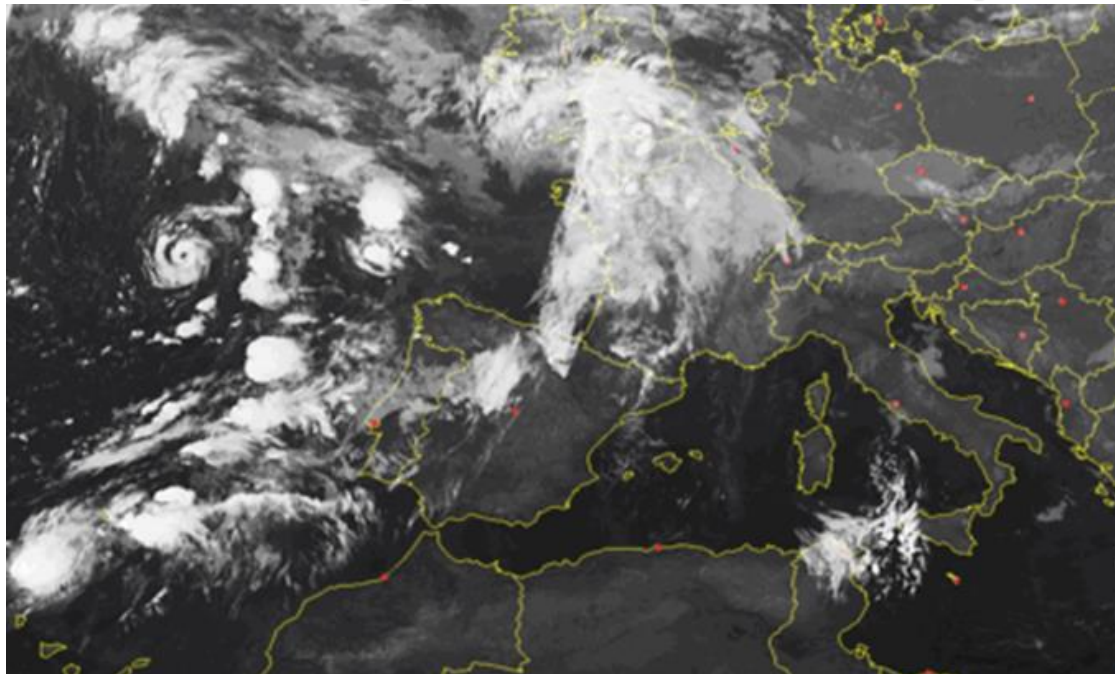


АРКТИЧЕСКИЕ МЕЗОВИХРИ В ПОЛЕ ОККЛЮДИРОВАННЫХ ЦИКЛОНОВ



XVIII. D.259. Караваяев Д.М.¹, Кулешов Ю.В.¹, Лебедев А.Б.,
Моисеева Н.О.², Щукин Г.Г.¹

¹ Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург
E-mail: lebandbor@rambler.ru;

² Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

Аспекты терминологии

Polar lows (polar air depression) – **полярные депрессии**.

Полярная – располагающаяся к полюсу от основных фронтальных разделов.

Депрессия (понижение) – область пониженного атмосферного давления.

Циклон – **атмосферное возмущение** с пониженным давлением воздуха и с циркуляцией воздуха вокруг центра против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой в южном.

Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь / под ред. А.И. Бедрицкого, в 3 т. – СПб.: Летний сад, 2009 г.

Термин **«депрессия»** употребляется для характеристики барического поля, термин **«циклон»** – для наименования комплекса погодных условий во фронтальной или тропической депрессии.

Применение термина «полярный циклон» для наименования нефронтальных мезомасштабных вихрей, возникающих в арктических широтах, представляется не совсем удачным. Во избежание двоякого толкования перед названием процесса целесообразно добавлять приставку «мезо» – мезоциклон или мезовихрь.

Арктический мезовихрь – нефронтальный **облачный вихрь**, возникающий в арктической воздушной массе в областях пониженного давления.

Вихрь – атмосферное образование с вращательным движением воздуха вокруг некоторой оси (не обязательно атмосферное возмущение).

Polar Lows
Mesoscale Weather
Systems in the
Polar Regions

EDITED BY
ERIK A. RASMUSSEN
Emeritus Professor, Department of Geophysics, University of Copenhagen
and
JOHN TURNER
Physical Sciences Division, British Antarctic Survey

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

Актуальность исследований

арктических мезовихрей (АМВ) обусловлена:

- сложностью сопровождаемых их погодных условий;
- недостаточной изученностью этих процессов;
- невозможностью их заблаговременно спрогнозировать.

Прогнозирование арктических мезовихрей включает:

- определение района и времени их возникновения,
- траектории и скорости перемещения,
- продолжительности существования и района заполнения,
- интенсивности и продолжительности существования сопровождаемых их погодных условий.

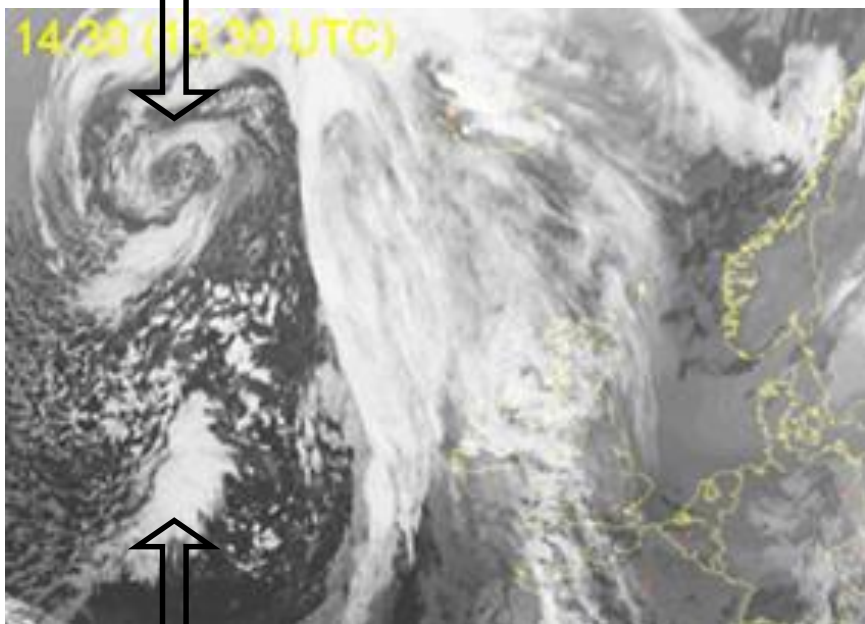
Прогнозирование арктических мезовихрей в поле

окклюдированных циклонов перспективно:

- термобарическое поле фронтальных циклонов успешно прогнозируется с помощью гидродинамических методов,
- в поле окклюдированных циклонов (стадии максимального развития и заполнения) наблюдаются благоприятные условия (значительные барические градиенты, термодинамическая неустойчивость) для возникновения опасных явлений погоды,
- накоплен значительный теоретический и архивный материал о возникновении и развитии АМВ в поле окклюдированных циклонов.

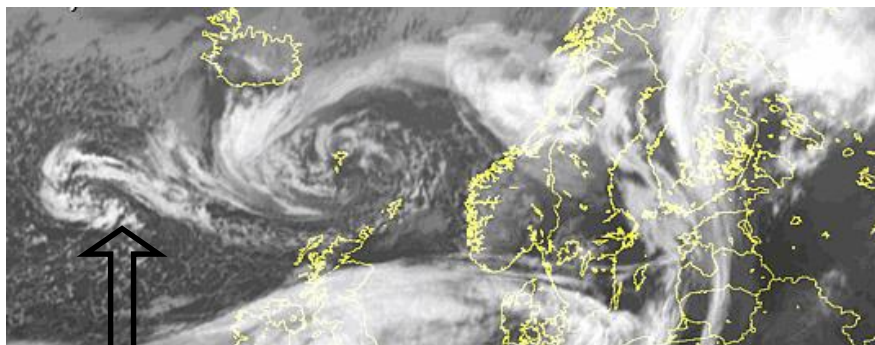
Классификация арктических мезовихрей, возникающих в поле окклюдированных циклонов

~~Отсеченный циклон
(Техническая записка ВМО № 701)~~



Облачная запятая
(comma clouds)

Система «карусель»
(merry-go-round)

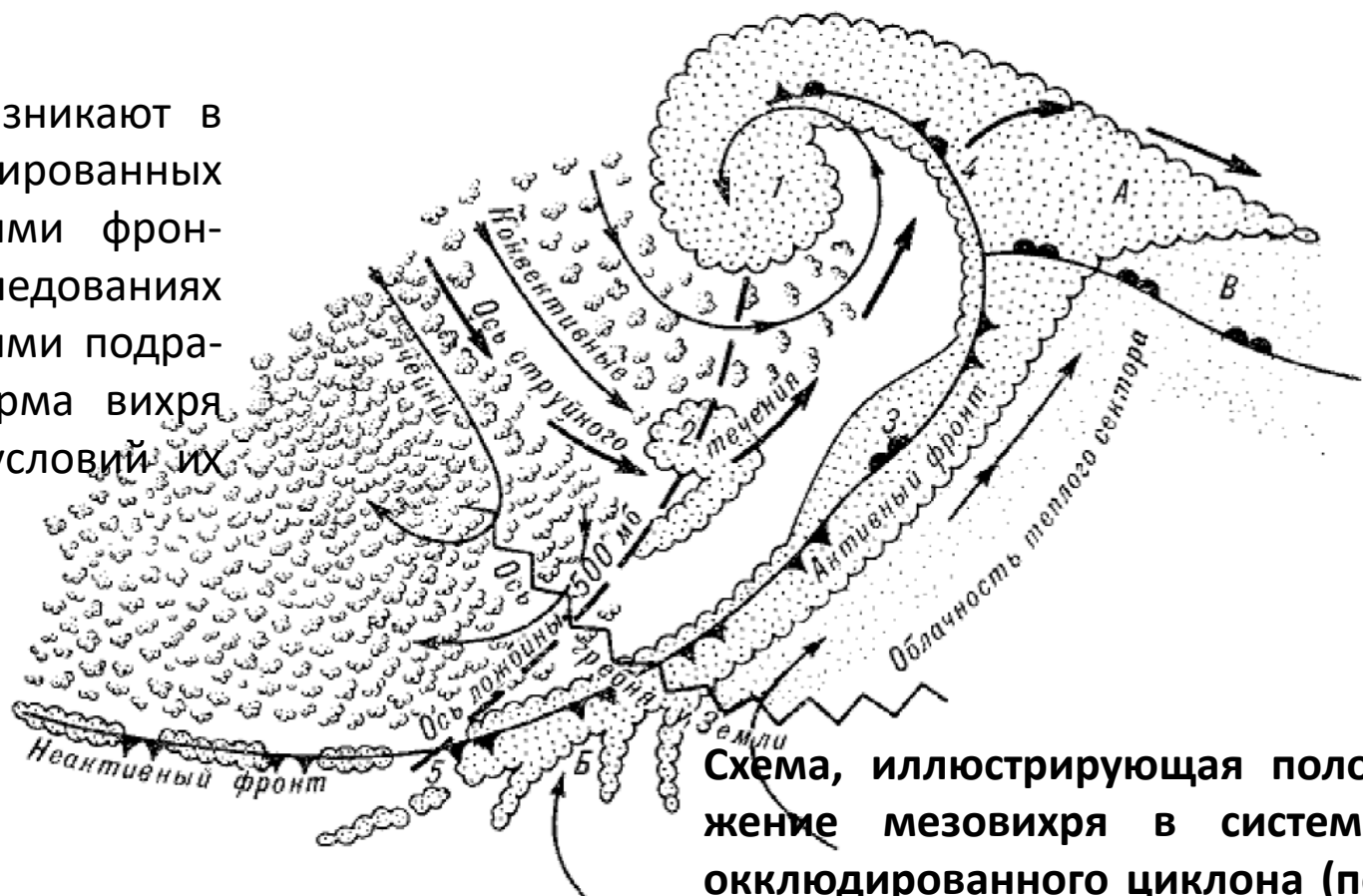


Ложбинообразный тип
(trough systems)

Облачные запятые (comma clouds)

На раннем этапе изучения полярных депрессий (polar lows) поднимался вопрос о корректности включения в их состав мезовихрей в форме облачных запятых (comma clouds), связанных с фронтальными зонами. Большинство классификаций, предложенных в последующих исследованиях различными авторами, относят облачные массивы в форме запятых к числу полярных депрессий.

Облачные запятые возникают в тыловых частях окклюзированных циклонов за холодными фронтами. В некоторых исследованиях под облачными запятыми подразумевается только форма вихря (вне зависимости от условий их образования).

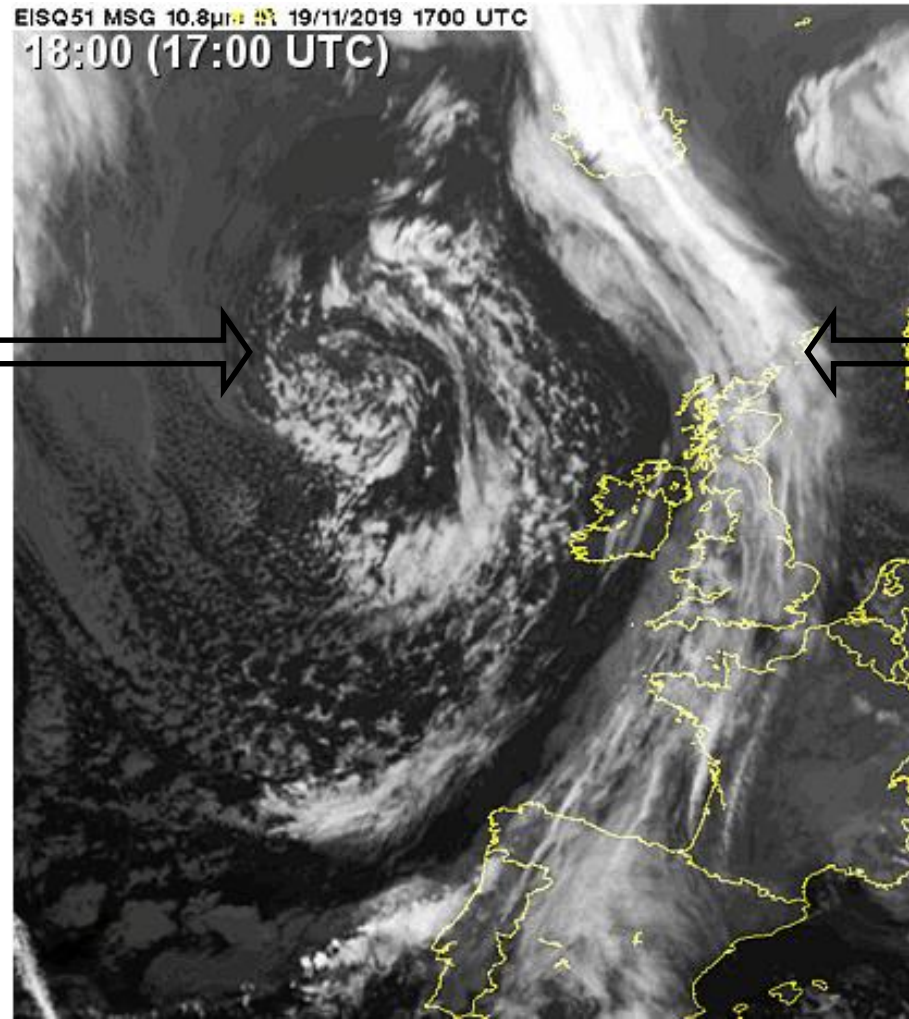


Схема, иллюстрирующая положение мезовихря в системе окклюзированного циклона (по Р. Андерсену, 1969)

Отсеченный циклон

(термин позаимствован из **Технической записки ВМО № 701**)

К рассматриваемым арктическим мезовихрям отношения не имеет, так как по сути является отсеченной частью фронта окклюзии фронтального циклона, однако при анализе требует идентификации, поскольку может быть ошибочно принят из-за внешнего сходства на спутниковых изображениях за настоящий арктический мезовихрь.



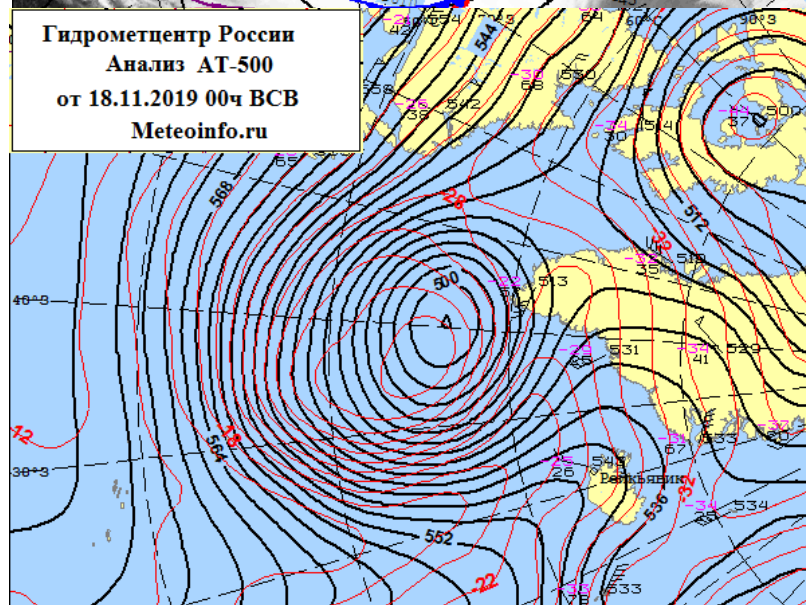
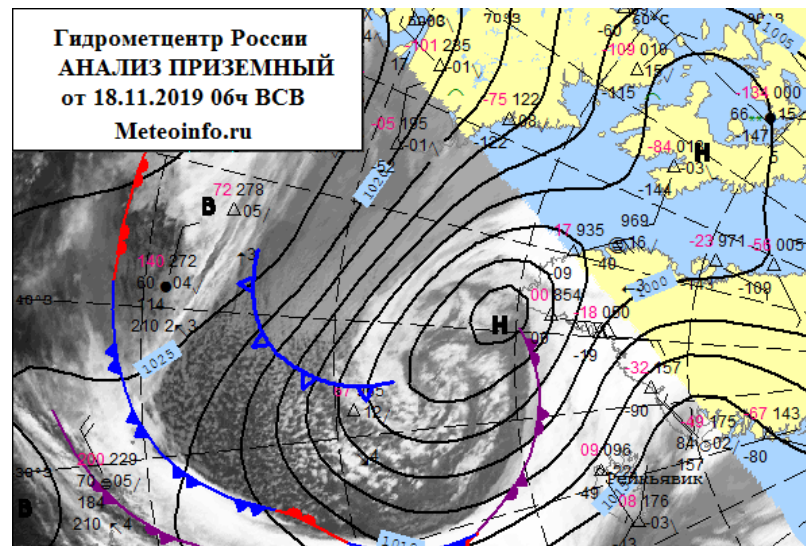
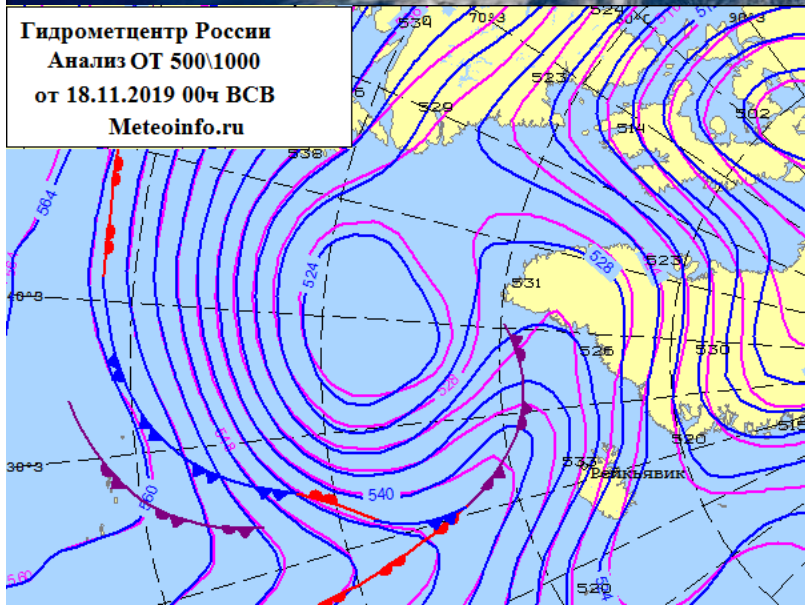
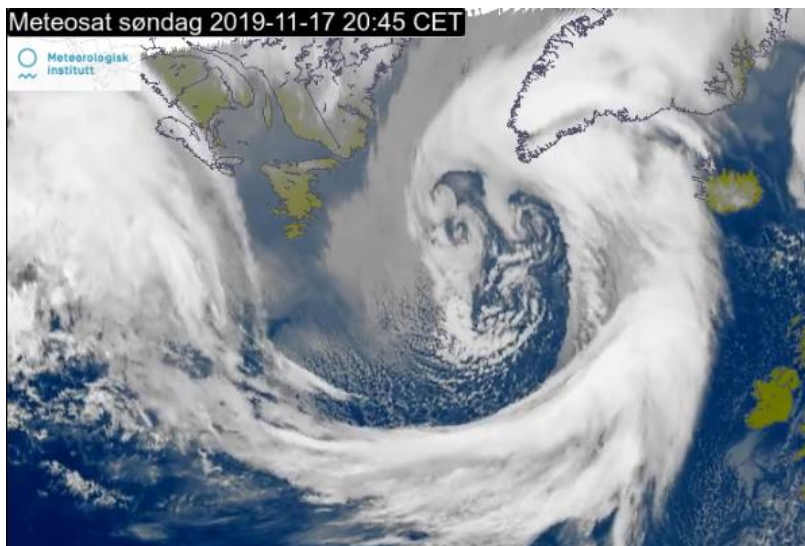
Представленный на изображении облачный массив возможно ошибочно принять даже за фронтальный циклон в стадии максимального развития. В действительности такую форму принял фронт окклюзии (на изображении не показан, от южного берега Гренландии уходит на юг), отсеченный от циклона арктического фронта.

Аркти-
ческие
фронты

Система «карусель» (merry-go-round)

Образуются в высоких стационарных фронтальных циклонах:

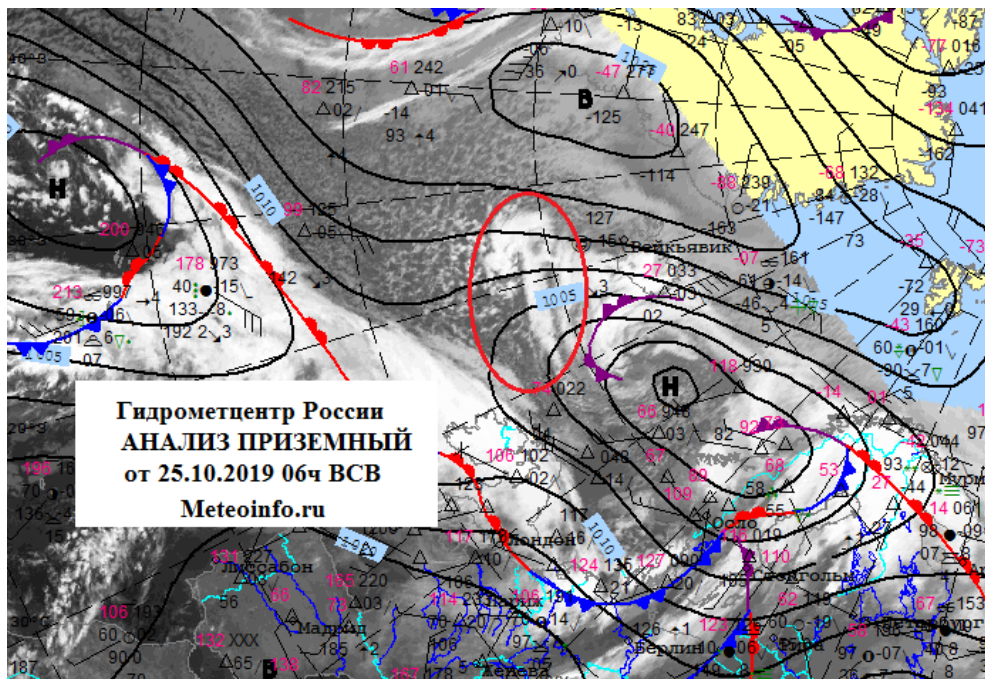
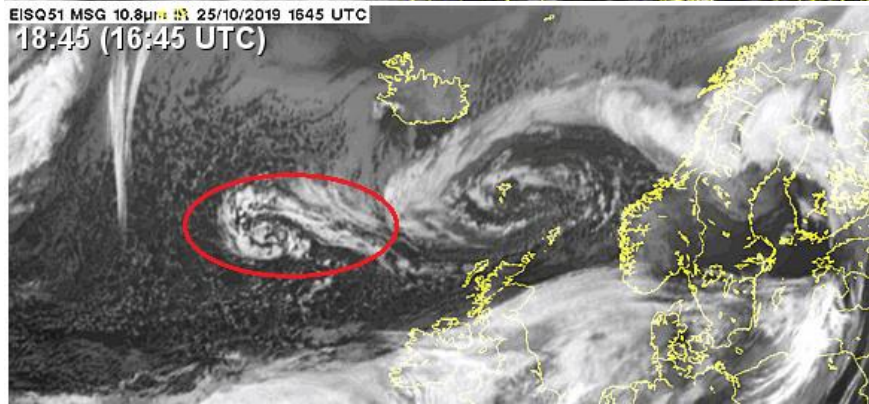
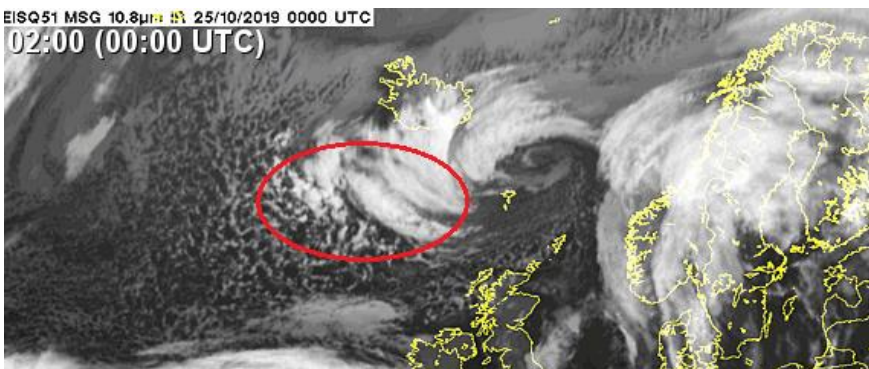
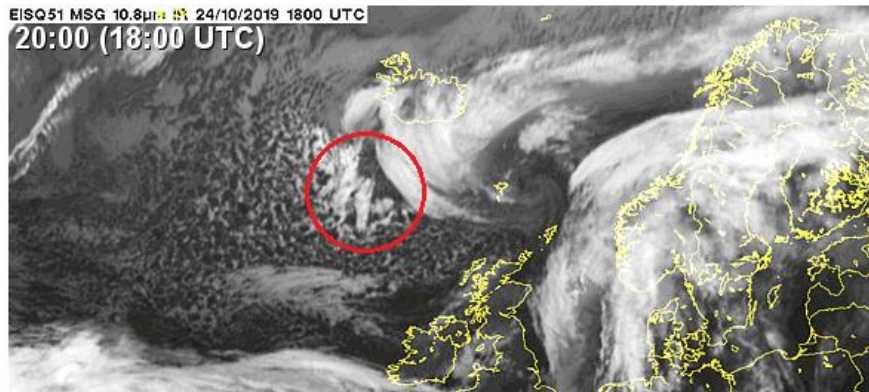
- либо в их центральной части;
- либо по периферии (напротив положения основных фронтов).



Ложбинообразный тип (trough systems)

Данный тип АМВ представляет наибольший интерес с точки зрения прогнозирования, так как изучен в наименьшей степени.

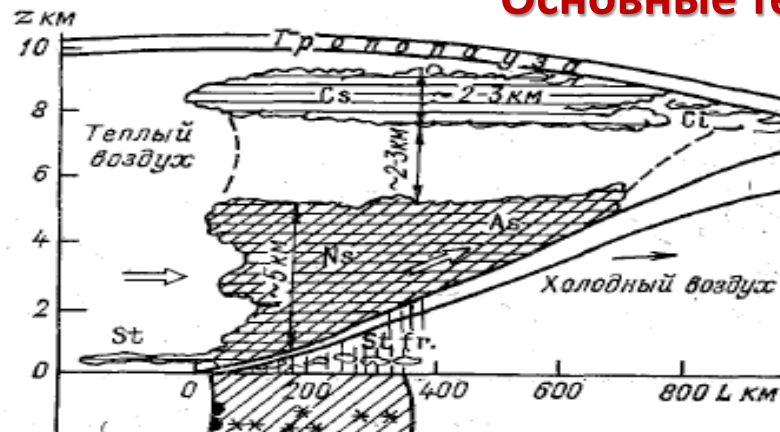
На изображениях представлены основные этапы формирования облачного массива АМВ от области слабоорганизованных скоплений кучево-дождевых облаков до хорошо выраженного спиралевидного облачного вихря. Мезовихрь вытянут вдоль ложбины на западной периферии окклюдированного циклона.



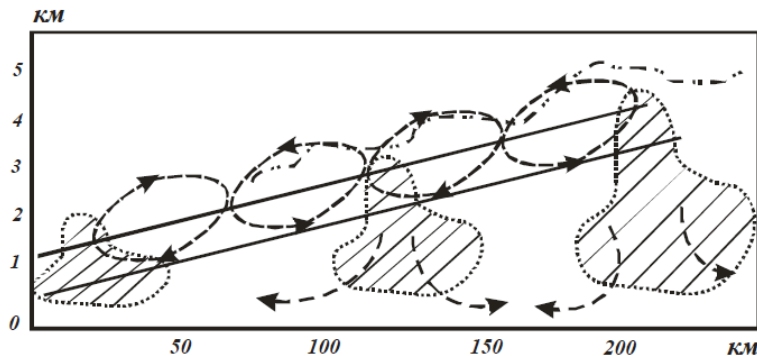
Направления дальнейших исследований

Для более детального исследования структуры мезовихрей необходимо кроме стандартного аэросиноптического материала привлекать различные виды дополнительной информации. В Геофизической обсерватории Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского проводятся эксперименты по исследованию возможностей наземных микроволновых радиометров по диагностике мезоструктуры атмосферных фронтов.

Основные теоретические положения



В соответствии с классическими представлениями, движение воздуха вдоль фронтальной поверхности представляется в виде упорядоченного крупномасштабного восхождения, которое порождает облачность и осадки. Вертикальная протяженность фронтальной облачности монотонно увеличивается по мере приближения к линии фронта вблизи подстилающей поверхности



В середине XX века, было обнаружено, что распределение осадков в зоне фронтов не столь однородно и имеет полосную структуру, различающуюся по пространственно-временным характеристикам в зависимости от типа фронта и конкретных метеорологических условий.

Развитие Геофизической Обсерватории ВКА имени А.Ф. Можайского

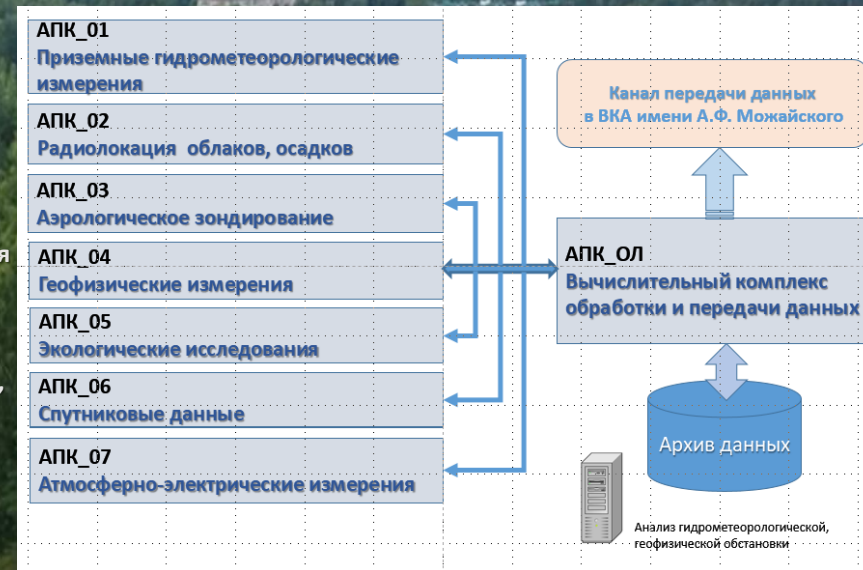
10

Геофизическая обсерватория (Лехтуси, Ленинградская обл.) развивается для подготовки специалистов гидрометеорологических подразделений, обеспечения решения прикладных задач геофизического и гидрометеорологического обеспечения, испытаний новых технических средств гидрометеорологического назначения, научных исследований в области прикладной метеорологии, расширения подспутниковых экспериментов калибровки- валидации спутниковой информации

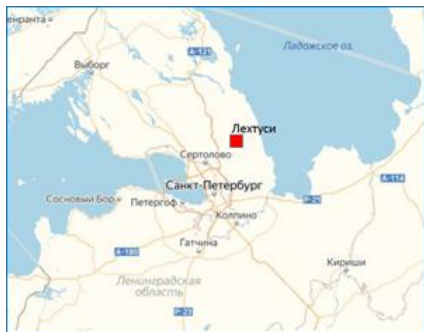


ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ:

1. Совершенствование сверхкраткосрочного прогноза погоды на основе применения данных комплексного дистанционного зондирования атмосферы с помощью средств ГФО (МРЛ, Грозопеленгатор, ПНП, СВЧ-радиометры, станция приема спутниковой информации «Сюжет»)
2. Разработка методов прогноза электрически опасных зон в облаках на основе применения методов и средств ДЗА (прежде всего сети грозопеленгаторов ГПД, приборов измерения напряженности поля ПНП и метеорологических радиолокаторов МРЛ) и в итоге – определение предгрозового состояния облаков
3. Исследование влияние атмосферных процессов в ионосфере на состояние тропосферы (прежде всего на изменение электрического состояния)
4. Исследования методических вопросов, предложений по валидации данных и информационных продуктов «Метеор М» (в части радиометрической аппаратуры температурно-влажностного зондирования атмосферы МТВЗА-ГЯ и бортового радиолокационного комплекса БРЛК)
5. Уточнение радиолокационных критериев обнаружения опасных явлений погоды (ливень, гроза, град, шквал, смерч) на основе применения доплеровских поляризационных метеорологических радиолокаторов



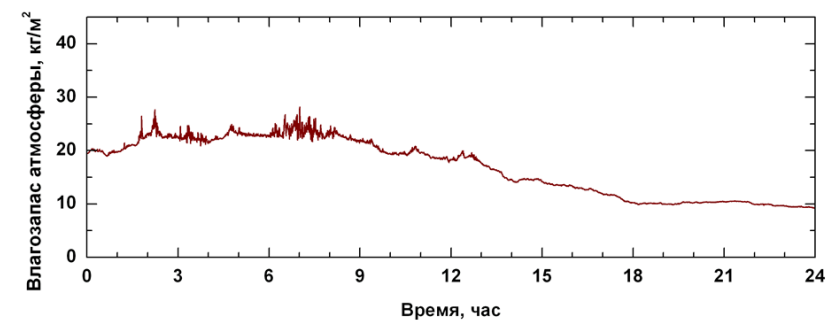
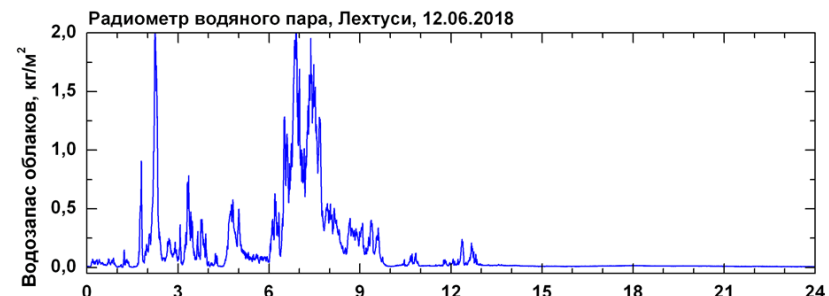
СВЧ-радиометрические исследования характеристик влагосодержания атмосферы



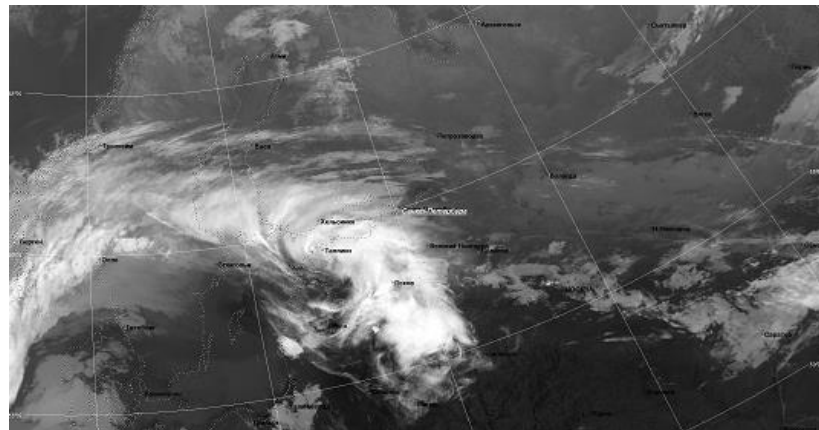
Радиометр водяного пара предназначен для измерения радиояркой температуры собственного излучения атмосферы на двух частотах вблизи центра линии водяного пара 22.235 ГГц для оценивания параметров атмосферы, - влагозапаса атмосферы, водозапаса облаков

№ п/п	Характеристики радиометра водяного пара	Канал 1	Канал 2
1	Центральная частота, ГГц	20.7	32.0
2	Полоса усиления УПЧ, МГц	500	500
3	Ширина диаграммы направленности, град.	<7	<7
4	Уровень боковых лепестков ДНА, дБ	< -30	< -30
5	Флуктуационная чувствительность (1-сек), К	<0.1	<0.1
6	Диапазон измерения радиояркой температуры, К	6-313	6-313
7	Погрешность измерений радиояркой температуры, К	± 2.5	± 2.5
8	Темп измерений, с		

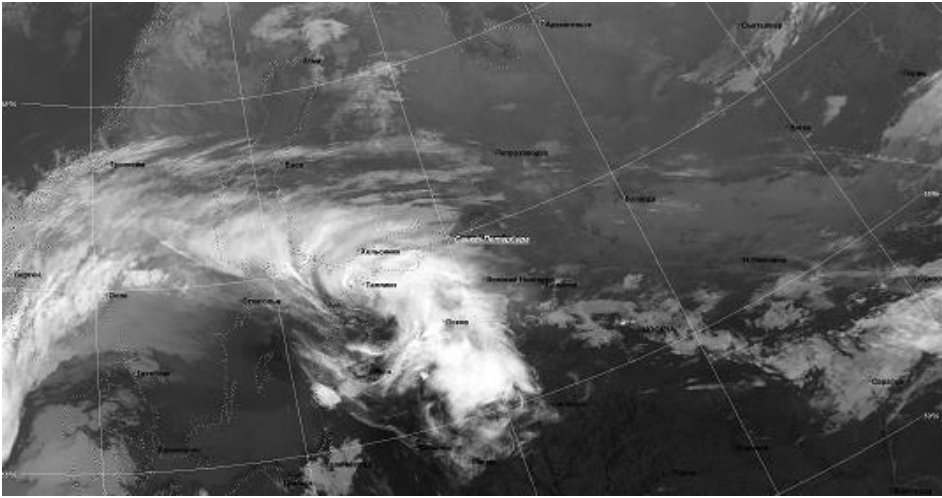
Комплекс приема спутниковой информации



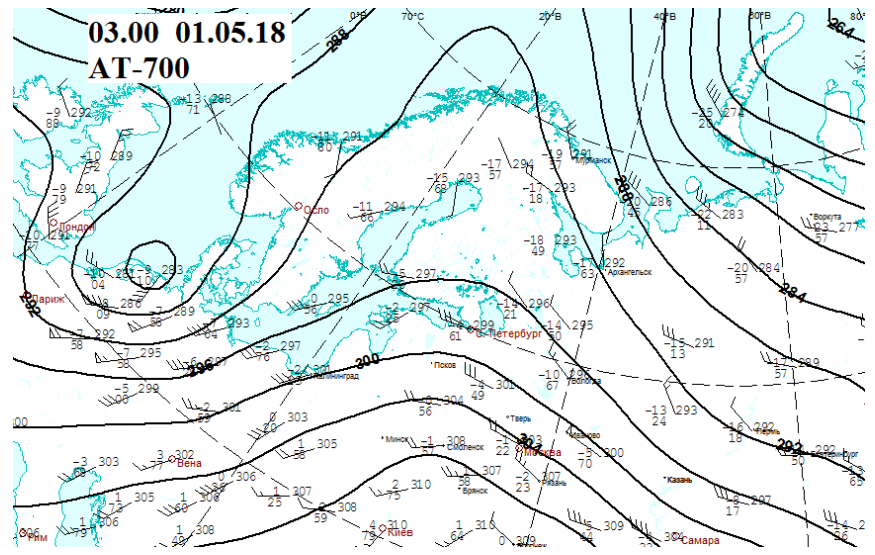
Временная изменчивость влагозапаса атмосферы и водозапаса облаков в области атмосферного фронта (по данным РВП ИПА РАН, п.Лехтуси 12 июня 2018 г.).



Мезоанализ теплого фронта с привлечением РВП

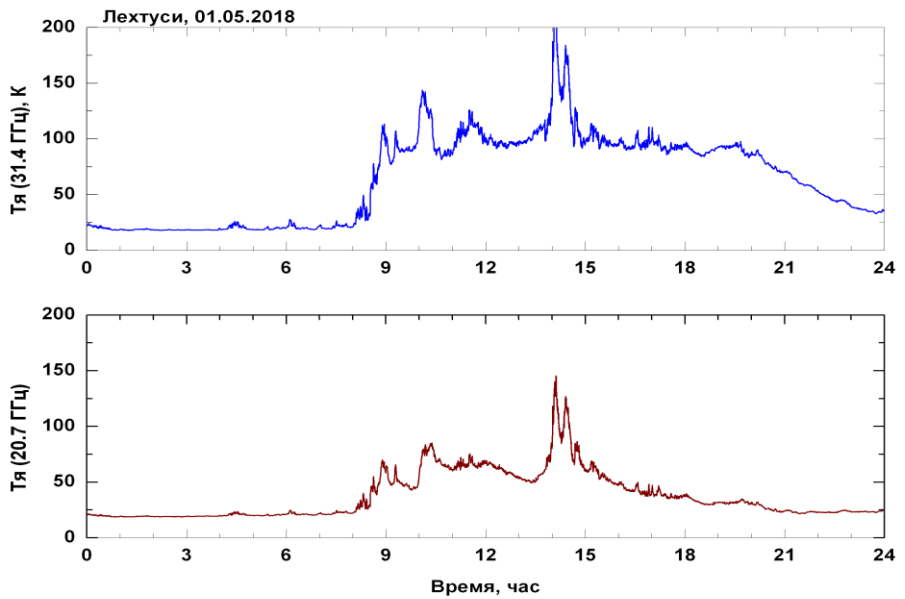


1 мая 2018 г. 02.56 GMT NOAA-19 ВКА имени А.Ф.Можайского



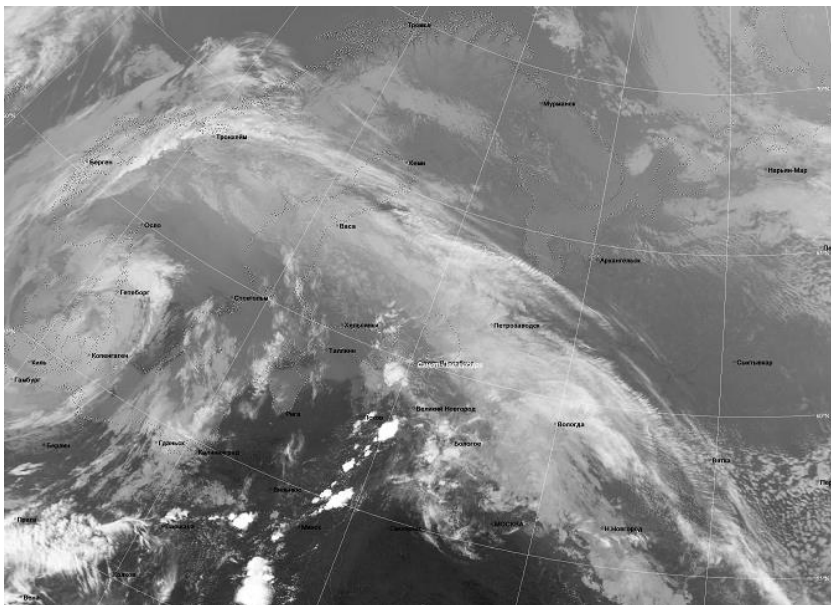
Время (UTC), дата	Ветер (напр., м/с)	Видим.	Явления	Облачность	T (C)	Td (C)	f (%)	Po (гПа)	R (мм)
00 1.05	СВ 2	10 км		8/0 2000 м [Ac trans Ci fib]	+3.1	+2.5	96	1005.2	
03 1.05	СВ 2	10 км		9/0 2000 м [Ac trans Ci fib]	+3.2	+2.6	96	1004.1	
06 1.05	В 2	20 км		10/0 2000 м [Ac trans Ci fib]	+8.7	+4.3	74	1003.0	
09 1.05	СВ 2	4000 м	ливневой дождь	10/10 960 м [Cb cap]	+6.3	+5.1	92	1002.2	
12 1.05	СВ 3	10 км	в посл. час ливневой дождь	10/10 240 м [Cb cap]	+6.7	+5.7	93	1001.8	
15 1.05	СВ 2	4000 м	слаб. ливневой дождь	10/10 150 м [Cb cap]	+6.4	+5.8	96	1001.6	11
18 1.05	СВ 2	10 км	{ливн. осадки}	10/10 210 м [Sc diu, vesp]	+6.1	+5.5	96	1002.0	13
21 1.05	СВ 1	4000 м	дымка {ливн. осадки}	10/10 60 м [Sc diu, vesp]	+6.2	+5.7	97	1002.5	
00 2.05	Ю 1	2000 м	дымка	10/10 60 м [St]	+6.7	+6.2	97	1002.9	
03 2.05	В 1	200 м	туман	10/10 60 м [St]	+6.6	+6.2	97	1002.6	2

1 мая 2018 г. Воейково



Прохождение теплого фронта

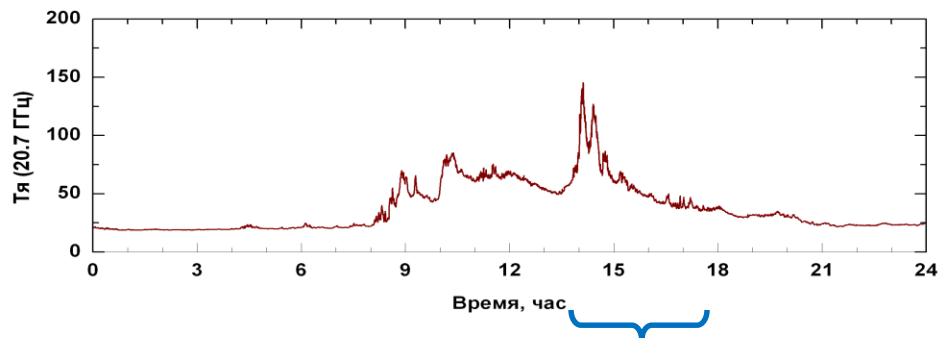
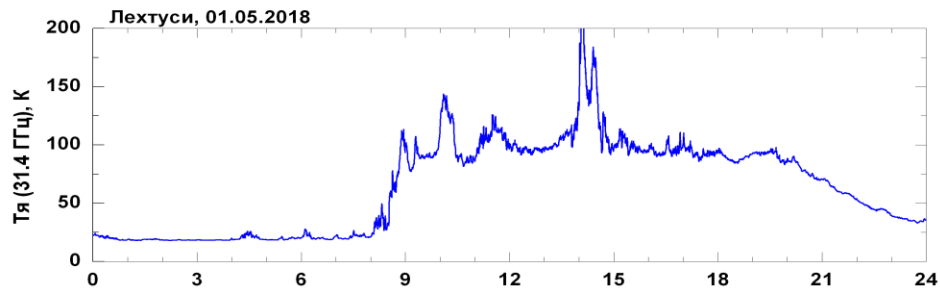
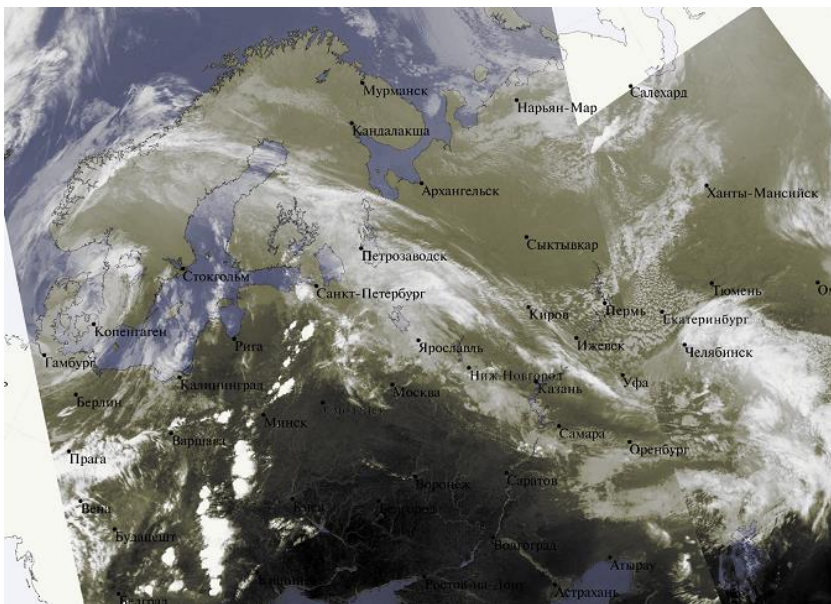
Мезоанализ холодного фронта с привлечением РВП 13



1 мая 2018 г. 12.50 GMT NOAA-19

Время (UTC), дата	Ветер (напр., м/с)	Видим.	Явления	Облачность	T (C)	Td (C)	f (%)	Po (гПа)	R (мм)
00 1.05	СВ 2	10 км		8/0 2000 м [Ac trans Ci fib]	+3.1	+2.5	96	1005.2	
03 1.05	СВ 2	10 км		9/0 2000 м [Ac trans Ci fib]	+3.2	+2.6	96	1004.1	
06 1.05	В 2	20 км		10/0 2000 м [Ac trans Ci fib]	+8.7	+4.3	74	1003.0	
09 1.05	СВ 2	4000 м	ливневой дождь	10/10 960 м [Cb cap]	+6.3	+5.1	92	1002.2	
12 1.05	СВ 3	10 км	в посл. час ливневой дождь	10/10 240 м [Cb cap]	+6.7	+5.7	93	1001.8	
15 1.05	СВ 2	4000 м	слаб. ливневой дождь	10/10 150 м [Cb cap]	+6.4	+5.8	96	1001.6	11
18 1.05	СВ 2	10 км	{ливн. осадки}	10/10 210 м [Sc diur, vesp]	+6.1	+5.5	96	1002.0	13
21 1.05	СВ 1	4000 м	дымка {ливн. осадки}	10/10 60 м [Sc diur, vesp]	+6.2	+5.7	97	1002.5	
00 2.05	Ю 1	2000 м	дымка	10/10 60 м [St]	+6.7	+6.2	97	1002.9	
03 2.05	В 1	200 м	туман	10/10 60 м [St]	+6.6	+6.2	97	1002.6	2

Воейково 1 мая 2018 г.



Прохождение холодного фронта

Заключение

1. Возникновение облачных вихрей в барическом поле окклюдированных циклонов целесообразно исследовать совместно с циклонами, частью которых они являются.
2. Термобарическое поле фронтальных циклонов (в т. ч. окклюдированных) успешно прогнозируется с помощью гидродинамических методов.
3. Разработку методов прогнозирования возникновения арктических мезовихрей целесообразно осуществлять на основе комплексного трехмерного синоптического анализа, хорошо зарекомендовавший себя в оперативной практике при прогнозировании возникновения фронтальных циклонов. Для этого следует обобщить типовые схемы термобарических полей, благоприятные для образования различных типов мезовихрей, характерных для окклюдированных циклонов.
4. Перспективным представляется исследование пространственно-временной структуры АМВ с помощью наземных микроволновых средств.

Литературные источники

1. *Rasmussen E., Turner J.* Polar Lows. Mesoscale Weather Systems in the Polar Regions. Cambridge University Press, 2003. - 612 p.
2. *Anderson R.K., Ashman J.P., Bittner F., Farr G.R., Ferguson E.W., Oliver V.J. and Smith A.H.* Application of meteorological satellite data in analysis and forecasting. ESSA, Washington, DC, 1969.
3. *Лебедев А.Б., Караваев Д.М., Черный В.В.* Проблемные вопросы прогнозирования арктических мезоциклонов в целях гидрометеорологического обеспечения // Труды V Всероссийской научной конференции «Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды». – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2018. - Т. 2. - С. 222–225.
4. *Готюр И.А., Денисенков Д.А., Жуков В.Ю., Караваев Д.М., Коровин Е.А., Кулешов Ю.В., Чернышев С.В., Щукин Г.Г.* Состояние и перспективы создания Геофизической обсерватории ВКА имени А.Ф. Можайского. Труды ВКА. 2018, вып. 662. - С.184-187.
5. *Быков В.Ю., Ильин Г.Н., Караваев Д.М., Щукин Г.Г.* СВЧ радиометрические измерения содержания парообразной и жидкокапельной влаги в тропосфере. Труды ВКА, 2020, вып.674. - С.128-132.
6. *Караваев Д.М., Лебедев А.Б., Щукин Г.Г.* Применение метода микроволновой радиометрии для синоптического анализа атмосферных фронтов. Материалы конференции «Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля природной среды», ВКА, 18-21 сентября 2020, Санкт-Петербург.- С.226-231.
7. *Караваев Д.М., Лебедев А.Б., Колесов Б.Г., Гончаров Р.И.* Классификация арктических мезовихрей. Материалы конференции «Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля природной среды», ВКА, 18-21 сентября 2020, Санкт-Петербург. - С.159-164.
8. *Караваев Д.М., Щукин Г.Г., Ефременко А.Н.* Исследование вариаций влагозапаса атмосферы и водозапаса облаков методами микроволновой радиометрии. Всероссийские открытые Армандовские чтения: «Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн / Материалы Всероссийской открытой научной конференции. –Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2020. - С.226-230.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

E-mail: lebandbor@rambler.ru