

ОБРАЗОВАНИЕ МАЛЫХ ВИХРЕЙ В ВЕРХНЕЙ ТРОПОСФЕРЕ И БЛОКИРУЮЩИЕ СИТУАЦИИ

А.Э. Похил, И.А. Горлач

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации
aepokhil @yandex.ru., ia_gorlach@mail.ru*

Введение

Авторы обнаружили несколько случаев появления цепочек необычных «малых» вихревых образований на границе между близко расположенными и малоподвижными большими вихрями (циклонами – антициклонами). Источником информации служили спутниковые снимки полей водяного пара (ВП) с ИСЗ METEOSAT-5,8,9. Спектральный канал в диапазоне излучения водяного пара WV6.3мкм, WV6.2мкм. Пространственное разрешение в канале излучения водяного пара от 3 км на экваторе до 5–11 км в умеренных и северных широтах, временное разрешение от 3 ч в 1998 г. до 15 мин в 2006 году и позже.

Появление таких небольших вихрей водяного пара, почти меридионально вытянутых в цепочку, отмечено и другими авторами. Дистанционные измерения с геостационарных ИСЗ над США и над Европейской территорией позволили выявить такие структуры. Примером могут служить вихри, имевшие место 17–18 апреля 1999 г. к востоку от Скалистых гор штатов Колорадо и Небраска [10]. Изредка такие образования наблюдались над атлантическим побережьем Европы вдоль побережья Испании и Франции. Один из случаев имел место 24 ноября 2014 г., как это видно было из оперативной базы спутников, обновлявшейся каждые 0,25 ч. Причем мезовихри не всегда вытянуты меридионально: например, 7 февраля 2015 г. цепочка вихрей располагалась зонально (вдоль 45 параллели с.ш.) вблизи северных берегов Средиземного моря.

Анализ последовательных снимков в диапазоне излучения водяного пара (6,2 мкм) с пространственным (3–12 км) и временным (15 мин – 3 ч) разрешением и сопоставление с синоптическими картами позволили выявить условия образования цепочек вихрей и эволюцию структур мезомасштабных вихрей.

Описание структуры вихрей пара и исследуемые ситуации

Для понимания процессов динамики вихревых образований, которые исследуются в данной работе, приведем краткую характеристику яркостной структуры вихрей пара на снимках ВП.

Водяной пар в столбе атмосферы на высотах ~600–300 гПа не является прозрачным для измерений используемого диапазона волн. Излучение радиации в слое ниже 600гПа полностью поглощается слоем водяного пара, расположенном выше. Таким образом, водяной пар, содержащийся в верхней трети слоя тропосферы, часто называют излучающим слоем. Различные оттенки серого цвета на изображениях, основанных на измерениях радиояркостной температуры, соответствуют различным величинам содержания водяного пара в слое 600–300 гПа. Благодаря небольшому удельному весу водяной пар переносится атмосферными движениями, и его можно считать трассером вертикальных атмосферных движений. Ярко-белые тона соответствуют как высоким значениям влагосодержания, так и восходящим вертикальным движениям. Темные тона соответствуют сухой тропосфере и одновременно нисходящим вертикальным движениям. Границы между светлыми (влажными) и темными (сухими) районами характеризуют особенности распределения основных потоков синоптического масштаба в верхней трети тропосферы [8].

Авторов заинтересовали три случая наиболее четко выраженных цепочек малых вихрей (более трех), наблюдавшихся над восточной Атлантикой, западной и восточной Европой 11 мая 1998 г., 15 января 2006 г. и 17–19 июня 2010 года.

При анализе последовательных по времени снимков наблюдающаяся эволюция границ потоков свидетельствует о развитии динамических процессов. На снимках водяного пара хорошо выделяются темные узкие полосы на границах различных воздушных

масс, вихри мощных циклонов и антициклонов и малые вихри, деформирующиеся воздушными потоками разных направлений. Малые вихри в ежедневном мониторинге заметны не всегда. Как правило, время их существования может быть ограничено и не превышать 1–10 ч. В выбранных случаях они существовали более 12 ч, а в одном из примеров – 17–19 июля 2010 г. – вихри наблюдались более 2-х суток.

Характерные синоптические ситуации

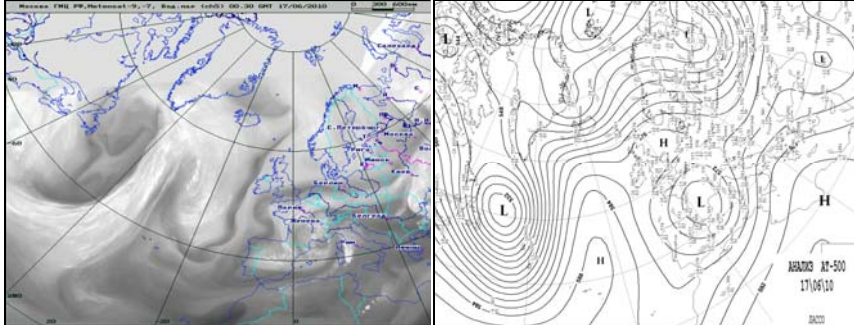
Рассмотрим синоптические ситуации и причины образования мезовихрей водяного пара. Покажем, что имеет место связь наблюдаемых структур с динамикой образований синоптического масштаба.

Предшествующие модельные расчеты показали, что появление малых вихрей явилось следствием взаимодействия пары обширных мощных синоптических образований [5, 9].

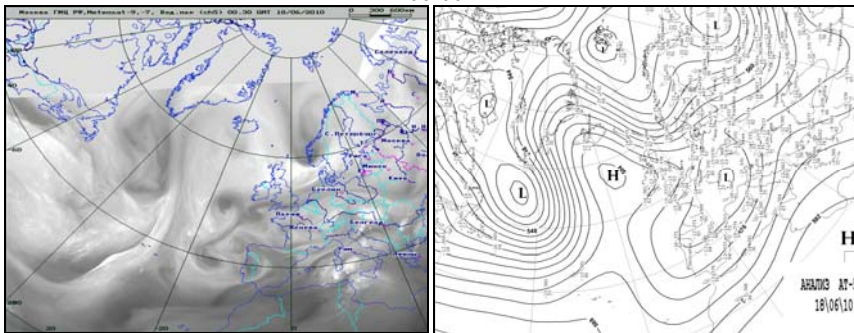
На рис. 1 представлены моменты, наиболее ярко описывающие процесс возникновения и исчезновения малых вихрей.

В 2010 г. на северо-востоке Атлантического океана (7–10° з.д.) вблизи побережий Португалии, Испании, Франции, Ирландии с 17 июня 10 ч 30 мин по 19 июня 18 ч 30 мин ВСВ наблюдалась вытянутая с юга на север цепочка циклонических вихрей водяного пара. Средний диаметр наблюдаемых вихрей составлял 300–500 км (рис. 1). На рис. 1 а справа также показана динамика полей приземного давления и фронтальных зон.

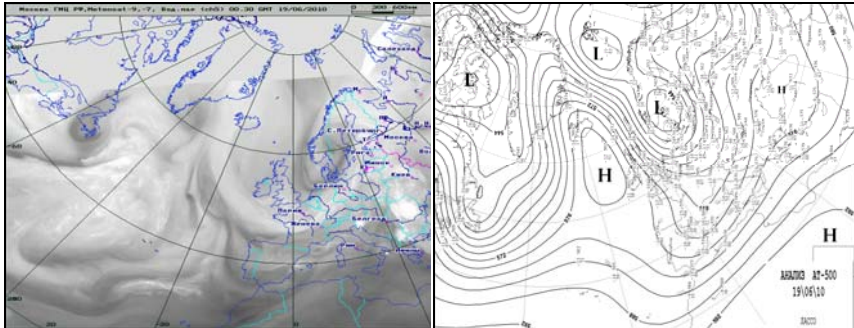
Синоптическая ситуация, сложившаяся 17–19 июля 2010 г., выглядела следующим образом. С востока от цепочки появившихся вихрей располагался мощный обширный антициклон (АЦ). Он был очень высоким и хорошо заметен в виде гребня даже на поверхности 100 гПа. Это был блокирующий АЦ. С запада в северной части Атлантического океана на широте Ньюфаундленда развивался сильный шторм, имевший 17 июня 2 центра, с давлением в центре 990 и 986 гПа. 18 июня эти центры объединились в один, и объединенный центр практически не перемещался. Когда шторм начал быстро смещаться к западной части Европы, мезовихри исчезли.



17-06-00 ч

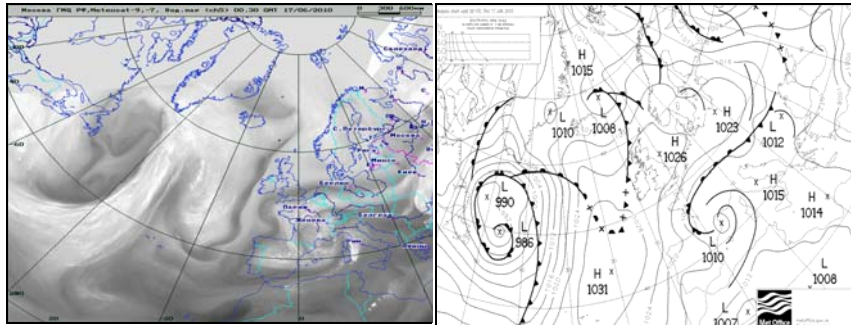


18-06-00 ч

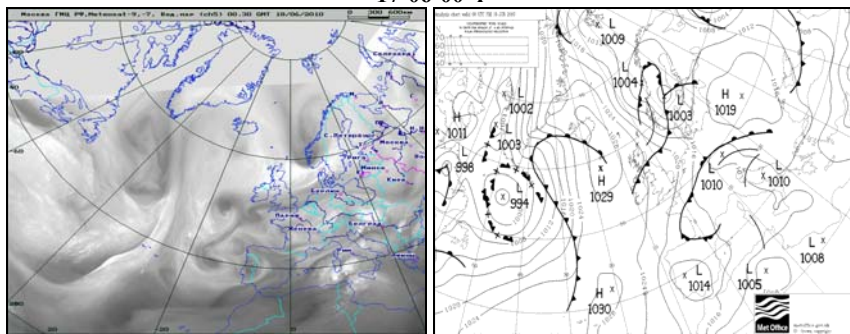


19-06-00 ч

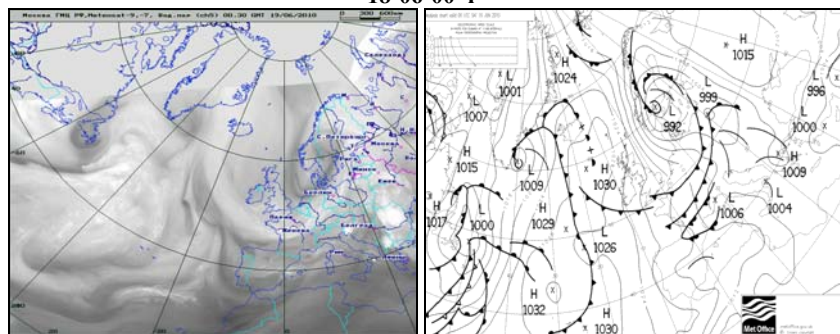
1а)



17-06-00 ч



18-06-00 ч



19-06-00 ч

16)

Рис. 1. Спутниковые снимки полей суммарного водяного пара (уровни 600–300 гПа), МЕТЕОСАТ-9 (слева); геопотенциала H500 (а); приземного давления (гПа) (б) (справа). Сроки наблюдений от 21 ч 30 мин 17 июня по 18 ч 30 мин 19 июня 2010 г.

На рис. 1 б показана динамика полей давления в средней тропосфере на изобарической поверхности 500 гПа, Хорошо видно, как формируется гребень в рассматриваемом нами районе. Геопотенциал H500 17 июня 2010 г. в 00 ч достиг значения 532 гПа. Такое низкое значение геопотенциала H500 наблюдается крайне редко в рассматриваемых широтах. Наиболее ярко зона возникновения «малых» вихрей (на AT500) видна в области градиентов давления на приземных картах. Здесь, видимо, дополнительно идет углубление ложбины с севера, и деформационный поток нарушает меридиональное блокирование.

Итак, мы видим два обширных мощных малоподвижных образования, между которыми справа от гребня, в зоне градиентов геопотенциала, образовались малые вихри.

Авторам удалось повторить на модели [4, 5] динамику поведения группы трех вихрей (рис. 2). На рис. 2 представлены также траектории центров рассматриваемых вихрей. Поведение нескольких взаимодействующих вихрей будет рассмотрено в следующей публикации.

В 2006 г. 15 января с 3 ч 15 мин по 17 ч 00 мин ВСВ также наблюдалось несколько малых вихрей. Цепочка вихрей образовалась над западной Европой и протянулась с северо-запада Средиземного моря до Северного моря (между Великобританией и юго-западом Норвегии). На рис. 3 представлены спутниковые снимки полей суммарного водяного пара (уровни 600–300 гПа) с ИСЗ МЕТEOSAT-8 и поля приземного давления (гПа) в сроки 06, 12, 18 ч 15 января 2006 г. Хорошо видно поведение цепочки вихрей и эволюция полей геопотенциала на уровне 500 гПа над Северной Атлантикой.

В этом случае малые вихри располагались несколько восточнее, чем в случае, описанном выше: вдоль меридианов 3–5° в.д. Формируясь и становясь более яркими и четкими, вихри «плыли» с юга на север по меридиану к Норвегии, практически не смещаясь на восток. Северная часть вихревой цепочки, формируясь и становясь более яркой и четкой, «плыла» с юга на север по меридиану к Норвегии. Южная часть этой вихревой полосы несколько вытягивалась к югу. Таким образом, область расположения полосы вихрей сужалась и растягивалась.

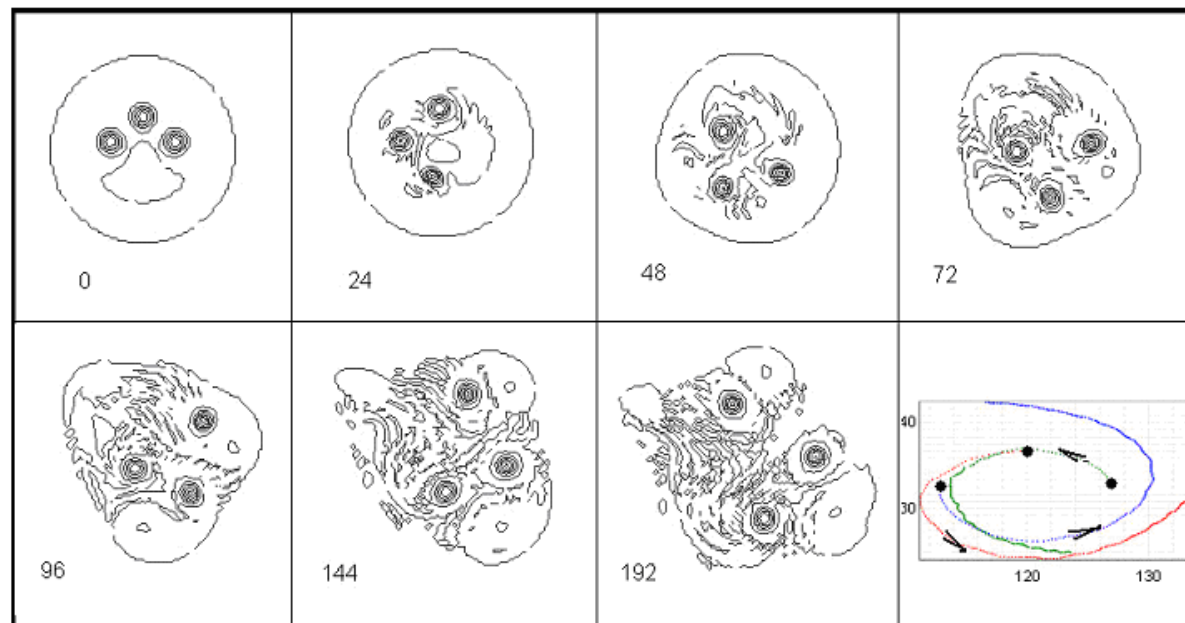


Рис. 2. Динамика группы из трех вихрей и траектории перемещения центров вихрей. Расчеты, выполненные на модели [4, 5]. Цифрами показано время интегрирования (ч).

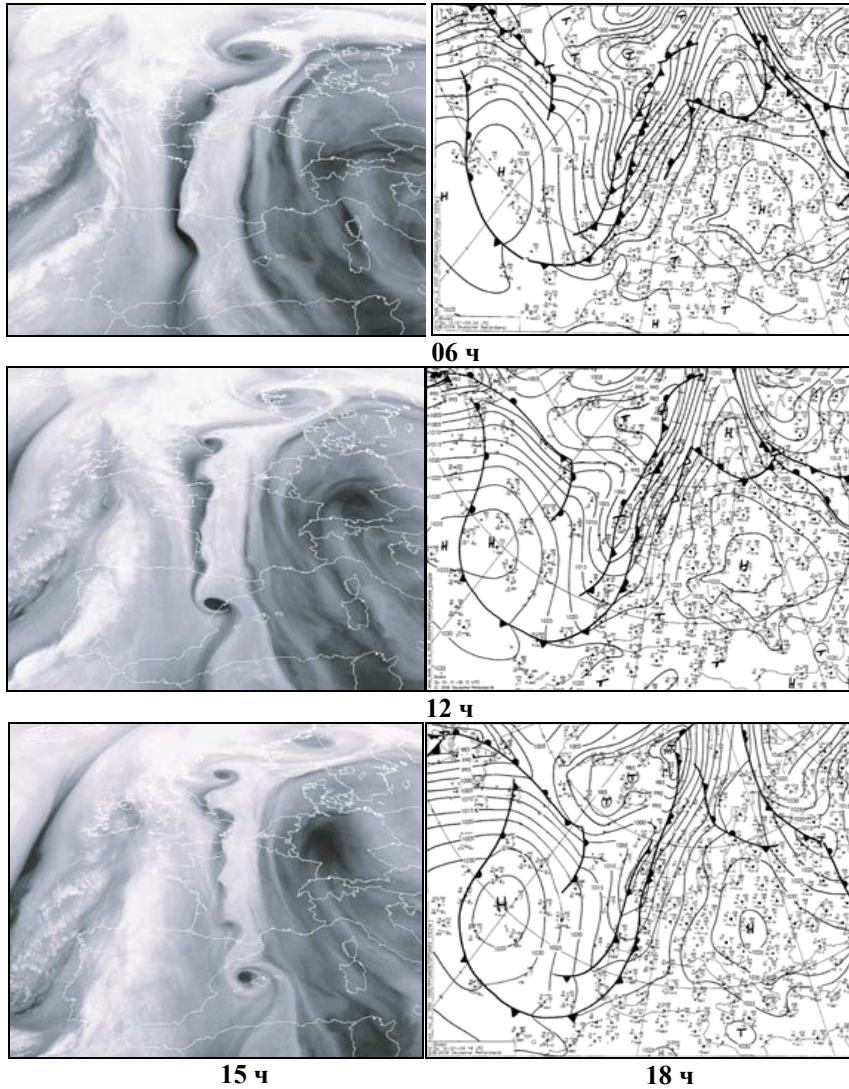


Рис. 3. Спутниковые снимки полей суммарного водяного пара (в слое 600–300 гПа) МЕТЕОСАТ-8 (слева); полей приземного давления (гПа) (справа) 15 января 2006 г.

Справа от вихревой цепочки над территорией Швейцарии наблюдается область (порядка 50 км в диаметре) холодного стратосферного вторжения (темная пятно) в блокирующем антициклоне. Через 6 часа эта область расширилась примерно в 2,5 раза и сместилась к северу на юго-восток Германии, еще через 3 часа она еще расширилась и сместилась уже к северо-западу Германии (рис. 3). Слева от полосы вихревой цепочки наблюдалась ложбина, ориентированная с севера на юг, сужающаяся и вытягивающаяся к югу.

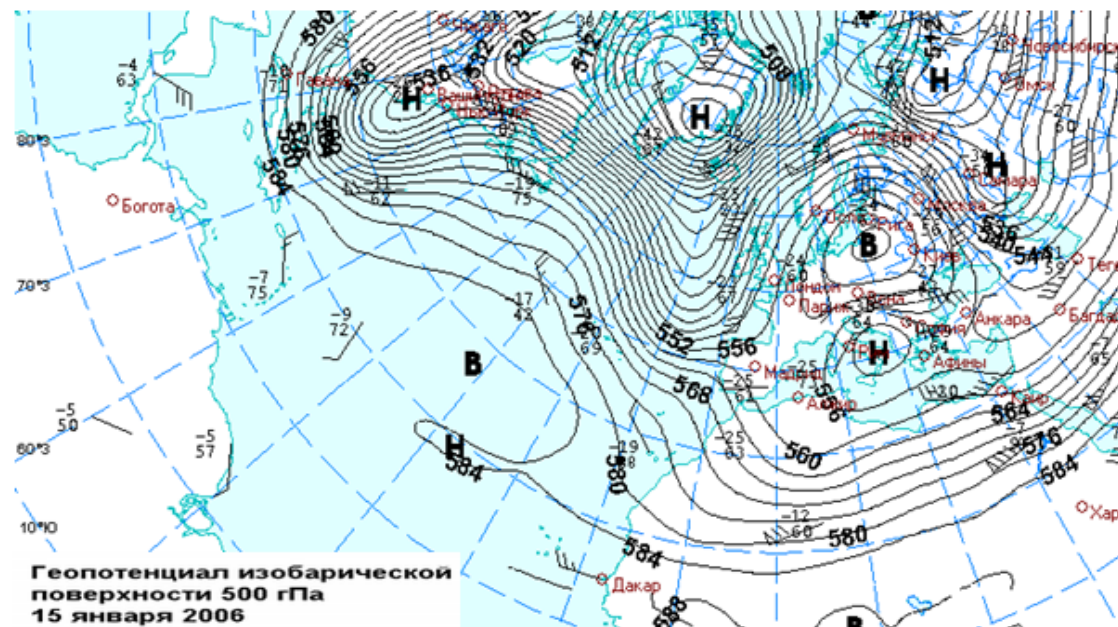
Итак, мы видим два обширных мощных образования (Ц и АЦ) медленно перемещающихся навстречу друг другу, между которыми справа от гребня в зоне градиентов геопотенциала, сформировались «малые» вихри.

Появление этих вихрей также произошло на границе между обширнейшими синоптическими образованиями (Ц, АЦ). Восточнее полосы вихрей, над центральной Европой, располагался почти неподвижный антициклон. Это образование противодействовало перемещению вихрей на восток. С запада находился обширный циклон, поджимающий ложбину (рис. 4). Первоначально центр циклона находился между Исландией и юго-востоком Гренландии.

К этому времени Северная Атлантика (акватория вдоль меридианов $5-25^{\circ}$ з.д.) была захвачена мощными развивающимися штормовыми зонами, в центре которых давление упало до 972 гПа.

Главной особенностью поля геопотенциала на АТ500 (рис. 4), как и в первом случае, явилось наличие мощного гребня, ориентированного от центральной Атлантики на северо-восток через Скандинавию на Баренцево море, здесь отмечались наибольшие положительные аномалии давления (до 24 гПа) [3].

Два больших вихревых образования (циклон и антициклон), двигаясь навстречу друг другу (что наблюдается крайне редко), деформировали и сужали пространство, занимаемое и ложбиной, и гребнем (рис. 4). Именно вдоль гребня и формировалась цепочка вихрей, «плывущих» на север. Самый северный из вихрей цепочки, достигнув Норвегии, начал обходить восточный антициклон по часовой стрелке. С этим процессом, по-видимому, связан «блок холода», захвативший громадную территорию России (рис. 5).



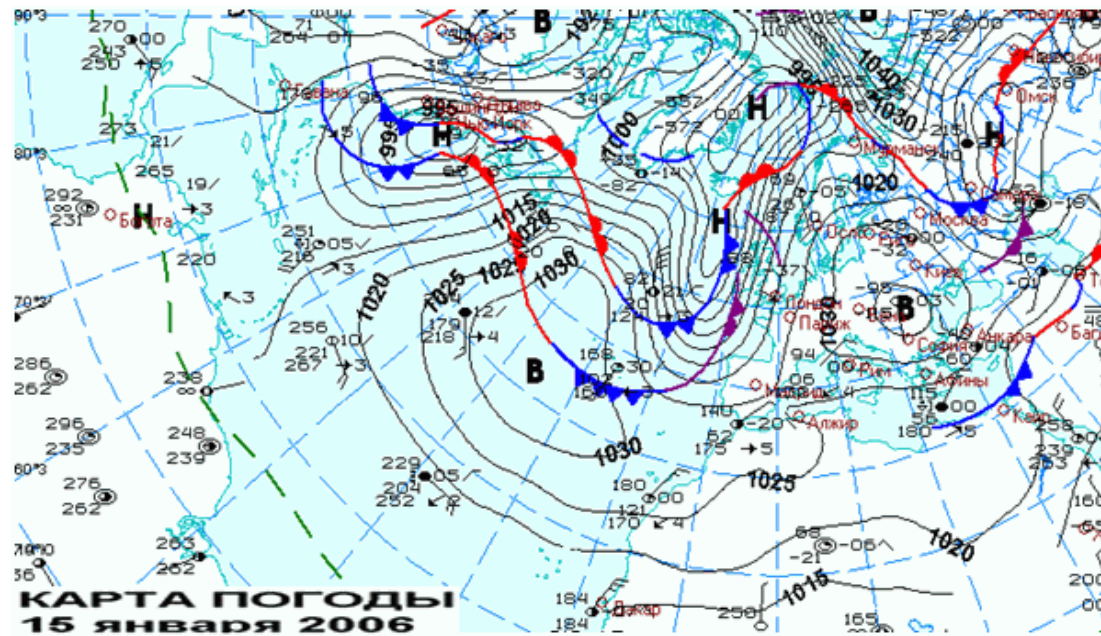


Рис. 4. Поля геопотенциала H500 (вверху) и приземного давления (гПа) (внизу) для 00 ч ВСВ 15 января 2006 г.

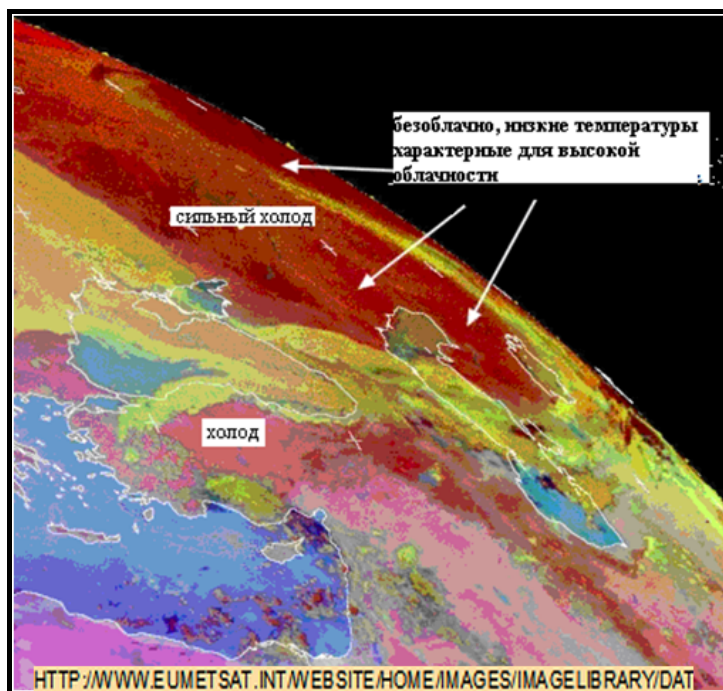


Рис. 5. Блок холода на территории Европы, Западной Сибири 15 января 2006 г. [3].

Данный блок можно отнести к типу «омегаобразного», поскольку имеет место отсечение антициклона ложбинами и опускающимися с севера циклонами. Происходит уменьшение площади, занимаемой периферией АЦ со стороны ложбин. Мощный заток арктического воздуха с полюса вдоль периферии ложбин и циклона и усиление АЦ привели к охлаждению воздуха и у поверхности Земли, а зимой к аномальным морозам на обширных территориях европейской части и Западной Сибири. На снимке ИСЗ МЕТЕОСАТ-8 в диапазоне излучения 10,8 мкм (ИК диапазон – окно прозрачности атмосферы) в цветном режиме хорошо видна территория европейской части с очень низкими температурами (обозначено красным цветом), ниже -38°C . Такие температуры характерны для верхней границы облачности на высотах более 3 км зимой.

В данном случае видна ровная текстура снимка, свойственная равнинной части поверхности Земли. Сплошное без разрывов окрашивание ярко красным цветом свидетельствует о ясной аномально холодной погоде на обширной территории.

Итак, в этой ситуации так же, как и в первом случае, имеют место два больших малоподвижных вихря, между которыми образуется цепочка малых вихрей.

Третий из рассматриваемых случаев наблюдался ранее в мае 1998 г. (METEOSAT-5). Цепочка вихрей в этом случае образовалась вдоль 45–50° в.д. 11 мая с 03 ч по 09 ч ВСВ., Развиваясь над Западным Предуральем, она практически не смещалась на восток. Вихри образовались в зоне сгущения изобар между двух малоподвижных областей: с запада – обширный антициклон, покрывающий всю центральную и восточную Европу, а с востока, не менее мощный и обширный циклон (рис. 6, 7). Этот тип блока скорее относится к типу, который называется «расщепленный поток» (диполь).

Одновременно в северной Атлантике на юго-востоке от Гренландии развивалась зона мощного шторма с давлением в центре 994 гПа. Спутниковые снимки полей суммарного водяного пара на 03, 06, 09 ч и поле АТ500 на 00 ч 11 мая 1998 г. представлены на (рис. 6). Соответствующие карты полей приземного давления на эти сроки показаны на рис. 7.

Всем описываемым ситуациям сопутствовало наличие высотного гребня, вытянутого примерно в меридиональном направлении – это тип блокирования западного переноса. Известно, что блок создает макромасштабное нарушение зонального переноса и отклоняет траектории подвижных циклонов (Ц) и антициклонов (АЦ) от зонального (западно-восточного). В Северном полушарии максимум повторения блокирования наблюдается над восточной Атлантикой и Европой.

Сопутствующие случаи блокирования

Такие крупномасштабные процессы в атмосфере, как блокирование, являются одной из причин крупных аномалий погоды в пределах от недели до сезона.

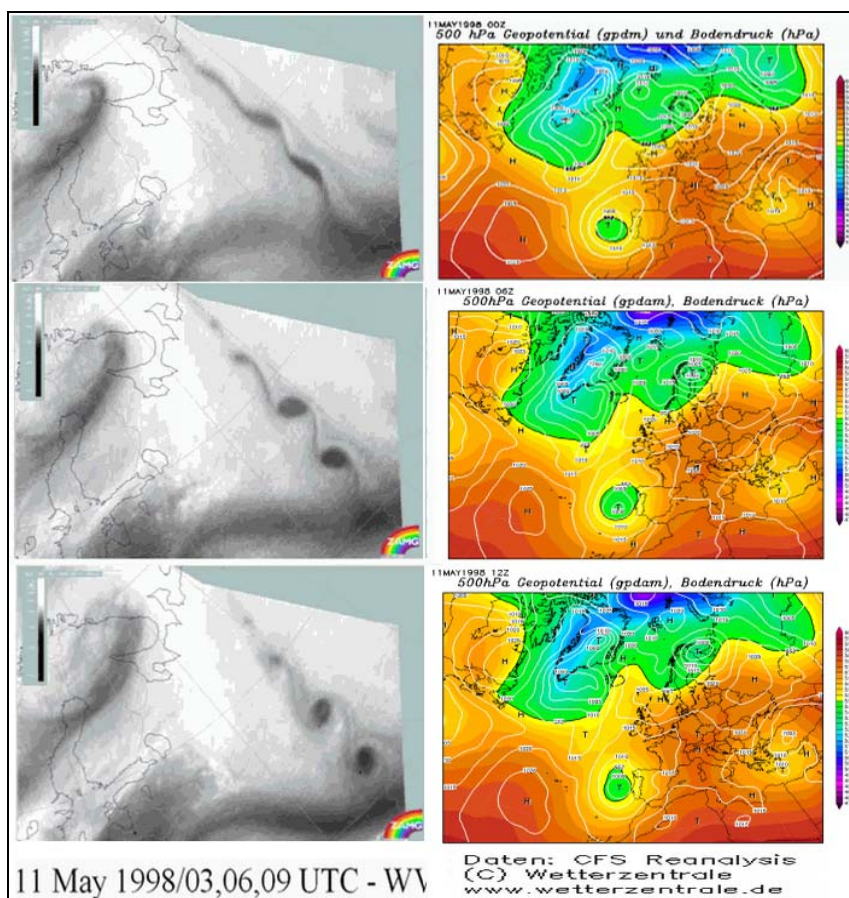


Рис. 6. Спутниковые снимки полей суммарного водяного пара (слой 600–300 гПа) МЕТЕОСАТ-5 (слева), и карты приземного давления, геопотенциала на АТ500 по данным реанализа NCEP (справа) 11 мая 1998 г.

В частности, в первом из рассматриваемых случаев 2010 г. блокирующий антициклон установился над европейской частью России и Поволжьем в третьей декаде июня. Наличием блокирующего антициклона экстремальной продолжительности и интенсивности было обусловлено аномально жаркое и сухое лето (такой

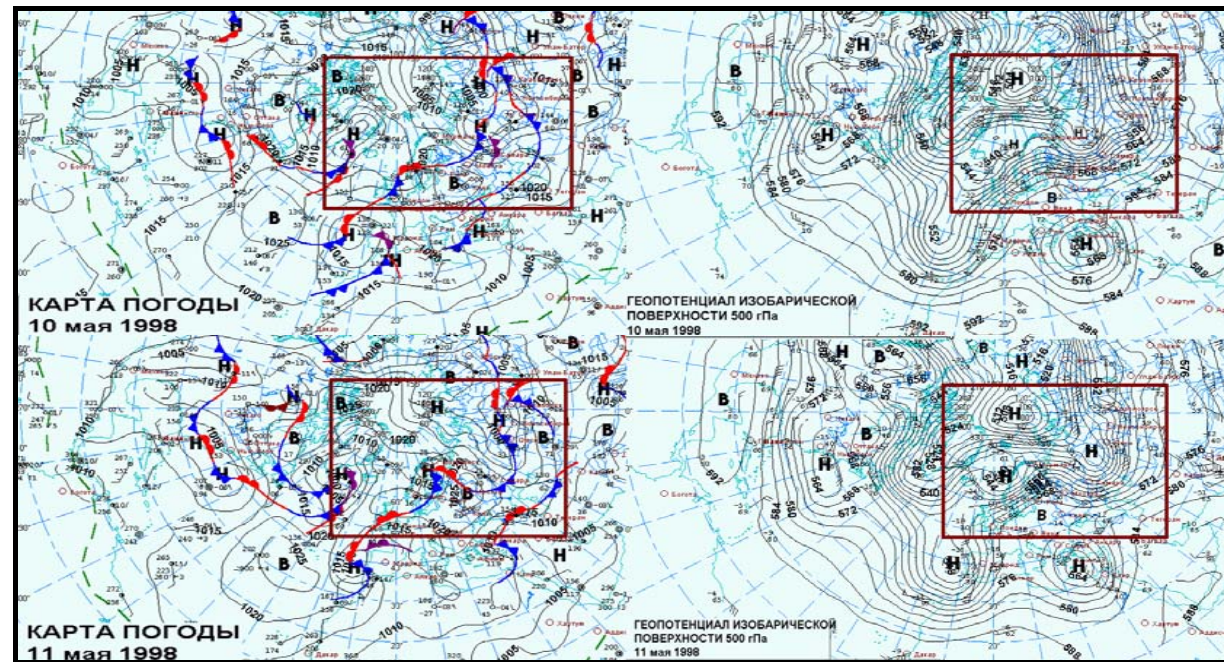


Рис. 7. Синоптические карты приземного анализа и геопотенциала на АТ500 10–11 мая 1998 г., 00 ч ВСВ.

долгоживущий эпизод – 55 дней – встречается чрезвычайно редко) [6, 7]. Блок вызвал массу неожиданных и опасных явлений. Например, в Европе, на юге России, в Челябинской и Курганской областях с 16–17 июня температура воздуха достигала 35–37 °С; в других районах имели место ливневые дожди с грозой (54 мм за 3 ч 50 мин) и градом, шквалистые усиления ветра до 18–20 м/с. В то же время ночью 16 июня в Петровск-Забайкальском, Хилокском районах Забайкальского края местами отмечались заморозки в воздухе и на поверхности почвы до –2 °С [2].

В ситуации 2006 г., как уже говорилось выше, над Гренландией наблюдалась большая область низкого давления (940 гПа). Над Европой имело место огромная область стабильно высокого давления (рис. 4, 5). Сложившиеся особенности атмосферной циркуляции способствовали проникновению теплого атлантического воздуха в Арктику, а холодный арктический воздух при этом вытеснялся на территорию Евразии. Это способствовало особенно сильным морозам на территории Западной Сибири и Красноярского края [3]. На снимках со спутника (см. рис. 5) хорошо видны области распространения холодных воздушных масс, являвшихся следствием блокирующей системы, имевшей место в 2006 г. Третий из рассматриваемых случаев в мае 1998 г., по-видимому, можно отнести к третьему типу блокирования западного переноса: расщепленный поток (диполь). С двух сторон гребня имели место две малоподвижные области низкого давления: огромная область шторма с давлением в центре 994 гПа на юго-востоке от Гренландии, второе образование – над центральной Европой. Цепочка вихрей в этом случае образовалась вдоль 45–50° в.д. в зоне между двух областей низкого давления в зоне сгущения изобар.

При этом на территории России наблюдалось 14 стихийных гидрометеорологических явлений (СГЯ) и резких изменений погоды [1]. Существенный ущерб хозяйству России нанесли заморозки, начавшиеся 11 мая в Среднем Поволжье, в Ленинградской и Новгородской областях. Имели место сильные ветры. Например, 11 мая северо-восточный ветер (бора) в Цемесской бухте (Новороссийск) достиг 36 м/с, были повалены деревья, повреждена ЛЭП, снесло ряд крыш. 14–18 мая вторжение холодного арктического

воздуха на Тюменскую и Омскую области привело к установлению холодной зимней погоды с выпадением снега, метелями и ветрами. Был перекрыт исторический минимум абсолютных значений температур за весь период метеонаблюдений [1].

Заключение

Сопоставление и анализ последовательных снимков в диапазоне излучения водяного пара (6,2 мкм) позволил выявить особенности эволюции структур мезомасштабных и крупномасштабных вихрей. Исследована эволюция «малых» вихрей в трех представленных случаях. Представлены моменты, наиболее ярко описывающие процесс возникновения и исчезновения малых вихрей.

Воспроизведена на численной модели динамика поведения группы трех вихрей, подобная поведению реальных вихрей.

Показано, что появление малых вихрей является одним из признаков наличия блокирующей системы восточнее этих образований. Во всех рассмотренных случаях мощные, занимающие огромную акваторию шторма в северной части Атлантического океана, которым соответствуют глубокие циклонические зоны аномально низкого давления, являются одним из условий образования блоковых ситуаций для данных областей.

Список использованных источников

1. *Белинский О.Н., Кириенко Л.В., Найшуллер М.Г.* Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации в мае 1998 г. // *Метеорология и гидрология*. – 1998. – № 8. – С. 121–124.
2. *Бережная Т.В., Голубев А.Д., Найшуллер М.Г.* Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации в июне 2010 г. // *Метеорология и гидрология*. – 2010. – № 9. – С. 105–120.
3. *Васильев Е.В., Гречиха А.П., Найшуллер М.Г.* Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации в январе 2006 г. // *Метеорология и гидрология*. – 2006. – № 4. – С. 117–126.
4. *Зленко В.А., Ситников И.Г.* Опыт численного прогноза траекторий тропических циклонов // *Метеорология и гидрология*. – 1987. – № 8. – С. 40–47.

5. *Марголин А.Д., Похил А.Э.* Об образовании облака малых вихрей при взаимодействии нескольких более крупных распределенных вихрей // Физические проблемы экологии (экологическая физика): сборник научных трудов МГУ им. Ломоносова. – 2010. – № 16. – С. 210–213. – http://ocean.phys.msu.ru/ecophys/ecophys-16_pp98-245.pdf

6. *Шакина Н.П., Иванова А.Р.* Блокирующие антициклоны: современное состояние исследований и прогнозирования // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 11. – С. 5–18.

7. *Шакина Н.П., Иванова А.Р., Бирман Б.А., Скриптунова Е.Н.* Блокирование: условие лета 2010 года в контексте современных знаний // Анализ условий аномальной погоды на территории России летом 2010 года: сборник докладов совместного заседания Президиума Научно-технического совета Росгидромета 28 октября 2010 г. – М.: Триада, лтд, 2011. – 71 с.

8. [http:// method.meteorf.ru/](http://method.meteorf.ru/) Геостационарные спутники.

9. *Margolin A., Pokhil A.* About the formation of a cloud of small vortices in the case of the interaction of a few larger vortices of finite dimensions. WMO Working Group on numerical experimentation // Research activities in atmospheric and oceanic modeling. – Report No. 39. – 2009. – WMO/TD. – P. 25–26.

10. *Weinand B.J.* Mesoscale Shear Eddies in the Upper Troposphere. Picture of the month // Monthly Weather Review. 2000. – No. 12. – P. 4126–4130.

Поступила в редакцию 05.05.2015 г.