

Федеральная служба по гидрометеорологии  
и мониторингу окружающей среды



**ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ  
ОБСЕРВАТОРИЯ  
им. А. И. ВОЕЙКОВА**

*Год основания 1849*



# На языке науки (... о климате)

В.М. Катцов



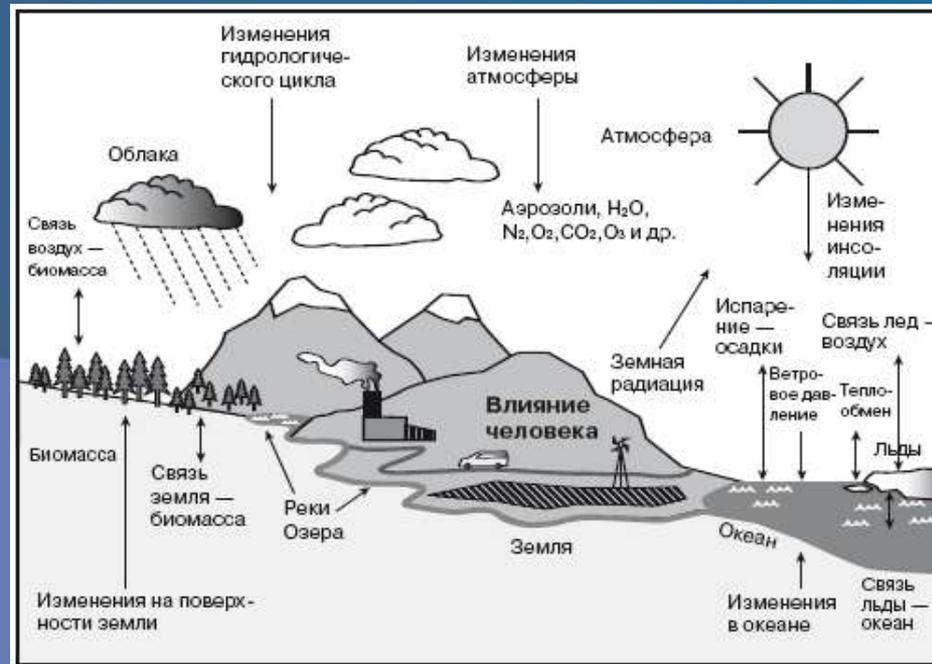
*Цитата:*

«Они дают прогнозы на сто лет с теми же моделями,  
с которыми не могут предсказать погоду даже на несколько дней...»



**Климатическая система** – сложная система, состоящая из пяти основных компонентов: *атмосферы, гидросферы, криосферы, литосферы и биосферы*, и взаимодействий между ними.

Климатическая система эволюционирует во времени под воздействием своей собственной внутренней динамики и в силу **внешних воздействий**, таких как извержения вулканов, колебания солнечной радиации и *антропогенные воздействия*, такие как изменение состава атмосферы и *изменения в землепользовании*.





**Погода** – состояние атмосферы (в широком смысле – любого компонента климатической системы) в определенный момент времени или в течение короткого промежутка времени – от минут до суток.

Теоретический предел предсказуемости погоды составляет, примерно, две недели.

**Климат** в узком смысле этого слова обычно определяется как средний режим **погоды** или в более строгом смысле как статистическое описание средней величины и изменчивости соответствующих количественных параметров в течение периода времени от нескольких месяцев до тысяч или миллионов лет.

Согласно определению ВМО, классическим периодом для усреднения этих переменных является период в 30 лет.



**Изменение климата** означает изменение состояния климата, которое может быть определено (например, с помощью статистических тестов) через изменения в средних значениях и/или вариабельности его параметров и которое сохраняется в течение длительного периода, обычно десятилетий или больше. Изменение климата может быть вызвано естественными внутренними процессами или внешними воздействиями, такими как модуляции солнечных циклов, извержения вулканов и продолжительные антропогенные изменения в составе атмосферы или в землепользовании.

**Изменчивость климата** – колебания среднего состояния и других статистических параметров климата во всех пространственных и временных масштабах.



**Прогноз** – описание будущего состояния – **что будет?**

**Перспективная оценка** – условный прогноз – **что будет, если ...?**

# Климатические воздействия и воздействия на климат



**Климатические воздействия** – последствия изменений климата для природных систем и хозяйственных объектов, экономики и безопасности, общества и т.п.

**Сценарий воздействия на климатическую систему** – правдоподобное описание будущего, основанное на согласованном наборе предположений в отношении ключевых движущих факторов развития человечества (например, темпы технологических изменений, цены и т.п.).

Сценарии не являются прогнозами и им не приписывается вероятность реализации.



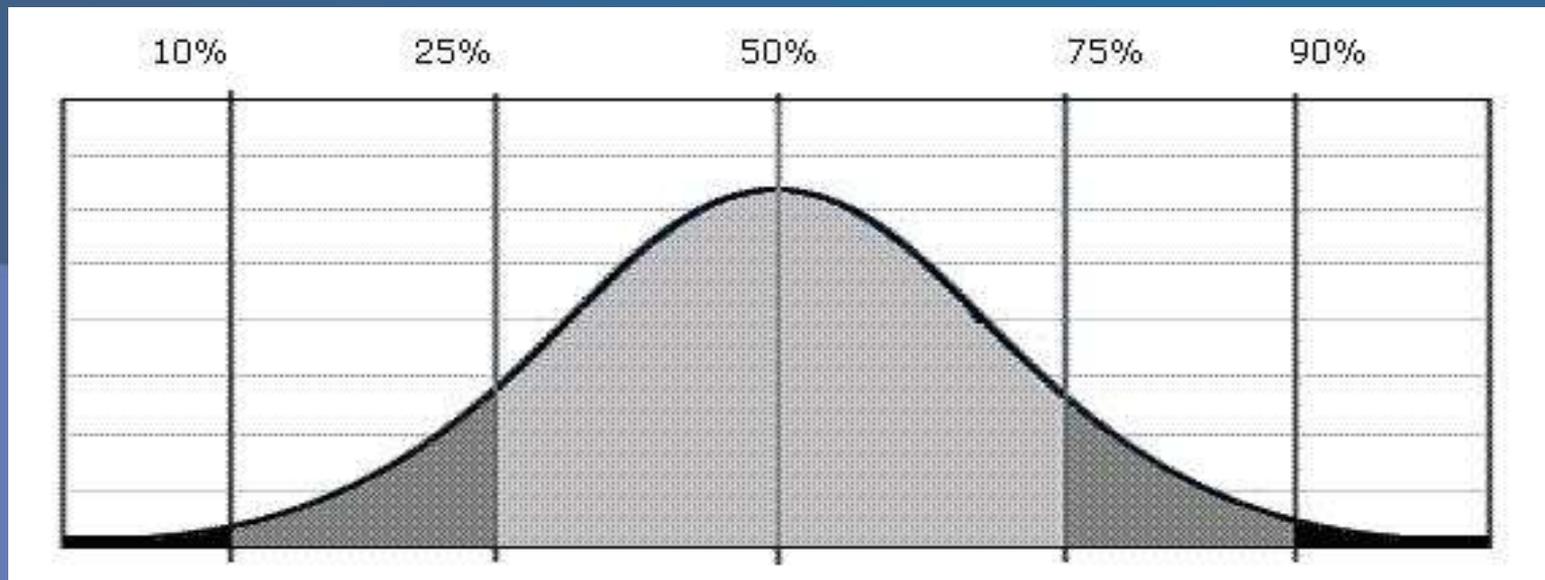
**Адаптация** – приспособления к фактическим и ожидаемым, прямым или косвенным климатическим воздействиям – во избежание ущерба и использования новых возможностей.

**Уязвимость** – предрасположенность к неблагоприятному воздействию, недостаток способности противостоять или адаптироваться.

**Смягчение** антропогенных воздействий на климатическую систему действия, направленные сокращение *источников* или расширение *поглотителей парниковых газов*.



**Экстремальное явление** – явление, которое редко наблюдается в конкретном месте и в конкретное время года. Явление обычно считается экстремальным, если оно наблюдается не чаще, чем 10-й или 90-й процентиль функции распределения вероятностей, оцениваемой по данным наблюдений. Если режим экстремальной погоды сохраняется некоторое время, например, в течение сезона, то его можно квалифицировать как экстремальное климатическое явление, (например, засуха или сильные дождевые осадки в течение сезона).

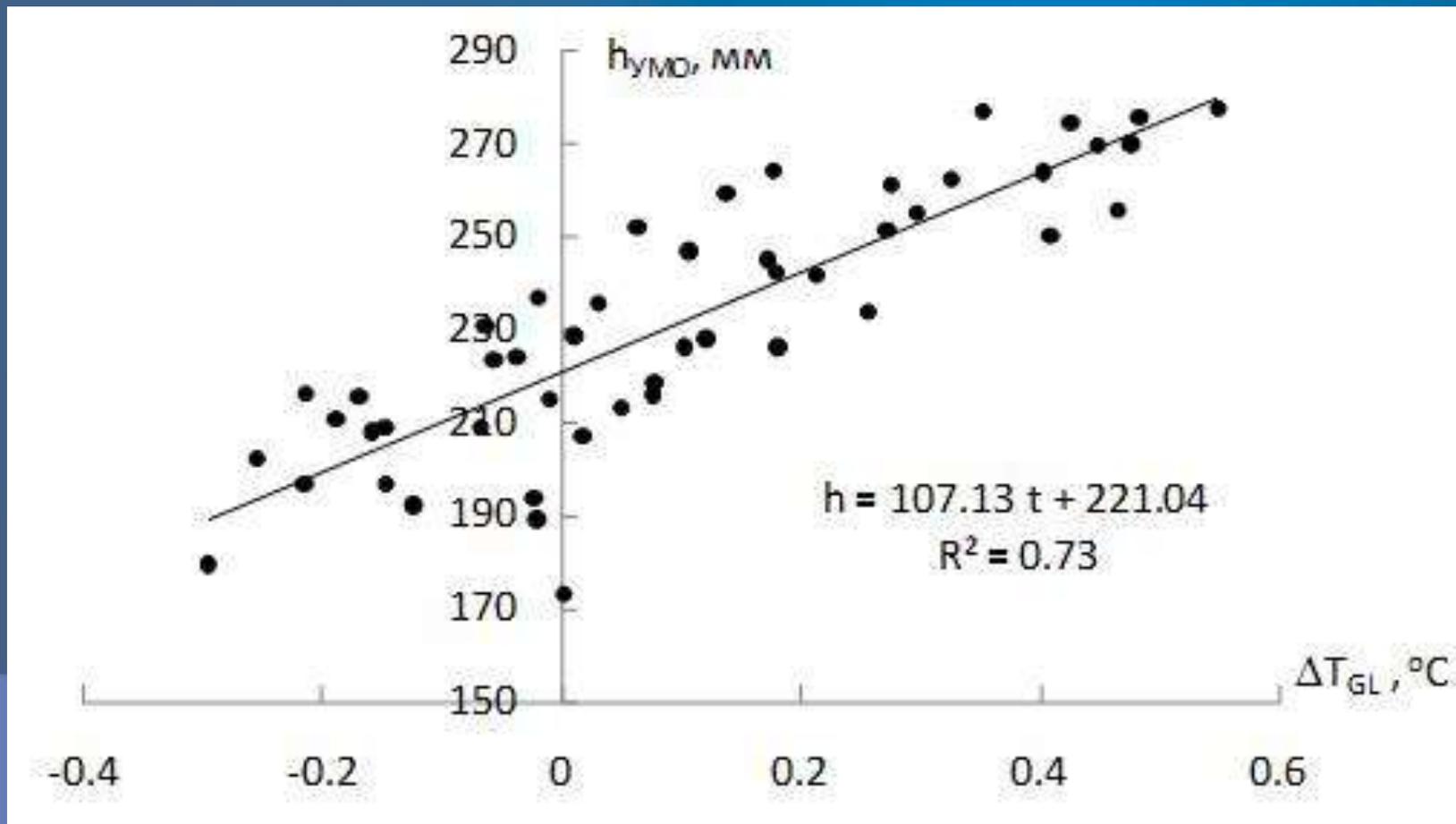




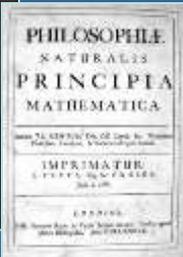
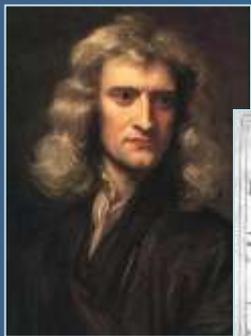
**Экстремальное явление** – явление, которое редко наблюдается в конкретном месте и в конкретное время года. Явление обычно считается экстремальным, если оно наблюдается не чаще, чем 10-й или 90-й процентиль функции распределения вероятностей, оцениваемой по данным наблюдений. Если режим экстремальной погоды сохраняется некоторое время, например, в течение сезона, то его можно квалифицировать как экстремальное климатическое явление, (например, засуха или сильные дождевые осадки в течение сезона).



# Климатические модели: что это такое?



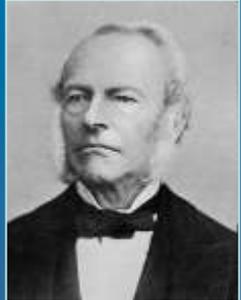
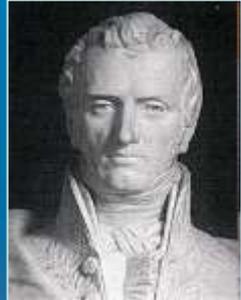
# Климатические модели: от законов физики до компьютерных кодов



**Законы физики**



**дифференциальные уравнения  
в частных производных**



$$\rho \left( \frac{\partial v_i}{\partial t} + v_k \frac{\partial v_i}{\partial x_k} \right) = - \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_k} \left\{ \mu \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{i,k} \frac{\partial v_l}{\partial x_l} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial x_k} \left( \zeta \frac{\partial v_l}{\partial x_l} \delta_{i,k} \right),$$

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0,$$

**алгебраические уравнения**

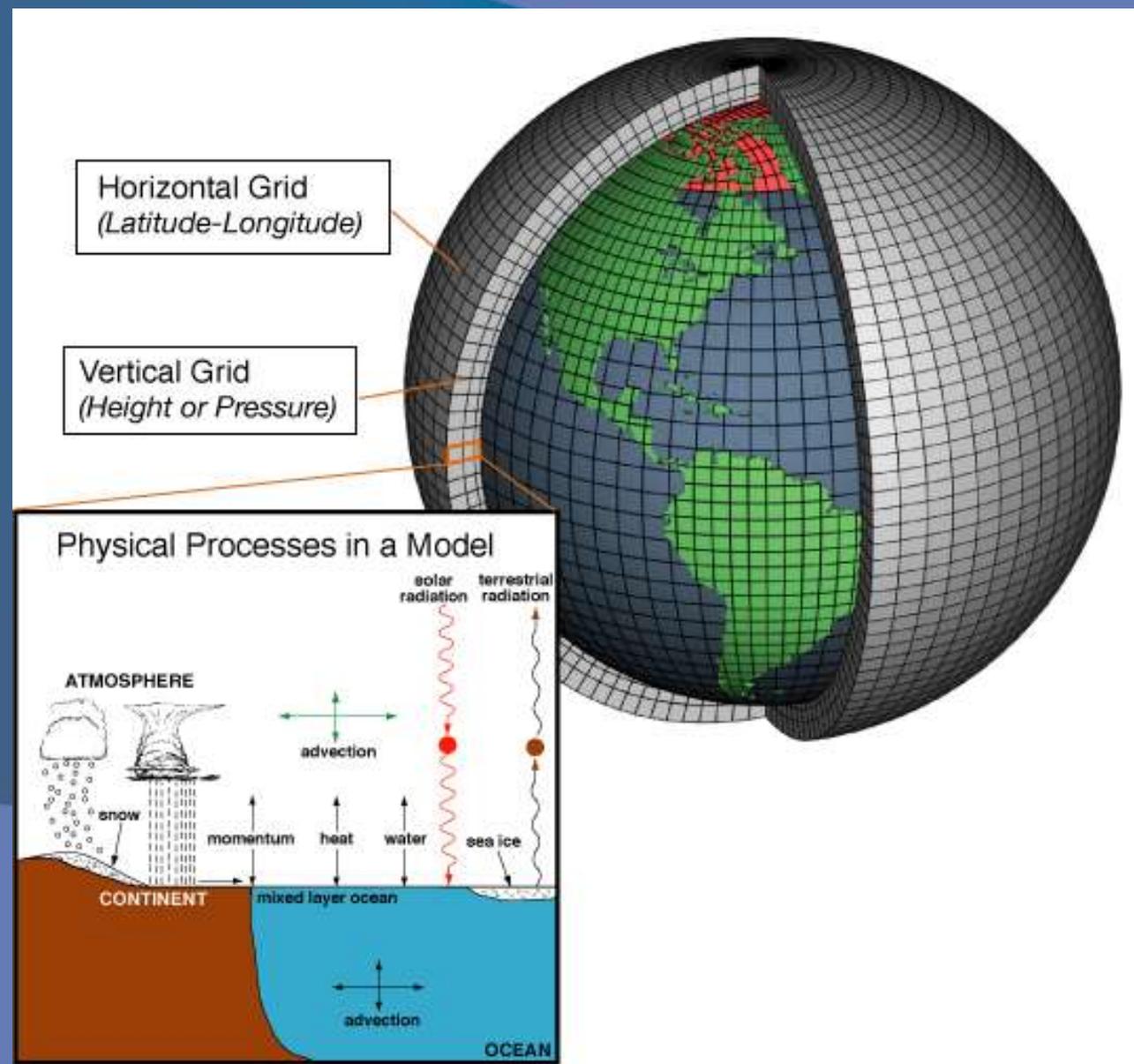


$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}^{t+1} = \begin{pmatrix} a_{11} + 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} + 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} + 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix}$$

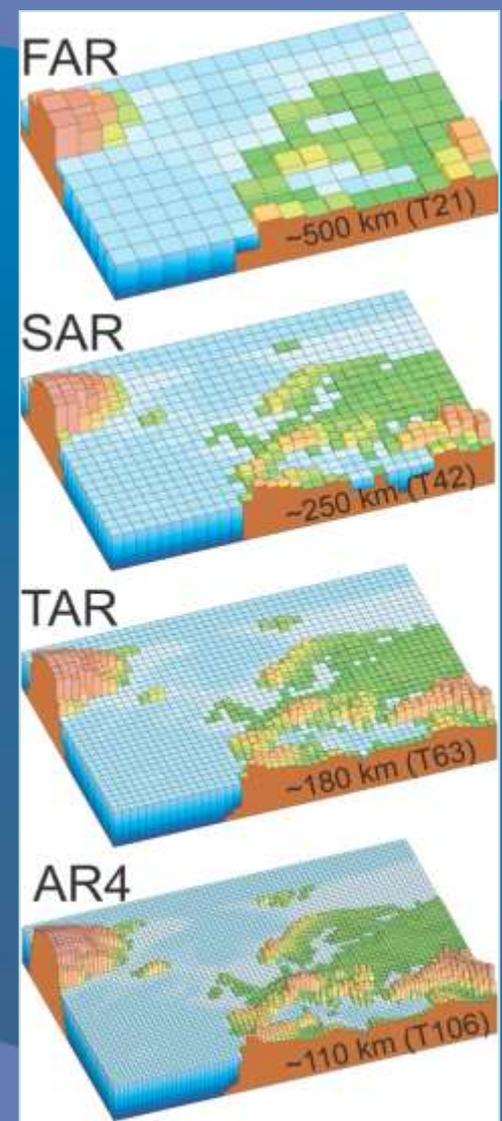
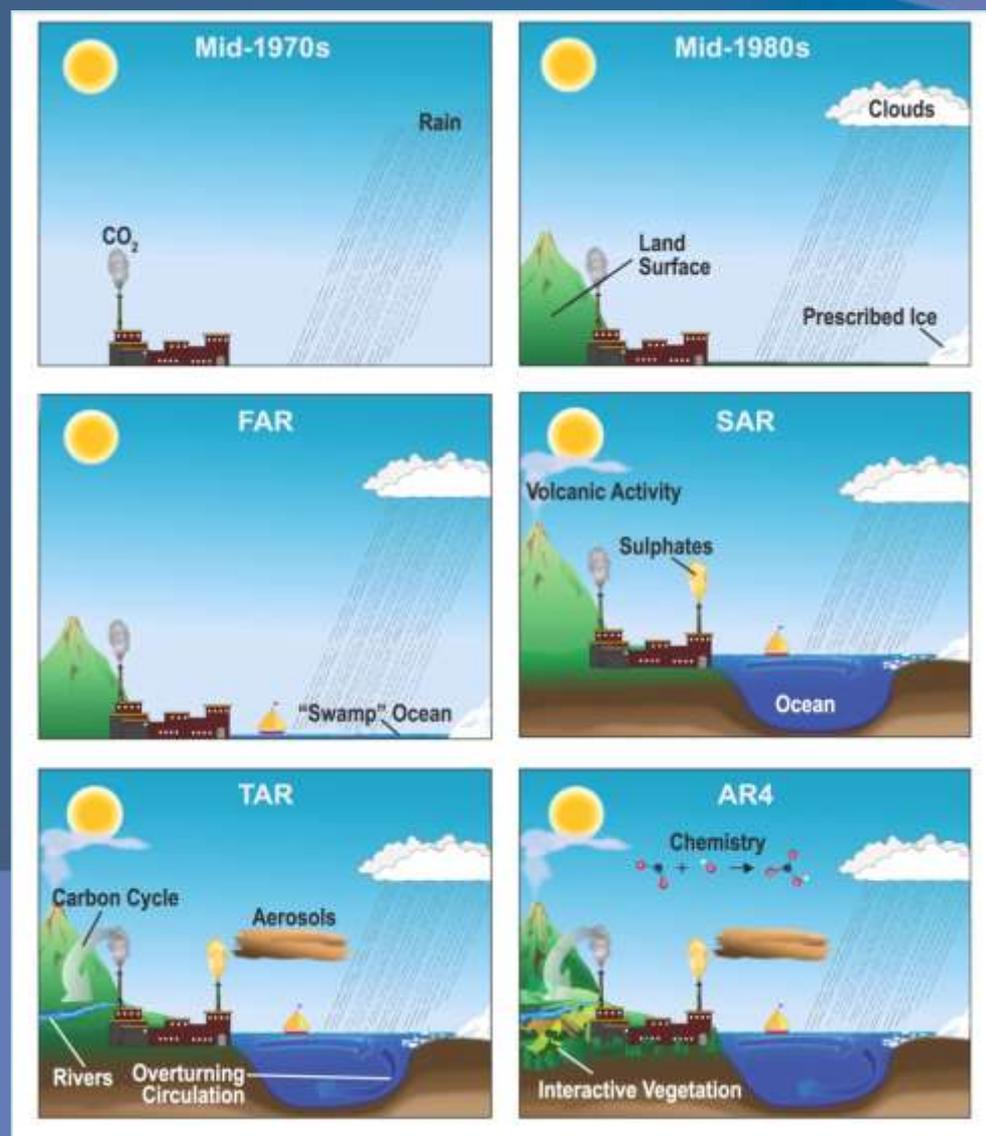
**компьютерная программа**



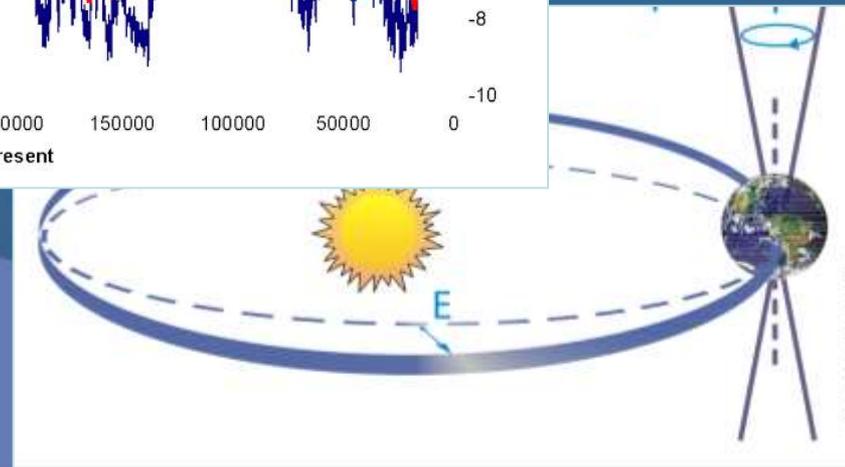
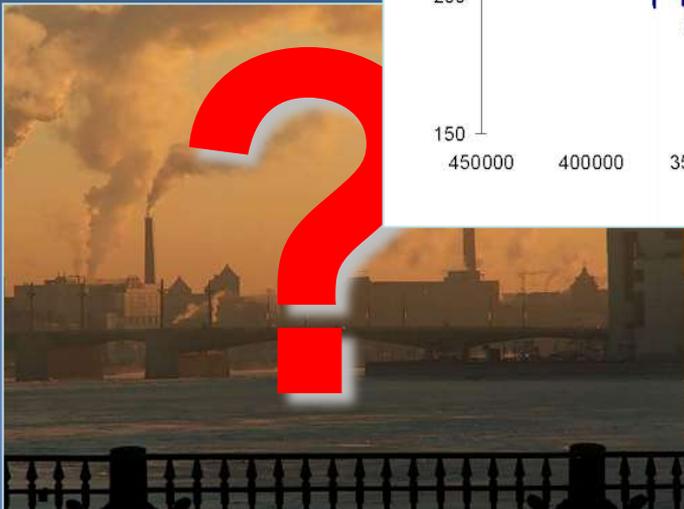
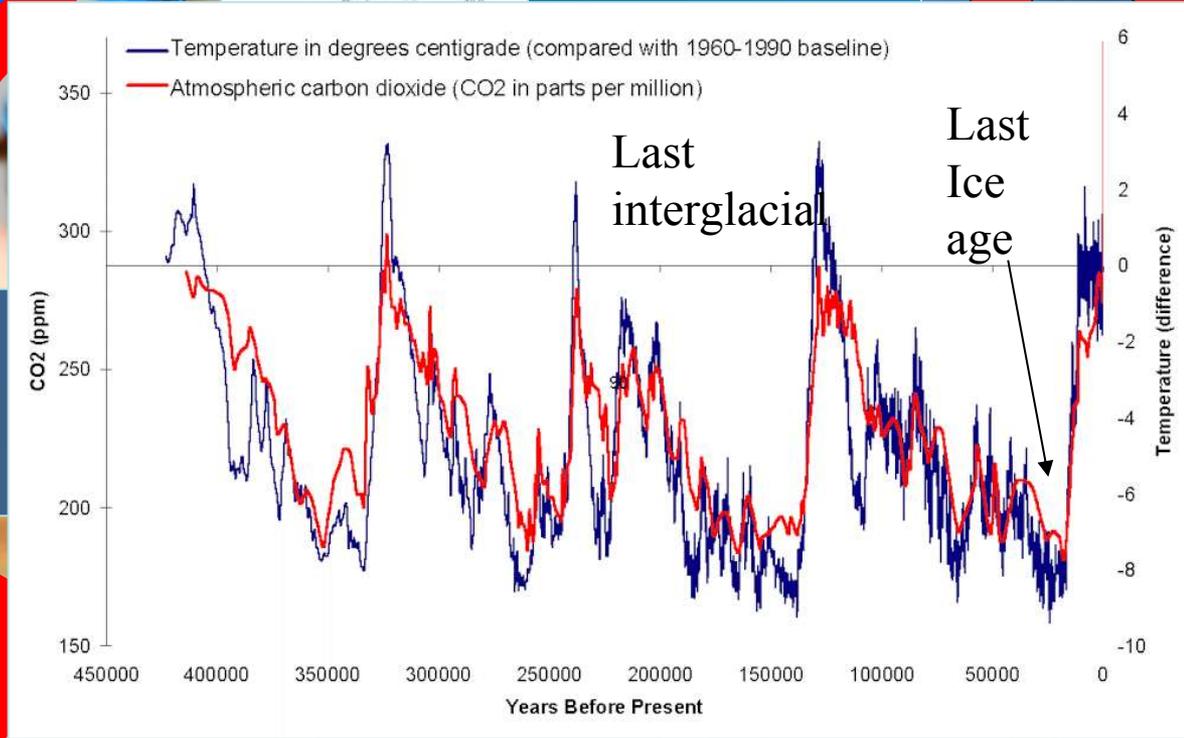
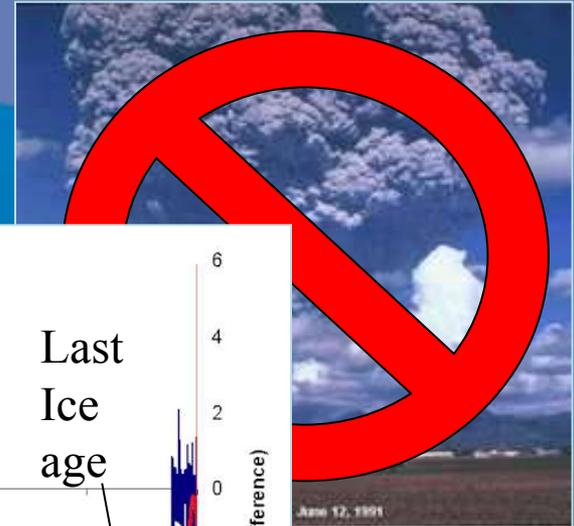
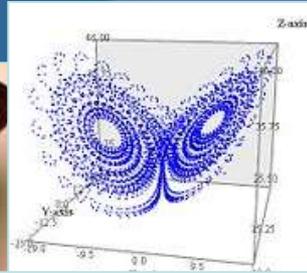
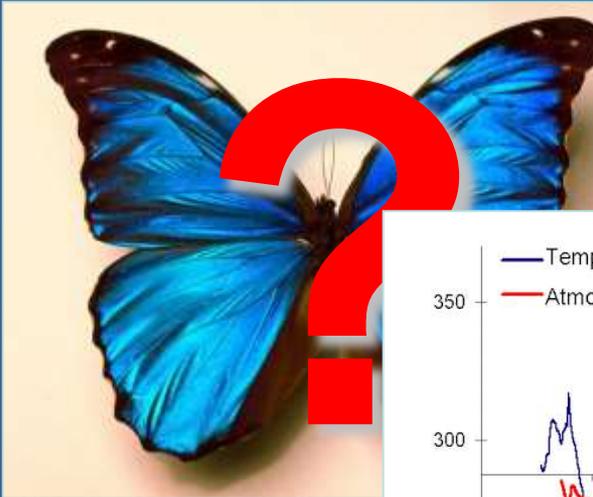
# Климатические модели: как-то так...



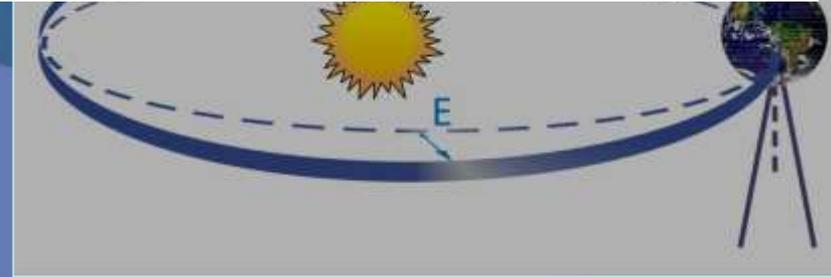
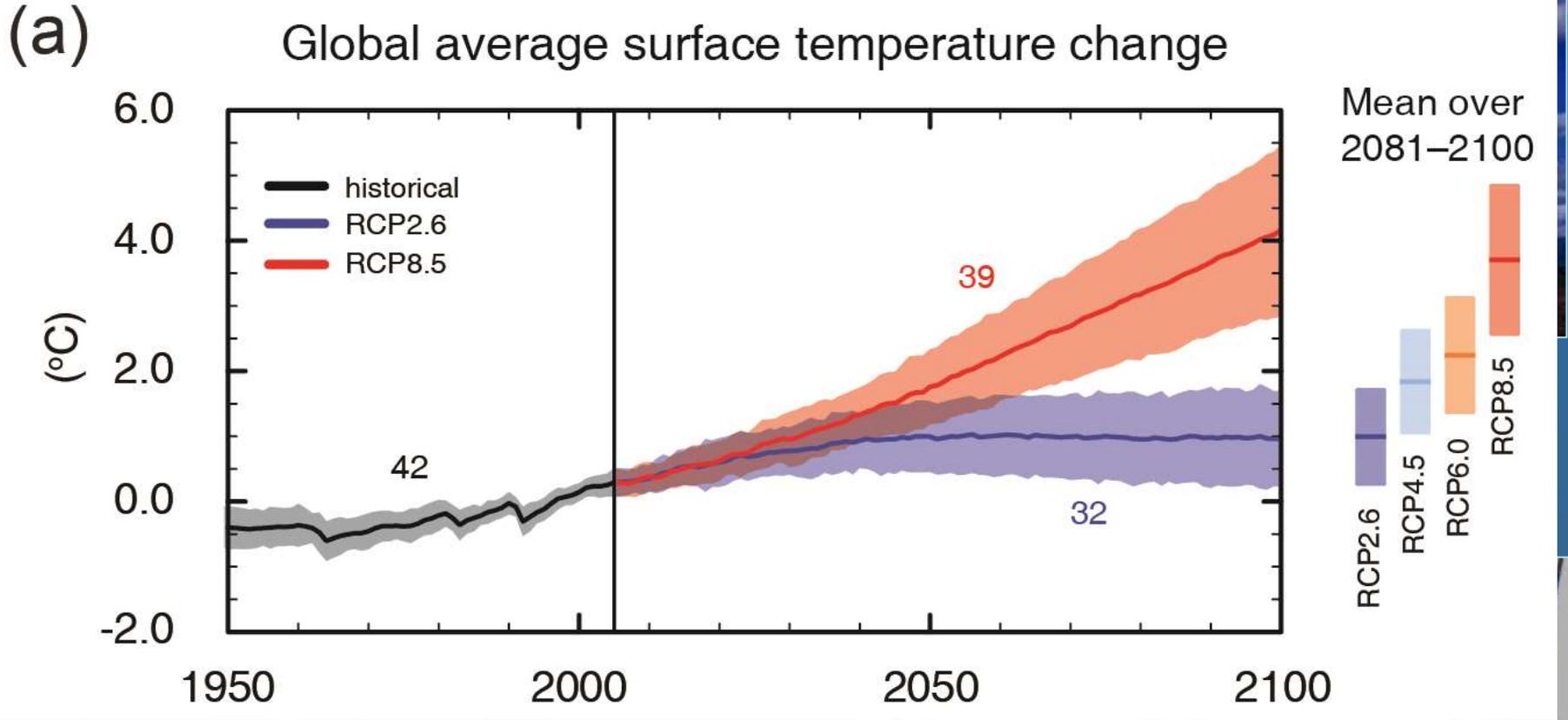
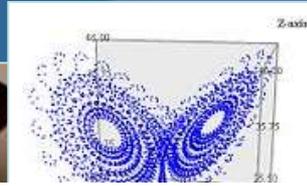
# Климатические модели: компоненты и разрешение



# Что же мы на самом деле предсказываем?



# Что же мы на самом деле предсказываем?

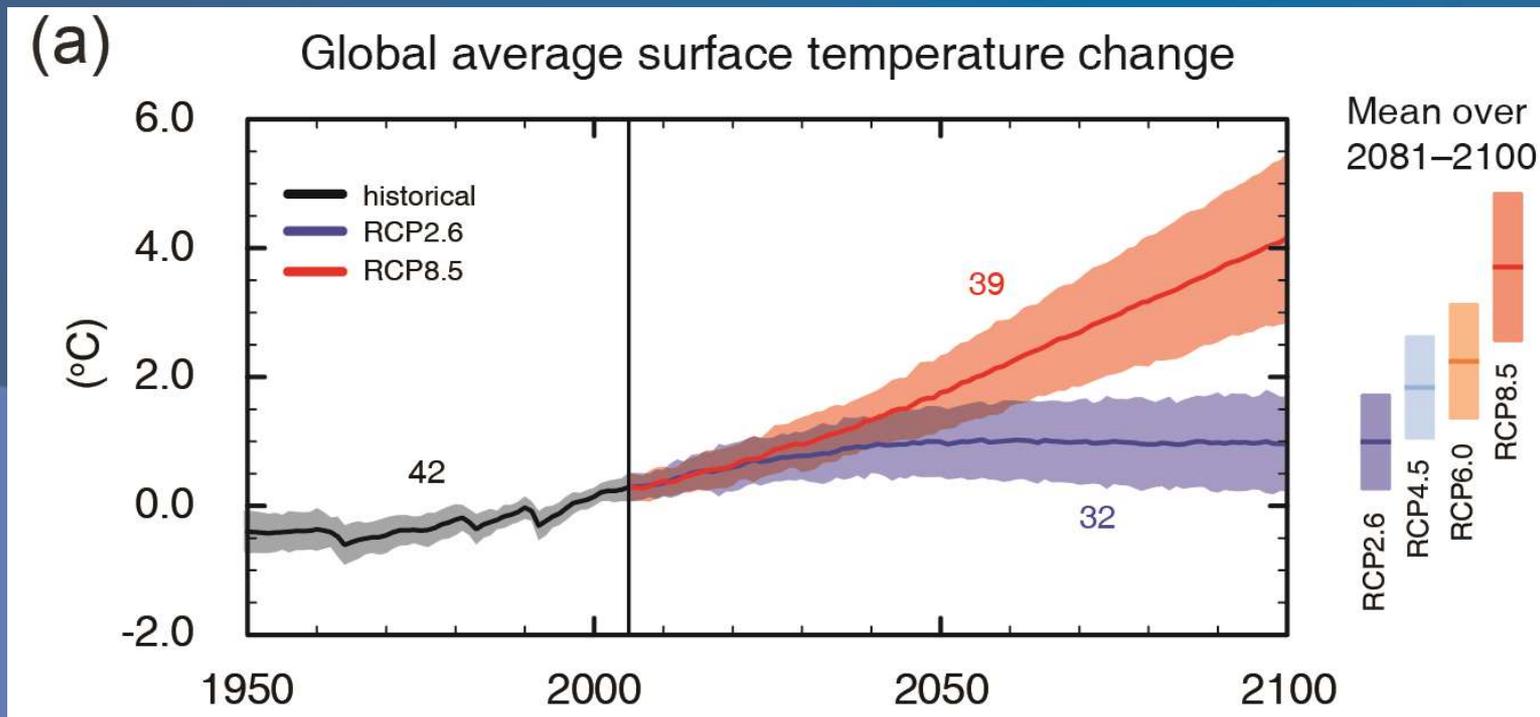


# Что нас ожидает и что нам делать?



**Неизбежность в ближайшие десятилетия:** Уже неизбежно усугубление наблюдаемых изменений климата. Необходима **адаптация**.

**В дальнейшей перспективе возможны варианты:** Влияние различий между сценариями эмиссий (т.е. в результате политических решений сегодня) возрастает во второй половине 21-го века. Необходимо **смягчение** антропогенной нагрузки на климат.





Спасибо!