

## Наукастинг в технологии ГИС Метео

**Ю. И. Юсупов**  
(ООО "НПЦ "Мэл Мейкер")

**Введение**

По определению Всемирной метеорологической организации (ВМО) наукастинг (nowcasting) - это сверхкраткосрочный прогноз явлений погоды в пределах 0 – 6 ч от срока наблюдения. В качестве информации для наукастинга, обычно используются различные виды наблюдений (данные метеорологических станций, метеорологических радиолокаторов (МРЛ) и т. п.).

Данные МРЛ являются уникальными по оперативности, разрешающей способности, достоверности. Этим объясняется популярность в использовании этих данных для сверхкраткосрочного прогноза таких явлений погоды как грозы, шквалы и интенсивные осадки.

Впервые радар был использован для прогноза гроз в 1953 г. Тогда был применен метод экстраполяции радиоэха в направлении, определенном по предыдущим изображениям радара. С тех пор метод экстраполяции совершенствовался. В настоящее время существует прогноз областей осадков радиоэха (area tracker) и прогноз перемещения грозовых ячеек (cell tracker).

Для прогноза областей осадков вектор будущего перемещения определяется из расчета максимальной корреляции между двумя последовательными изображениями. Раньше определялся один вектор для перемещения всего поля осадков. Позднее (в 1981 г.) был применен способ расчета нескольких различных векторов для одного поля осадков. Экстраполяция грозовых ячеек предусматривает определение отдельных грозовых очагов и затем отслеживается перемещение каждого очага по серии изображений [5].

Развитие гидродинамических моделей привело к тому, что появились алгоритмы с использованием прогностических полей ветра. Такая схема, например, применяется в программных средствах (ПС) NIMROD, GANDOLF и др. [5, 6]. В некоторых ПС, например, в NIMROD UKMO применен смешанный способ для построения траекторий: в первые полчаса больший вес имеют данные экстраполяционного метода, а далее – данные из гидродинамических моделей.

К сожалению, качество прогноза таких конвективных явлений как грозы и шквалы очень быстро уменьшается со временем. Время жизни этих явлений обычно не превышает получаса. С другой стороны, лучше всего прогнозируются самые сильные фронтальные шквалы и многоячейковые грозы, которые имеют более организованную структуру и относительно долгий жизненный цикл [4].

В последние годы появились разработки, в которых учитываются эволюция грозных очагов, а также статистические данные, обработанные для конкретных местностей и синоптических условий.

### Описание алгоритма

В технологии ГИС Метео первое ПС работающее с данными МРЛ появилось более 25 лет назад. Тогда данные МРЛ из Крылатского поступали по телефонному каналу, через низкоскоростные модемы. Далее информация заносилась в базу данных и использовалась для визуализации. Данные МРЛ передавались в виде файла, они не были оформлены как метеосообщения, их нельзя было передавать по метеорологическим каналам связи. Это не совсем вписывалось в технологию ГИС Метео, невозможно было изобразить на карте несколько радаров, тем не менее 4 рабочих станции ГИС Метео для работы с данными МРЛ были установлены в те годы – в Москве, Уфе, Оренбурге и в Волгограде.

Примерно 15 лет назад производители радарной информации наконец договорились о том, что будут оформлять свои данные в коде BUFR и пересылать в каналы связи, как это делается с другими метеотелеграммами. Это полностью вписывалось в технологию ГИС Метео, были созданы программа раскодирования данных МРЛ и компонента ГИС Метео для визуализации этих данных. Сразу стало возможным создание стыкованной карты МРЛ, а также возможность совмещения этой информации с другими метеоданными. Кроме того, это позволило вернуться к идее сверхкраткосрочного прогноза явлений погоды. Для построения прогностического положения полей осадков (ливней, гроз, града) используется траекторная модель, построенная на изобарической поверхности, соответствующей максимальной отражательной способности МРЛ. Возможен также выбор поверхности вручную. Обычно, для летних месяцев это поверхность 500 гПа, для холодного времени года - 700 гПа.

Траекторные расчеты проводились, согласно [1]:

$$x_{n+1} = x_n + u(x_n, y_n, t_n) \delta t,$$

$$y_{n+1} = y_n + v(x_{n+1}, y_n, t_n) \delta t$$

при  $n$  четном,

$$y_{n+1} = y_n + v(x_n, y_n, t_n) \delta t,$$

$$x_{n+1} = x_n + u(x_n, y_{n+1}, t_n) \delta t$$

при  $n$  нечетном.

В технологии ГИС Метео предусмотрена возможность определить вручную коэффициенты коррекции ( $k$  и  $\alpha$ ) полей ветра, с тем, чтобы точнее построить траектории воздушных частиц. Согласно [1]:

$$u = k (u \sin (\alpha) - v \cos (\alpha)),$$

$$v = k (v \cos (\alpha) + u \sin (\alpha))$$

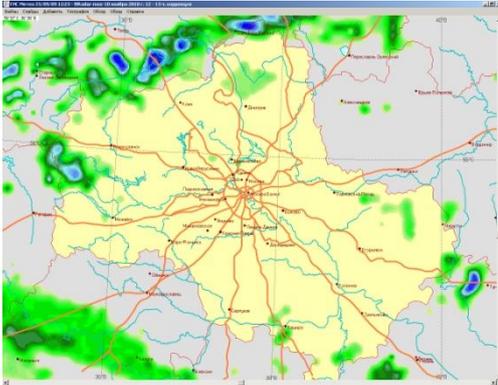


Рис 1 (а). Факт 10.11.2010 12:00 МСВ

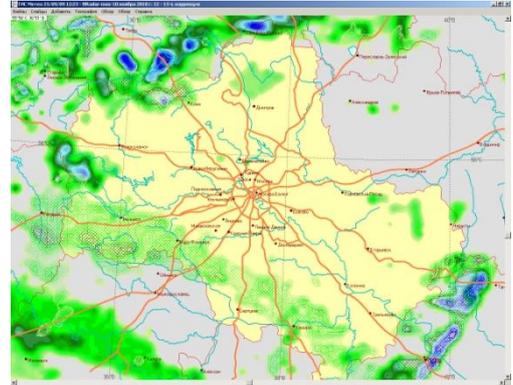


Рис 1(б). Факт 10.11.2010 12:00 и 13:00МСВ

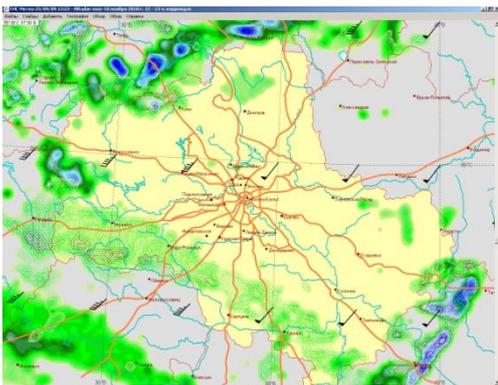


Рис 1 (в). Поле ветра 10.11.2010 12:00 МСВ

Калибровка						
Первая точка		Долгота		Ветер, мод		OK
Широта	Долгота	dd	ff	dd	ff	Отмена
55 °	49 ' 30 "	35 °	30 ' 00 "	225 °	21	
Вторая точка		Долгота		Ветер, рез		
Широта	Долгота	dd	ff	dd	ff	
56 °	21 ' 00 "	36 °	26 ' 00 "	229 °	22	
Расстояние, км		Время, мин		Пересчитать!		
83		60				
Коэффициенты коррекции						
K		Alpha		Запомнить		
1.04		4				

Рис 1 (г). Расчет коэффициентов коррекции  $k$  и  $\alpha$

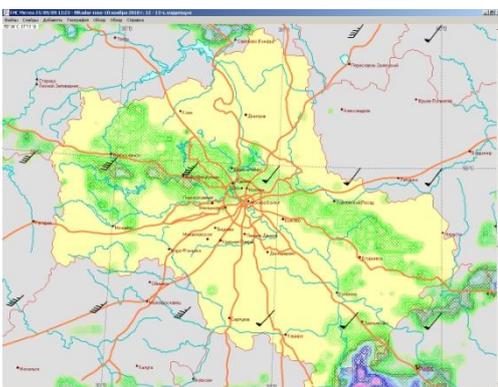


Рис 1 (д). Прогноз на 10.11.2010 14:00 МСВ

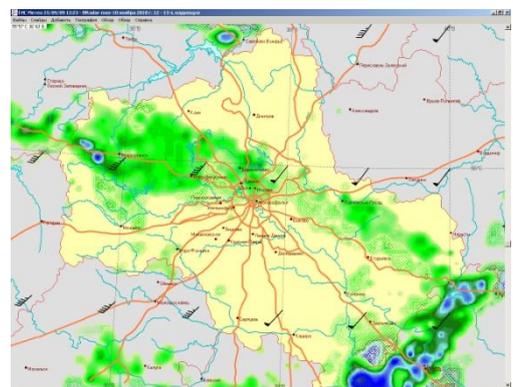


Рис 1 (е). Сравнение с фактом 10.11.2010 14:00 МСВ

На Рис. 1 показан расчет коррекции поля ветра с учетом предыдущих положений зон осадков, зафиксированных МРЛ. На Рис 1 (д) представлен прогноз зон осадков, построенный на основе вычисленных коэффициентов коррекции, на Рис 1(е) - сравнение с фактическими полями осадков.

Эволюция грозовых ячеек является, самым сложным и тонким моментом. Подразумевается, что для этой цели будут использованы данные мезомасштабных моделей. ГИС Метео работает с моделями WRF (с разрешением 3000 м, 1000 м, 300 м) и с моделью COSMO.RU (с разрешением 7 км). Модули, рассчитывающие эволюцию ячеек, в мировой практике появились недавно. Обычно прогностическая карта полей осадков по данным МРЛ выпускается совместно с данными о фронтальных разделах, линиях конвергенции в приземном слое или различных индексов неустойчивости, которые рассчитываются по мезомасштабной модели.

Для учета эволюции грозовых ячеек необходимы новые знания, которые должны ответить на вопросы, что является главным фактором начала грозы и что управляет процессом ее существования. В США в 2003 г. с этой целью была запущена международная программа ИНОР.

В качестве предиктора для подтверждения грозовой активности в технологии ГИС Метео был выбран параметр MFC – конвергенция потока влаги в приземном слое [2]. Удельное влагосодержание определяется по значению относительной влажности на уровне станции, ветер рассчитывается по модели пограничного слоя.

$$MFC = -V \cdot \nabla q - q \nabla \cdot V$$

$$\nabla = i \partial / \partial x + j \partial / \partial y$$

На Рис. 2 (а) представлена ситуация, возникшая 15 октября 2010 г., когда в результате сильных гроз и ливней вышли из берегов реки в районе Туапсе и в Апшеронском районе. Жертвами наводнения стали 17 человек, было полностью разрушено более 300 домов. На Рис. 2(б) - результаты расчета прогноза MFC по глобальной модели AVN Вашингтон (1° x 1°).

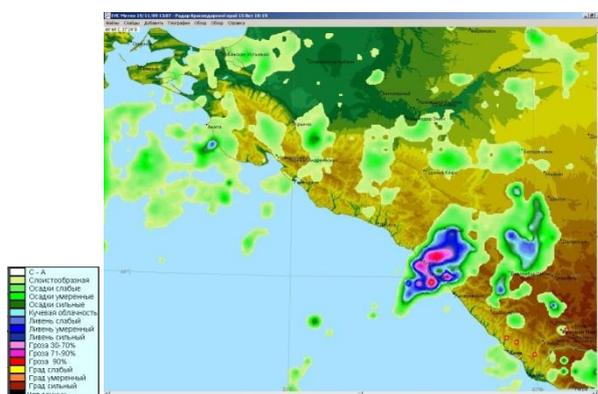


Рис 2 (а). Данные МРЛ за 15. 10 2010 06:00

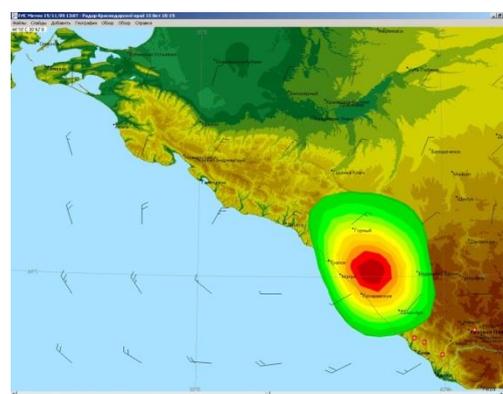


Рис 2 (б). Прогноз MFC на 15.10 2010 06:00 по данным AVN Вашингтон

Помимо площадного прогноза, возможен также прогноз в пунктах, которые выбирает пользователь либо по списку, либо произвольно. При этом

появляется информация о явлениях погоды в выбранном пункте с шагом 10 минут. На Рис 3 показан расчет произведенный для г. Можайск.

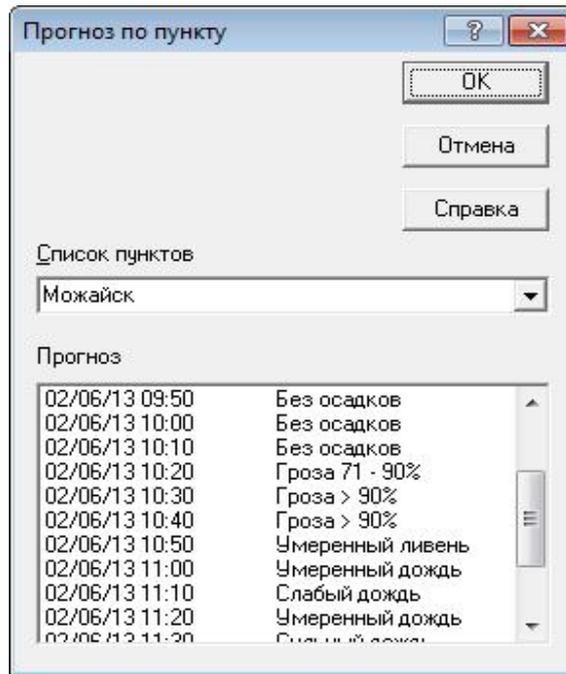


Рис. 3. Детальный прогноз явлений погоды для г. Можайск.

При работе с компонентой Прогностический Радар, возможен также расчет времени начала опасного явления (гроз, сильных ливней) по списку пунктов, составляемым пользователем (см. Рис. 4). На Рис. 4 представлена таблица расчетов начала грозовой активности по пунктам Московской области.

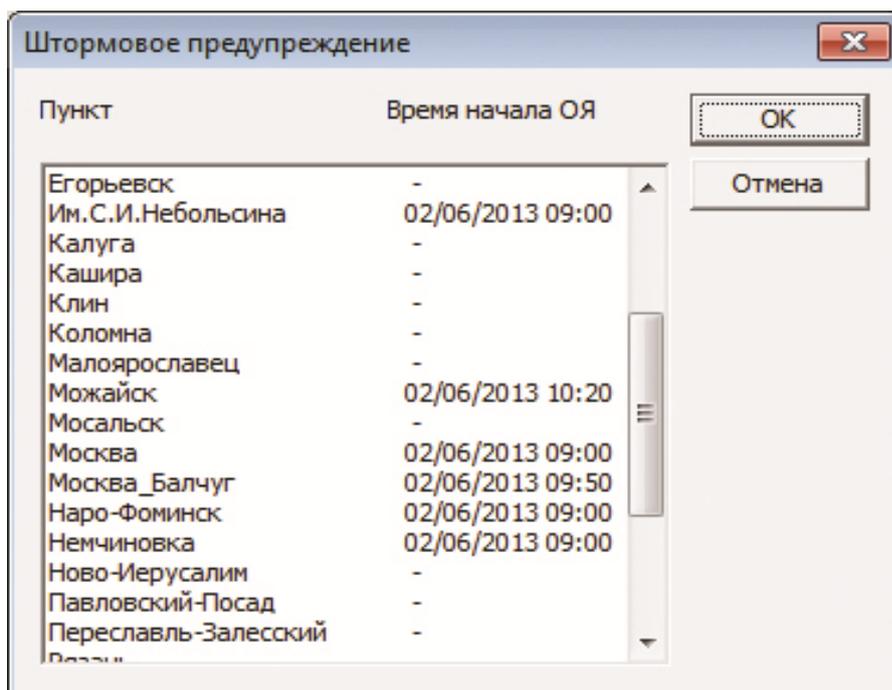


Рис. 4. Расчет начала грозовой активности по пунктам Московской области.

Качество прогнозов можно оценить, сравнив прогнозы в пунктах с шагом 10 минут с данными автоматических станций. На Рис. 5 приведено сравнение прогнозов по станции Голицыно (Адлер) с фактическими данными, поступивших с автоматических станций.

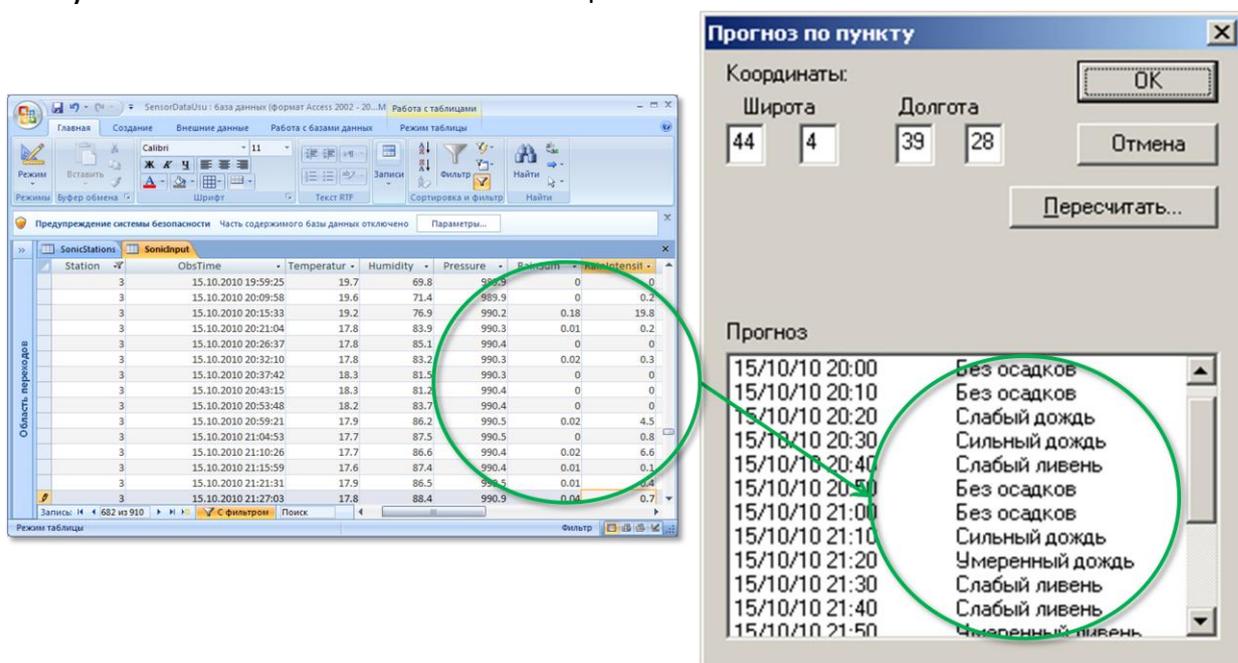


Рис.5 Сравнение с данными автоматической станции в Адлере 15.10. 2010 19 – 20 МСВ

Оценка прогноза осадков по факту, в соответствии с Руководством по проведению испытаний новых методов прогноза, проводилась в сентябре - октябре 2010 г. по территории центрального региона (локаторы Калуга, Тверь, Внуково и Крылатское). Рассчитывался критерий Пирси - Обухова для прогнозов на 1, 2 и 3 часа:  $P_1 = 0.76$ ;  $P_2 = 0.61$ ;  $P_3 = 0.42$ .

### Заключение

Представленный в статье алгоритм был успешно применен на практике при проведении зимних Олимпийских игр в г. Сочи: "... Компонента «Прогностический радар» системы Гис Метео, позволила на период до 2 ч с помощью предполагаемого перемещения фактических полей радиоэха на высоте «ведущего потока» (для зимнего сезона ~3-4 км) прогнозировать время «подхода» зоны осадков к локальным объектам." (Из Отчета Гидрометцентра РФ о метеорологическом обеспечении XXII Олимпийских зимних игр и XI Паралимпийских зимних игр 2014 года в городе Сочи).

В ближайших планах по решению задачи наукастинга - использование данных мезомасштабных моделей WRF, COSMO и др. для траекторных расчетов, а также - использование автоматических станций (при условии достаточно плотной сети), что позволит практически в любой момент времени (с дискретностью 5 мин) иметь точные приземные данные. С этими

данными связано непосредственно определение эволюции конвективных явлений (расчет MFC в приземном слое).

#### Литература.

1. Белоусов С. Л. , Юсупов Ю. И. Расчет трехмерных траекторий воздушных частиц. – *Метеорология и гидрология*, 1991, №12, с. 41 – 48.
2. Banacos P. S. , Schultz D. M. The Use of Moisture Flux Convergence in Forecasting Convective Initiation: Historical and Operational Perspectives. *Weather and Forecasting*, vol.20, 2004.
3. M. Steinheimer and T. Haiden. Improved nowcasting of precipitation based on convective analysis fields. *Adv. Geosci.*, 10, 125–131, 2007
4. P.W. Li & Edwin S. T. Lai. Applications of radar-based nowcasting techniques for mesoscale weather forecasting in Hong Kong. *Meteorol. Appl.* 11, 253–264 (2004)
5. Wilson J. W. Thunderstorm nowcasting. Past, present and future. *31st Conference on Radar Meteorology 6–12 August 2003*
6. Wilson J. W., E. E. Ebert et al. Sydney 2000 Forecast Demonstration Project: Convective Storm Nowcasting. *AMS, Weather and Forecasting*, 2004.