

УДК 551.501.8.:551.509.322

Н.И. Толмачева

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРОВ НА РАЗВИТИЕ
ОБЛАЧНОСТИ И ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ**

Рассмотрены временные изменения характеристик облачности и опасных явлений над промышленными центрами и сельской местностью на территории Пермского края. На примере г. Перми показана возможность использования спутниковой и радиолокационной информации для изучения особенностей развития конвективных облаков и опасных явлений. Выявлены зависимости облачности и явлений от синоптического положения, времени суток и других параметров, которые дают надежные прогнозы развития Св облаков и связанных с ними опасных явлений погоды.

Ключевые слова: спутник; метеорологический радиолокатор; восстановление; облачные ячейки; метеорологические параметры, конвективная облачность.

Метеорологические спутники (МСЗ) и радиолокационные станции (МРЛ) кроме диагноза облачности и явлений, штормового оповещения могут использоваться для регионального мониторинга облачности, осадков и опасных явлений. Атмосфера и ее характеристики находятся в зависимости от таких факторов воздействия, как города, промышленные центры [2]. Их влияние оценим на примере изменения спутниковых и радиолокационных характеристик на территории Пермского края. На примере г. Перми покажем возможность использования информации МСЗ и МРЛ для изучения особенностей развития конвективных облаков с опасными явлениями (ОЯ).

Исследуем характеристики полей облачности, осадков и опасных явлений в Пермском крае и вокруг мегаполиса с минимальной ячейкой размером 4×4 км. Радиолокационный метод наблюдения является вероятностным и поэтому необходимо сочетание данных МРЛ с информацией МСЗ и метеостанций (МС), расположенных в зоне действия радиолокатора, такое комплексирование метеоинформации позволяет повысить ее качество [1; 3–4]. Для исследования возможностей использования МСЗ и МРЛ в целях регионального мониторинга оценим влияние мегаполиса на осадки, состояние облачности и развитие опасных явлений. Архив данных представляет собой спутниковые снимки облачности за период с 2000 по 2012 гг. со спутника NOAA (17185 снимков), карты МРЛ за аналогичный период, аэрологические, синоптические и станционные данные. Обработка спутниковых снимков производилась в программах ScanViewer, ScanMagic, Meteogamma. Для работы с радиолокационной информацией применялась программа АМРК «Метеоячейка», которая позволяет представить данные МРЛ-5 в виде карт: метеоявлений, высот верхней границы поля радиоэха, отражаемости в 5 слоях, опасных явлений погоды, контуров опасных явлений, скорости шквалов, интенсивности осадков, вертикального сечения радиоэха по произвольному азимуту (рис. 1). Скорость, направление перемещения ячеек и другие параметры определялась по методике, изложенной в [5–6].

Анализ опасных явлений Пермского края по радиолокатору и спутнику. Приведем пример формирования опасных конвективных явлений в Пермском крае в летний сезон 2007 г. В теплый период 2007 г. отмечалась активная конвективная деятельность с опасными конвективными явлениями. Число ОЯ за теплый период составило 10. Случаев шквалистого усиления ветра было 4. Случай выпадения града был единственным. Наибольшее количество ОЯ – 5, относится к дождям. Из 10 наблюдавшихся явлений предусмотрены были 6 с заблаговременностью – от 3 до 48 ч. Локальный характер распределения явлений усложняло прогнозирование конвективных ОЯ.

В мае активизация конвективной деятельности началась после периода холодной погоды в начале месяца. Во второй половине мая в средней тропосфере над зарубежной Европой произошла значительная деформация ВПФЗ к югу и существенное усиление гребня над южными и средними широтами России, с последующим формированием высотного антициклона. К концу месяца, по мере

смещения высотного антициклона к востоку, на погоду региона стала оказывать влияние его западная периферия.

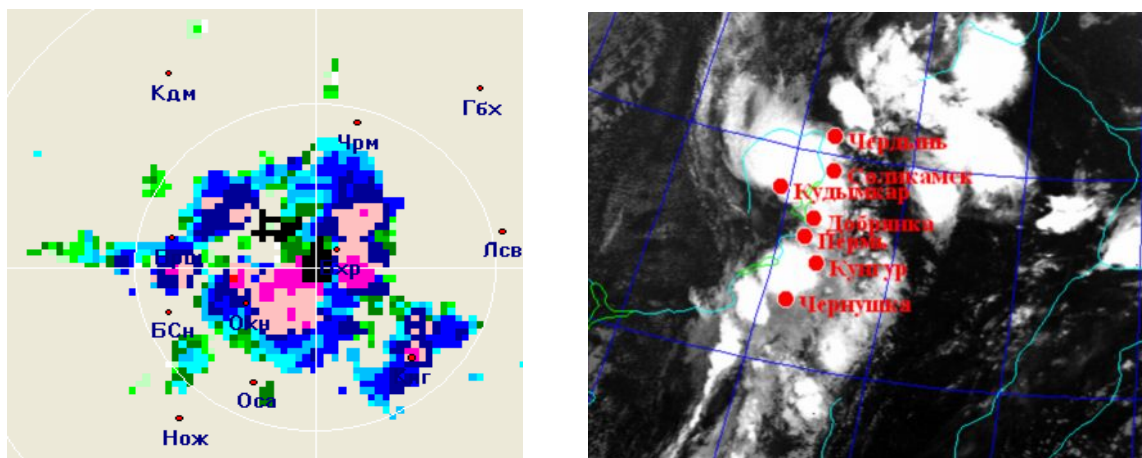


Рис. 1. Данные МРЛ и спутниковый снимок NOAA, 22 мая 2007 г., 09 ч. 54 мин.

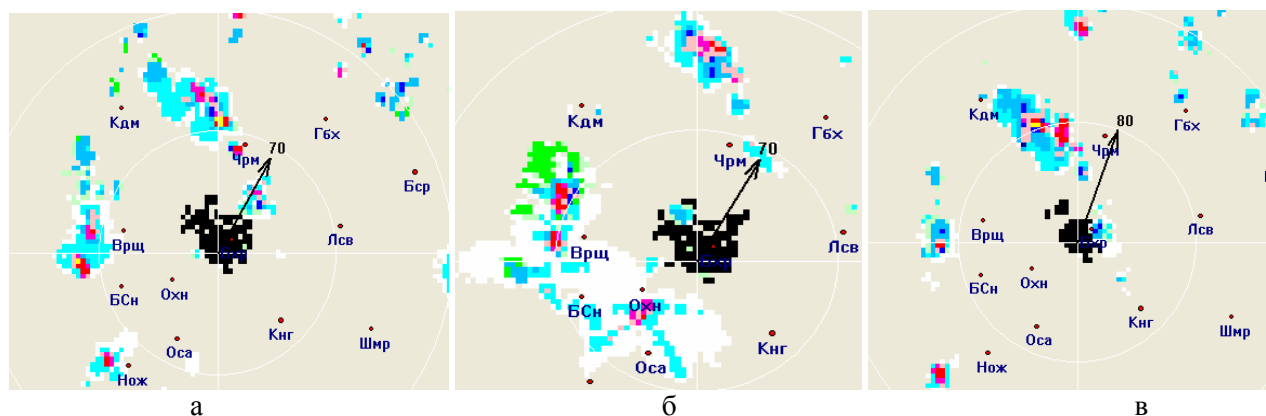


Рис. 2. Карта метеоявлений за 22 мая 2007 г. в срок 09 ч. 49 мин. (а), 10 ч. 15 мин. (б) и 10 ч. 46 мин. (в)

Рассмотрим ситуацию, которая отмечалась 22 мая (рис. 2). На спутниковом снимке в срок 09 ч. 54 мин. в районе Пермского края наблюдается скопление Сб облаков, связанное с холодным фронтом циклона, смещающегося с северо-запада (рис. 1). Горизонтальные размеры облаков в районе Перми составляют 85 км, яркость – 170, что соответствует радиояркостной температуре -43°C , высота нулевой изотермы по данным радиозондирования 2,7 км. В соответствии с выбранными параметрами определяем, что в Перми отмечаются грозы с ливнем, градом или шквалом со скоростью ветра 20-24 м/с с вероятностью осуществления 75%. Определение типа облаков и явлений по остальным станциям представлено в табл. 1.

По наземным данным 22 мая 2007 г. по Пермскому краю отмечались шквалы: МС Б. Соснова с 11 ч. 10 мин. до 11 ч. 25 мин. юго-западный 27 м/с, АМСГ Б. Савино с 11 ч. 18 мин. до 11 ч. 22 мин. южный 17 порывы 30 м/с, МС Бахаревка с 11 ч. 30 мин. до 11 ч. 42 мин. южный 15 порыв 27 м/с, МС Добрянка с 12 ч. 05 мин. до 12 ч. 20 мин. южный 28 м/с, МС Оханск с 11 ч. 09 мин. до 11 ч. 17 мин. юго-западный 27 м/с. Повсеместно отмечались дожди (1–8 мм), грозы (табл. 2). Высотное поле представлено областью пониженного давления с двумя центрами над северо-западными и центральными районами России. Высотная ложбина, ось которой ориентирована с Вологды на Саратов, углубляясь, сместилась на северо-восток со скоростью 4 м/с. Пермский край находится в передней части ложбины с юго-юго-западным направлением ведущего потока, $V=25$ м/с. У поверхности земли прослеживается обширная область пониженного давления с центром севернее Котласа ($P_0=997,5$ гПа). Циклон является высоким, заполняющимся барическим образованием,

смещается со $V=6$ м/с на северо-восток. Теплый фронт системы прошел территорию Пермского края и ориентирован в широтном направлении от центра на Сургут.

Холодный фронт с волнами расположен меридионально и проходит через Гайны восточнее Ижевска на Актюбинск. Контраст в зоне фронта составлял $4^{\circ}\text{C}/100$ км. Холодный фронт проходит по Пермскому краю во второй половине дня по Чердыни, Соликамску на Лысьву и далее на юг. Контраст температуры воздуха в зоне фронта по АТ-850 за 12 МСВ 22.05 составил $8^{\circ}\text{C}/500$ км, отмечаются грозы, ливни. Шквалы развиваются одновременно вдоль линии фронта (рис. 3).

В первой декаде июня над европейской частью России преобладал меридиональный тип циркуляции. В средней тропосфере над Скандинавией располагался обширный антициклон, над Западной Сибирью – многоцентровая депрессия, что обусловило направленность ПВФЗ с севера на юг. Во второй декаде июня ПВФЗ была смещена в высокие широты. Над средними широтами располагалась ее южная периферия. Центры высотных и приземных циклонических образований перемещались вдоль северо-западного и северного побережья материка. В начале третьей декады центры высотных циклонов, вращавшихся в приполярных широтах над Скандинавией и Западной Сибирью, начали перемещаться в юго-восточном направлении.

Таблица 1

Распределение параметров распознавания грозовых, ливневых, градовых и шкваловых облаков по территории Пермского края по информации с МСЗ за 22 мая 2007 г. в срок 09 ч. 54 мин.

Станция	T_p	L , км	H_0 , км	Тип облаков и явлений
Чердынь	-31	170	2,5	Грозы с ливнями без града
Соликамск	-31	200	2,6	Грозы с ливнями без града
Кудымкар	-35	170	2,5	Грозы с ливнями без града
Добрянка	-44	100	2,5	Грозы с ливнем, градом и/или шквалом со скоростью ветра 20-24 м/с
Пермь	-43	85	2,8	Грозы с ливнем, градом и/или шквалом со скоростью ветра 20-24 м/с
Очер	-45	150	2,8	Грозы с ливнем, градом и/или шквалом со скоростью ветра 20-24 м/с
Верещагино	-44	150	2,6	Грозы с ливнем, градом и/или шквалом со скоростью ветра 20-24 м/с
Кунгур	-29	120	2,6	Ливни без гроз
Чернушка	-28	110	2,6	Ливни без гроз
Б. Соснова	-48	130	2,8	Грозы с ливнем, градом и/или шквалом со скоростью ветра 25 м/с и более
Оханск	-49	130	2,8	Грозы с ливнем, градом и/или шквалом со скоростью ветра 25 м/с и более

Таблица 2

Сравнение полученной информации по спутнику с радиолокационной и наземной за 22 мая 2007 г.

Станция	Спутник	МРЛ	Наземные данные
Чердынь	Грозы с ливнями без града	–	Гроза, ливневой дождь
Соликамск	Грозы с ливнями без града	Гроза, ливневой дождь	Дождь
Кудымкар	Грозы с ливнями без града	Ливень слабый	Дождь

Окончание табл. 2

Станция	Спутник	МРЛ	Наземные данные
Добрянка	Грозы с ливнем, градом и/или шквалом со скоростью ветра 20-24 м/с	Гроза, ливневой дождь, шквал	Гроза, ливневой дождь, шквал
Пермь	Грозы с ливнем, градом и/или шквалом со скоростью ветра 20-24 м/с	Гроза, ливневой дождь, шквал	Гроза, ливневой дождь, шквал
Очер	Грозы с ливнем, градом и/или шквалом со скоростью ветра 20-24 м/с	Гроза, ливневой дождь, шквал	Гроза, ливневой дождь, шквал
Верещагино	Грозы с ливнем, градом и/или шквалом со скоростью ветра 20-24 м/с	Гроза, ливневой дождь, шквал	Гроза, ливневой дождь, шквал
Кунгур	Ливни без гроз	Ливневой дождь	Дождь
Чернушка	Ливни без гроз	Ливневой дождь	Дождь
Б. Соснова	Грозы с ливнем, градом и/или шквалом со скоростью ветра 25 м/с и более	Гроза, ливневой дождь, шквал	Гроза, ливневой дождь, шквал
Оханск	Грозы с ливнем, градом и/или шквалом со скоростью ветра 25 м/с и более	Гроза, ливневой дождь, шквал	Гроза, ливневой дождь, шквал

Проанализируем формирование опасных конвективных явлений 22 июня в срок 14 ч. 46 мин. На спутниковом снимке в районе Пермского края наблюдаются кучево-дождевые облака (рис. 4). Горизонтальные размеры облаков в районе Перми – 210 км, яркость – 161, радиояркая температура -39°C , высота нулевой изотермы по данным радиозондирования – 2,5 км. По параметрам определяем, что в Перми отмечаются грозы с ливнем без града с вероятностью осуществления 87% (табл. 3). По радиолокационной информации грозовые очаги отмечаются в 15 ч. 25 мин. (рис. 4).

По данным МС, в Перми очень сильный дождь отмечался 57 мм в течение 2 ч. 12 мин. (начался 12 ч. 40 мин., закончился 14 ч. 52 мин.), гроза (12 ч. 50 мин. до 13 ч. 04 мин., с 19 ч. 05 мин. до 20 ч. 40 мин. На других МС края отмечались грозы и сильные дожди (табл. 4). Днем 22.06 по краю отмечалось усиление ветра до 17 м/с, в Перми до 14 м/с.

Синоптическая ситуация: на поверхности АТ-500 гПа северо-западные районы, центральные и Предуралье в 12 ч. 22.06 находились под влиянием циклона, с центром над районами Петрозаводска ($H_0=542$ дам). В ложбине этого циклона, ось которой ориентирована на Нижний Новгород и на Волгоград, над районами Пензы прослеживается новое барическое образование ($H_0=551$ дам). Пермский край находился в передней части ложбины с направлением ведущего потока 200° со скоростью 20 м/с. У поверхности земли в 12 ч. ЕТР и Урал находились под влиянием глубокого ($P_0=989$ гПа) циклона, сместившегося со скоростью 9 м/с с районов Каспия на районы Северного Казахстана. На волне холодного фронта образовался в 00 ч. 22 июня новый циклон ($P_0=995$ гПа) над районами Татарстана и со скоростью 9 м/с сместился на Пермь ($P_0=992$ гПа). Падение давления составило $-1, -2$ гПа/3 ч, с максимальным значением $-2,2$ гПа/3 ч в Березниках. Очень сильный дождь отмечался в теплом секторе циклона вблизи волнового образования. Таким образом, основную роль в формировании активной конвективной облачности сыграло возникновение на ограниченной территории более интенсивных упорядоченных восходящих движений, благодаря формированию мезовихря в нижней тропосфере, при выраженной циклонической кривизне в ложбине у земли, и в передней части глубокой высотной ложбины в средней тропосфере (рис. 5).

Активные атмосферные процессы с ярко выраженной меридиональностью, которые наблюдались в конце июня, способствовали повторению в последующие летние месяцы синоптических ситуаций, приводивших к возникновению конвективных ОЯ. Усилению активности процессов способствовало формирование над Поволжьем и Предуральем ярко выраженных блокирующих гребней. До конца второй декады июля высотная ложбина постепенно уступила место обширному гребню.

По спутниковому снимку облачности 19 июля в срок 13 ч. 23 мин. над территорией Пермского края наблюдалась кучево-дождевая облачность (рис. 6). Горизонтальные размеры облачности менялись от 145 км в северных районах края до 200 км на юго-востоке края, значение яркости

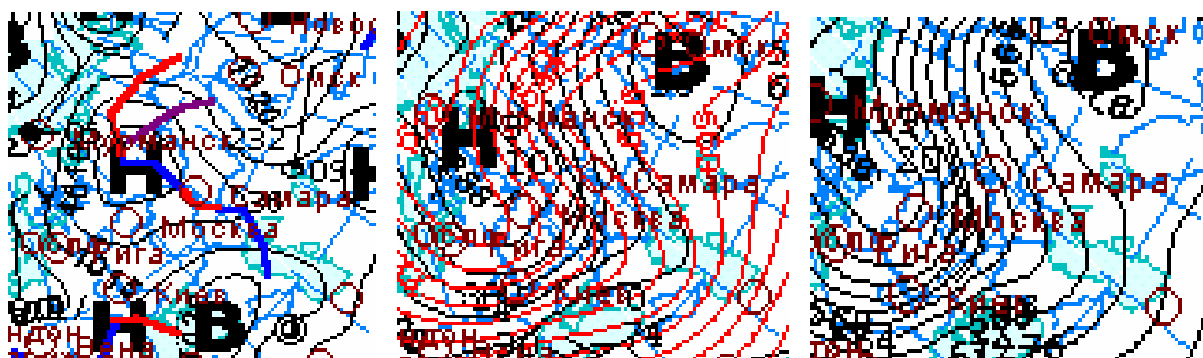


Рис. 3. Высотное барическое АТ-500, АТ-700 и приземное поле 22 мая 2007 г.

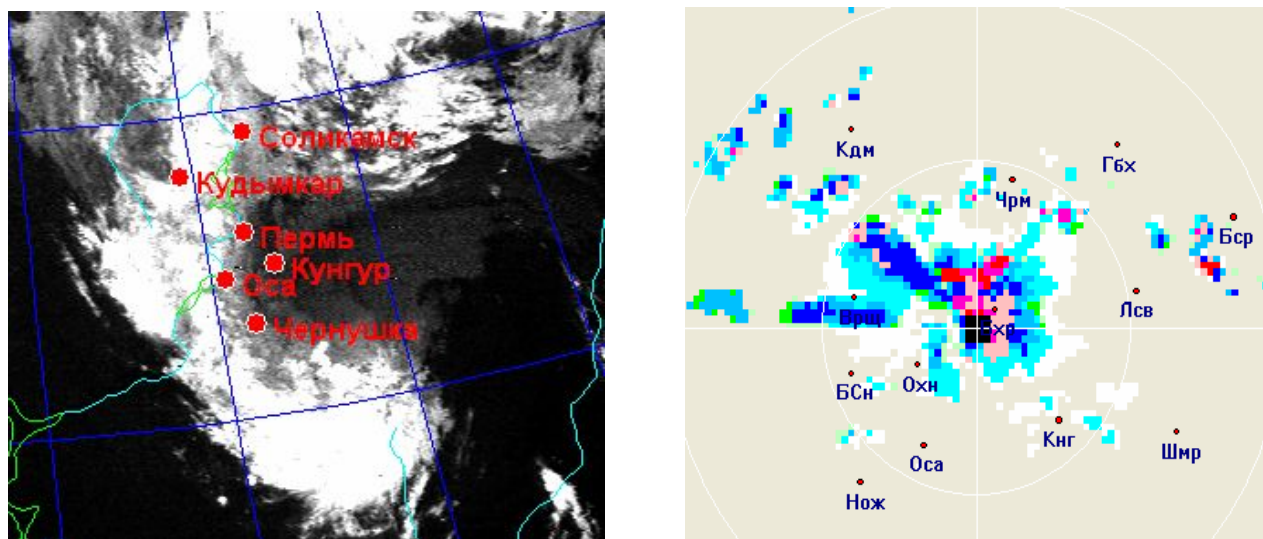


Рис. 4. Спутниковый снимок облачности NOAA 22 июня 2007 г. в срок 14 ч. 46 мин. и карта метеоявлений за 15 ч. 25 мин.

Таблица 3

Распределение параметров распознавания грозовых, ливневых, градовых облаков на территории Пермского края по информации МСЗ за 22 июня 2007 г. и сравнение с радиолокационной и наземной

Станция	T_p	L , км	H_0 , км	Тип облаков и явлений	МРЛ	Наземные данные
Соликамск	-25	180	2,7	Ливни без гроз	–	Дождь
Кудымкар	-27	210	2,5	Ливни без гроз	Ливневой дождь	Ливневой дождь
Пермь	-39	210	2,5	Грозы с ливнями без града	Гроза	Гроза, ливневой дождь
Кунгур	-29	120	2,7	Ливни без гроз	Кучевая облачность	Ливневой дождь
Оса	-32	125	2,5	Грозы с ливнями без града	–	Ливневой дождь
Б. Соснова	-38	145	2,8	Грозы с ливнями без града	Кучевая облачность	Ливневой дождь
Оханск	-37	155	2,5	Грозы с ливнями без града	Кучевая облачность	Ливневой дождь

Таблица 4

Количество осадков по МС за 22 и 23 июня

Станция	Q , мм
Ночь 22.06	
Кунгур	28
Губаха	15
Лысьва	18
Бисер	18
День 22.06	
Добрянка	16
Чернушка	19
Чайковский	15
Ножовка	28
Оханск	40
Верещагино	21
Чермоз	14
Кудымкар	29
Гайны	17
Б. Соснова	24
Оса	48
Кочево	15
Вая	16
Коса	34

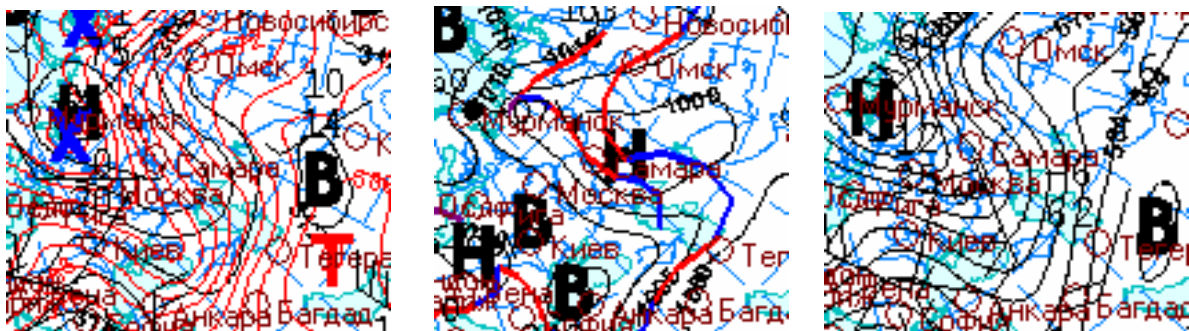


Рис.5. Высотное АТ-500, АТ-700 и приземное барическое поле за 22 июня 2007 г.

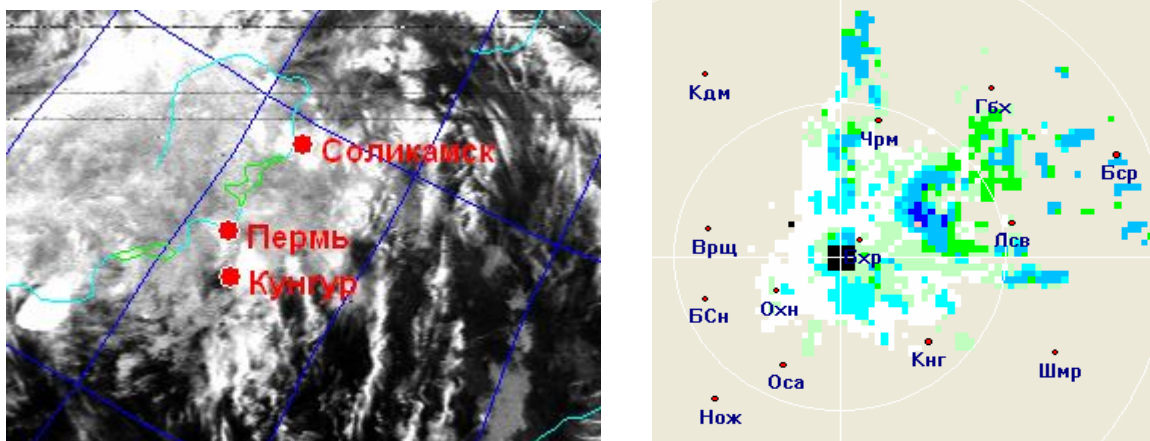


Рис. 6. Спутниковый снимок 19 июля 2007 г. в срок 13 ч. 23 мин. и карта метеоявлений за 13 ч. 12 мин.

облачности по всей территории изменяется в пределах 123–158, что соответствует радиояркой температуре от -24 до -38°C . По данным параметрам определяем, что 19 июля на территории края отмечались преимущественно ливни без гроз с вероятностью возникновения 82 и 96 %, а также местами грозы с ливнями без града с вероятностью возникновения 87 %.

19 июля отмечался продолжительный сильный дождь. По данным МС Бисер, которая является ливнеопасным районом, выпало 32 мм осадков, затем после небольшого перерыва с 11 ч. сильный дождь продолжался, окончился в 13 ч. 40 мин., количество выпавших осадков составило 65 мм. Днем 19 июля грозы отмечались в отдельных районах по северу и местами по востоку Пермского края, при грозах отмечалось усиление ветра до 17 м/с (табл. 5). Продолжительный сильный дождь обусловлен влиянием циклона, образовавшегося на волне холодного фронта в 01 ч. МСВ 17 июля над районами Бугульмы ($P_0=999,7$ гПа).

Циклон смещается в северном направлении со скоростью 6 м/с и быстро становится высоким барическим образованием. В 07 ч. 17 июля он уже прослеживается до высоты 200 гПа, скорость его замедляется, и циклон практически становится малоподвижным. В течение дня 18 июля центр приземного циклона находился над северо-восточными районами Пермского края (в 21 ч. 18 июля над районами Ваи $P_0=997$ гПа), в дальнейшем (19–20 июля) над северо-западными районами Свердловской области. С циклоном связана фронтальная система.

Таблица 5

Количество осадков по МС за 19 июля

Станция	Q , мм
Кунгур	28
Губаха	15
Лысьва	18
Бисер	18
Кочево	26
Добрянка	16
Чернушка	19
Чайковский	15
Ножовка	28
Оханск	40
Верещагино	21
Кудымкар	29
Б. Соснова	24
Оса	48
Коса	34

В течение 19 июля восточные районы Пермского края находились под влиянием холодного фронта. В теплом секторе циклона и на холодном фронте прошли грозы, сильные дожди. Продолжительный сильный дождь в Бисере отмечался в центре медленно смещающегося циклона и связанного с ним холодного фронта (рис. 7).

К началу августа высотный циклон переместился с Балтики на Скандинавию, ВФЗ значительно деформирована благодаря тому, что в средней тропосфере из районов северной Франции произошло ныряние очередной ложбины на юго-восток до Балкан, а затем ее смещение в восточном и северо-восточном направлении на Румынию и Украину.

Проанализируем случай, отмечавшийся 23 августа. По снимку облачности в срок 10 ч. 09 мин. в Пермском крае отмечалась конвективная облачность (рис. 8). Размеры облаков составили 150–205 км, радиояркая температура от -20 до -31°C . Исходя из параметров, диагностируем, что 23 августа на территории края отмечались ливни без гроз с вероятностью возникновения 82 и 96 %.

Количество осадков в Чусовском районе вечером 23 августа составило 44 мм. На других МС Пермского края днем 23 августа осадки отмечались: Вая 14 мм, Бисер 16 мм, Кын 15 мм, Гайны 14 мм, Чердынь 18 мм, Губаха 20 мм. Днем 23.08 отмечались грозы, усиление ветра в Лысьве до 17 м/с, Добрянке до 21 м/с. Максимальная температура воздуха по югу составила $23-29^{\circ}\text{C}$, в Кыне 31°C , по северу $16-22^{\circ}\text{C}$. Синоптическая ситуация: на поверхности АТ-500 гПа в 12 ч. 23 августа территория Пермского края находилась в передней части высотной ложбины циклона ($H_0=519$ дам), с центром

над районами Диксона. Ось ложбины проходила от центра на Салехард, Киров и далее на Ульяновск. Направление ведущего потока составляло 270° , со скоростью 20 м/с. У поверхности земли в 03 ч. 23 сентября над районами республики Коми образовался на волне холодного фронта циклон ($P_0=1015$ гПа) и, углубляясь ($P_0=1011$ гПа), со скоростью 10 м/с сместился на районы Ивделя, с циклоном связана фронтальная система (рис. 9). Холодный фронт ориентирован в 12 ч. 23 августа от центра на Киров и далее на Вологду. Фронт хорошо выражен в температуре воздуха. Контраст температуры воздуха в зоне фронта в районе Перми составил $2^\circ\text{C}/100$ км. Сильный дождь отмечался в теплом секторе с грозой и с прохождением холодного фронта.

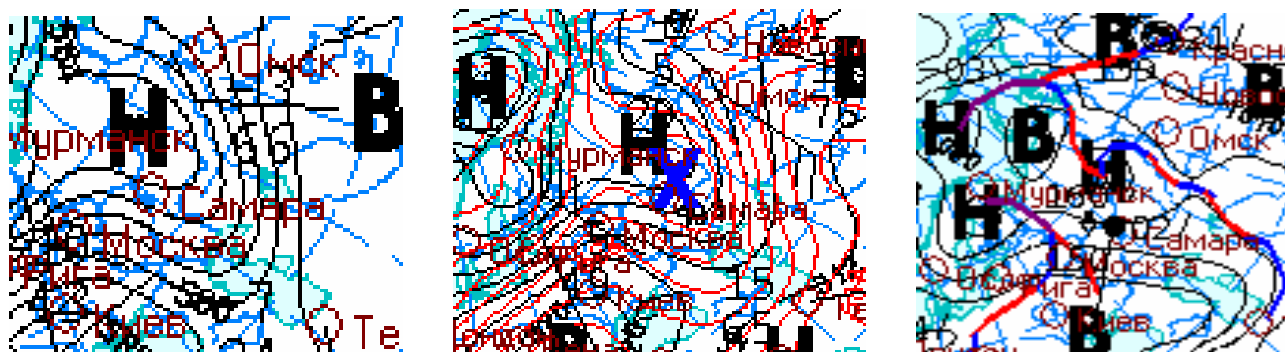


Рис. 7. Высотное АТ-500, АТ-700 и приземное барическое поле 19 июля 2007 г.

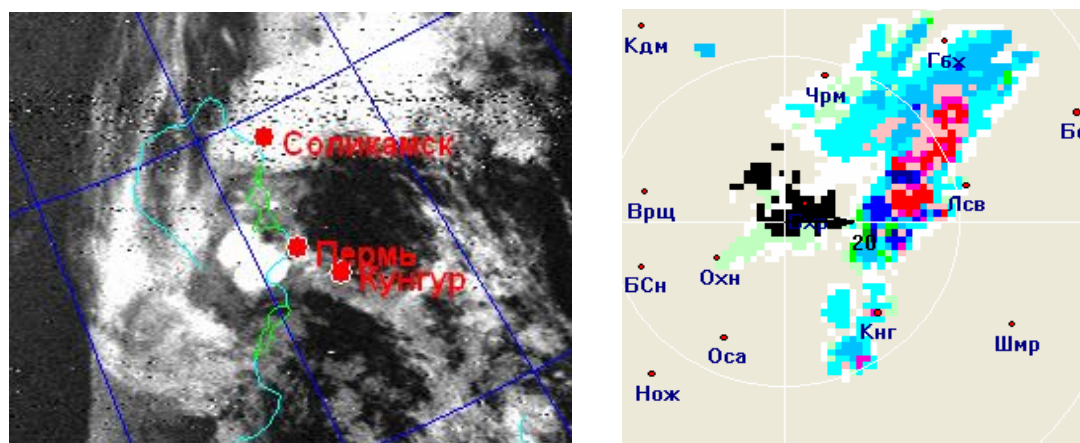


Рис. 8. Спутниковый снимок облачности 23 августа 2007 г. в срок 10 ч. 09 мин. и карта метеоявлений за 23 августа 2007 г. в срок 10 ч. 35 мин.

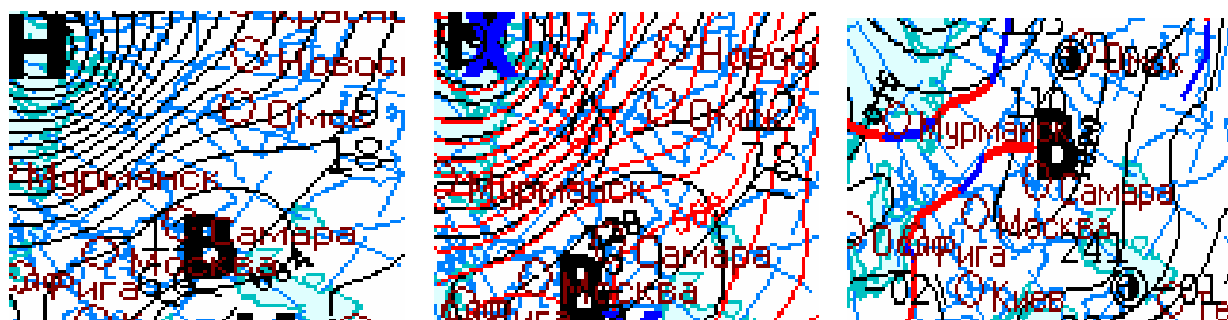


Рис. 9. Высотное поле АТ-500, АТ-700 и приземное барическое поле за 19 июля 2007 г.

Рассмотрим повторяемость ливней, гроз и града в течение года по спутниковым данным (табл. 6). Наибольшая частота явлений погоды отмечается в теплый (май–сентябрь) период года. Максимум

повторяемости всех конвективных явлений приходится на два месяца в году – июнь и июль. Ливневые осадки отмечаются в течение всего года. В годовом ходе ливневых осадков можно отметить два максимума повторяемости: в теплый период наибольшая повторяемость ливней приходится на июль (27% общего годового количества), в холодный – на декабрь (2,5%). Минимальная повторяемость ливней – на октябрь – ноябрь (0,5%), когда осадки носят обложной характер. Шквалы, грозы и град отмечаются в теплый (май – сентябрь) период года, в 1% случаев грозы наблюдаются в апреле. Абсолютный максимум повторяемости этих явлений приходится на самый теплый месяц года – июль (41% для грозы, 40% для шквала и 44% для града). В этом месяце большой вклад в развитие Сб оказывает термическая конвекция, связанная с сильным прогревом подстилающей поверхности.

Таблица 6

Повторяемость опасных явлений погоды (%), связанных с Сб, в зависимости от месяца года по спутниковой информации за период 2000-2012 гг.

Явление	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ливневые осадки	1	1,5	1	2	13	22	27	18	11	0,5	0,5	2,5
Грозы	–	–	–	1	13	25	41	14	6	–	–	–
Шквал	–	–	–	–	8	35	40	10	7	–	–	–
Град	–	–	–	–	5	40	44	9	2	–	–	–

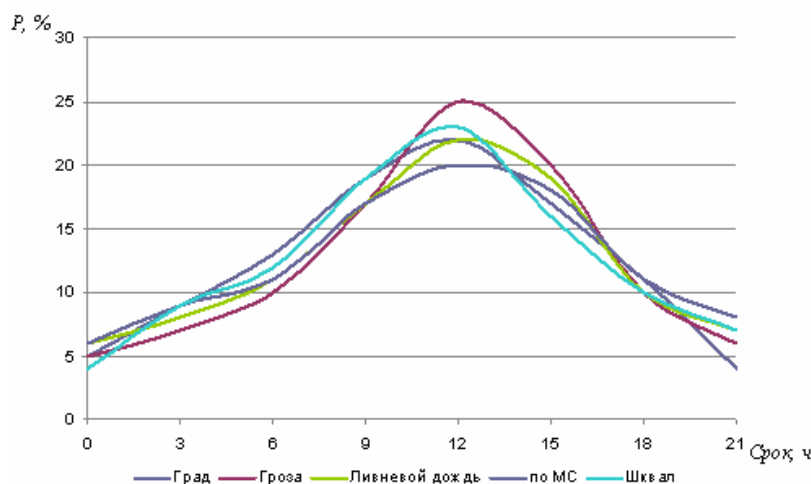


Рис. 10. Повторяемость случаев опасных явлений погоды в зависимости от времени суток

Повторяемость опасных явлений погоды неравномерно распределяется по времени суток. Для конвективных явлений погоды минимальная повторяемость отмечается в ночные и утренние часы в сроки 0–6 и 18–24 ч. (23–39 % случаев), максимум повторяемости ОЯ – в период с 6 до 18 ч. (61–77 % случаев) (рис. 10). Кривая повторяемости ОЯ по информации метеорологических станций имеет тот же характер, что и по спутниковым данным, но более пологий вид.

Возникновению опасных явлений способствуют благоприятные физико-метеорологические условия, которые определяются конкретной синоптической ситуацией. При анализе спутниковой и радиолокационной информации выявлено, что опасные явления связаны с определенными синоптическими ситуациями (табл. 7).

Наибольшая повторяемость опасных явлений отмечается на фронтах – в 61% случаев (холодный фронт, включая вторичный, – 33, теплый – 17, окклюзии – 11% случаев). В 4% случаев ливни и грозы наблюдались в антициклоническом барическом поле. Причина этого – перенос явлений воздушным потоком из области циклона либо формирование явления в мезомасштабной области пониженного давления в антициклоне (такие случаи отнесены к ситуации внутримассовой неустойчивости). Абсолютное большинство отмеченных случаев связано с областями пониженного атмосферного давления. Распределение повторяемости ливней в течение года при различных типах синоптических

ситуаций выглядит следующим образом: на теплом фронте максимальная повторяемость отмечается в июне (31%), на холодном – в июне–июле (26%); минимальная – в зимние месяцы, а на холодном фронте – также в апреле и октябре. Ливни на фронте окклюзии чаще наблюдаются в мае (19%), в летние месяцы и в сентябре их повторяемость 16%, а наименьшая в августе – 13%. При внутримассовой неустойчивости ливневые осадки отмечаются на протяжении всего года с максимальной повторяемостью в июле (29% случаев) и минимальной в зимний период года. В холодный (октябрь – апрель) можно выделить второй максимум повторяемости ливневых осадков. На теплом фронте он приходится на апрель (9% случаев), на холодном – на март (5%), при внутримассовой неустойчивости – на февраль (3%).

Таблица 7

Повторяемость ОЯ при различных синоптических ситуациях за 2000-2012 гг., %

Синоптическая ситуация	Явление			
	Ливневые осадки	Грозы	Шквал	Град
Холодный фронт	28	25	37	20
Теплый фронт	17	28	17	26
Фронт окклюзии	12	11	20	16
Внутримассовая неустойчивость	43	36	26	38

Наибольшая повторяемость гроз на теплом фронте отмечается в июне (30%), на холодном фронте и при внутримассовой неустойчивости – в июле (34 и 53% соответственно), на фронте окклюзии – в мае (31%). При этом, на теплом фронте, грозы наблюдаются в апреле (4% случаев), а на холодном фронте в – октябре (7%), тогда как в целом в течение года они зафиксированы в период с мая по сентябрь. Град на теплом фронте в 18% случаев отмечался в мае и в 82% случаев в июне – июле. На холодном фронте 50% случаев выпадения града приходится на июнь, в июле число случаев сокращается до 15%, к августу повышается до 35%. На фронте окклюзии град одинаково часто отмечается в мае и июне. При внутримассовой неустойчивости 80% случаев града зарегистрированы в июле, и лишь по 10% случаев – в июне и сентябре. Шквал на теплом фронте в 75% случаев отмечался в июне – июле и в 25% – в мае, а на холодном фронте 53% случаев приходится на июнь, в июле число случаев составляет 20%, в августе – 23%.

Выявленные особенности распределения спутниковых и радиолокационных характеристик конвективной облачности важны для прогноза опасных явлений над конкретными пунктами региона и определения тенденций развития как всего поля облачности, так и над конкретными территориями. Учет особенностей движения Сб при их развитии и распаде позволяет более точно прогнозировать их движение, а продолжительность существования конвективной облачности над конкретными участками — время начала и окончания опасных явлений. Учет зависимости характеристик конвективной облачности от синоптического положения и времени суток дает надежные прогнозы развития Сб и связанных с ними опасных явлений погоды в Пермском крае.

Библиографический список

1. Калинин Н.А., Толмачева Н.И. Комплексное использование дистанционных средств наземного и космического базирования для анализа условий погоды: монография. Пермь, 2003. 260 с.
2. Литвинов И.В. Непреднамеренное влияние крупных городов и промышленных центров на осадки // Метеорология и гидрология. 1982. № 3. С. 111–119.
3. Толмачева Н.И. Дистанционные методы исследования мезометеорологических процессов: учеб. пособие. Пермь, 2010. 200 с.
4. Толмачева Н.И. Космические методы исследования в метеорологии. Интерпретация спутниковых изображений: учеб. пособие. Пермь, 2012. 208 с.
5. Толмачева Н.И. Исследование динамики конвективной облачности по радиолокационной информации // Географический вестник Пермского государственного национального исследовательского университета. 2010. №4(15). С. 63–68.

6. Толмачева Н.И. Радиолокационное исследование развития облачности над мегаполисом // Географический вестник Пермского государственного национального исследовательского университета. 2012. №1 (20). С. 81–90.

N.I. Tolmacheva

**RESEARCH OF INFLUENCE OF INDUSTRIAL CENTRES ON DEVELOPMENT OF
OVERCAST AND THE DANGEROUS PHENOMENA**

Temporary changes of characteristics of overcast and the dangerous phenomena over industrial centres and rural areas in the territory of Perm Krai are considered. On an example of Perm possibility of use of the information of satellite and radar for studying of features of development of convective clouds is shown. The revealed dependences of convective overcast on synoptic position and time of days will give forecasts of development Cb and the dangerous phenomena of weather connected with them.

Key words: satellite; meteorological radar; restoration; cloudy cells; meteorological parameters; convective overcast.

Natalia I. Tolmacheva, Candidate of Geography, Associate Professor of of Department of Meteorology and Protection of the Atmosphere, Perm State University; 15 Bukireva, Perm, 614990, Russia; e-mail: nitolmacheva@yandex.ru