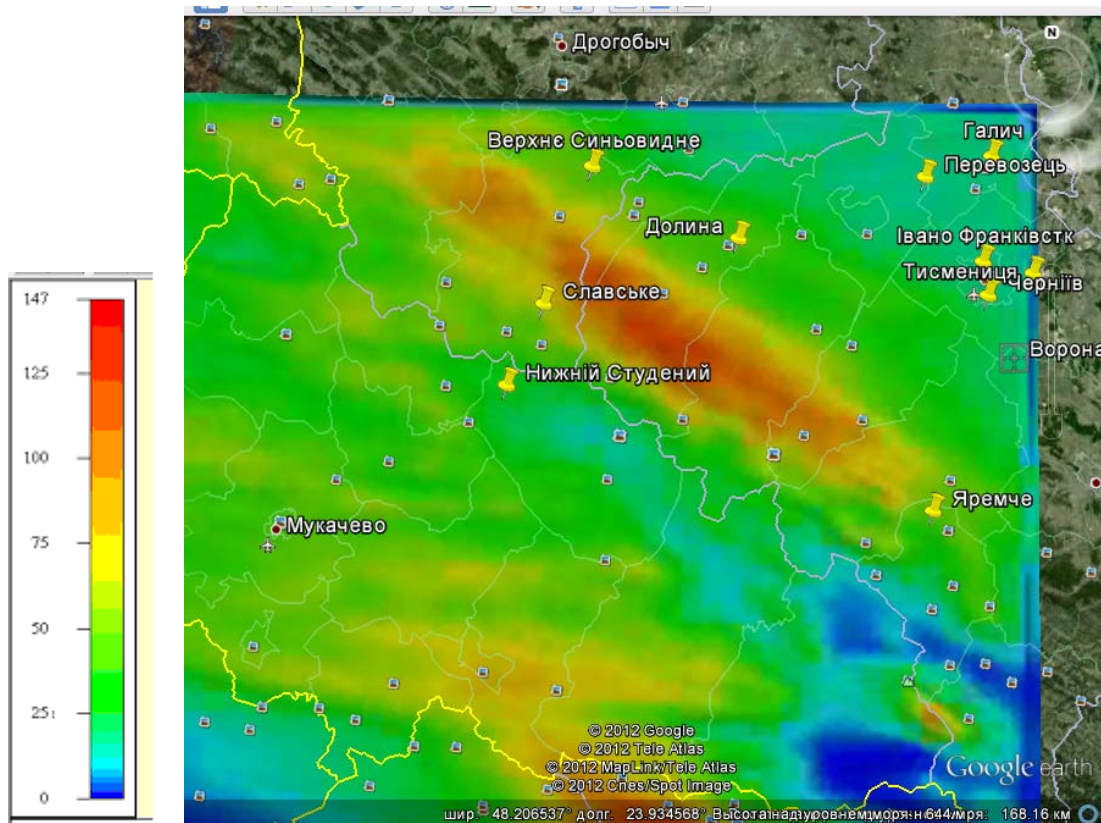


Рис. 3. Пространственное распределение суммарных осадков (мм) за 25 июля.

Выводы

Приведенные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Мезомасштабные метеорологические модели, такие как WRF, позволяют достаточно точно воспроизвести катастрофические конвективные осадки в горных

районах, обумовлені взаємодією крупномасштабних атмосферних рухів со складною підстилою поверхню.

2. Згідно даним моделі, в період проходження паводка 21-26 липня 2008 г., максимум опадів за 25 липня припав на верхов'я притоків Дністра Опир і Быстриця, що повністю збігається з косвенними оцінками, виробленими в роботі [2].

3. Проведені розрахунки показали, що існуюча в північно-східній частині Українських Карпат мережа гідрометеорологічних вимірювань занадто рідка і тому не дозволяє адекватно оцінити максимуми і інтегральні характеристики опадів в басейнах карпатських річок. В частині, для паводка 2008 г. максимальні сумми опадів в верхов'ях річок Быстриця і Опир, отримані на основі екстраполяції існуючих вимірювань, занижені порівняно з розрахованими значеннями на 50 %. При цьому в точках розташування вимірювань модель з великою точністю відтворює максимальні опади.

Таким чином, ефективне планування протипаводкових заходів в північно-східній частині Українських Карпат вимагає удосконалення існуючої мережі вимірювань.

Література

1. Белый Т.А., Дударь С.Н., Пирнач А.М., 2009. Численні дослідження різних механізмів опадотворення на еволюцію мезомасштабних хмарних утворень, спричинених сильними опадами в Карпатах 21-29 липня 2008 г. // Геофізичний журнал. – 2009. – т. 31, №6. – С. 107-123.
2. Сусідко М.М., Приймаченко Н.В., 2008. Особливості формування дощових паводків у басейні Дністра // Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія. – 2008. – № 1. – С.76-80.
3. Zheleznyak M., Kovalets I., Boyko O., Demydenko A., 2010. Model based approaches to water resource management in climate change conditions: case studies - Carpathian Watershed and Dnipro River Basin // Proc. of Int. Conf. "Global and Regional Climate Changes", (Kyiv, Ukraine, 16–19 November 2010). – Kyiv: Ukrainian Hydrometeorological Institute, 2010. – P.66–67.
4. A description of the advanced research WRF version 3. [Електронний ресурс] / W.C. Skamarock, J.B. Klemp, J. Dudhia [et al] // NCAR Technical Note NCAR/TN-475+STR. – USA, Boulder: National Center for Atmospheric Research, 2008. – 125 p. – Режим доступу: <http://wrf-model.org/>.
5. Kerkmann J., 2007. Applications of meteosat second generation (MSG). Day-time convection. Night time convection. MSG Interpretation Guide, EUMETSAT.
6. Kryvobok O., Kulbida M., Savchenko L., 2011. Monitoring Severe Weather in Ukraine with Satellite Data // NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. – 2011. – N 1. – P. 41-48.
7. Smith, R. 2004. Mountain Meteorology and Regional Climates. In 'Atmospheric Turbulence and Mesoscale Meteorology' (Eds. Fedorovich E., Rottuno R., Stevens B.), Cambridge University Press. – 2004. – P. 193-222.