

# Тропический циклон (ураган)

Диаметр – 500 км



## Формирование тропического

### урагана

Для формирования тропического циклона, необходимы следующие условия:

- высокая температура воды (не менее 26 C) до глубины около 50 м;
- неустойчивость атмосферы;
- резкое падение температуры воздуха с высотой), это способствует выделению

теплоты конденсации на высоте;

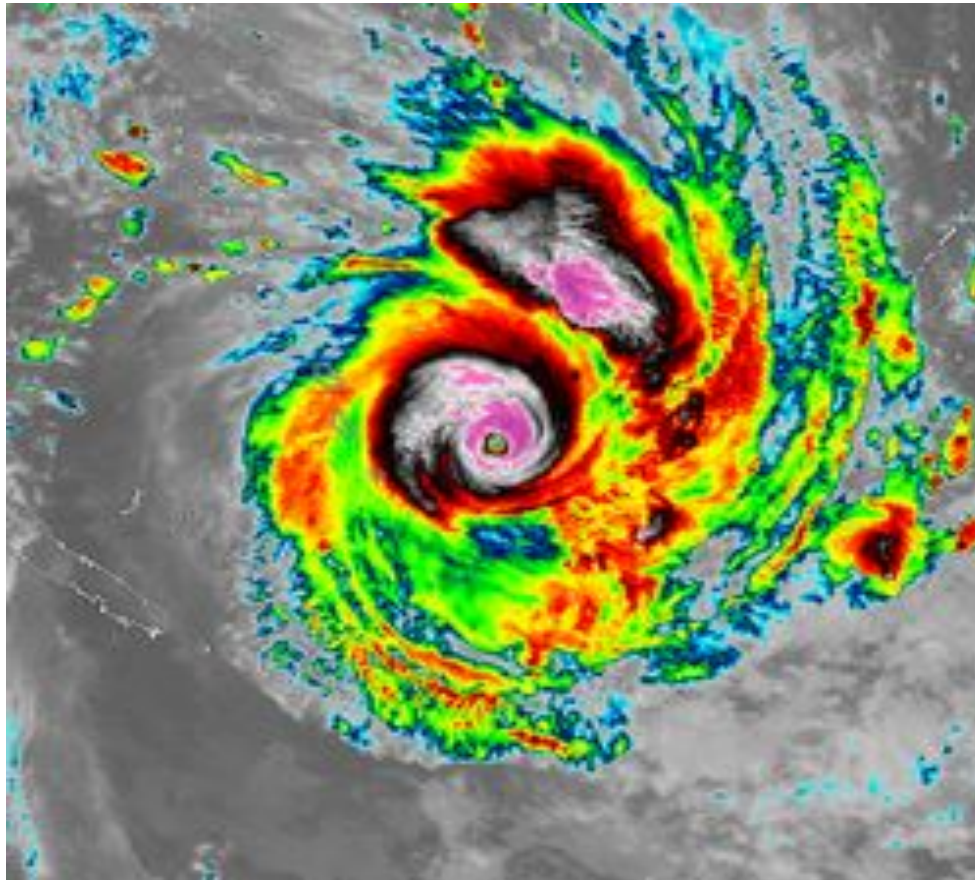
- расстояние от экватора не менее 500 км;

- Ранее существующее приповерхностное возмущение с достаточным вращением и конвергенцией. Тропические циклоны не могут возникнуть спонтанно.



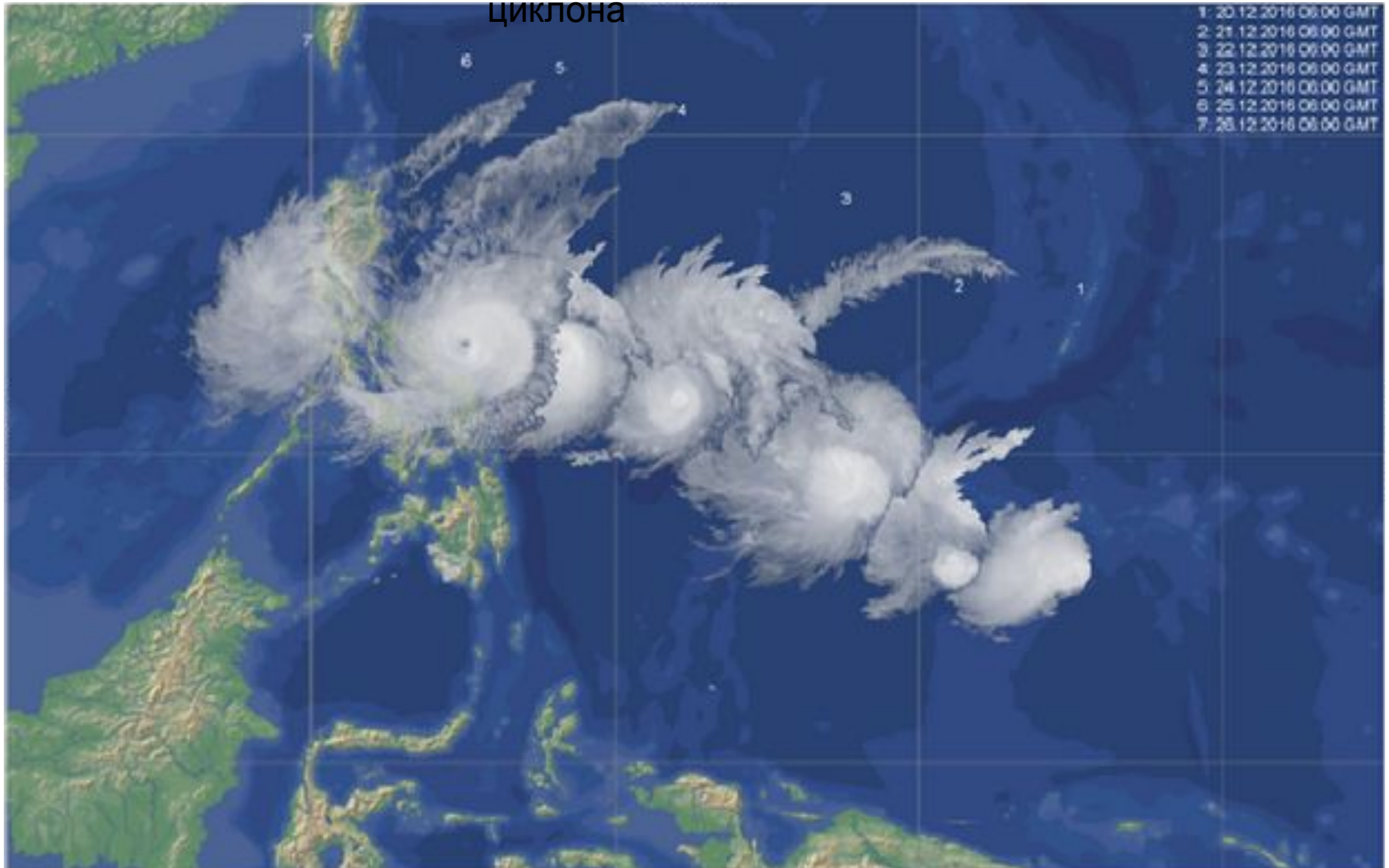
# Механизм формирования тропического циклона

Для поддержки циклонической циркуляции необходима энергия. Основной механизм передачи энергии состоит из цепочки фазовых переходов воды.





## СТАДИИ РАЗВИТИЯ тропического циклона

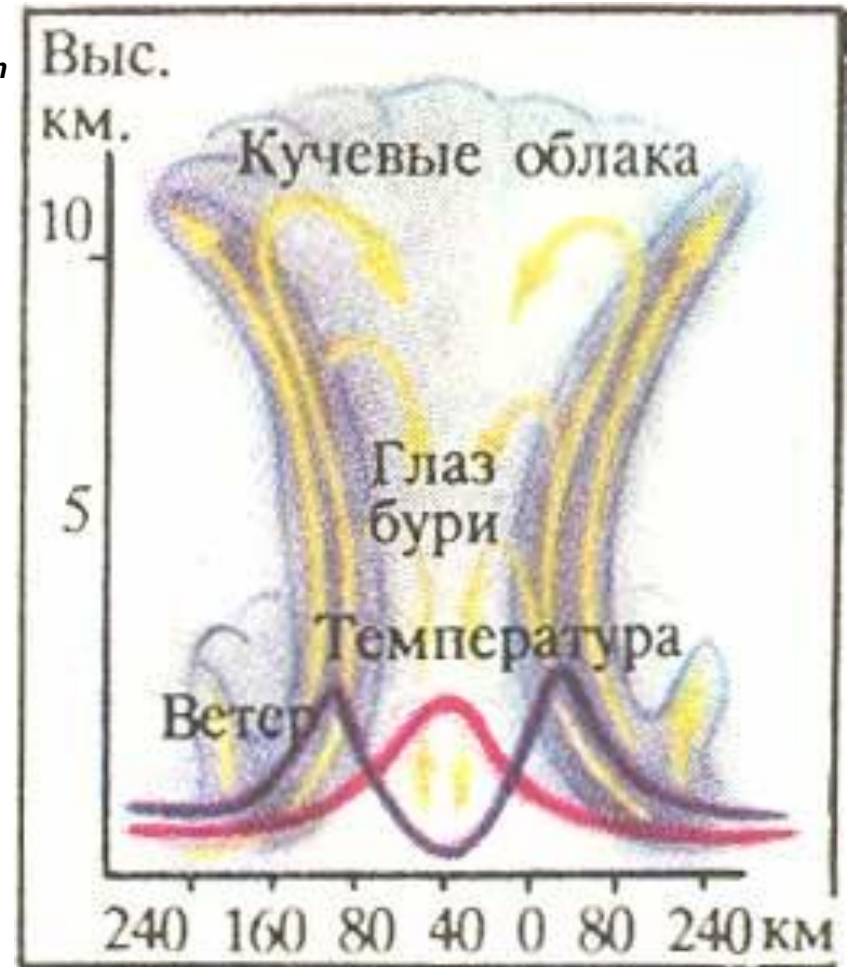
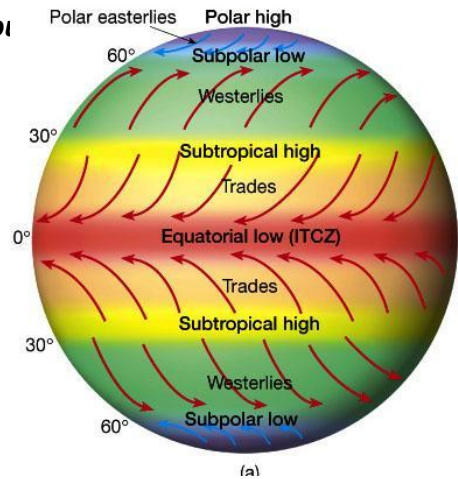


Монтаж космических изображений тайфуна «Nock-ten» на всех стадиях развития

20-26 декабря 2016 г. (по данным ФГБУ «НИЦ «ПЛАНЕТА»).

# Тропические циклоны

Тропические циклоны возникают главным образом во внутритропической зоне конвергенции (в подавляющем большинстве случаев не менее чем в  $10^\circ$  от экватора), чтобы отклоняющая сила вращения Земли (сила Кори



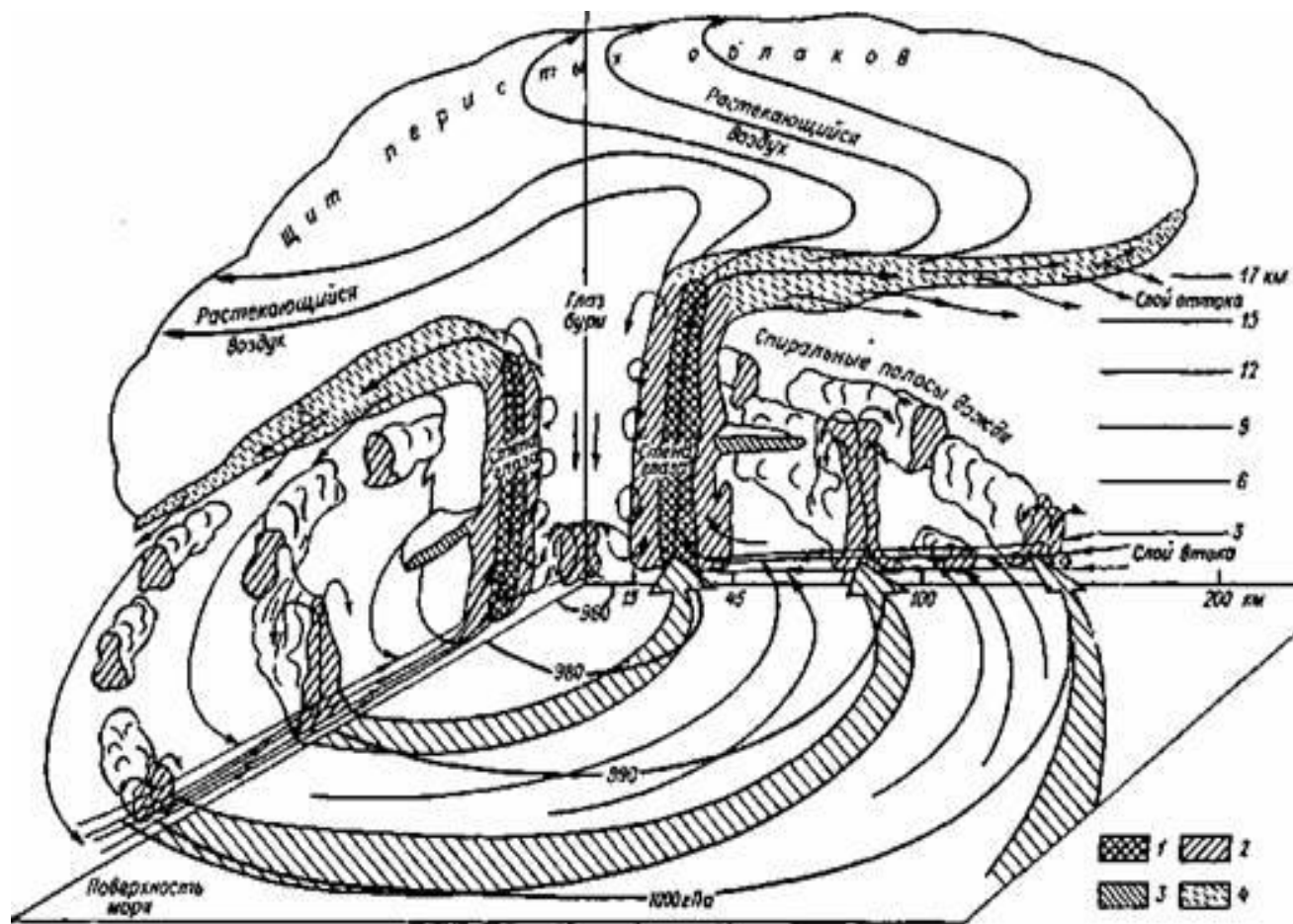


Схема структуры зрелого тропического циклона.

(1 — башни кучевых облаков в глазе бури; 2 — конвективные облака; 3 — высокослоистые облака; 4 — перистые облака)

# Тропические циклоны



«**ВОСТОЧНЫЕ ВОЛНЫ**» являются причиной большого количества тропических циклонов в Атлантике. Доказано, что они вызваны нестабильностью африканских восточных потоков.

(бароклинно-баротропная нестабильность – когда ценность потенциального вихря начинает снижаться в направлении на север.)

В среднем, около 60 волн генерируются ежегодно в Северной Африке. Около 85% активных атлантических ураганов зарождаются в восточной волне.



# Тропический циклон

**Обязательное условие для образования урагана – огромная масса прогретой воды:**

- температура воды должна быть не ниже 26,5°C
- глубина прогрева – 50 м

Испарения поднимаются вверх.  
Образуется область пониженного давления

Из-за разности давления воздух приходит в движение

Отклоняющая сила вращения Земли закручивает его (в Северном полушарии против часовой стрелки, в Южном – по часовой).

Вращение вовлекает в вихрь массы воздуха извне

На определенной высоте пар достигает точки росы и конденсируется.

Выделяющаяся при этом тепловая энергия подогревает воздух, он стремится вверх, питая циклон

Циклон принимает форму гигантской воронки.

Внутри воронки образуется штилевой центр (30-60 км)

Скорость ветра достигает 240-320 км/ч

**!** Источник энергии ураганов – выделение тепла при конденсации водяного пара в восходящем воздушном потоке. Поэтому ураганы быстро затухают, попадая на сушу



## ШКАЛА САФИРА-СИМПСОНА

В начале 1970-х гг. инженер-строитель Герберт Саффир и директор Национального центра по ураганам Роберт Симпсон разработали шкалу, оценивающую **силу урагана** на основании штормовой волны и скорости ветра

Категория	Название/Скорость ветра	Высота волны
1	Минимальный ~ 120-150 км/ч	1-2 м
2	Умеренный ≈ 150-180 км/ч	2-2,5 м
3	Значительный ≈ 180-210 км/ч	2,5-4 м
4	Огромный ≈ 210-250 км/ч	4-5,5 м
5	Катастрофический более 250 км/ч	более 5,5 м

**ШКАЛА БОФОРТА** В 1806 г. английский адмирал Френсис Бофорт предложил шкалу ветров:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
штиль	тихий	легкий	слабый	умеренный	свежий	сильный	крепкий	очень крепкий	шторм	сильный шторм	жестокий шторм	ураган
0-0,2 м/с менее 1 км/ч	0,3-1,5 м/с 1-5 км/ч	1,6-3,3 м/с 6-11 км/ч	3,4-5,4 м/с 12-19 км/ч	5,5-7,9 м/с 20-28 км/ч	8,0-10,7 м/с 29-38 км/ч	10,8-13,8 м/с 39-49 км/ч	13,9-17,1 м/с 50-61 км/ч	17,2-20,7 м/с 62-74 км/ч	20,8-24,4 м/с 75-88 км/ч	24,5-28,4 м/с 89-102 км/ч	28,5-32,6 м/с 103-117 км/ч	более 32,6 м/с более 117 км/ч



***Штормовые, ураганные волны*** — явление, нередко сопровождающее переход урагана с моря на сушу.

Вступая на мелководье, ураган оказывает на воду чрезвычайно сильное давление, буквально выжимая ее перед собой. Образуется громадный, длинный водяной вал (волна), движущийся с большей скоростью перед ураганом и с меньшей по его бокам. Передняя волна всегда идет вместе с ураганом, сопровождаясь страшным ветром, ливнями и грозами. Боковые волны уходят в сторону от урагана и иногда обрушиваются на берег при полном затишьи. Такие волны в Японии имеют особое название — «унэре». Они предупреждают о близости







***Штормовой нагон.*** Термином «штормовой нагон» обозначают подъем морских вод выше среднего уровня океана, который отмечается при ориентированном к берегу ветре (обычно при приближении циклонов). Собственно нагон происходит на участке шириной 15— 30 км. Период высокой воды может длиться примерно от 6 часов до нескольких дней в районах с плохим стоком.

В открытом море низкое атмосферное давление в центре шторма вызывает подъем воды выше уровня окружающей поверхности. При приближении шторма к побережью ветер может нагнать и без того высокую воду к берегу в зависимости от конфигурации последнего. Если это совпадает с высоким лунным приливом, подъем уровня моря над его обычным уровнем может достигать 7 метров и более, что приводит к быстрому затоплению низких участков побережья.

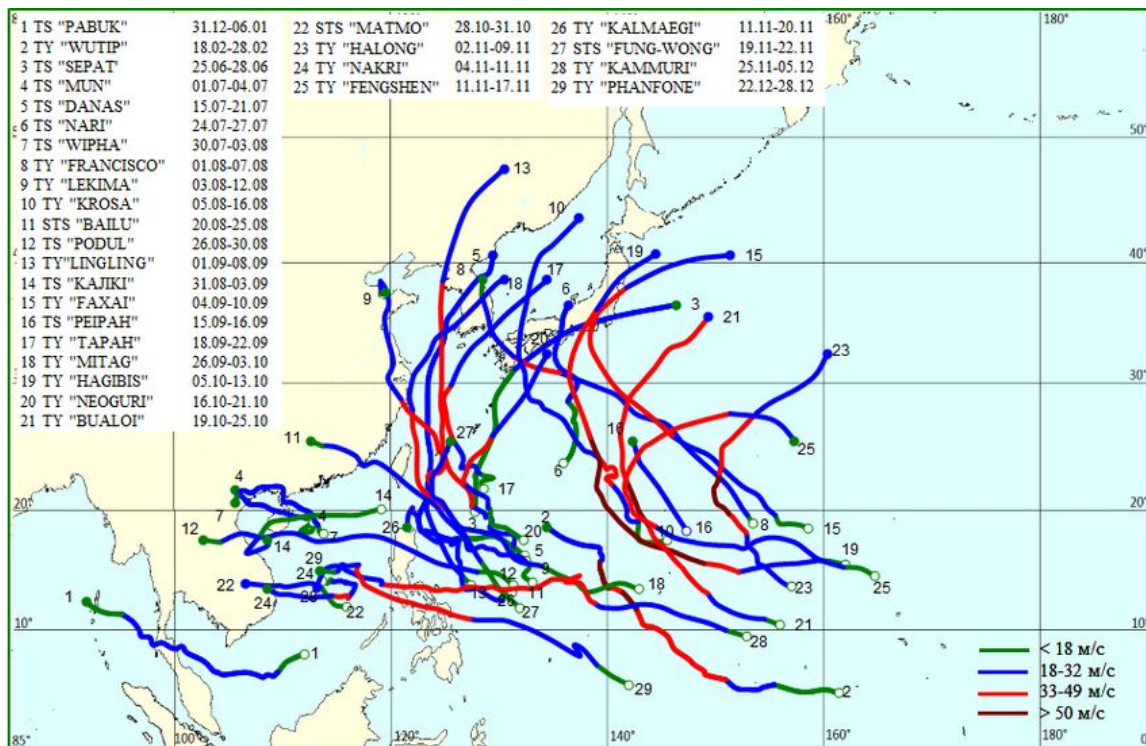
Так, во время катастрофического нагона высотой в 3,4 м, вызванного тайфуном Вера (1959 г.), затопило город Нагоя, что привело к гибели около 5 тыс. человек

На Дальнем Востоке России при выходе тайфуна иногда выпадает дождей до 200 - 350 мм/сут.

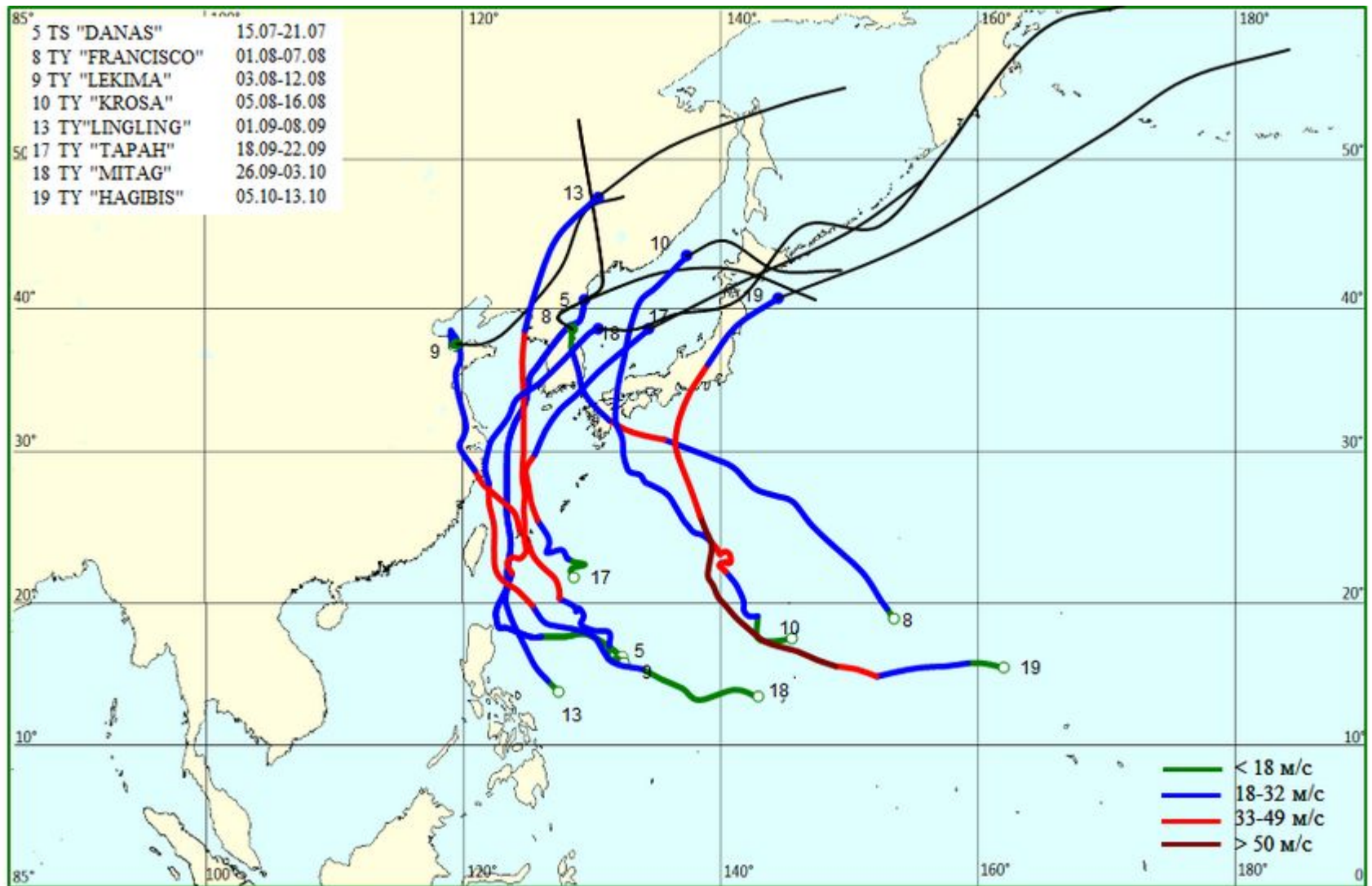


## Траектории тропических циклонов в северо-западной части Тихого океана в 2019 г.

- В северо-западной части Тихого океана** (рис. 2) в сезоне 2019 г. возникло 29 тропических циклонов при норме 25,6. Из 29 образовавшихся ТЦ 17 стали тайфунами, из которых 5 развились до стадии супер-тайфуна (скорость ветра более 50 м/с). Необычным было формирование супер-тайфуна в феврале, когда вероятность появления даже обычного тропического циклона минимальна: это возможно в среднем один раз в 10 лет. Необычным стал также очень активный тропический циклогенез в ноябре, когда ТЦ возникло почти в три раза больше нормы, и почти все стали тайфунами. Самым мощным в сезоне оказался тайфун «Халонг»: давление в его центре понижалось до 905 гПа, ветер усиливался до 65 м/с, в порывах – более 90 м/с, причём такую интенсивность циклон сохранял в течение суток.

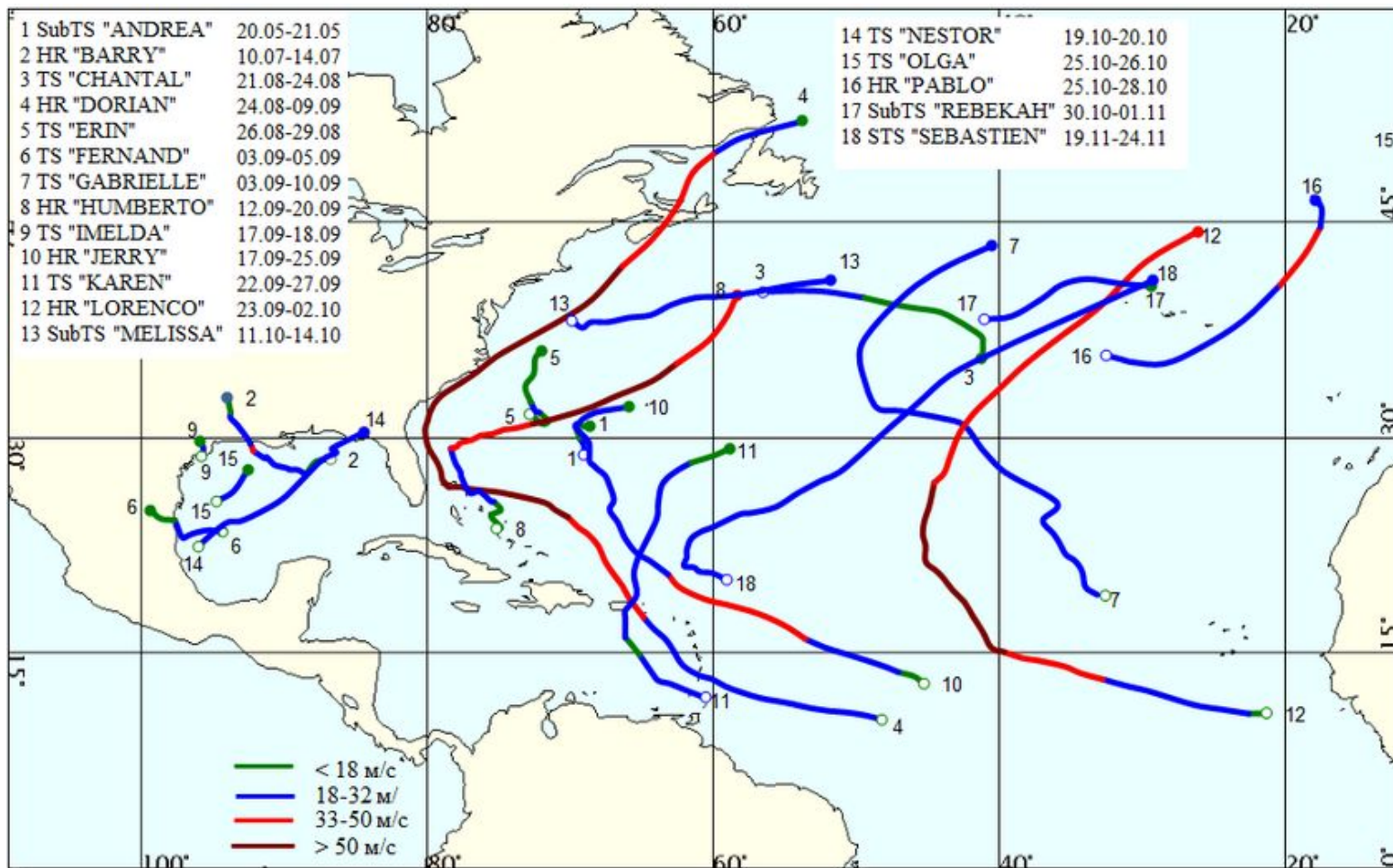


# Траектории экс-тропических циклонов оказывавших влияние на Дальний Восток России в 2019



# Траектории тропических циклонов в Атлантическом океане в 2019г.

- **В Атлантическом океане** в сезоне 2019 г. продолжилась тенденция к повышенной активности тропического циклогенеза. В прошедшем сезоне возникло 18 ТЦ (норма 10,8), из которых 6 стали ураганами. Из 6 ураганов 3 достигали 5 категории опасности по шкале Саффира-Симпсона с ветрами более 70 м/с. Вместе с тем следует отметить, что значительная часть циклонов были слабыми и непродолжительными, либо субтропическими, поэтому количество ураганов и мощных ураганов оказалось близким к норме.





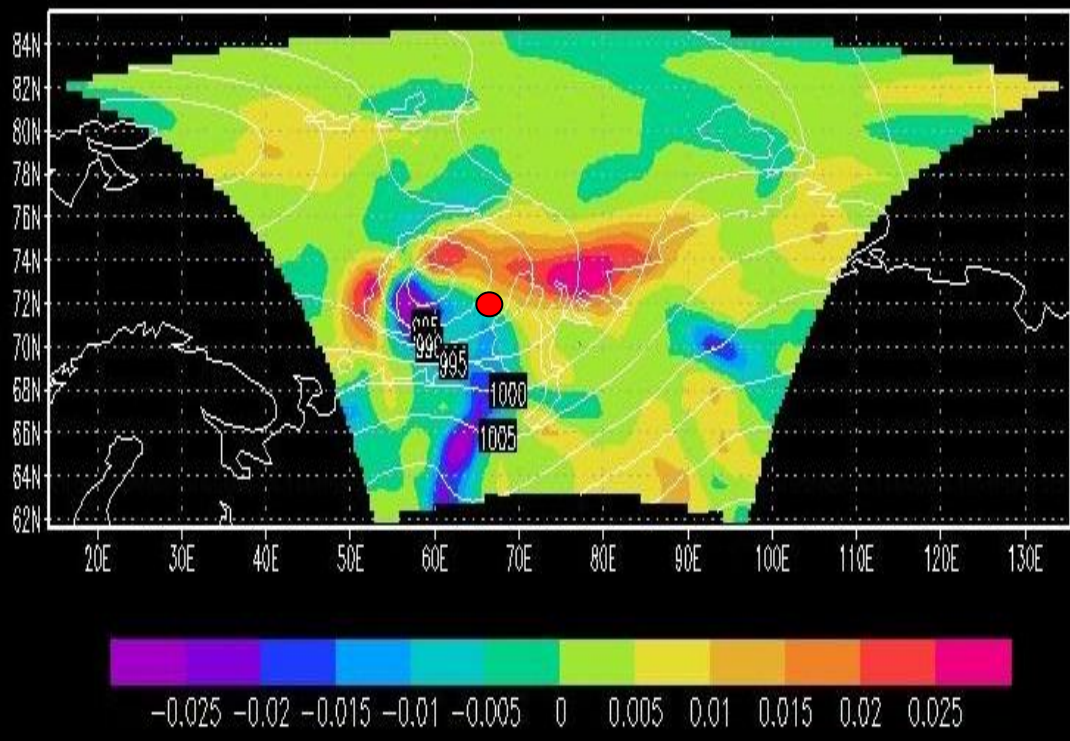
# Полярный циклон

17 сентября 2005 года

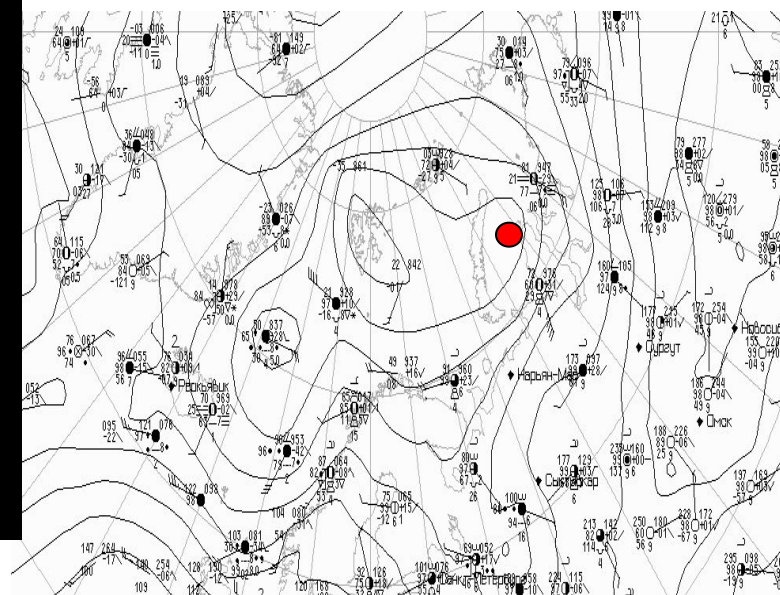
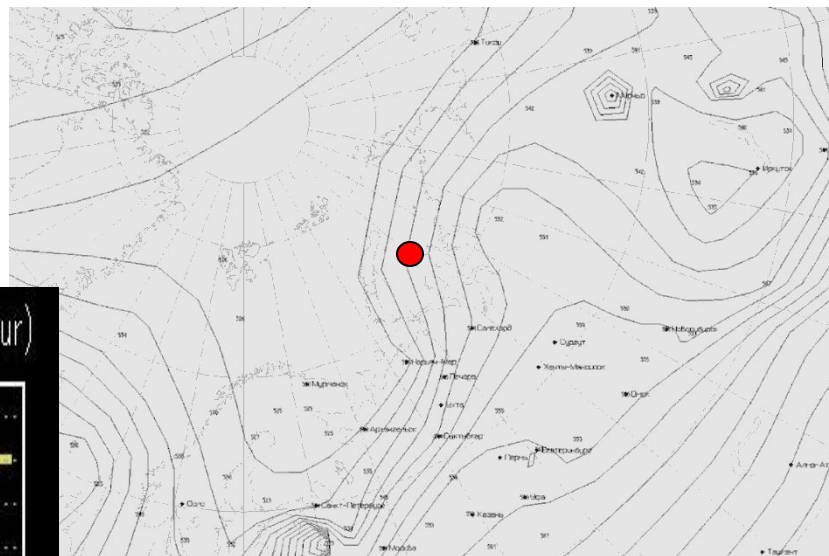
(время обнаружения 12 ч (GMT))

Расчетное поле адвекции температуры  
11.00 ч. (GMT)

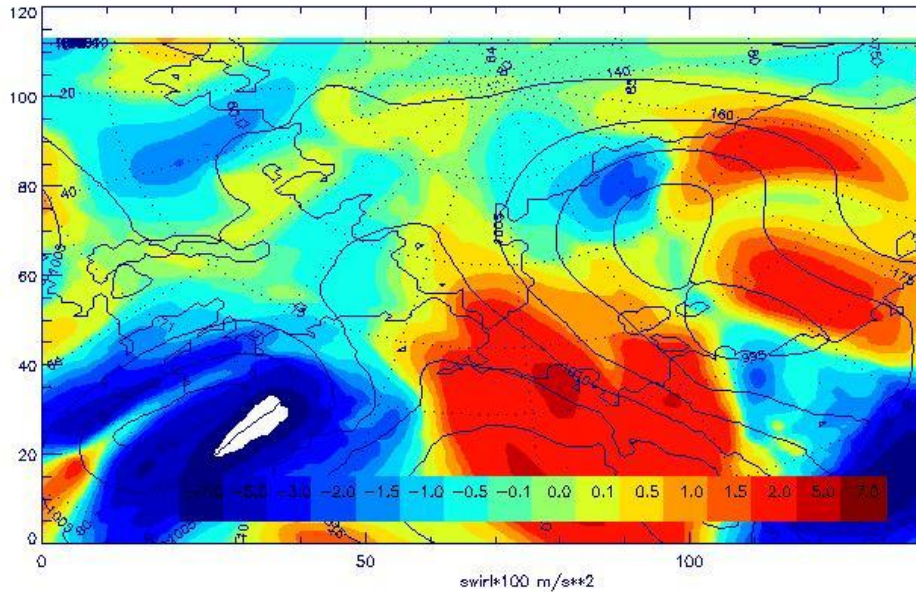
temperature advection ( $100 \times K/s$  shaded), sea surface pressure (hPa contour)



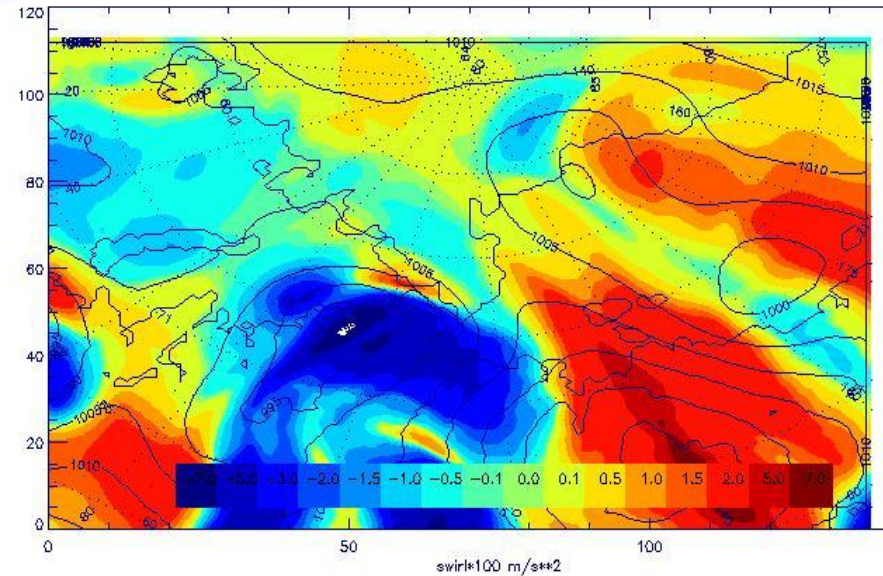
Карта относительной топографии и  
приземная карта за 12.00 ч (GMT)



## Спиралевидность атмосферных движений



7 сентября (7 ч ) 2007 года.  
Время GMT. Модель WRF

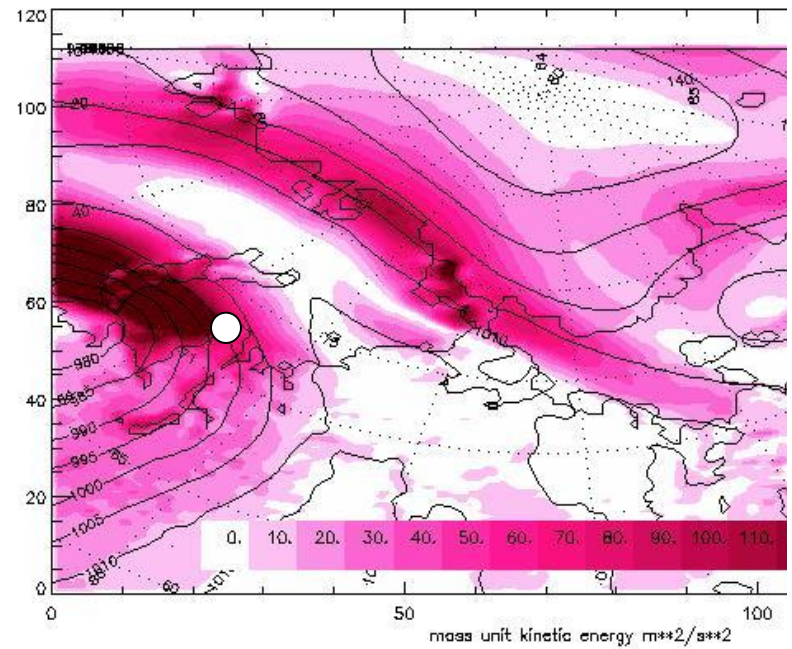
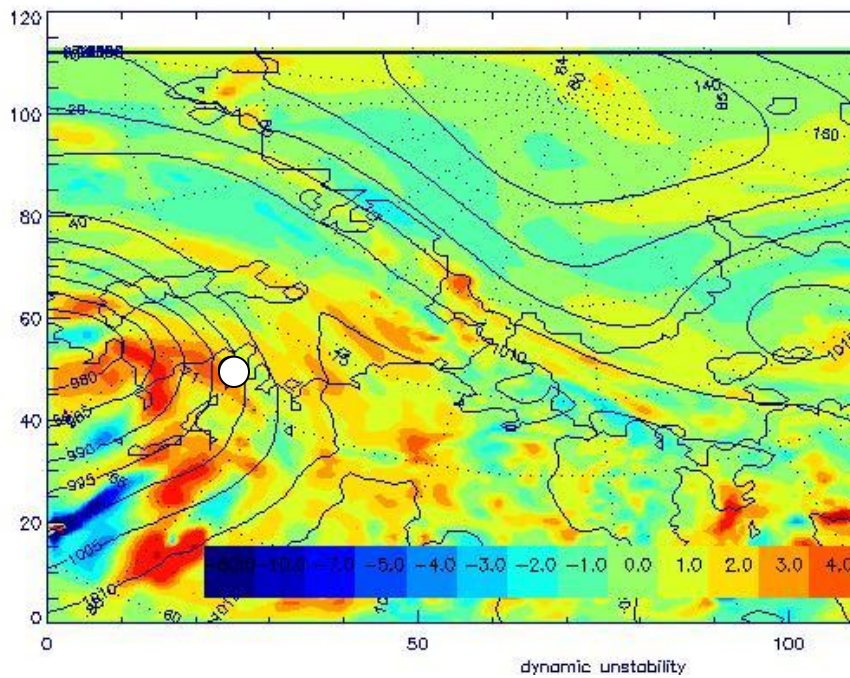


8 сентября (4 ч ) 2007 года.  
Время GMT. Модель WRF

*Центр ПМЦ находился на западной, северо-западной периферии материнского циклона над Ямалом. В поле спиралевидных движений материнского циклона, в его северо-западной части формируется ядро, которое прослеживается до 4 утра 8 сентября. Подобные ситуации наиболее часто фиксируются в районе Карского моря и моря Лаптевых.*



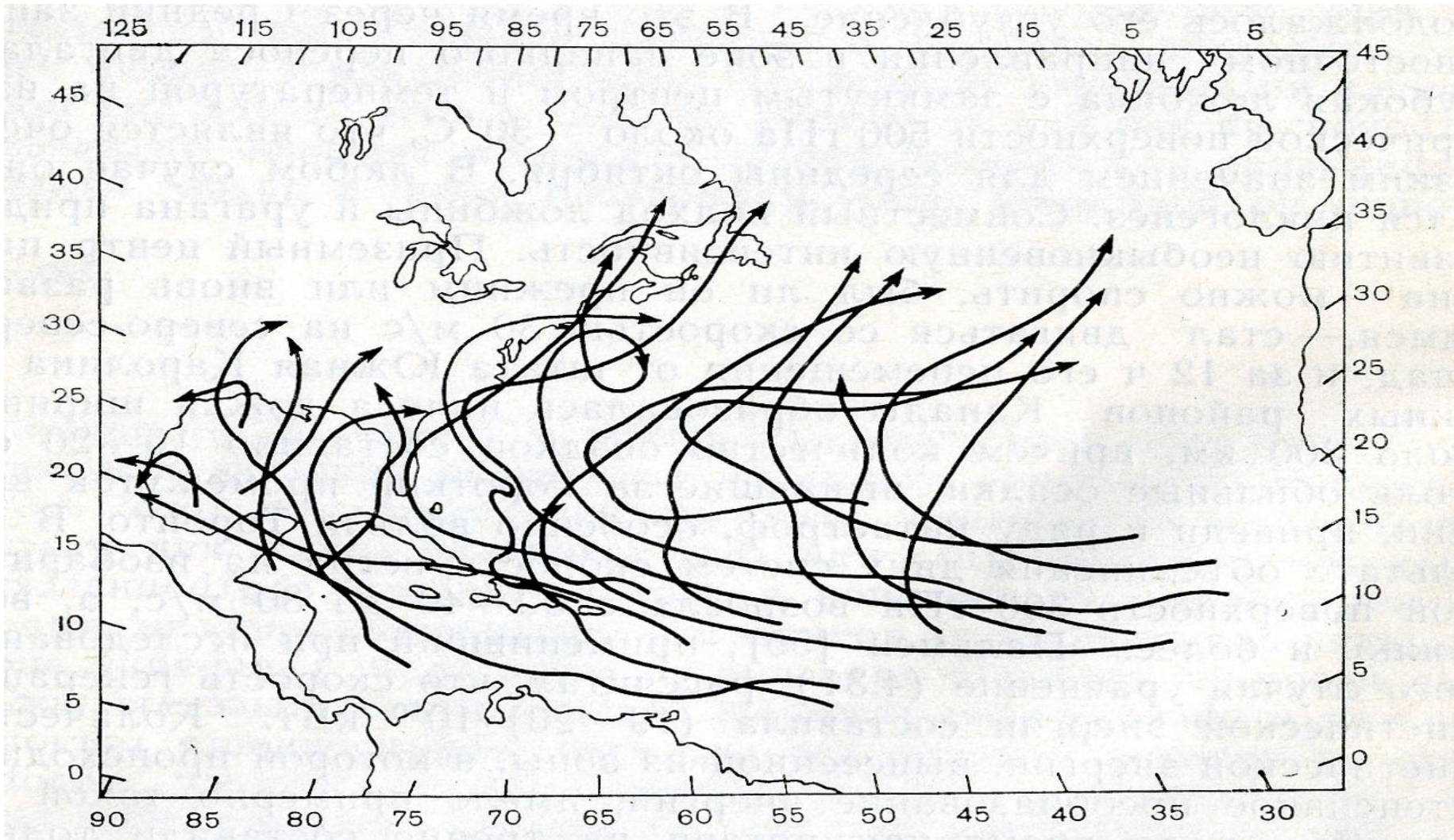
# Динамическая неустойчивость и кинетическая энергия (модель WRF) 1 сентября 2008 года.



*ПЦ в районе Карского моря над Обской губой.*

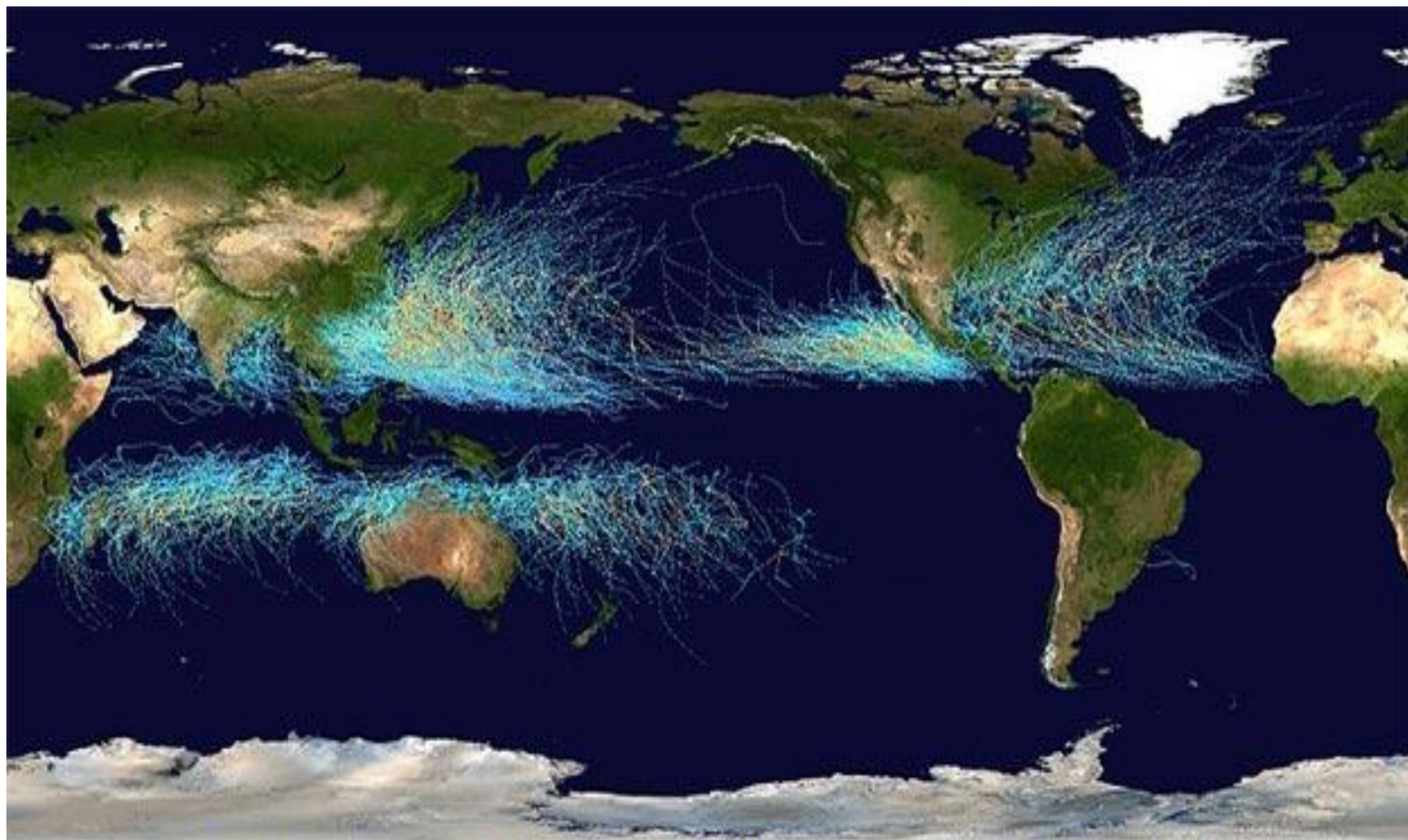


# Траектории тропических циклонов в Атлантическом океане





# Мировое распределение тропических циклонов



На этой карте показаны пути всех тропических циклонов за 1985-2005 гг.  
На каждом пути точки соответствуют положениям циклона через каждые 6 часов;  
их цвет указывает силу циклона по шкале Саффира-Симпсона