

ДИАГНОСТИКА И ПРОГНОЗ ВЛИЯНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСЦИЛЛЯЦИЙ НА АКТИВНОСТЬ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ УРАГАНОВ

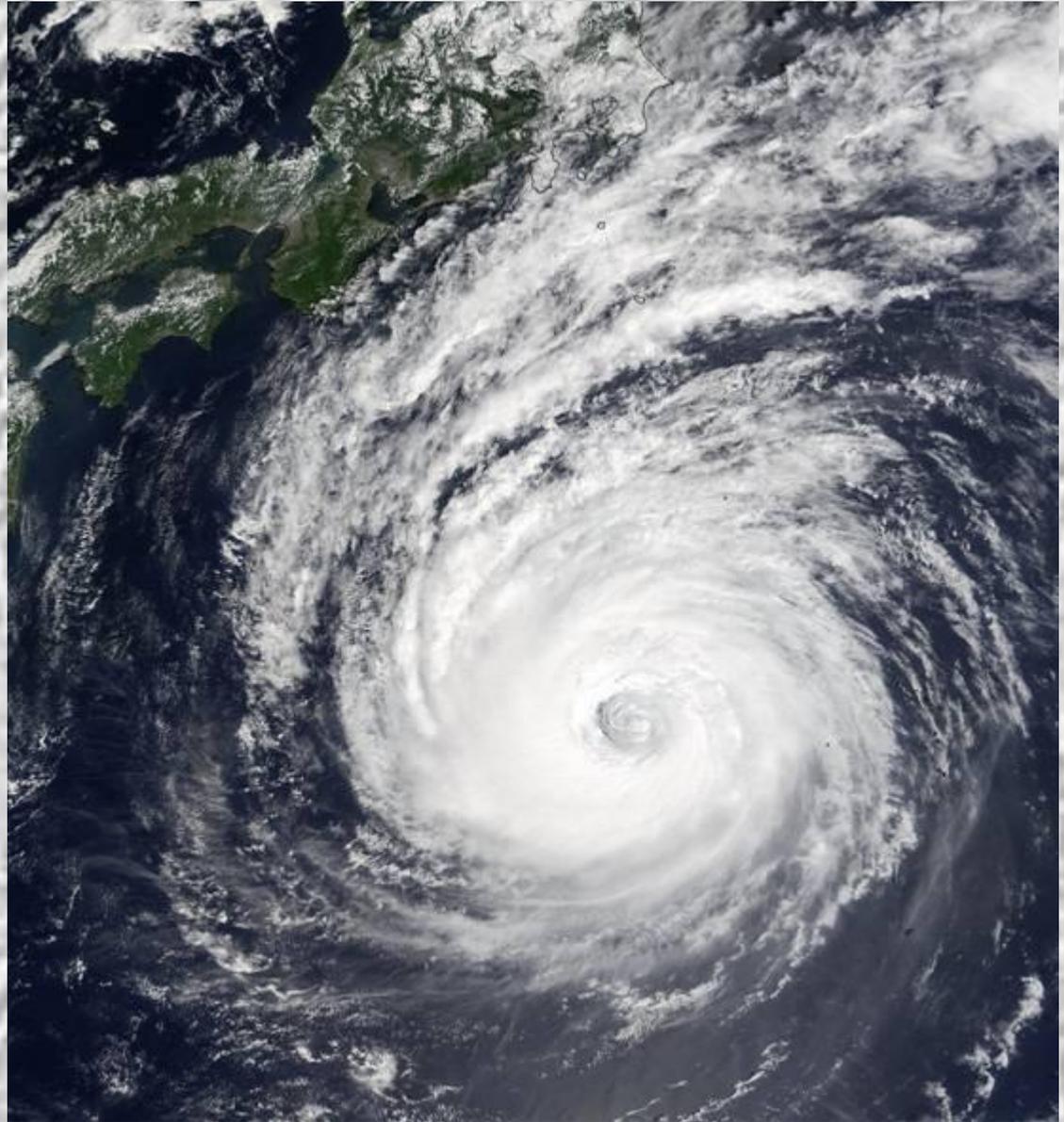
В.А. Головки, И.Л. Романов

**Всероссийская научная конференция
Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса
Москва, 10-12 ноября 2003 г.**

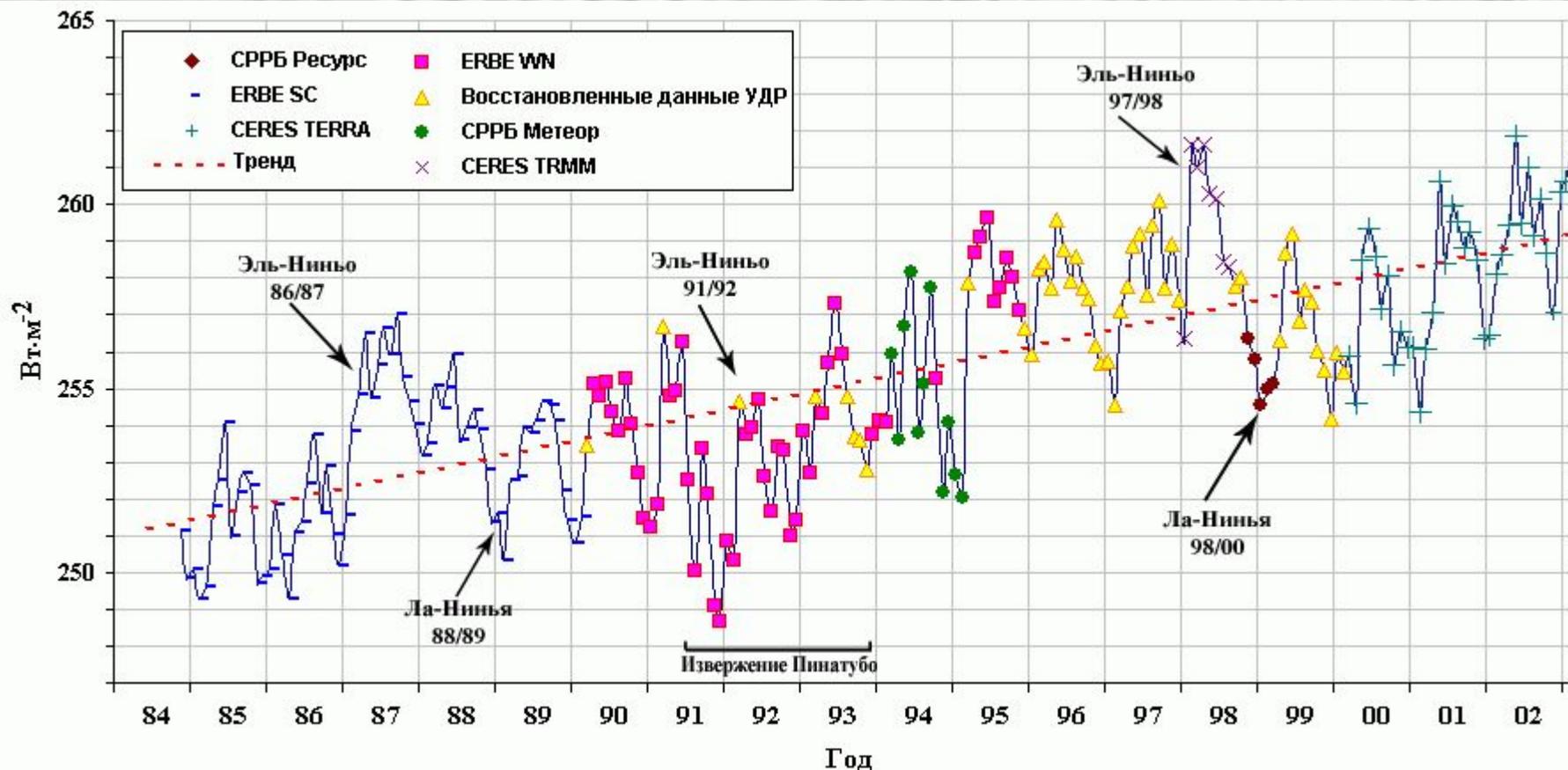
Актуальность и научная новизна решаемых задач

◇ Впервые экспериментальные данные, накопленные за период около 20 лет, позволяют выявить основные особенности короткопериодных изменений климата Земли, связанных с аномалиями глобального перераспределения составляющих радиационного баланса.

◇ На основе анализа характеристик уходящего излучения Земли и основных осциллирующих компонентов климата может быть исследована возможность решения одной из наиболее актуальных задач построения математической пространственно-временной модели, позволяющей осуществлять диагностику и прогноз аномальных природных явлений и, в первую очередь, мощных тропических циклонов (тайфунов).

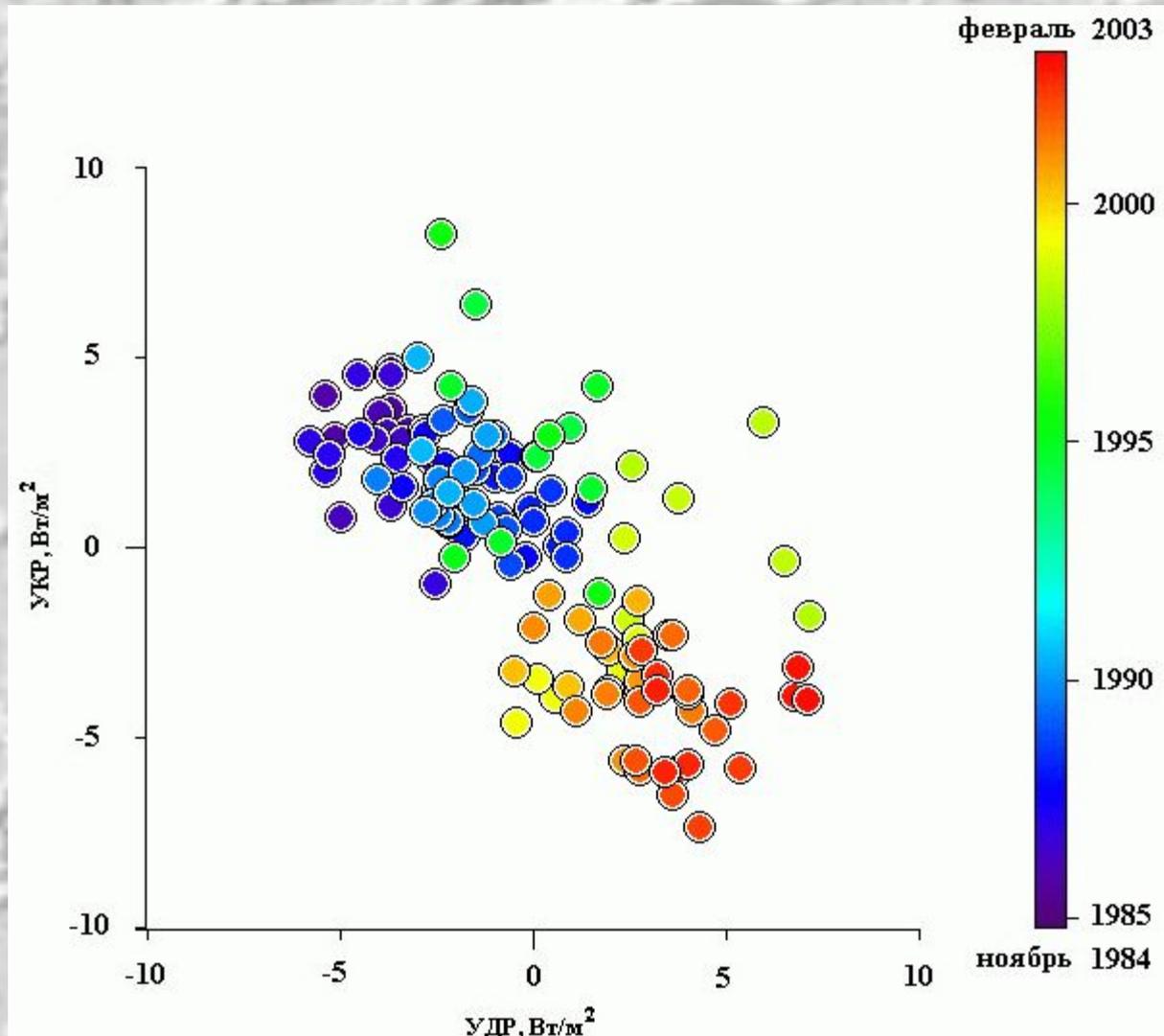


Аномальные климатические изменения в конце XX века



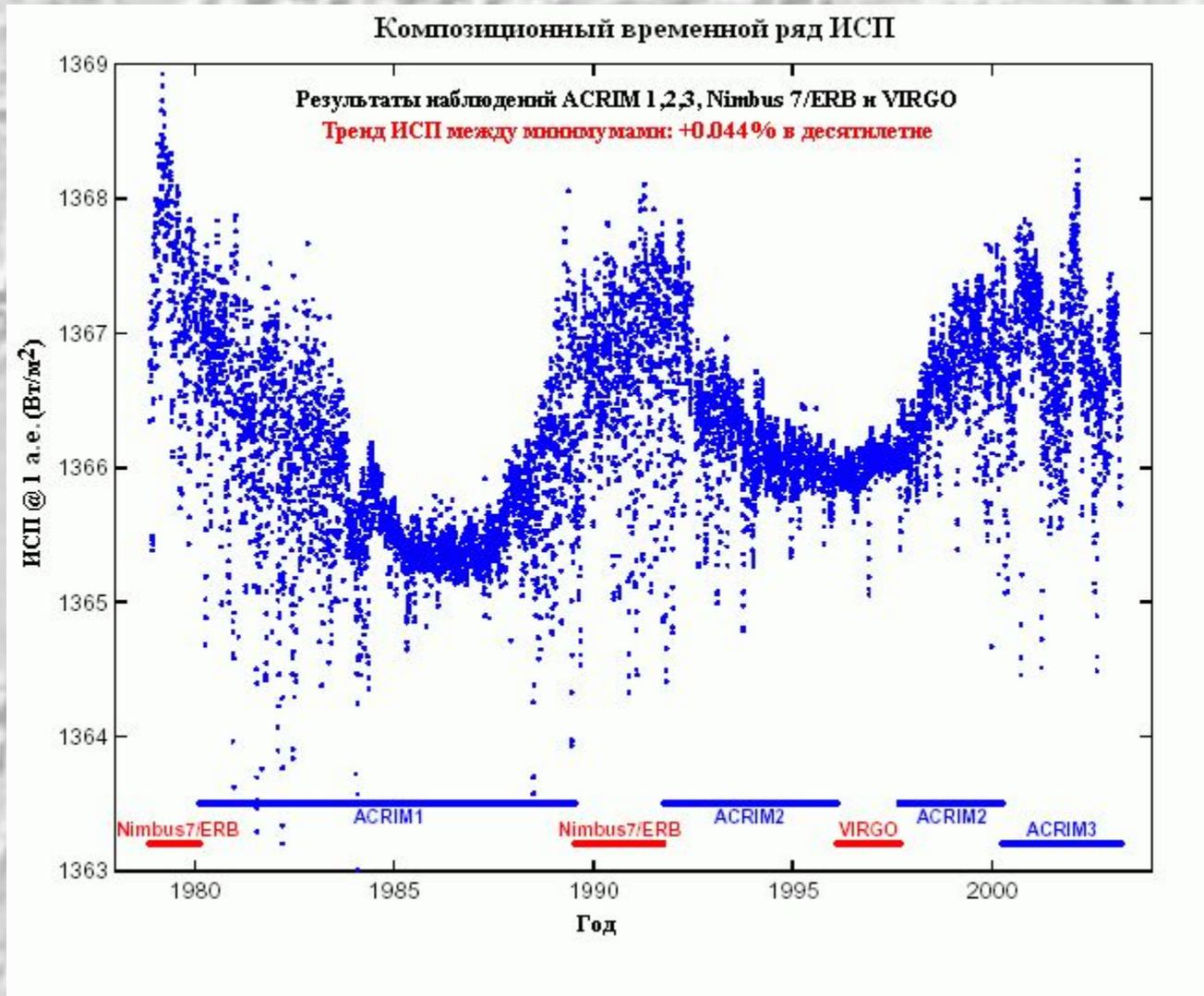
Реконструированный временной ход длинноволновой составляющей радиационного баланса Земли в экваториальной зоне ($\pm 20^\circ$) за последние 18 лет и основные аномальные природные явления за этот период.

Аномальные климатические изменения в конце XX века

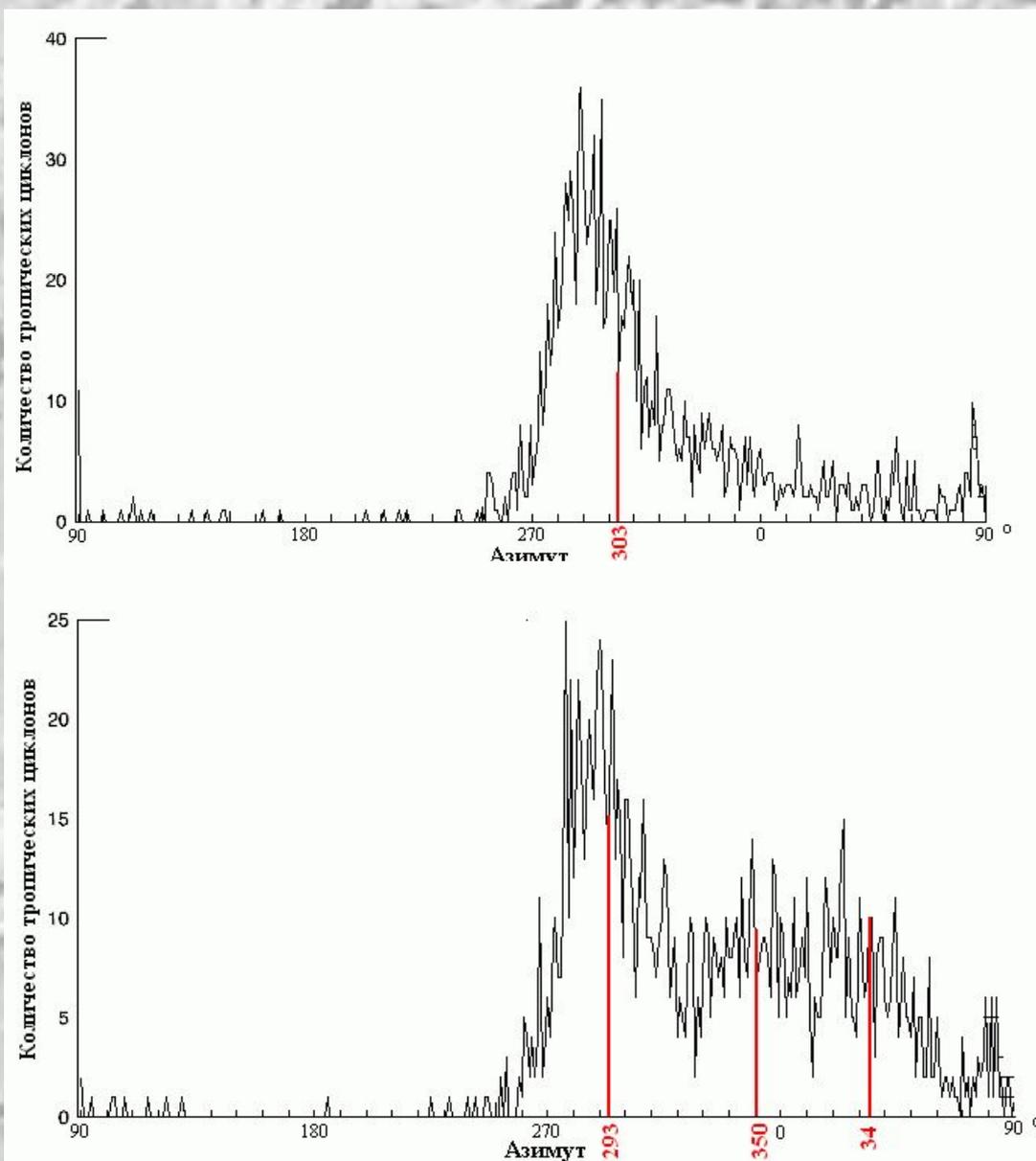


Совместная эволюция аномалий коротковолновой и длинноволновой составляющих РБЗ относительно базового периода 1984-1989 гг.

Аномальные климатические изменения в конце XX века



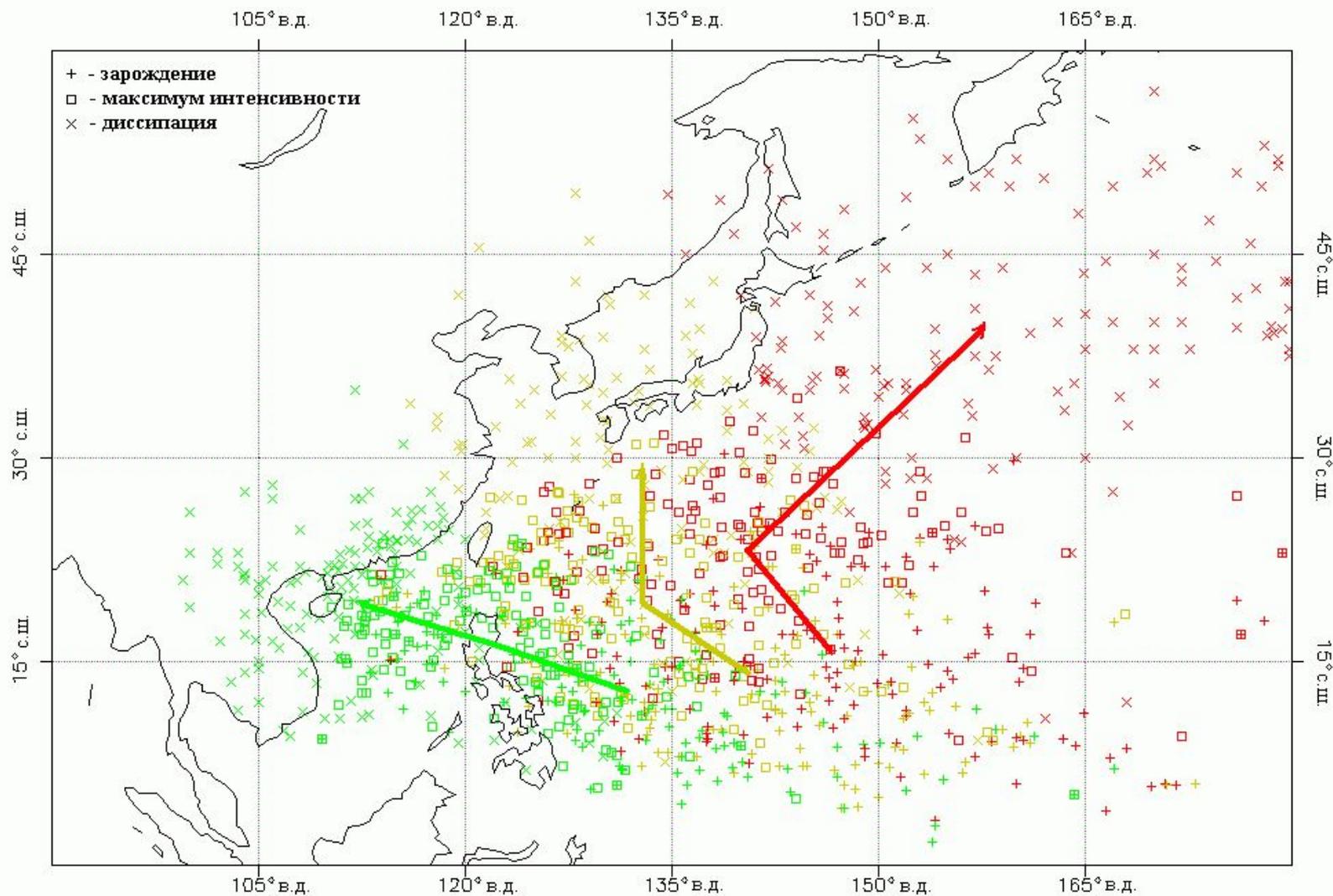
Особенности циклогенеза северо-западной акватории Тихого океана



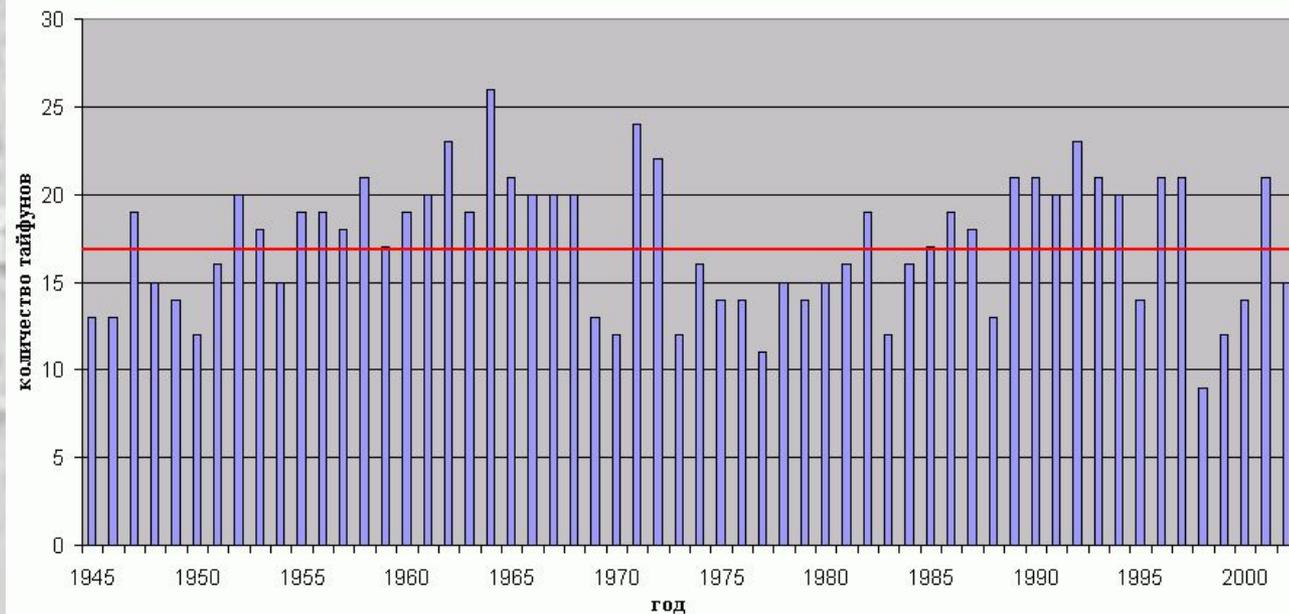
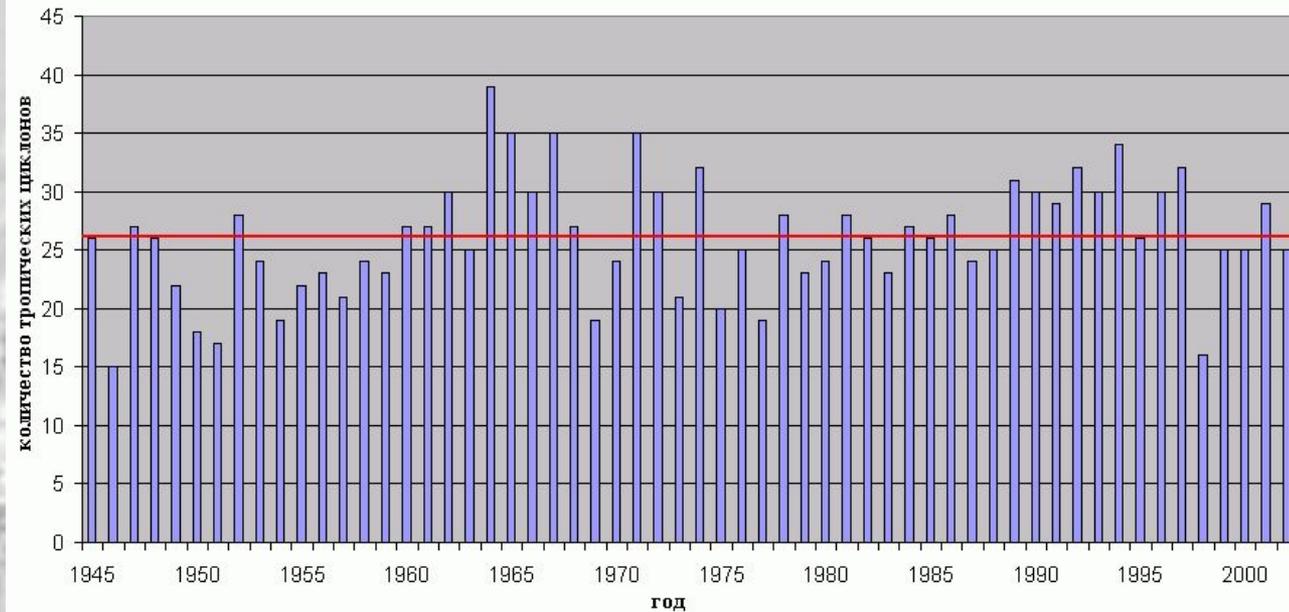
**Начальная
стадия
развития ТЦ**

**Заключительная
стадия
существования
ТЦ**

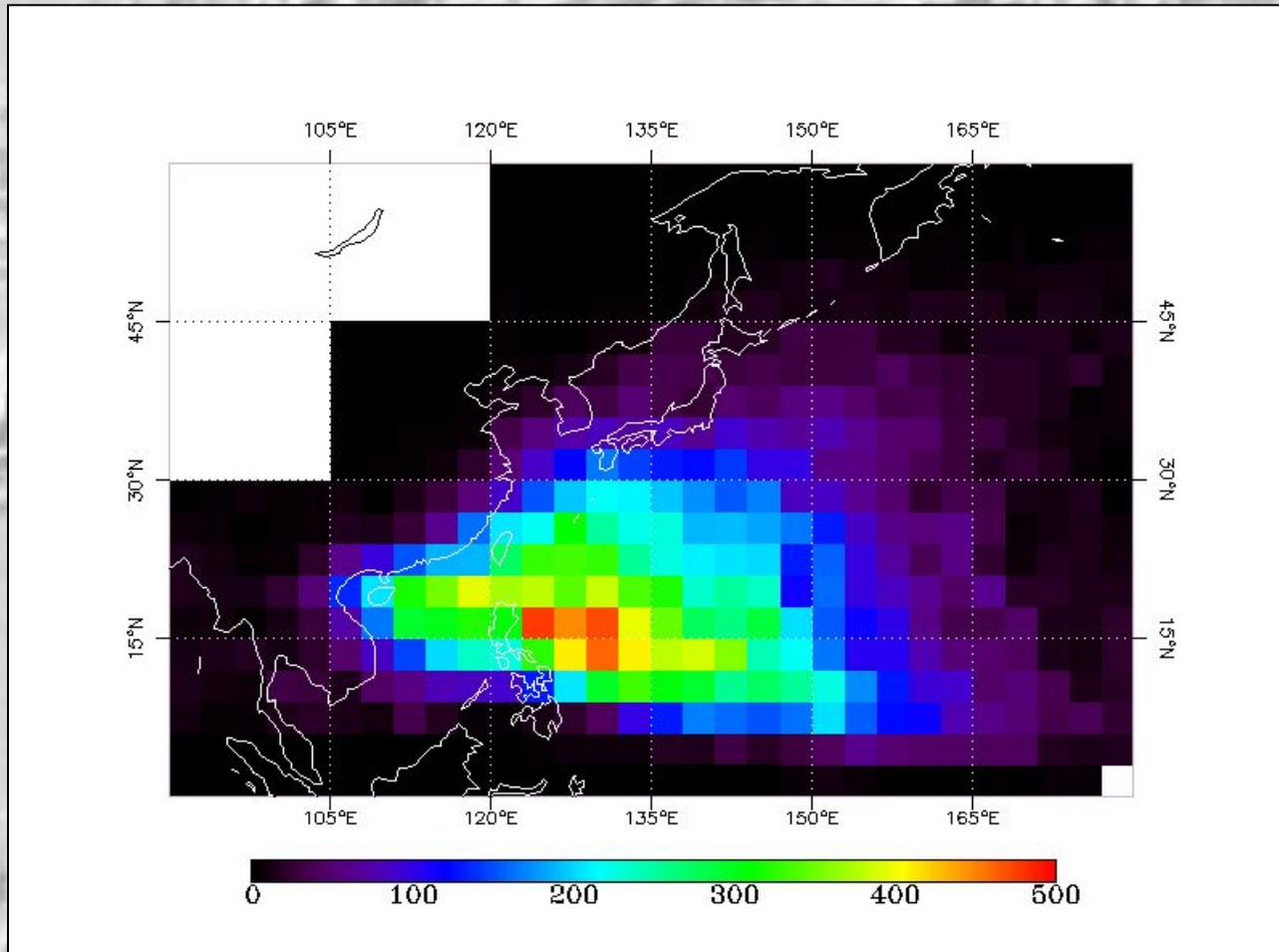
Особенности циклогенеза северо-западной акватории Тихого океана



Особенности циклогенеза северо-западной акватории Тихого океана



Особенности циклогенеза северо-западной акватории Тихого океана



Количество наблюдений тайфунов с 1945 по 2002 год в каждой пространственной ячейке разрешения (3°× 3°).

Иерархический байесовский подход

Принципиальная идея подхода к построению иерархической модели заключается в поэтапном решении сложной статистической задачи.

При этом подходе сложные структуры описания процесса представлены набором условных моделей, формально связанных между собой вероятностными правилами.

Байесовский формализм позволяет оценить характеристики пространственно-временной изменчивости скрытого динамического процесса, ответственного за частоту появления ураганов.

Байесовские модели позволяют успешно интегрировать данные различных информационных источников.

Статистический анализ климатологии тропических ураганов должен учитывать пространственную изменчивость частоты их появления, авторегрессионные члены, и полный набор климатических факторов, влияющих на возникновение и эволюцию этих природных явлений (характеристики уходящего излучения, индексы основных осцилляций климата и т.п.).

В результате иерархическая модель дает апостериорное распределение пространственно-временных характеристик ураганов. Вычисление апостериорного распределения для сложной модели сопряжено со значительными вычислительными трудностями в связи большой размерностью задачи. И хотя непосредственно вычислить апостериорное распределение часто не представляется возможным, результат можно получить путем моделирования, используя вычислительный алгоритм цепей Маркова - Монте-Карло (MCMC).

Иерархическая модель

Первый уровень: модель данных [данные | процесс, параметры]

$$Y_m(t) | \rho_m(t) \sim POI(\rho_m(t))$$

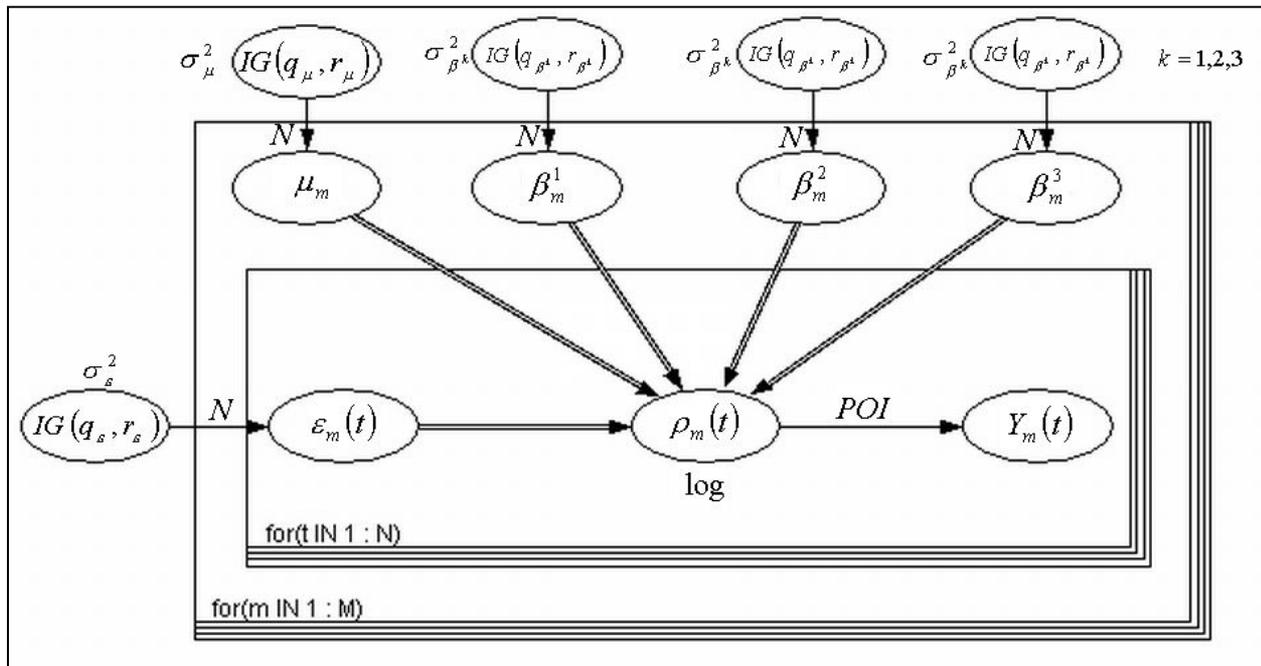
Второй уровень: модель процесса [процесс | параметры]

$$\log(\rho_m(t)) = \mu_m + \beta_m^1 x^1(t) + \beta_m^2 x^2(t) + \beta_m^3 x^3(t) + \varepsilon_m(t)$$

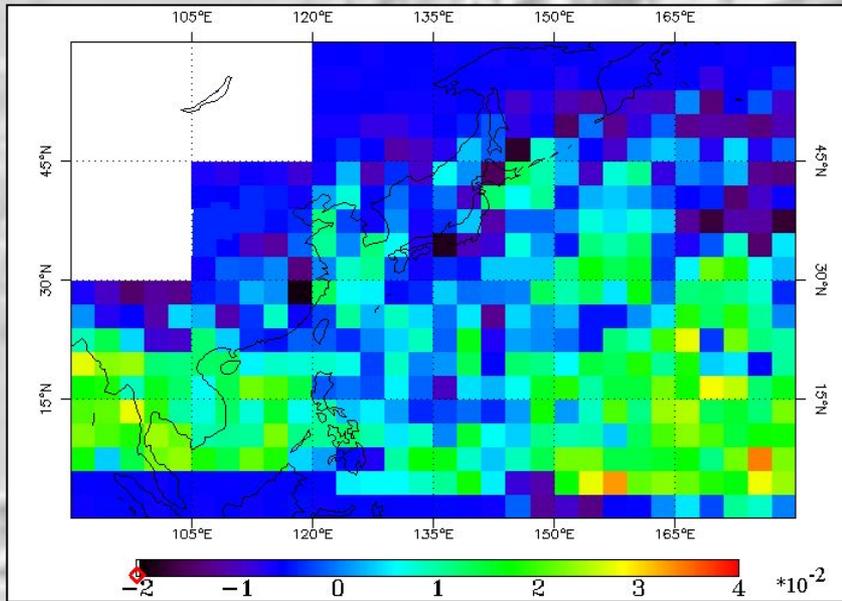
Третий уровень: модель параметров [параметры]

$$\mu_m \sim N(0, \sigma_\mu^2) \quad \beta_m^k \sim N(0, \sigma_{\beta^k}^2) \quad k=1,2,3 \quad \varepsilon_m(t) \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

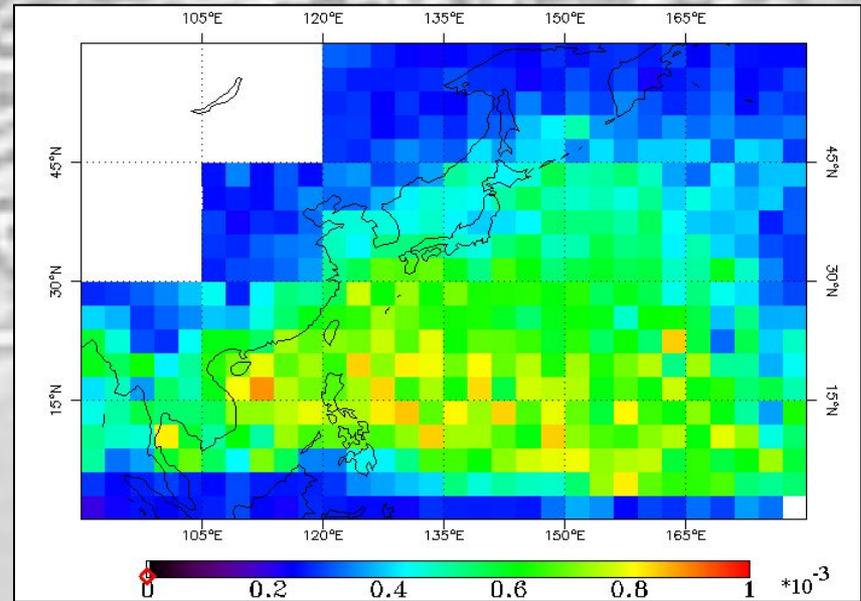
$$\sigma_\mu^2 \sim IG(q_\mu, r_\mu) \quad \sigma_{\beta^k}^2 \sim IG(q_{\beta^k}, r_{\beta^k}) \quad k=1,2,3 \quad \sigma_\varepsilon^2 \sim IG(q_\varepsilon, r_\varepsilon)$$



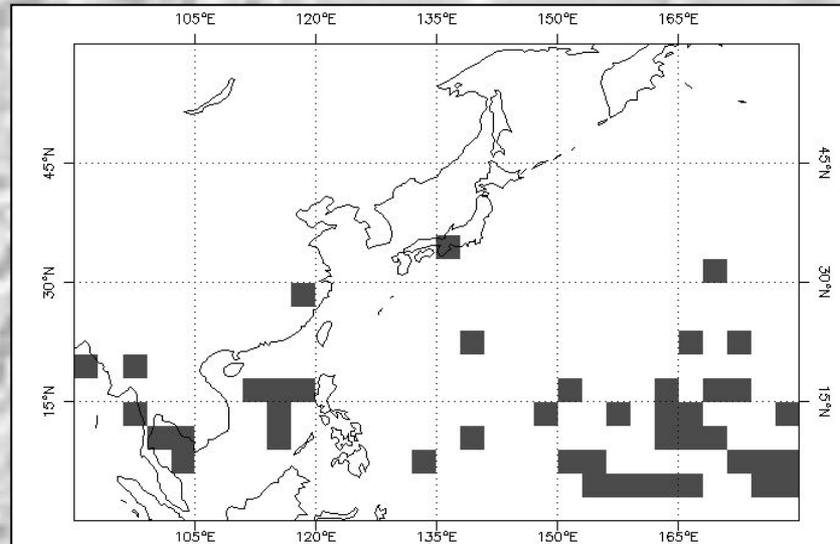
Пространственные характеристики основных параметров модели



Авторегрессия

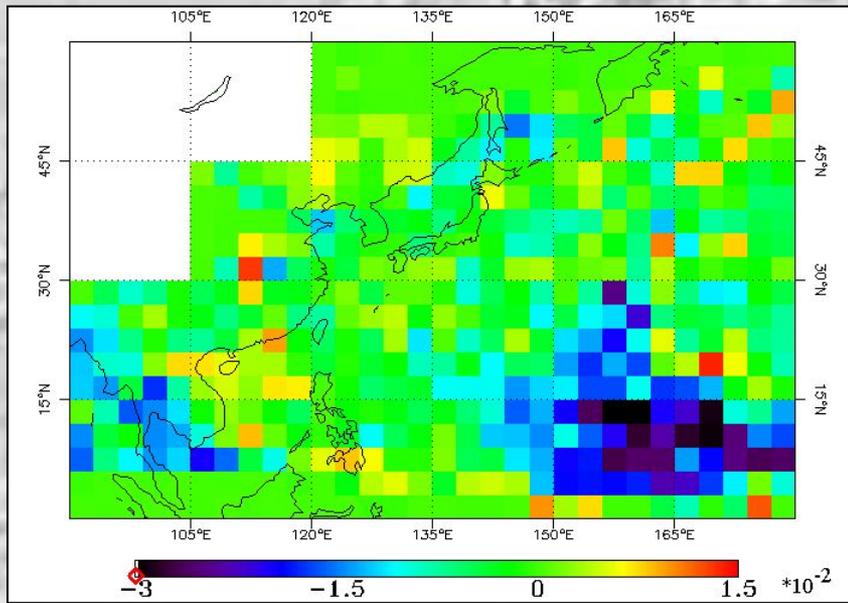


Погрешность оценки

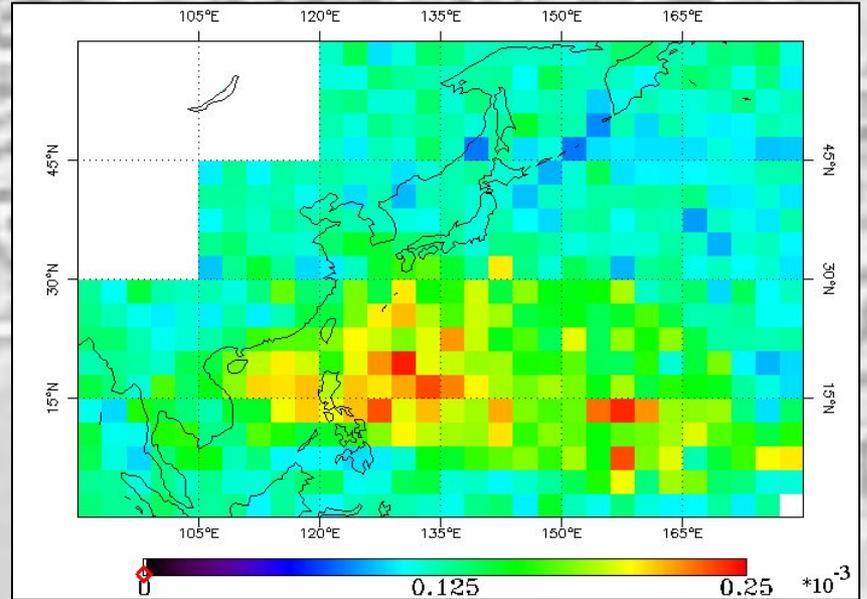


Пространственное расположение значимых значений (с вероятностью 95%)

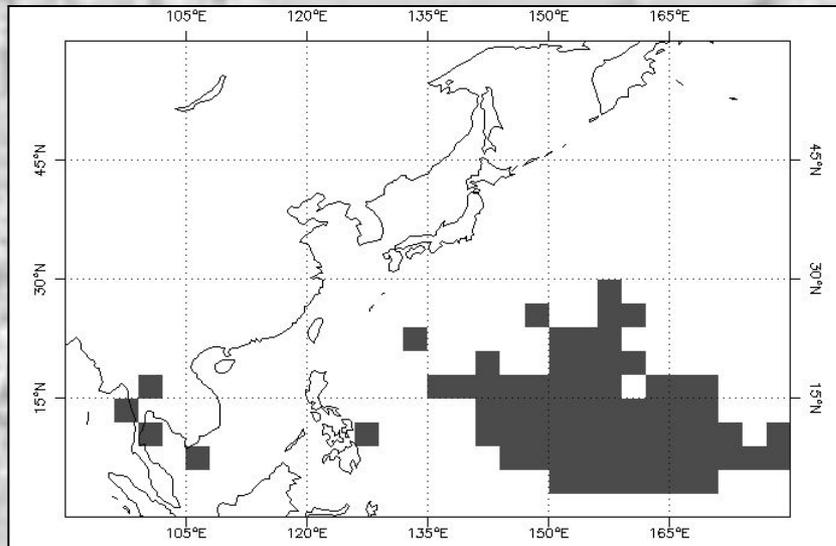
Пространственные характеристики основных параметров модели



Индекс Южного колебания

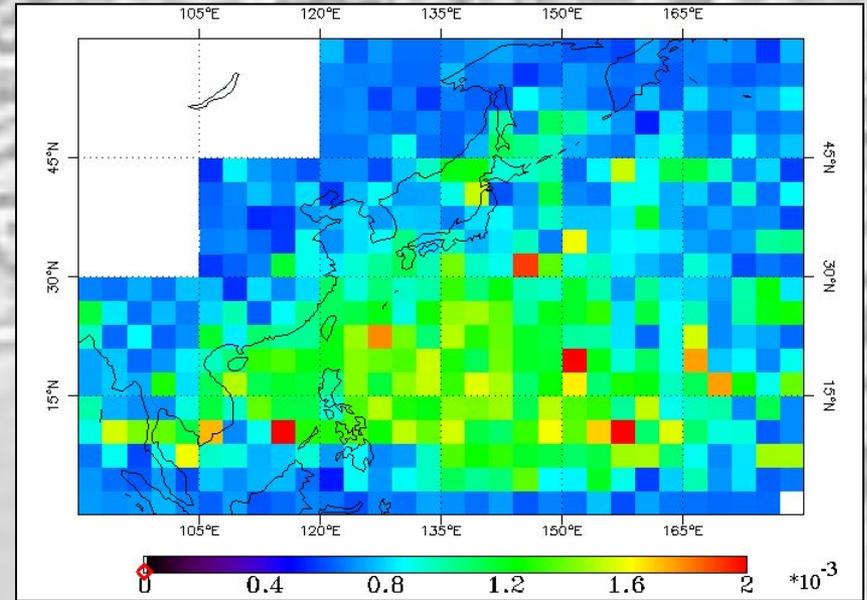
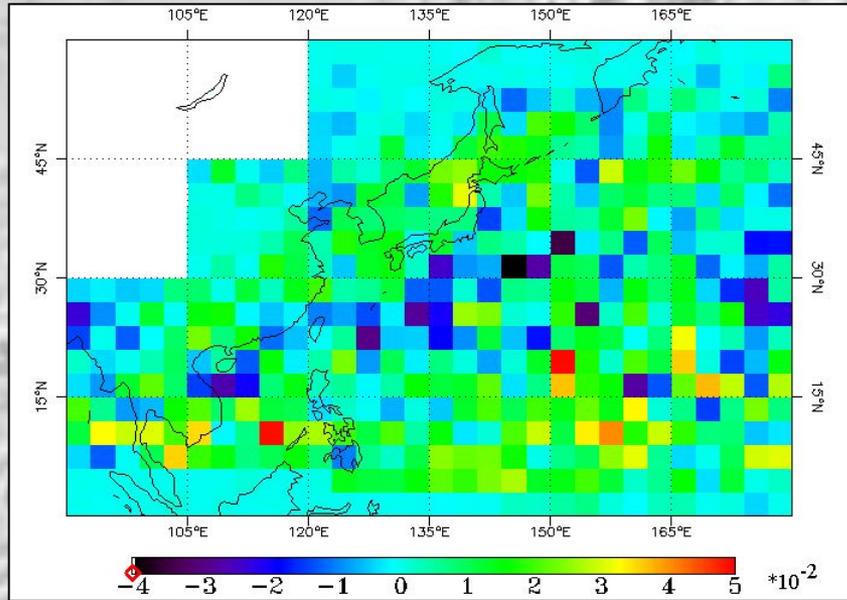


Погрешность оценки



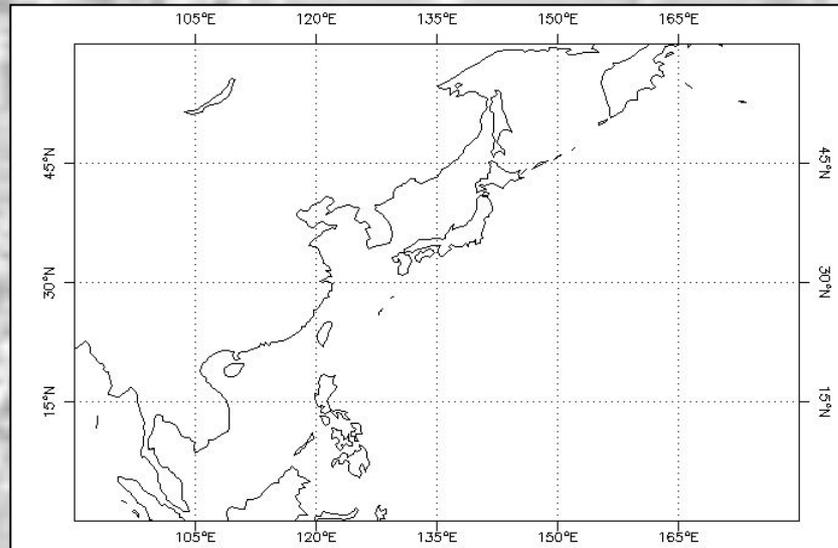
Пространственное расположение значимых значений (с вероятностью 95%)

Пространственные характеристики основных параметров модели



Индекс Северо-Атлантического колебания

Погрешность оценки

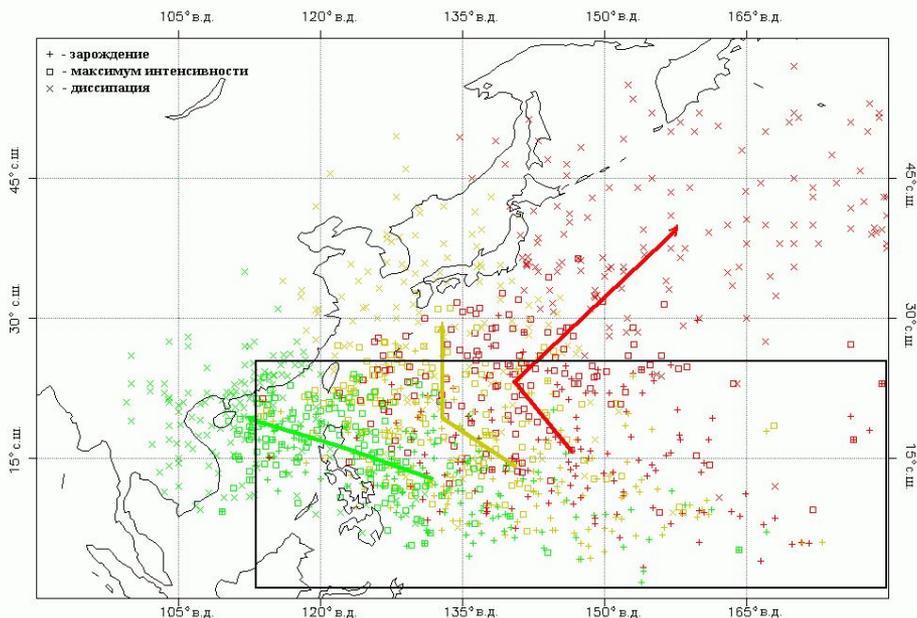
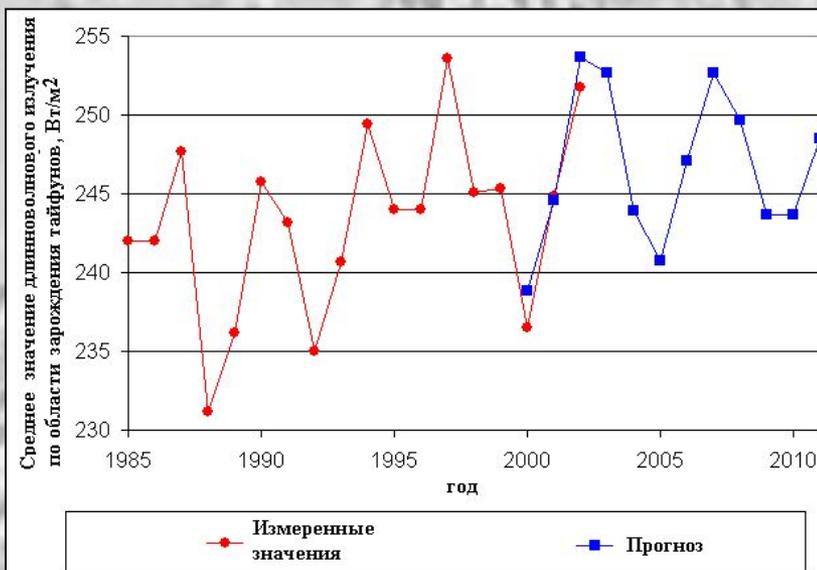


Пространственное расположение значимых значений (с вероятностью 95%)

Прогноз годового количества тайфунов

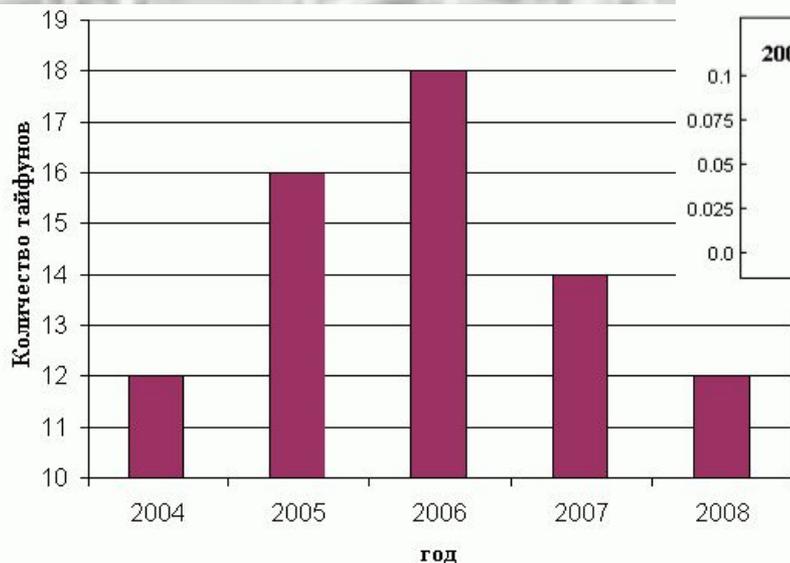
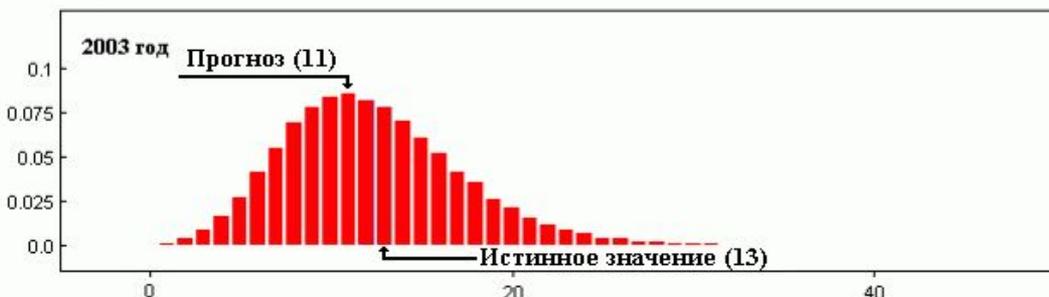
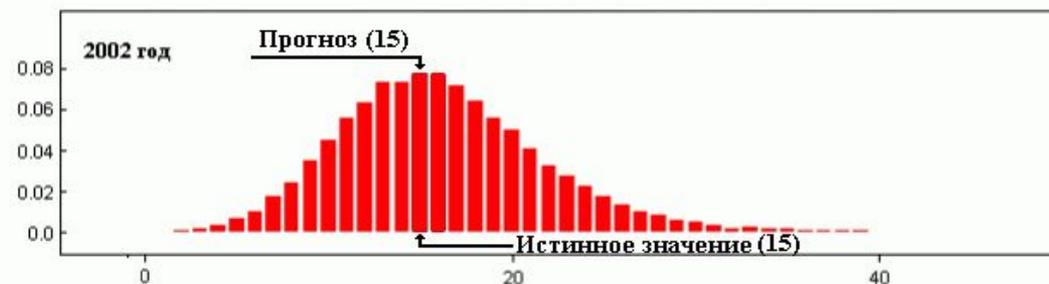
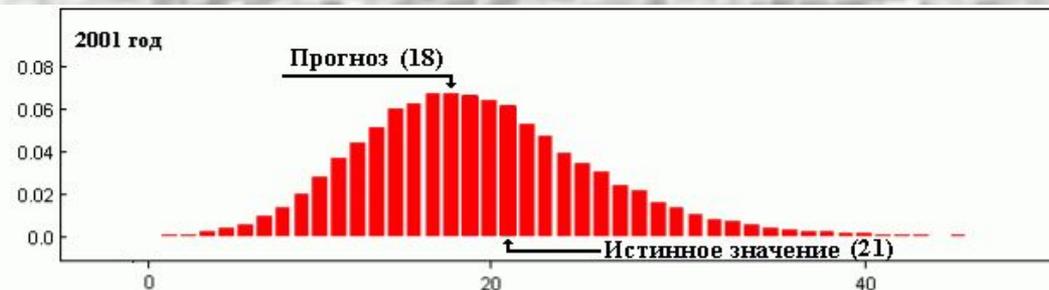
Для выделенной области зарождения тайфунов в западной части Тихого океана была установлена статистическая значимость региональных характеристик УДР, как оптимальных предикторов годового количества тайфунов в исследуемой области.

Прогноз интегральной характеристики УДР в области зарождения тайфунов с помощью метода главных осциллирующих образов (POP)



Прогноз годового количества тайфунов

Валидация полученных результатов прогноза количества тайфунов на основе сопоставления с данными независимых наблюдений за трехлетний период показывает, что средняя относительная точность прогноза составляет около 10%.



Прогноз количества тайфунов на ближайшие 5 лет

Заключение

- 1. На основе 18-летнего ряда космических радиационных наблюдений выявлены пространственно-временные структуры аномалий УДР, описывающие динамику основных процессов в радиационном поле Земли.**
- 2. Исследована возможность среднесрочного прогноза пространственного распределения аномалий УДР статистическими методами в различных широтных зонах. Относительная средняя точность среднесрочного прогноза УДР в пространственной ячейке 2.5° на 2.5° составляет около 3%, относительная точность интегрального значения УДР в заданной широтно-долготной зоне не превышает 0.5%.**
- 3. Построена Байесовская иерархическая статистическая модель, связывающая пространственное распределение годового количества наблюдений тайфунов с характеристиками поля УДР и основными осциллирующими климатическими индексами.**
- 4. Для выделенной области зарождения тайфунов в западной части Тихого океана была установлена статистическая значимость интегральной характеристики уходящего длинноволнового излучения, как оптимального предиктора годового количества тайфунов в исследуемой области. Подтверждена статистически значимая связь индекса Южного колебания с пространственным распределением годового количества тайфунов. Отвергнута гипотеза о наличии статистически значимой связи с индексом Северно-Атлантического колебания.**
- 5. На основе прогнозируемых значений поля УДР в области зарождения тайфунов с помощью одномерной иерархической модели получены оценки среднегодового количества тайфунов до 2008 года. Средняя относительная точность прогноза на три года составляет около 10 %.**