

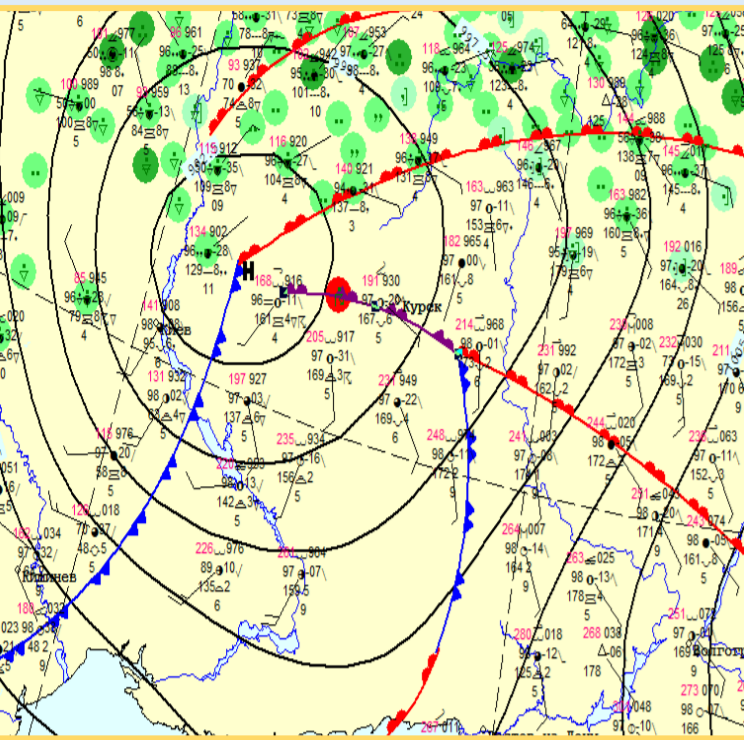
Возможности спутникового и радиолокационного мониторинга для предупреждения о возникновении конвективных штормов с сильными шквалами и смерчами

*А.А. Алексеева¹, В.М. Бухаров¹, Т.Г. Дмитриева¹, Н.С. Миронова², Г.А. Федоров²
1- ФГБУ «Гидрометцентр России»; 2 – ФГБУ «НИЦ Планета»*

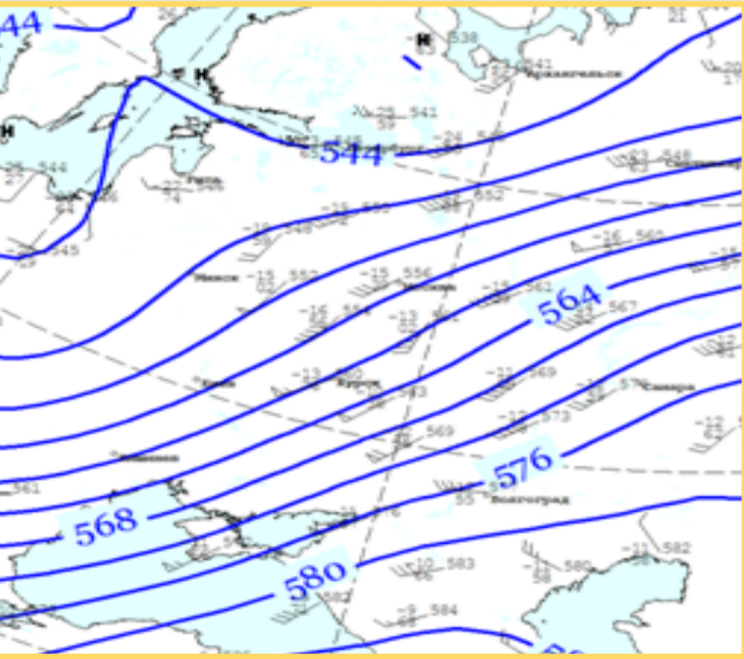
Конвективный шторм 18.09.2022г.

СИНОПТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

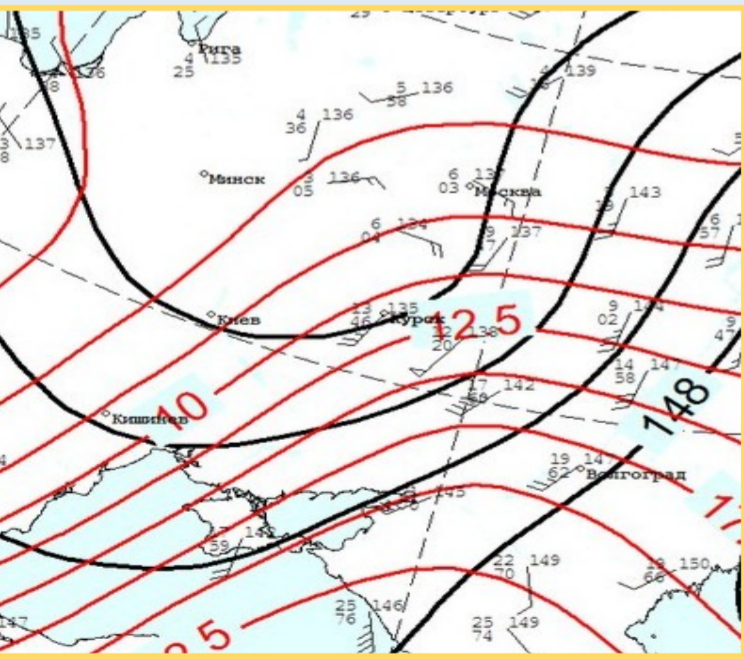
Фрагмент карты приземного анализа за 15.00 ВСВ



Фрагмент карты AT500 за 12.00 ВСВ



Фрагмент карты AT850 за 12.00 ВСВ

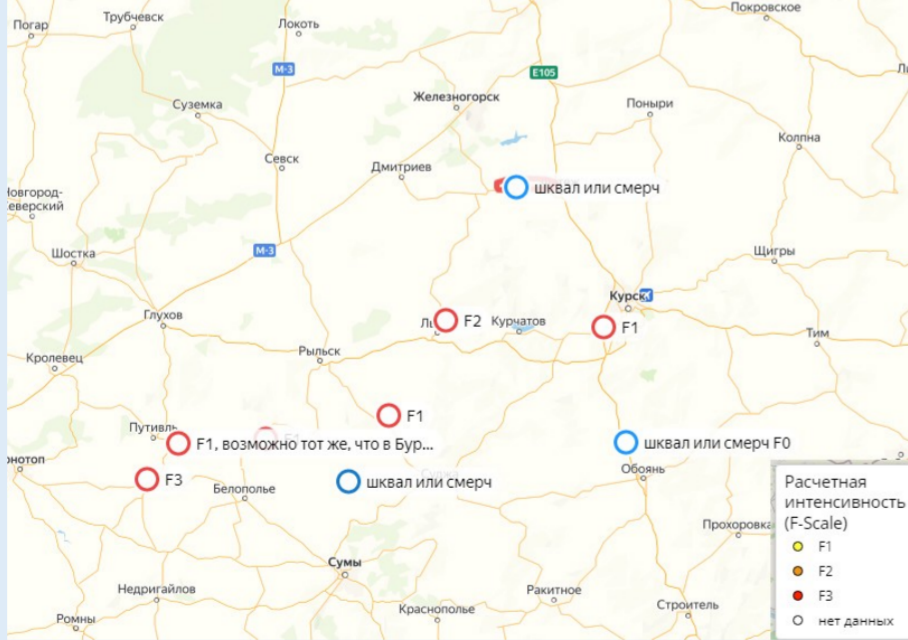


На западе от Курска находился центр циклона, зародившегося на юге Европы, на границе между теплыми водами Средиземного моря и Балканами. Он стал крайне активным, набрал много влаги и через юго-восток Европы, Украины вышел к России. При прохождении системы атмосферных фронтов вечером 18 сентября через Курскую область очевидцами был отмечен смерч в Ольговке Льговского района. Данные подтверждаются в том числе и видеофиксацией. По данным наблюдательной сети Росгидромета максимальная скорость ветра при порывах по области была 15-17 м/с, отмечались грозы и сильные дожди. По данным ГУ МЧС по Курской области в период с 20.00 мск 18.09.22 до 8.00 мск 19.09.22 в результате усиления ветра и смерча было нарушено электроснабжение в 10 районах области, повреждены кровли 17 домов и социально значимых объектов (детсад, библиотека, общежитие), повреждены 40 автомобилей. Конвективный шторм реализовался при температуре у Земли 20-21°C. Смерч сформировался в теплом секторе циклона на фронте окклюзии.

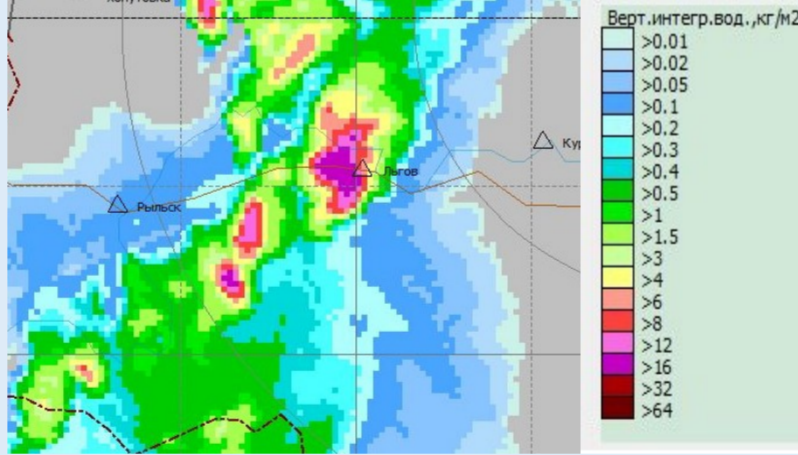
В Курске в результате ухудшения погодных условий погибло два человека. Студент колледжа погиб в результате ранения осколками стекла в помещении общежития, один человек был найден под упавшим деревом.

Индексы неустойчивости атмосферы					
Station number	34009	Vertical totals index	25.10	Bulk Richardson Number	0.01
Station latitude	51.76	Totals totals index	45.60	Bulk Richardson Number using CAPV	0.10
Station longitude	36.16	Convective Available Potential Energy	0.67	Temp [K] of the Lifted Condensation Level	287.08
Station elevation	247.0	CAPE using virtual temperature	11.39	Pres [hPa] of the Lifted Condensation Level	913.42
Showalter index	2.41	Convective Inhibition	-97.01	Equivalent potential temp [K] of the LCL	326.53
Lifted index	0.32	CINS using virtual temperature	-38.57	Mean mixed layer potential temperature	294.63
LIFT computed using virtual temperature	-0.08	Equilibrium Level	611.58	Mean mixed layer mixing ratio	11.11
SWEAT index	285.99	Equilibrium Level using virtual temperature	496.28	1000 hPa to 500 hPa thickness	5635.00
K index	26.90	Level of Free Convection	633.06	Precipitable water [mm] for entire sounding	25.99
Cross totals index	20.50	LFCT using virtual temperature	801.49		

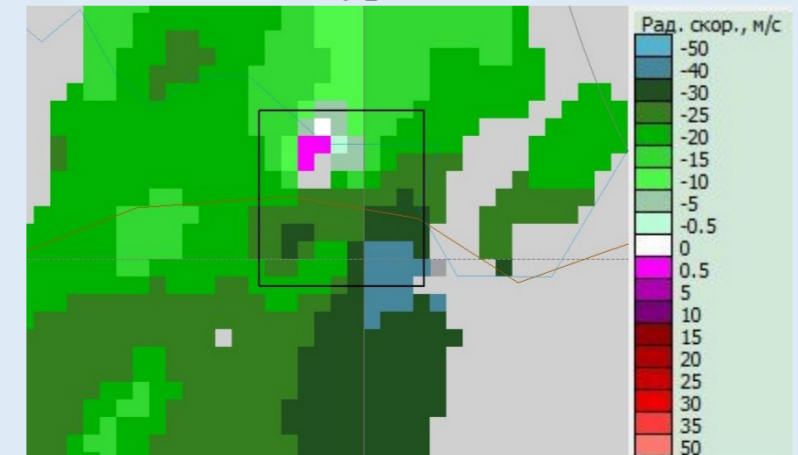
Карта расчетной интенсивности смерчей



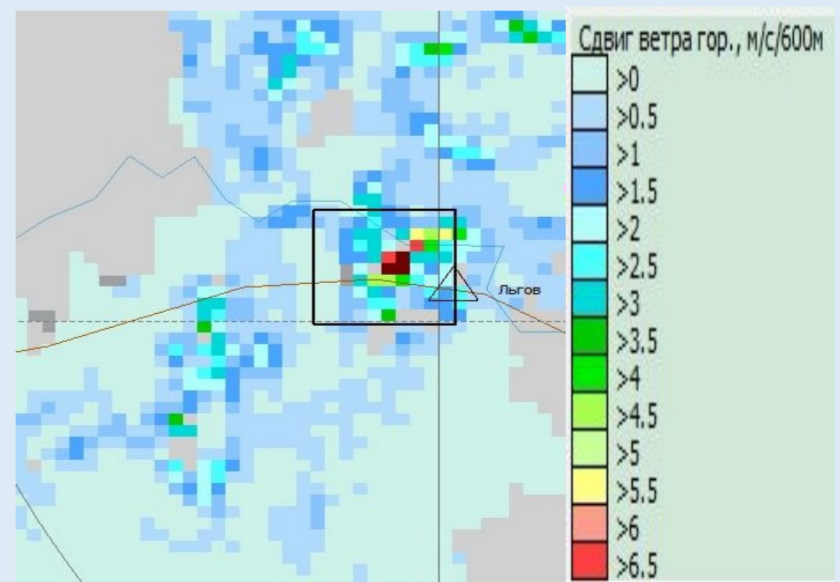
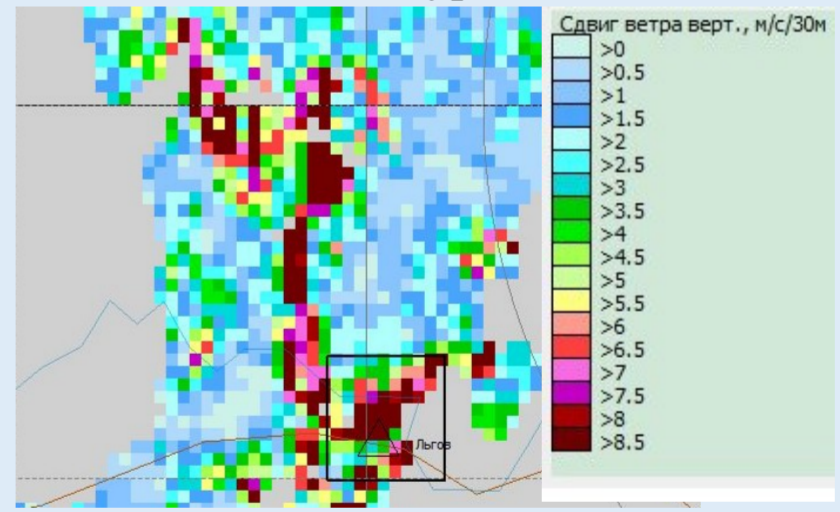
Вертикальная интегральная водность, диагностированная ДМРЛ-С Курск в 15.30 ВСВ.



Радиальная скорость, диагностированная ДМРЛ-С Курск в 15.30 ВСВ.

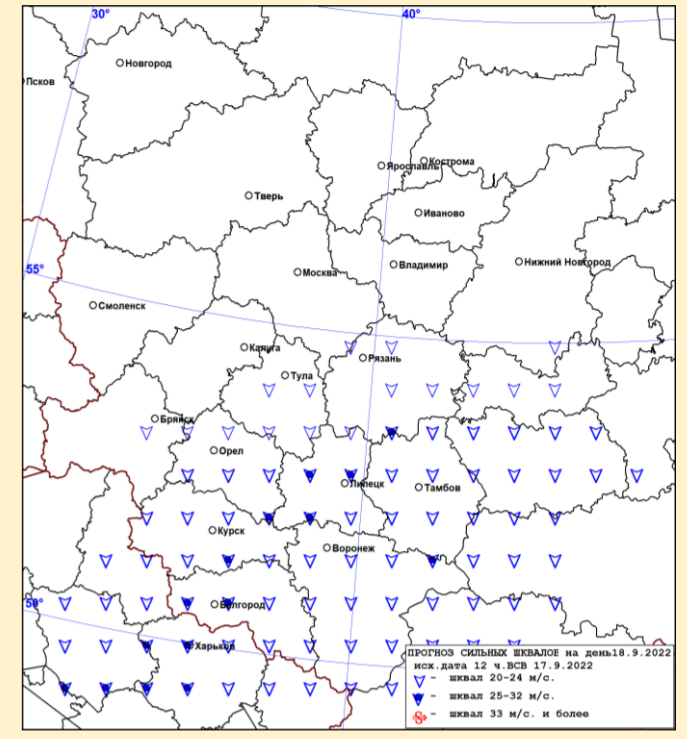


Сдвиги ветра (вертикальный – вверху; горизонтальный - внизу, диагностированные ДМРЛ-С Курск в 15.30 ВСВ

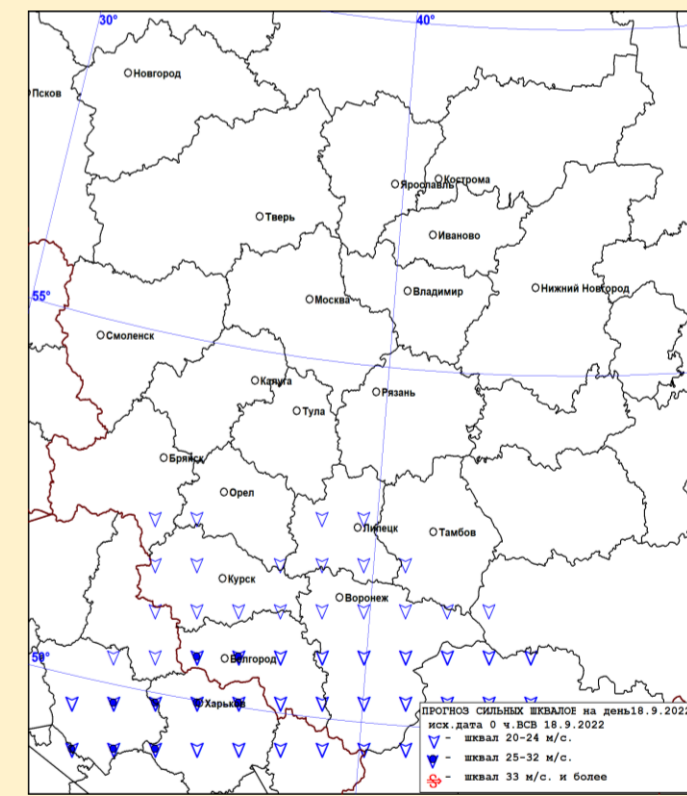


Прогноз

Автоматизированный прогноз сильных шквалов на день 18 сентября от 12 ВСВ 17.09.2022г.



Автоматизированный прогноз шквалов на день 18 сентября от 00 ВСВ 18.09.2022г



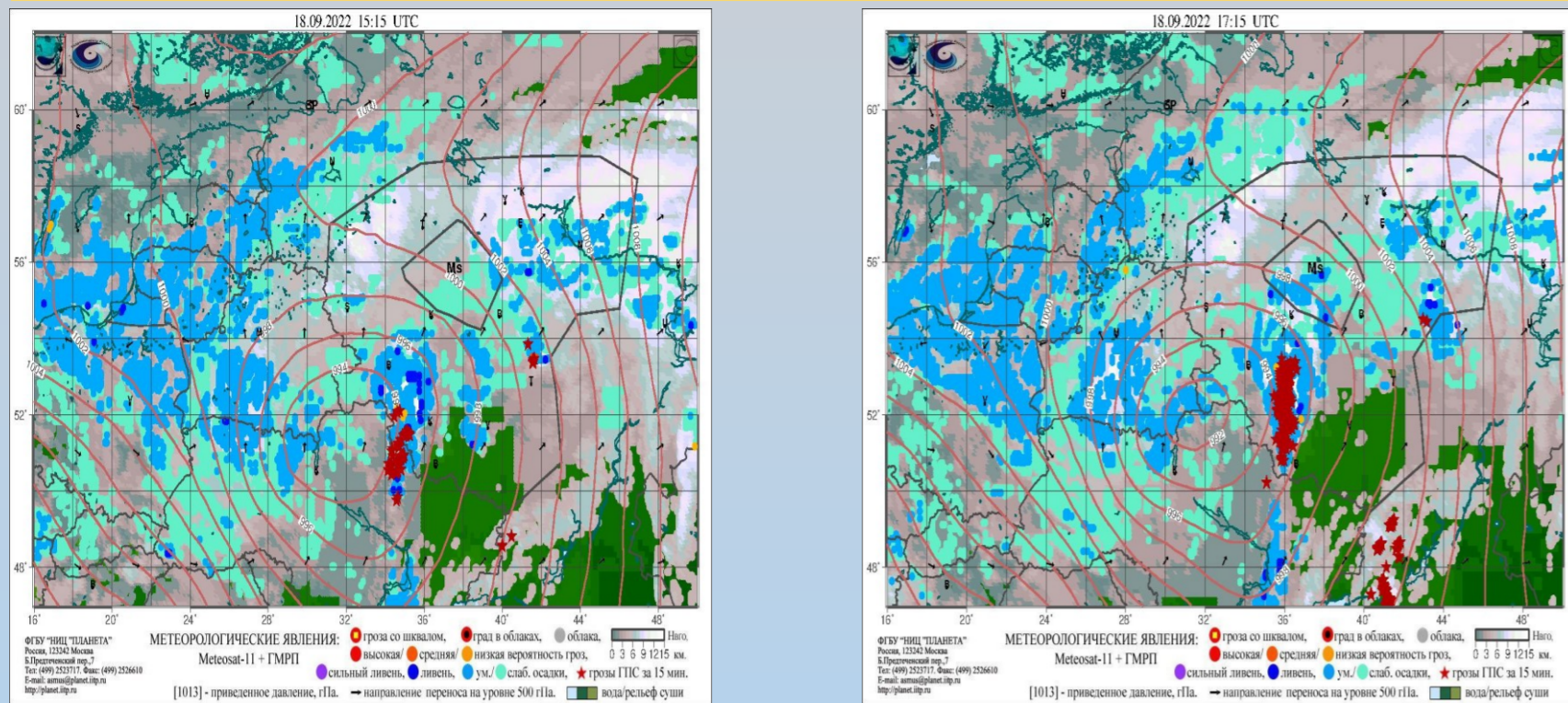
На большей части территории Курской области с заблаговременностью 30 ч прогнозировались шквалы в градации 20-24 м/с, в одной точке прогностической сетки – 25-32 м/с; с заблаговременностью 18ч – шквалы в градации 20-24 м/с на всей территории области, кроме северо-восточного региона.

Согласно радиозонда г. Курск утром влажность составляла 97-100 %, в 12 ВСВ - 93%. CAPE в 12 ВСВ не показательна для конвективных штормов. В нижнем слое ДМРЛ-С диагностировался сильный (> 6 м/с) горизонтальный и вертикальный сдвиги ветра. Максимальная вертикальная интегральная водность 31 кг/м², что по критериям диагноза позволяет диагностировать сильный град. Верхняя граница С_b по радиолокационным данным 13 км, максимальная отражаемость 52-56 дВз.

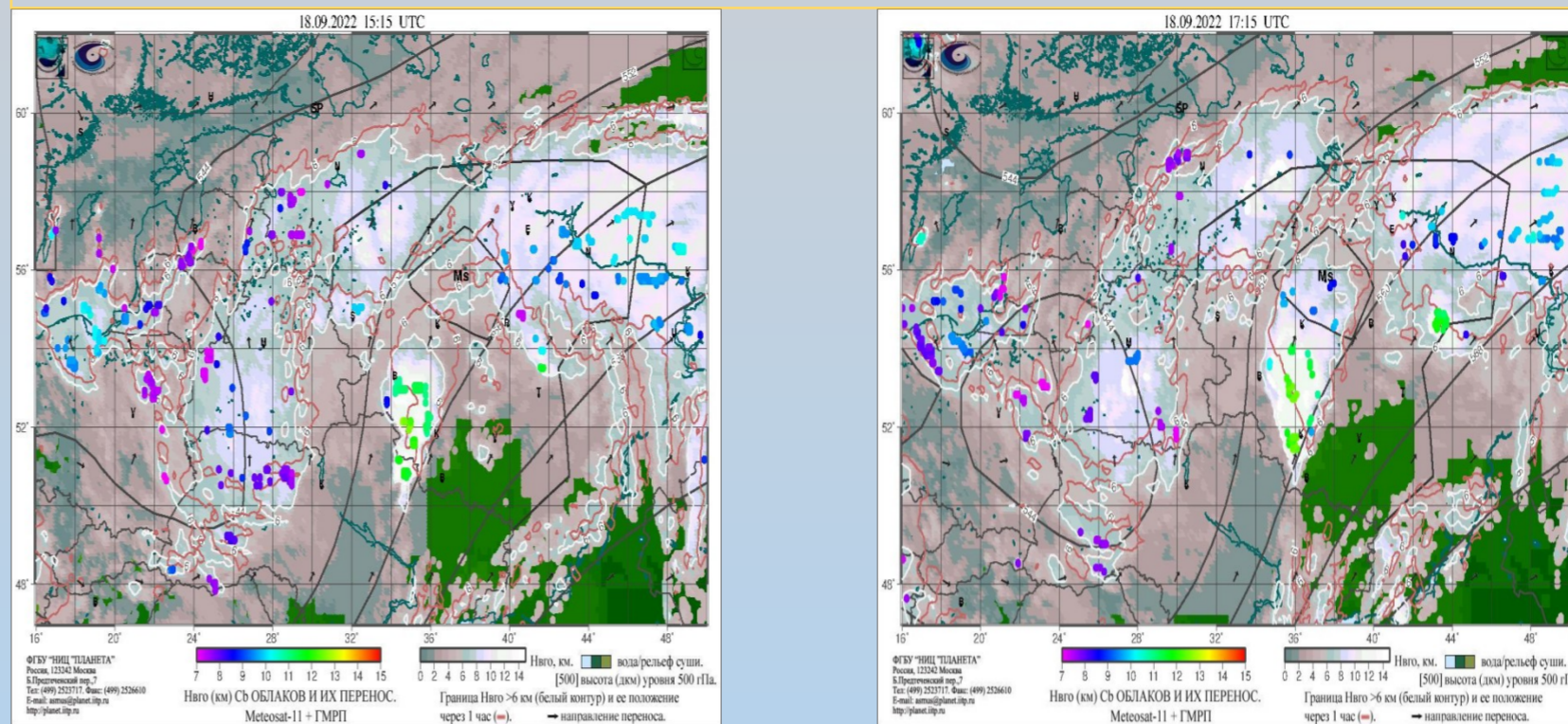
Конвективный шторм 18.09.2022г.

СПУТНИКОВЫЙ ДИАГНОЗ

Карты диагностики метеорологических явлений за 15.15 и 17.15 ВСВ

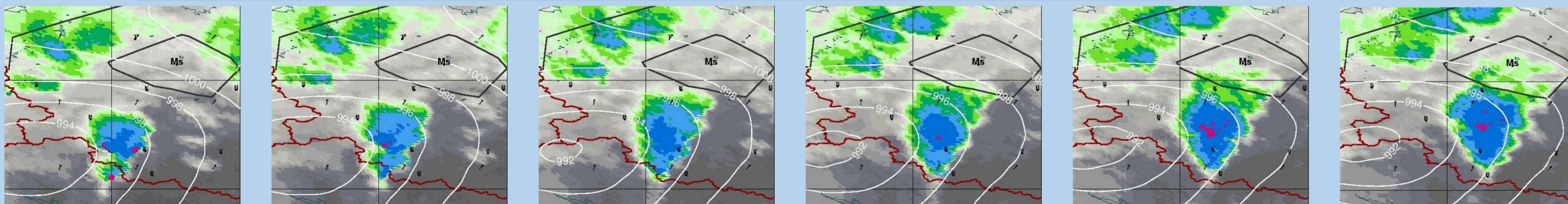


Карты диагностики высоты верхней границы облаков и их переноса

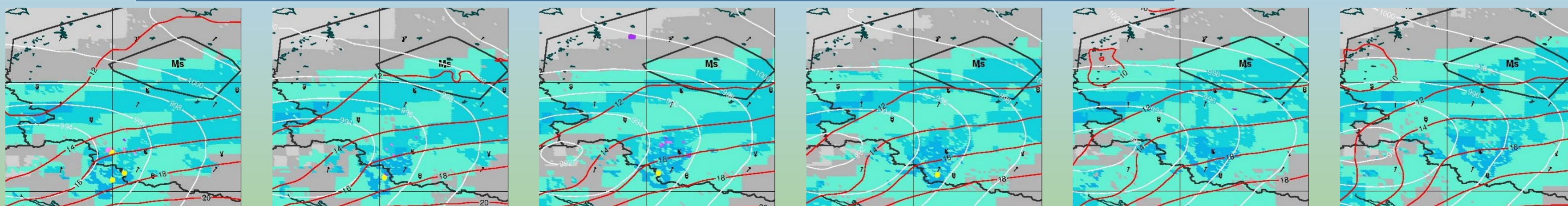


Согласно спутниковому мониторингу диагностирован конвективный шторм (карты метеорологических явлений) с шквалами, скоростью более 20 м/с, а локально более 25 м/с (фрагменты карт максимальной скорости ветра). Верхняя граница облачности достигает 12-13 км, что хорошо совпадает с данными ДМРЛ-С Курск. Особенно наглядно конвективный шторм просматривается на картах радиационных температур КА Электро Л №3. Конвективный шторм имеет характерную компактную округлую форму с низкими значениями радиационной температуры ($\leq -60^{\circ}\text{C}$), в поле которой имеются вкрапления облачности с особенно низкой температурой (ярко розовый цвет на карте). По контуру конвективного очага наблюдаются большие горизонтальные градиенты радиационной температуры. Такие низкие температуры в верхних слоях тропосферы сильно охлаждают массу дождя и града, которая, обрушиваясь, создает стремительные нисходящие потоки, что в свою очередь определяет - хлынет ли обычный дождь или обрушится воронка смерча (по сути дела скрученный дождь).

Фрагменты карт радиационной температуры за период с 15.00 ВСВ до 17.30 ВСВ (каждые 30 мин) КА Электро – Л №3



Фрагменты карт максимальной скорости ветра за период с 15.00 ВСВ до 17.30 ВСВ (каждые 30 мин) КА Электро – Л №3

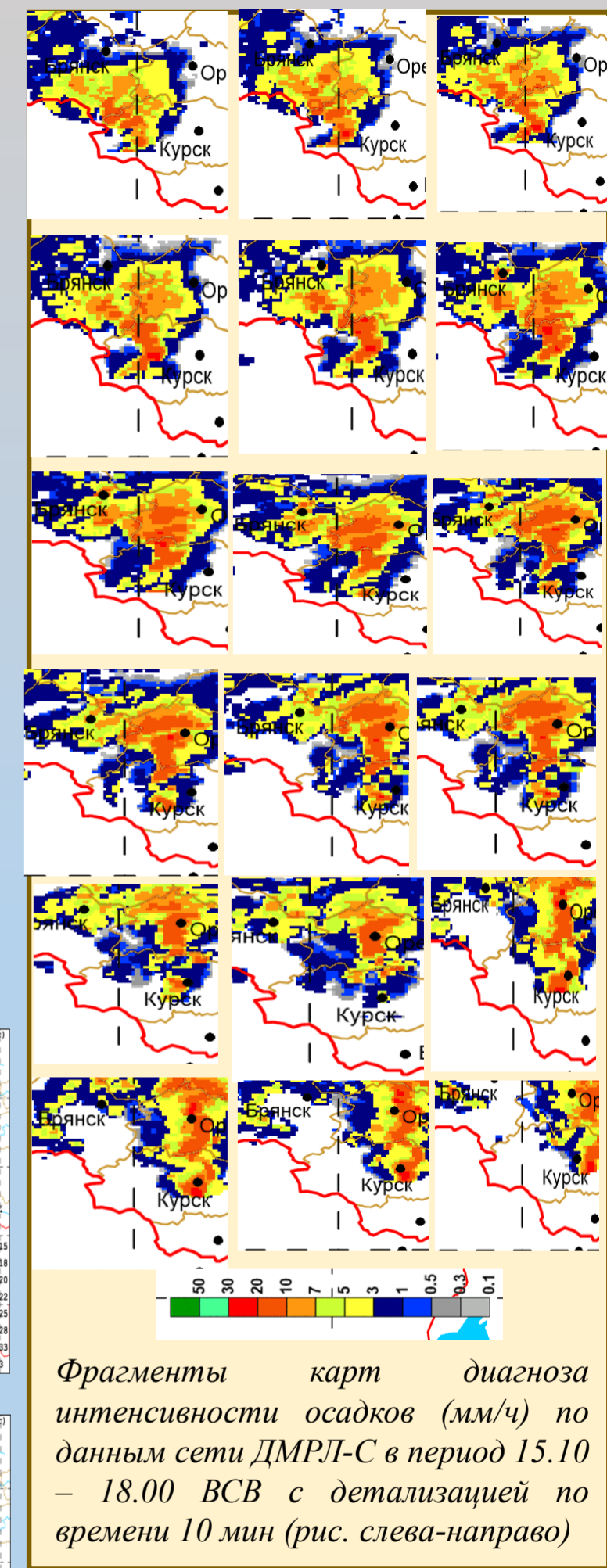
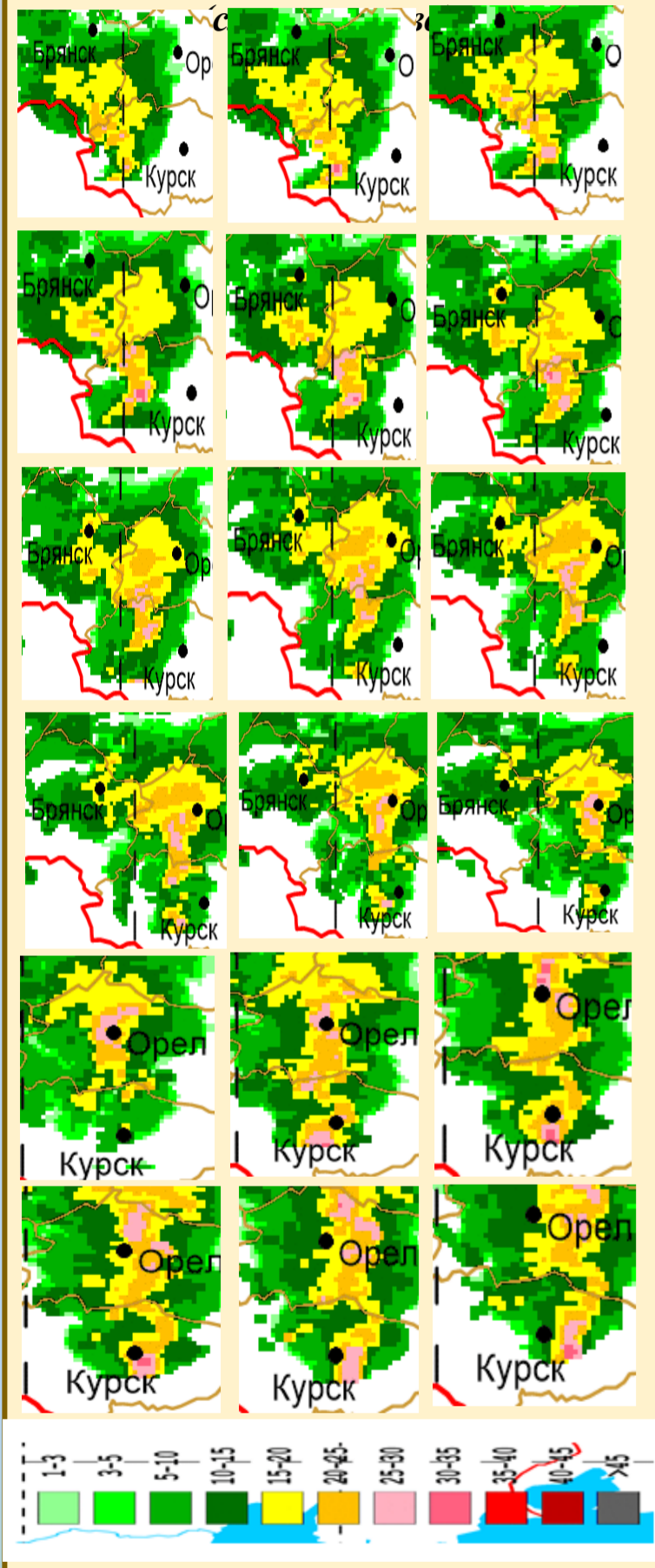


Конвективный шторм 18.09.2022г.

РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ ДИАГНОЗ

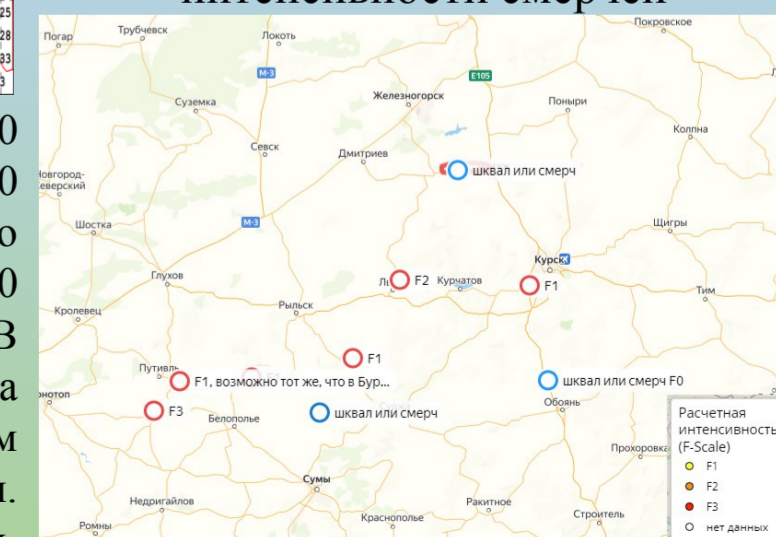
Фрагменты карт диагноза шквалов и скорости порывов ветра в период 15.30-18.00 ВСВ с детализацией по времени 10 мин

Фрагменты карт максимальной конвективной скорости (м/с) за период 15.10-18.00 ВСВ с детализацией по времени 10 мин



Фрагменты карт диагноза интенсивности осадков (мм/ч) по данным сети ДМРЛ-С в период 15.10 – 18.00 ВСВ с детализацией по времени 10 мин (рис. слева-направо)

Карта расчетной интенсивности смерчей



Согласно радиолокационному мониторингу конвективных явлений в Курской области в период 15.10 ВСВ до 17.20 ВСВ диагностирован шторм с ливневыми осадками интенсивностью до 10-20 мм/ч, в период 17.30-18.00 с вкраплениями зон ливней интенсивностью до 20-30 мм/ч. Следует отметить, что в отличие от индексов неустойчивости по радиозонду Курска в 12 ВСВ, уже в 15.10 ВСВ западнее Курска диагностировались зоны с максимальными конвективными скоростями на общем фоне скоростей 15-20 м/с со скоростями до 20-25 м/с. Уже в 15.30 ВСВ появились очаги со скоростями от 25 до 35 м/с. Далее облака развивались и в 15.30 ВСВ появились зоны со скоростями до 35-40 м/с. В 16.00 ВСВ зоны 35-40 м/с отмечались на северо-западе почти на границе. С 16.10 до 16.30 ВСВ скорости в основном составляли 25-30 м/с. В следующие 10 минут зона распалась на две, одна уходит в Орловскую область, вторая приближается к Курску с запада, юго-запада. В 17.10 скорости уменьшились, местами до 15 м/с. В 17.20 ВСВ конвективный шторм вновь стал активизироваться, скорости конвекции в основном 20-30 м/с и диагностирована небольшая зона конвективных скоростей до 35-40 м/с. В 17.30 ВСВ увеличилась зона скоростей до 30 м/с и увеличилась зона со скоростями 35-40 м/с. В 18 ВСВ зона уже прошла Курск. Таким образом радиолокационный мониторинг позволил дополнить сведения об интенсивности конвективного шторма, диагностировав сильные ливни, сопровождающиеся сильными и очень сильными ливнями. ДМРЛ-С Курск в период 15.10-19.00 ВСВ шквалы не диагностировал. Радиолокационный диагноз представляемым подходом позволил диагностировать шквалы в момент их возникновения. Усиление скорости ветра при шквалах совпадает с временем формирования смерчей.

Таким образом, можно сделать вывод, что комплексный анализ конвективных штормов, начиная с классического синоптического анализа, при котором оперативный синоптик уже использует спутниковую и радиолокационную информацию, получаемую в оперативном режиме из источников, внедренных в практику, а также информация, получаемая при спутниковом и радиолокационном мониторинге в рамках автоматизированных технологий, реализованных в ФГБУ «НИЦ «Планета» и ФГБУ «Гидрометцентр России» в оперативном режиме, в основе которых реализованы российские методики диагноза явлений и метеорологических параметров, характеризующих развитие конвекции, позволяют синоптику более взвешено сформировать штормовое предупреждение о возникновении опасных конвективных явлений погоды, благодаря чему можно повысить их заблаговременность, уточнить тип и интенсивность опасных явлений.

Смерчи диагностировать, и тем более спрогнозировать, задача трудная. Даже в США, где повторяемость смерчей большая, не всегда удается предупредить о их возникновении за несколько минут. С точки зрения физика-метеоролога, воронка смерча - это скрученный дождевой осадок. Для физика-механика – это двухслойный вихрь с воздушно-водяными стенками с резким различием в скорости и плотности обоих слоев. Для физика-теплотехника смерч – гигантская гравитационно-тепловая машина огромной мощности, в которой мощные воздушные потоки создаются и поддерживаются за счет теплоты, которая выделяется при конденсации влаги, полученной из любого естественного водоема, когда она попадает в верхние слои тропосферы. Поэтому сложно сказать, когда выпадут просто осадки, а когда возникнет воронка смерча. Следует заметить, что смерчи в Курской области возникли на некотором расстоянии от водоемов, можно предположить, что конвективный шторм подпитывался влагой, проходя над водоемами, и на некотором удалении формировались воронки смерча. Однозначно, возникновение смерчей в Курской области было связано с развитием конвективного шторма, характеризующегося максимальными конвективными скоростями 35-40 м/с, высокими значениями радиолокационной отражаемости порядка 50-55 дВз во всем столбе облачности, включая нижние уровни, сильным горизонтальным и вертикальным сдвигом ветра, высокими скоростями ветра на уровне 500 гПа и уровне 850 гПа, характерными для конвективных штормов значениями радиационной температуры ($\leq -60^{\circ}\text{C}$) и значительными ее градиентами по контуру шторма. Хотя карты спутникового и радиолокационного диагноза не позволили непосредственно распознать смерч, представленные карты указывают на правильность оценки общих метеоусловий, хорошо диагностируют шквалы, включая градацию опасного явления, ливни.

Главное преимущество спутникового и радиолокационного мониторинга – большая скорость получения и временная детализация информации на значительной территории, что особенно важно при существующей наземной наблюдательной метеорологической сети и недостаточности радиолокационных данных на всей территории России. Особенно полезной спутниковой информацией для диагностики конвективного шторма оказалась информация Электро-Л №3.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности и полезности использования совместного спутникового и радиолокационного мониторинга опасных конвективных явлений как для дальнейшего исследования процессов возникновения шквалов и смерчей, так и совершенствования их прогноза.

