

# Введение в методологию долгосрочного гидрометеорологического прогнозирования



Завалишин Николай Николаевич,

к. ф.-м. н.

ФГБУ «СибНИГМИ»

зав. лабораторией долгосрочных гидрометеорологических прогнозов

**Научно-практическая школа-семинар для молодых ученых и специалистов в области  
гидрометеорологии**

**31 октября – 2 ноября 2012 года**

**г. Новосибирск**

# Классификация сроков метеорологических прогнозов.

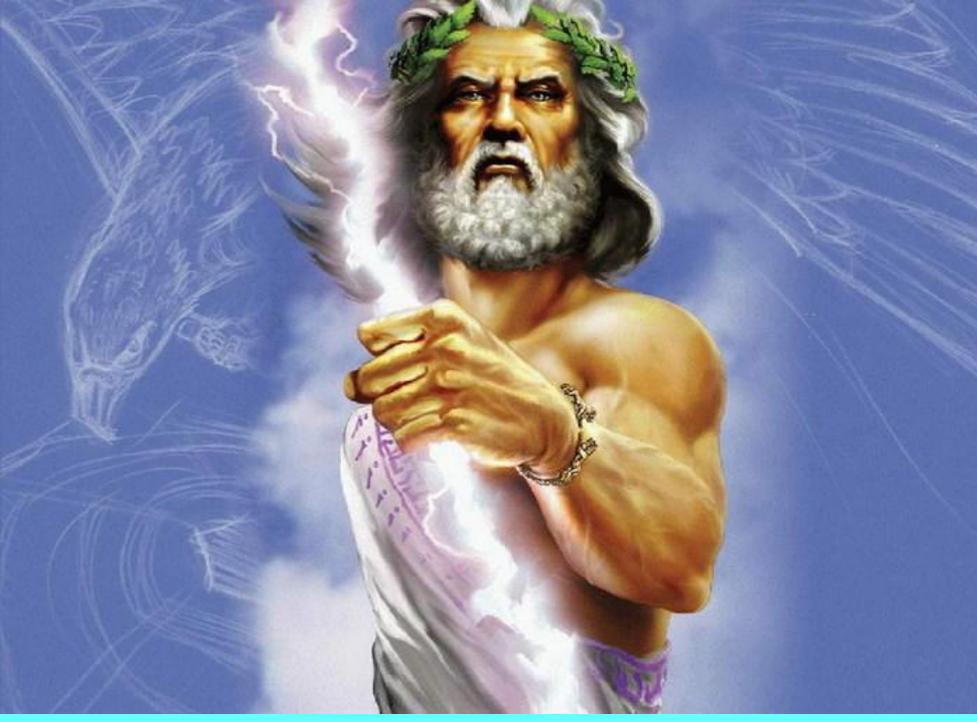
*Из наставления по глобальной системе обработки данных. ВМО – №485.*

<b>Среднесрочный прогноз погоды</b>	Прогноз метеорологических параметров на период от 72 (3 сут.) до 240 ч. (10 сут.)
<b>Прогноз погоды с увеличенным сроком</b>	Прогноз метеорологических параметров на период от 10 до 30 суток, обычно осредненных и выраженных в виде отклонений от климатических величин для этого периода.
<b>Долгосрочный прогноз</b>	Прогноз на период от 30 суток до 2-х лет
- Месячный ориентировочный прогноз	Описание осредненных метеорологических параметров, выраженных в виде отклонения (девиация, дисперсия, аномалия) от климатических величин для этого месяца (не обязательно для предстоящего месяца)
- 90-суточный ориентировочный прогноз	Описание осредненных метеорологических параметров, выраженных в виде отклонения от климатических для этого 90-суточного периода (не обязательно для предстоящего 90-дневного периода)
- Сезонный ориентировочный прогноз	Описание осредненных метеорологических параметров, выраженных в виде отклонения от климатических величин этого сезона
<b>Прогнозирование климата</b>	На срок свыше 2-х лет

# Критерии оценки прогнозов

(что такое «хорошо» и что такое «плохо»)

- Критерий **Q** – отношение дисперсий: остаточной к исходной.  
Чем меньше  $Q$ , тем лучше, у других критериев наоборот.
- Критерий **P** - 3 класса: меньше, около и больше нормы с матрицей потерь «прогноз-факт»
- Критерий «**po**» - 2 класса: меньше и больше нормы,  
$$po = (N1 - N0) / (N1 + N0)$$
- Критерий **K** – если модуль разности прогноз-факт меньше СКО, то 100%, иначе 0%
- Критерий **dT** – 5 классов с матрицей потерь «прогноз-факт»
- Критерий **Рос** - 3 класса: меньше, около и больше нормы с матрицей потерь «прогноз-факт»



# Народные приметы о погоде и климате

**Название:** Народная сельскохозяйственная мудрость в пословицах, поговорках и приметах. В 4-х томах

**Автор:** Ермолов А.С.

**Год издания:** 1901 - 1905

**Издательство:** СПб.: Типография А.С.Суворина

**Алексей Сергеевич Ермолов ( 1847-1917 )** - русский государственный деятель, действительный тайный советник, министр земледелия и государственных имуществ, академик Императорской Санкт-Петербургской Академии Наук.

## Пример проверки народной приметы:

«Если на Анну (7 августа) утренники холодные, то зима будет холодной».

Все пословицы такого типа переводились в математические выражения вида

$$T(07.08_{06})_ф < T(07.08_{06})_н \Rightarrow T(\text{дек-февр})_ф < T(\text{дек-февр})_н$$

Формула читается как условие: если фактическая температура приземного воздуха 7 августа на 06 местного времени меньше нормы, то средняя температура декабря-февраля будет меньше нормы.

В таком виде пословица уже поддается проверке статистическими методами.

День 230

Температура дня

	Меньше	Норм	Больше	Сумма	
З	Меньше	7	13	8 :	28
И	Норма	8	13	4 :	25
М	Больше	5	10	7 :	22
А	.....				
	Сумма	20	36	19	75

Основные подходы к долгосрочному  
гидрометеорологическому  
прогнозированию:

***Синоптический***

***Гидродинамический***

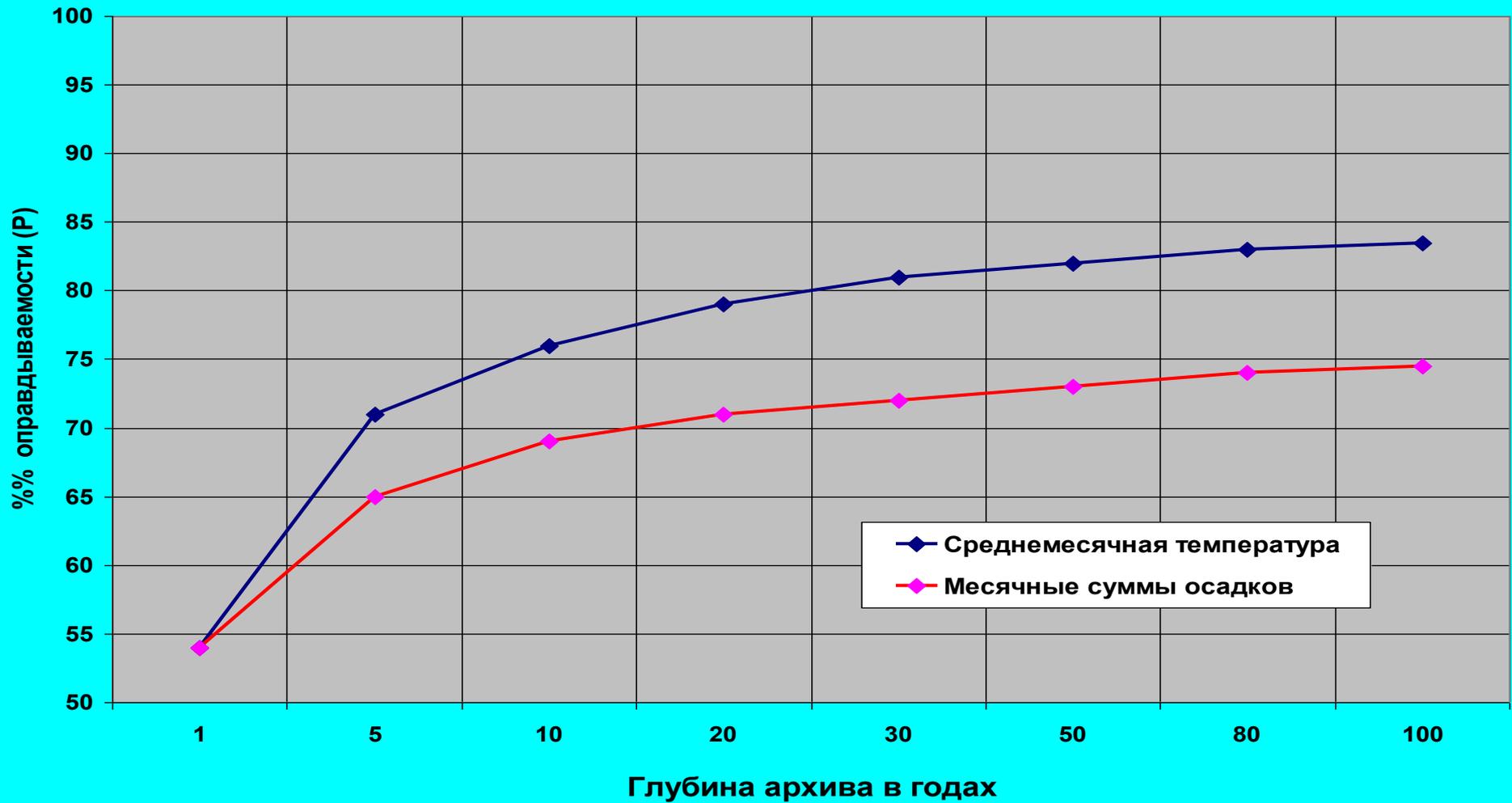
***Физико-статистический***

# Как повысить качество долгосрочных прогнозов?

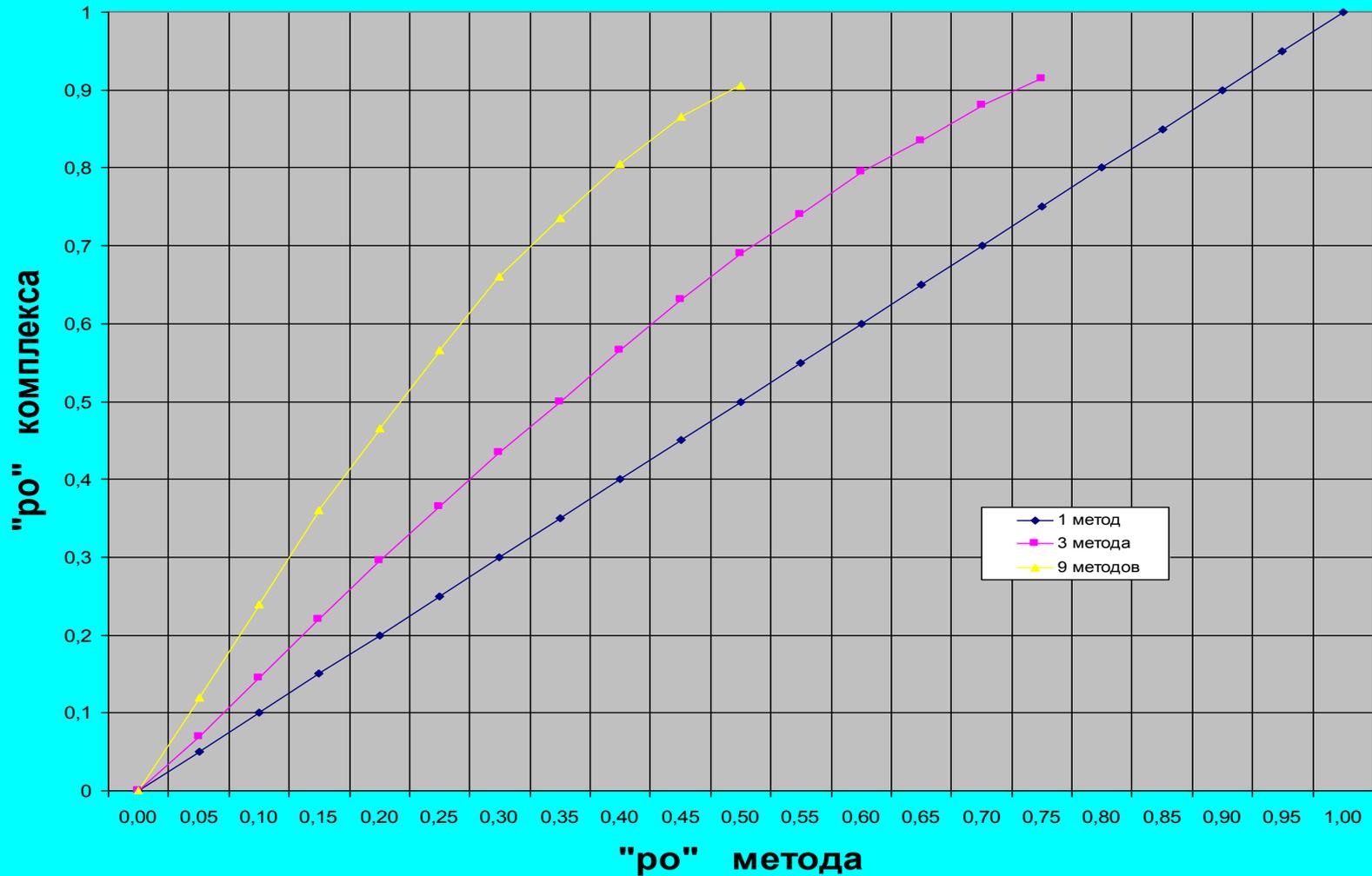
- Комплексація прогнозов
  - методы прогнозов
  - методы комплексации

- Понимание физики процессов
  - адекватные модели
  - новые знания

# Потенциал метода аналогов



# Потенциал комплексного метода



# Новая технология

подготовки долгосрочных прогнозов  
изменчивости гидрометеорологических элементов  
в Сибирском регионе

## «КАССАНДРА-СИБИРЬ»

ФГБУ «Сибирский региональный научно-исследовательский  
гидрометеорологический институт»

Западно-Сибирское УГМС

Иркутское УГМС

# Назначение технологии «Кассандра-Сибирь»

- Прием, контроль, восстановление, архивация данных, необходимых для прогнозирования.
- Автоматический расчет средне-долго- и сверхдолгосрочных прогнозов гидрометеорологических элементов по Сибири и смежным регионам.
- Комплексация прогнозов
- Возможность добавления новых и удаление устаревших методов прогноза из технологии без изменения ее структуры.
- Автоматическое доведение прогнозов до потребителей

# Кусочно-стационарная модель

Общая:

$$A(R, T) = (X_1, \dots, X_N)$$

34

$$R=R_0$$

$$T \in I$$

Кусочно-стационарная:

$$Y(t) = \sum_{k=1}^m Y_k(t) \chi(I_k)$$

$\chi$  - характеристическая ф-я

$$I = \cup I_k \quad I_i \cap I_j = \emptyset$$

$$Y_k(t) = M_k(t) + Z_k(t)$$

$Z_k(t)$  - стационарный и эргодический процесс

Локально-климатическая модель:

$$M_k(t) = a_k t + b_k$$

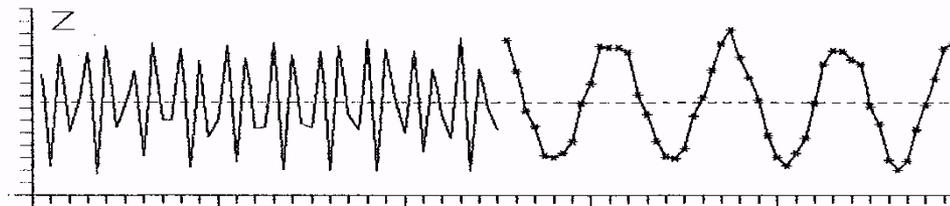
$Z_k(t)$  - "белый" шум



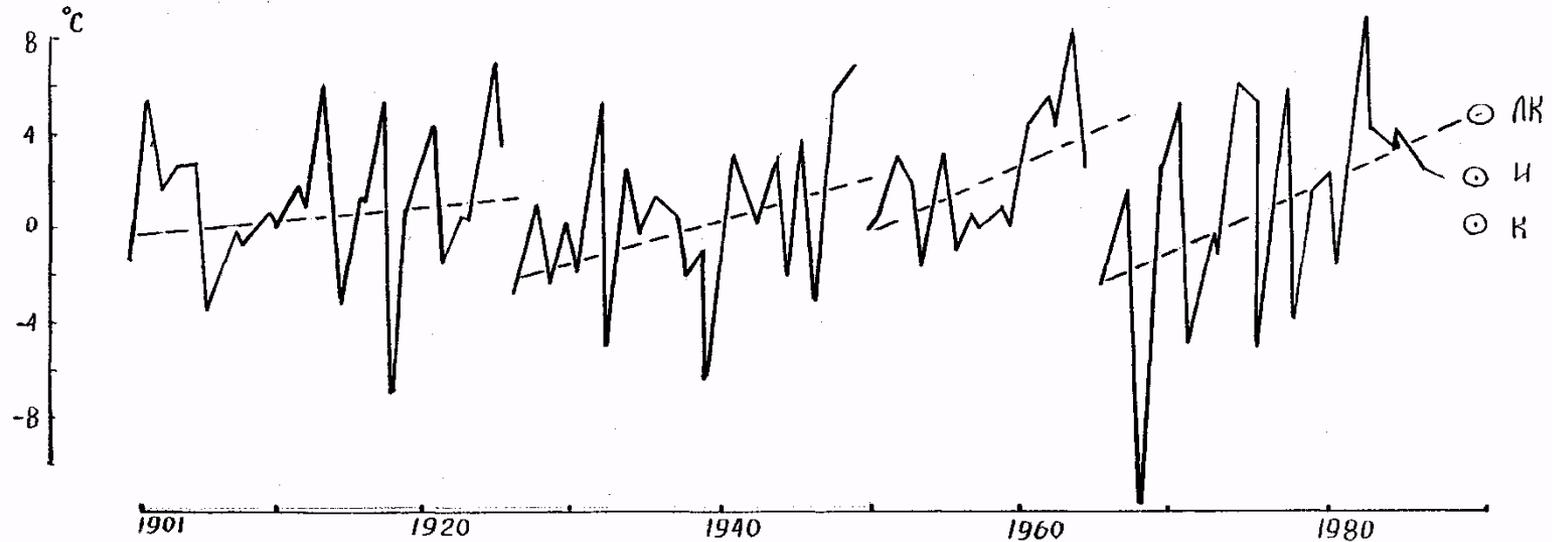
Локально-стационарная модель:

$$M_k(t) = 0$$

$$Z_k(t) = \sum_{k=1}^p c_k e_k$$



# Локально-климатическая модель

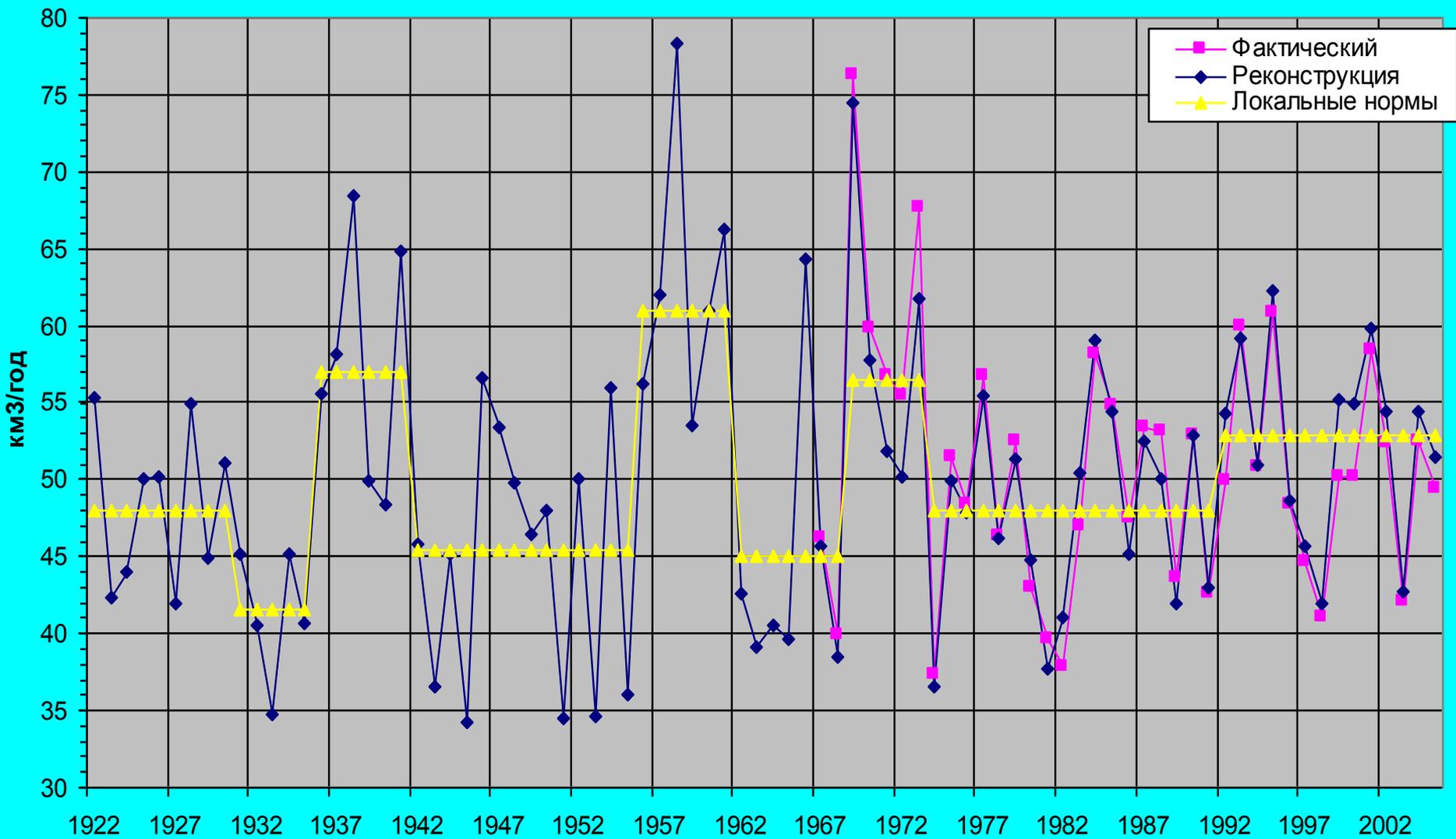


Прогноз аномалии январской температуры воздуха по Новосибирску на 1990 год:

ЛК - локально-климатическая модель,

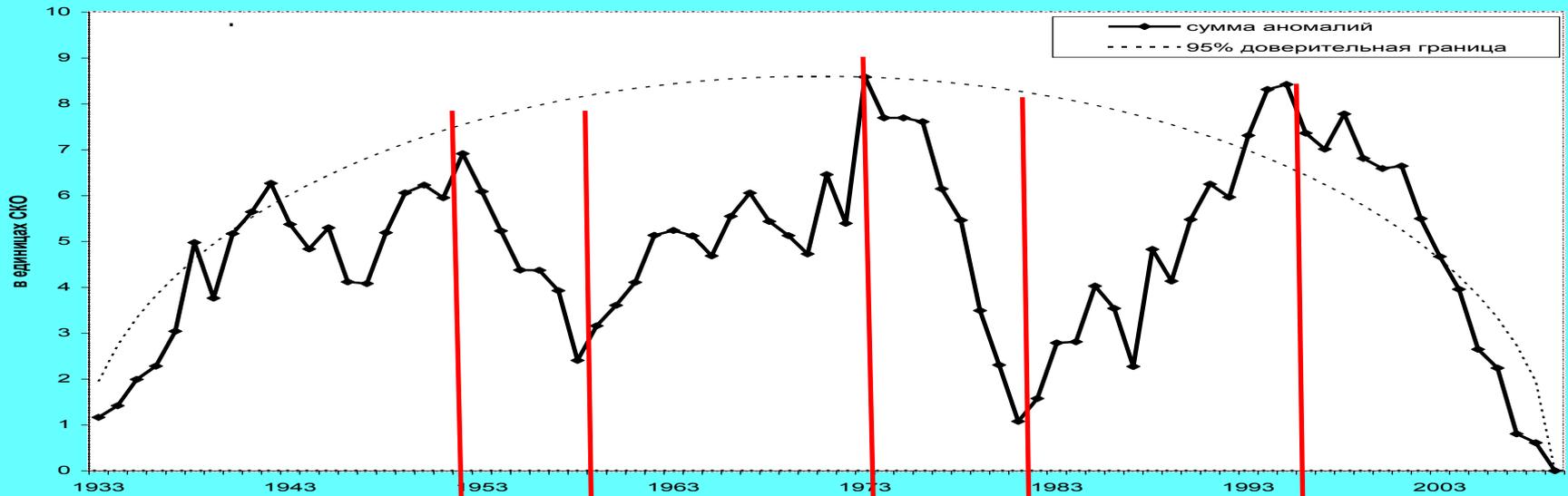
И - инерционный прогноз,

К - климатический прогноз.

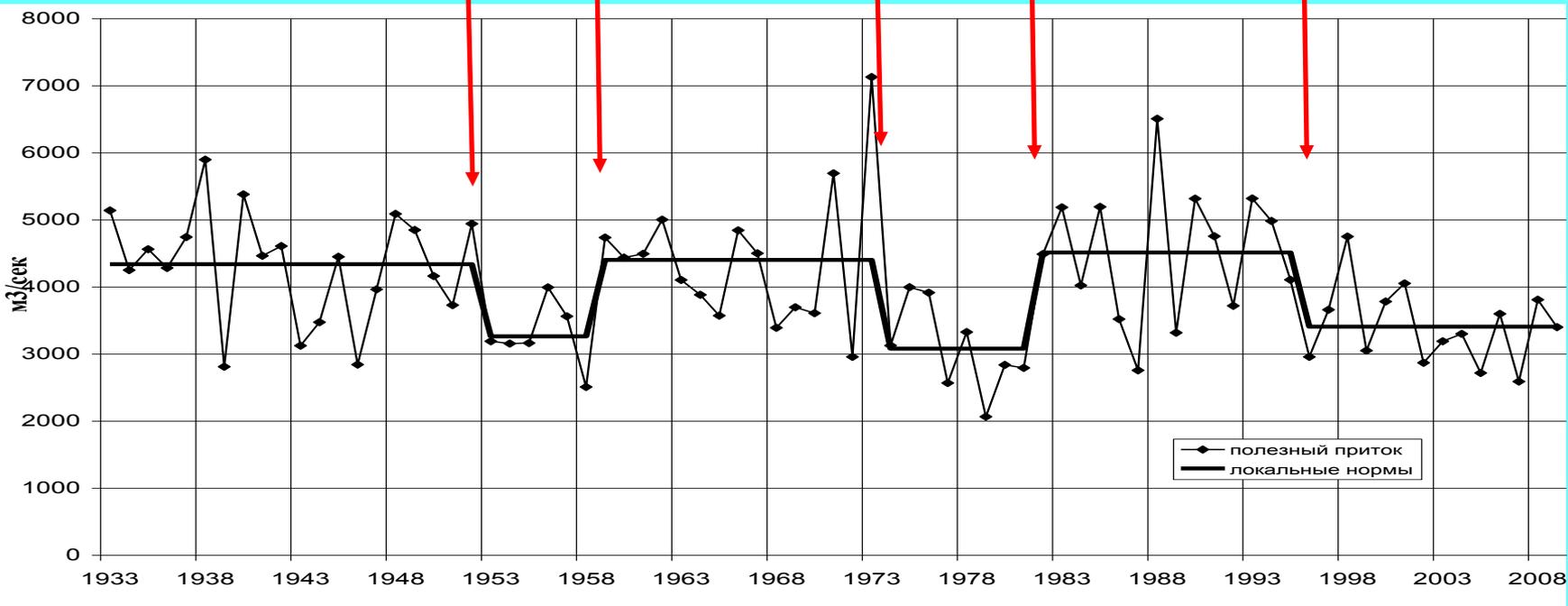


# Полезный приток в оз. Байкал. 3-й КВАРТАЛ.

А) – сумма нормированных на СКО аномалий; Б) – полезный приток с локальными нормами

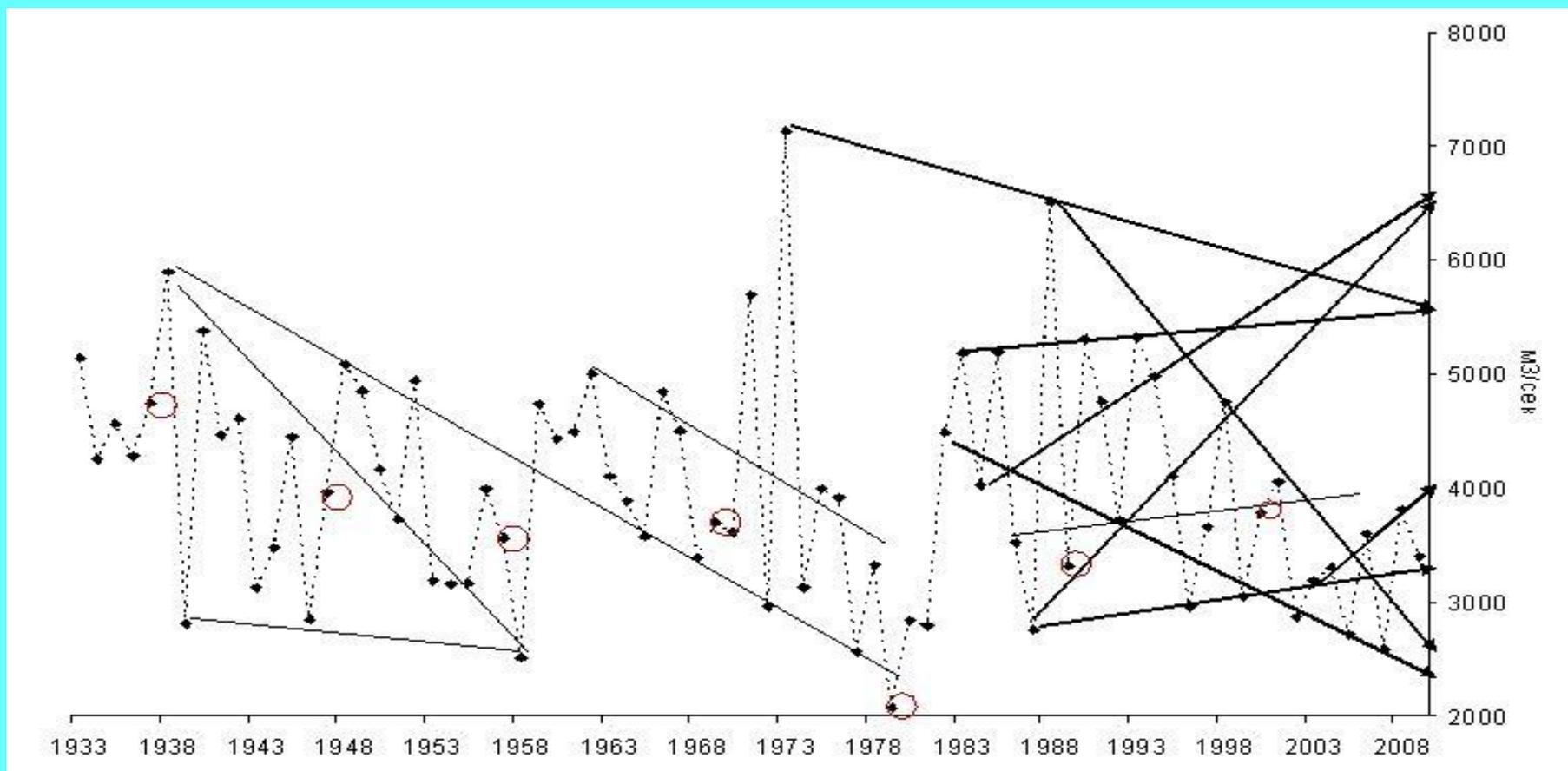


А)



Б)

# Огибающие экстремумов и внутренние локальные тренды полезного притока III кв. в озеро Байкал (кружки - года максимумов чисел Вольфа)



# Причины:

## Земля – открытая система?

«НЕТ»



автоколебательные  
модели

Монин А.С.:

«гелиогеофизический энтузиазм»,  
«успешные опыты по самовнушению»  
и т.п.

«ДА»

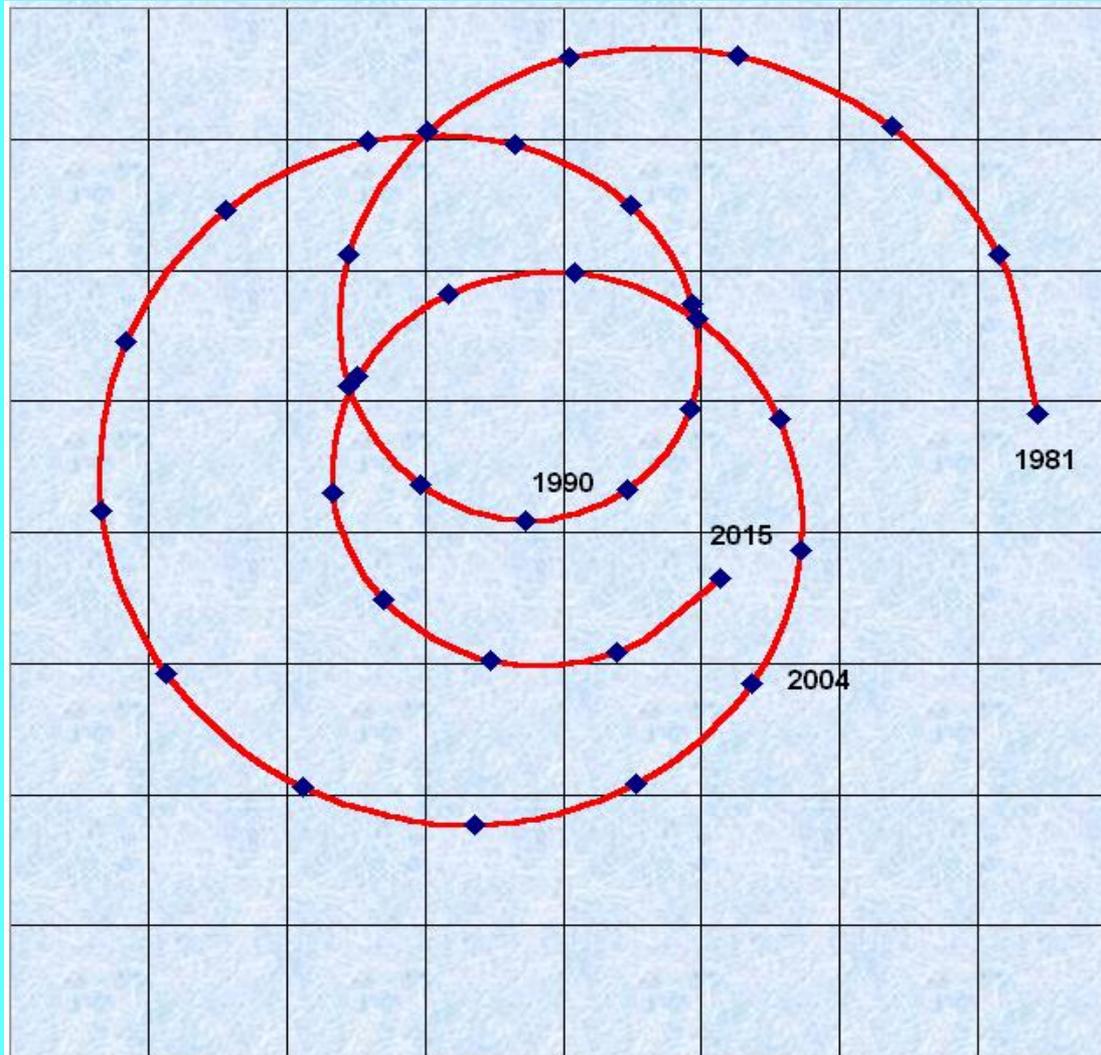


гелиогеофизические  
модели

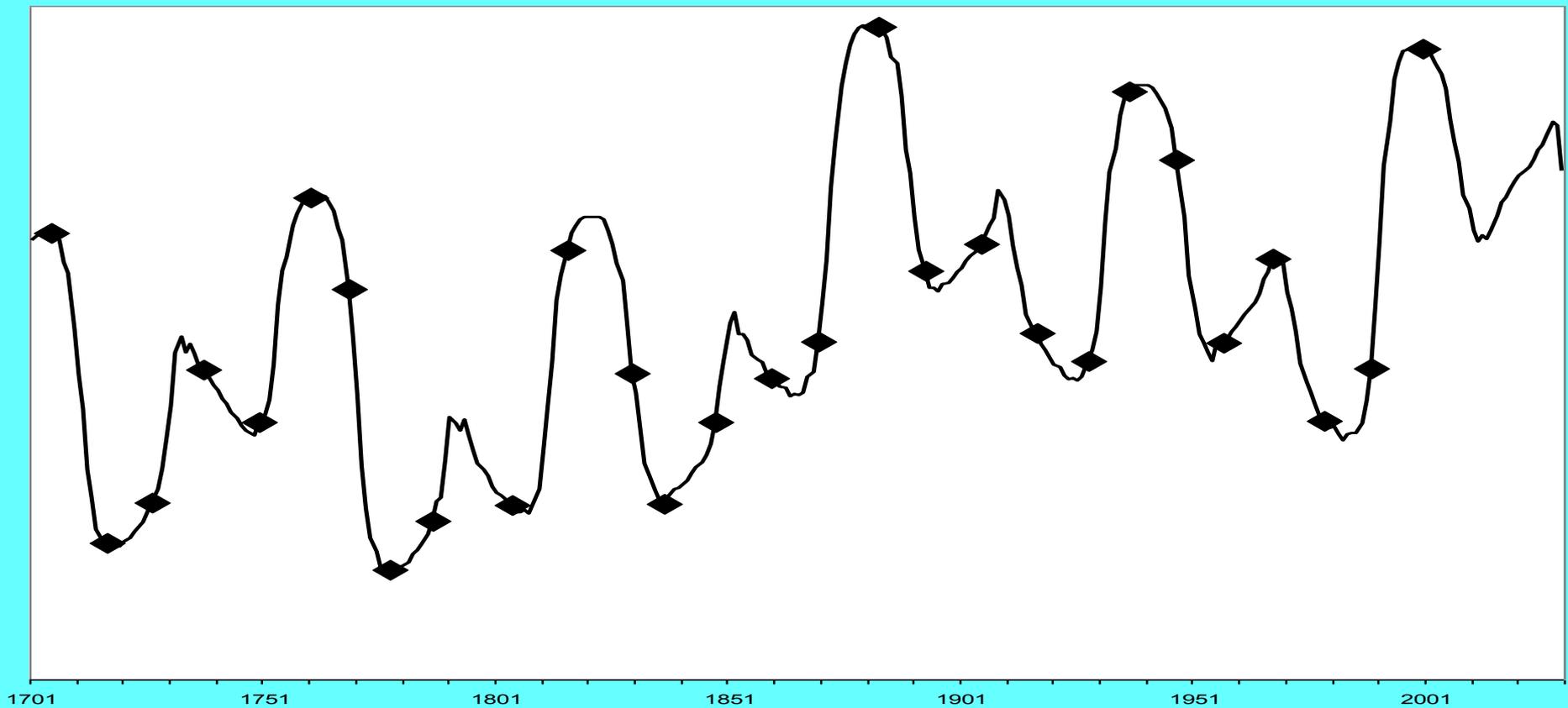
Дружинин И.П.:

«солнечно-обусловленные переломы  
в ходе гидрометеорологических  
процессов»

# Движение Солнца относительно центра инерции Солнечной системы



# Сумма годовых кручений траектории Солнца вокруг центра инерции Солнечной системы и года максимумов чисел Вольфа



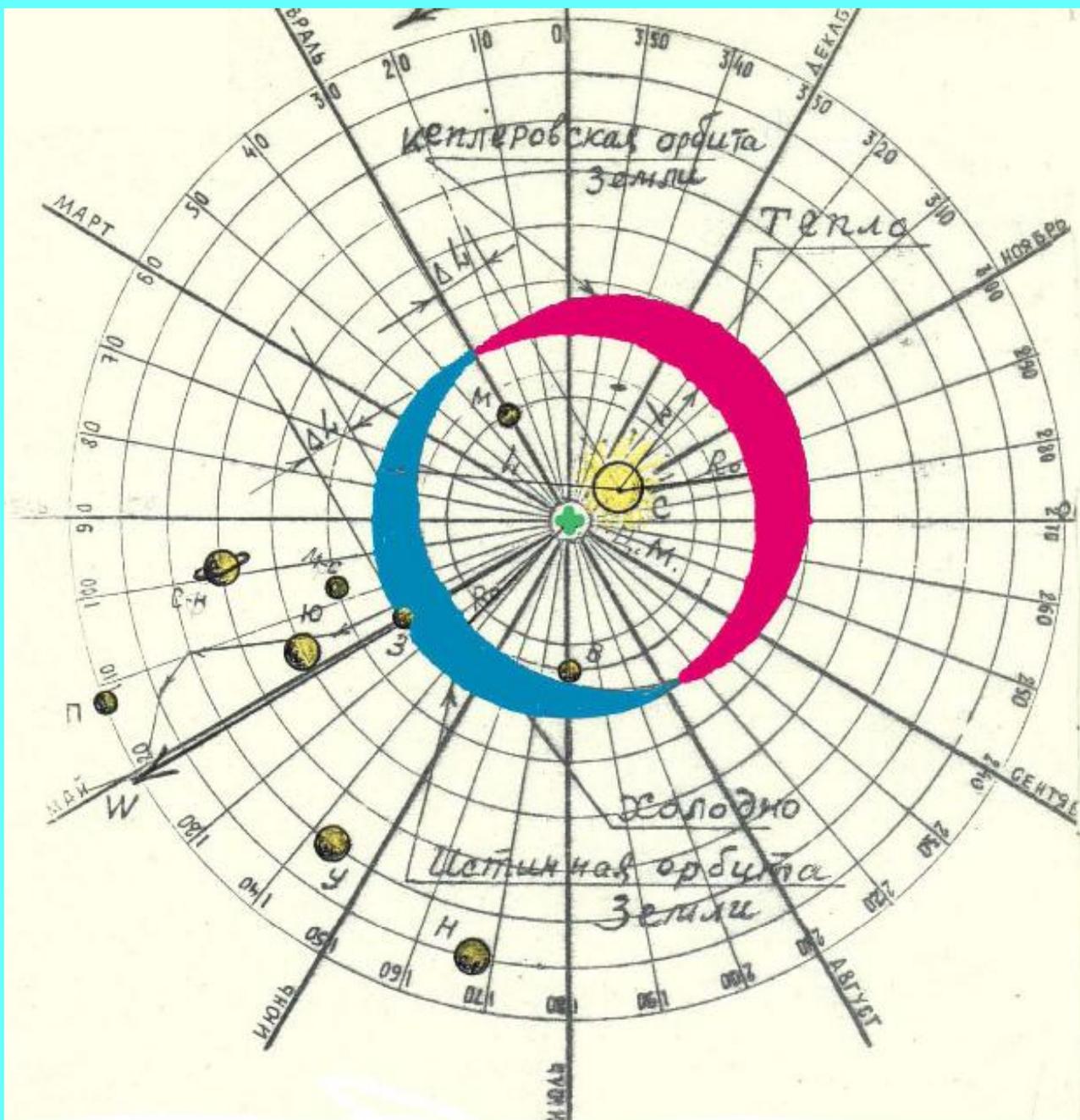
Завалишин Н.Н. О зависимости максимумов чисел Вольфа от кривизны и кручения траектории движения Солнца относительно центра инерции Солнечной системы. //Труды СибНИГМИ. 2011, вып. 106. С.208-218.

# Диссимметрия Солнечной системы на 2 мая 1982 г.

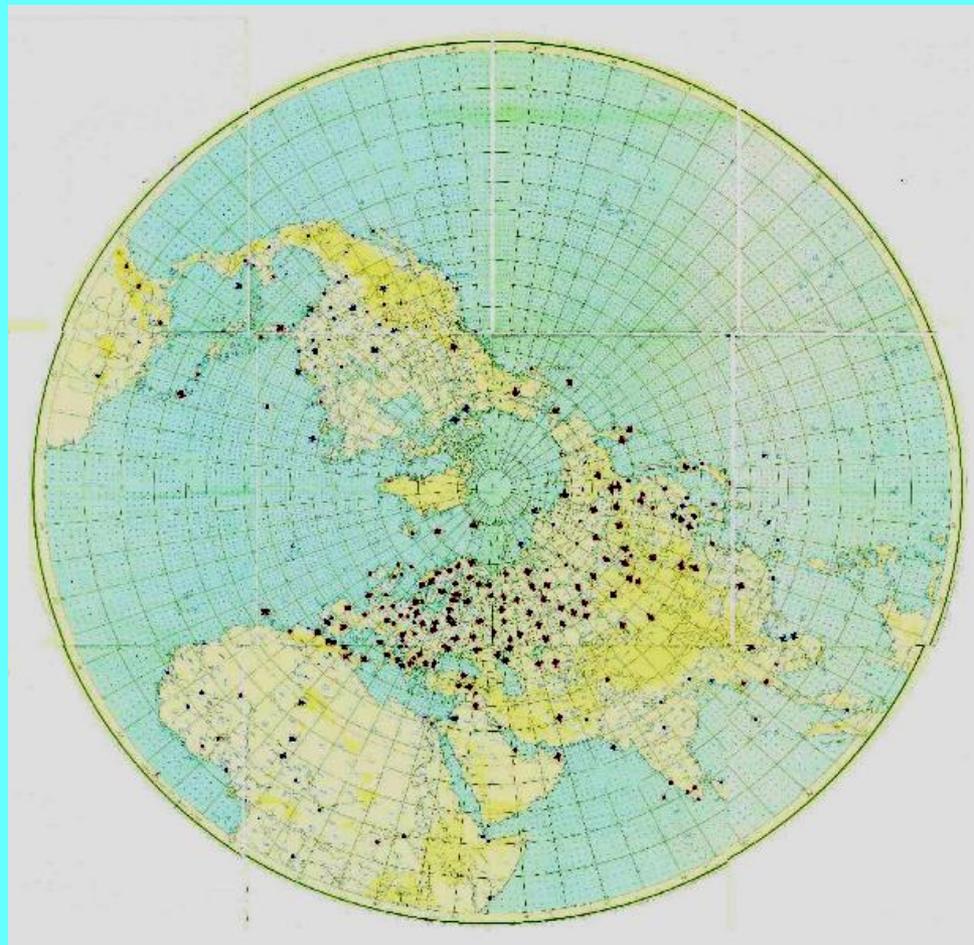
Коваленко В.Д.

Гелиоэнергетическая теория  
изменчивости климата и  
космическое будущее планеты  
Земля.

//Труды ЗапСибНИГМИ,  
1990, вып. 93, с.33-58.

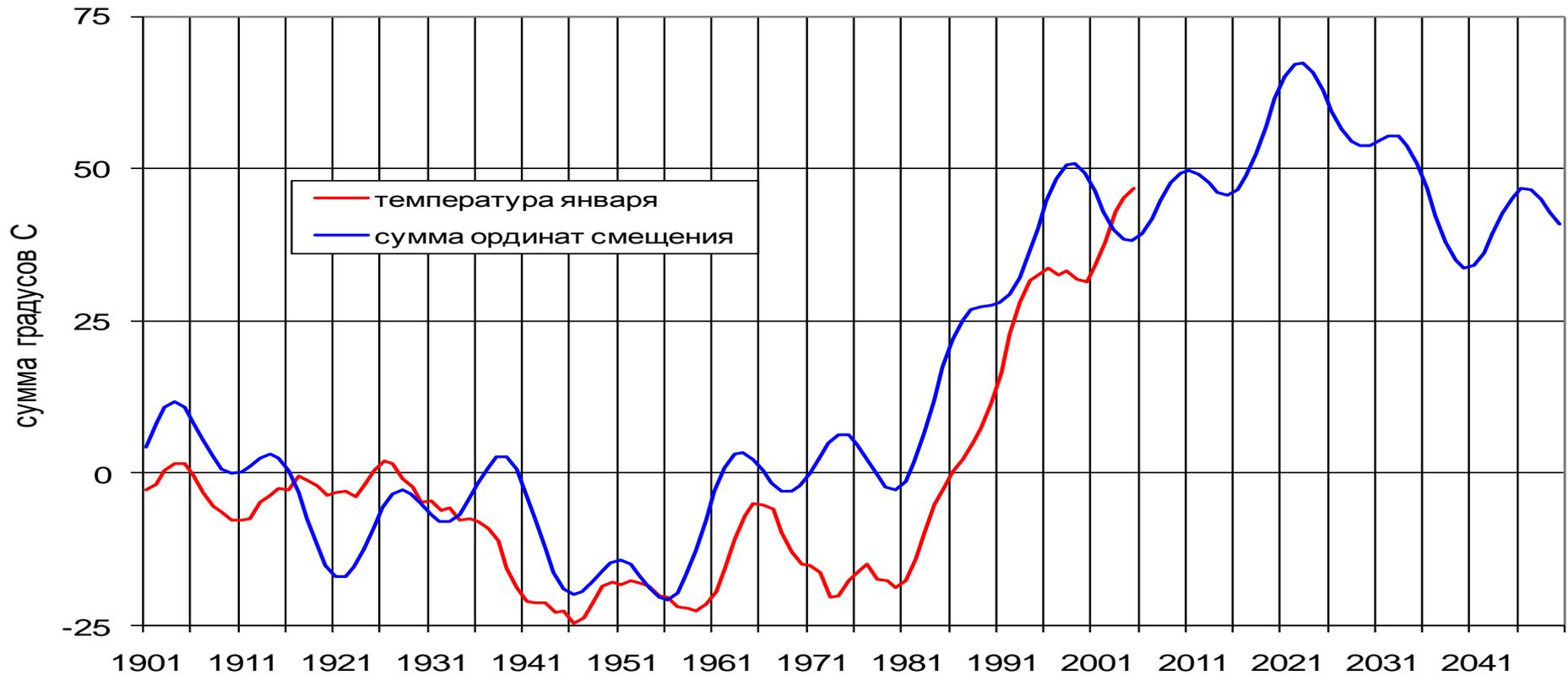


# Влияние смещения Солнца на зимние аномалии температуры воздуха(1901-1977 гг)



Завалишин Н.Н., Виноградова Г.М. О связи аномалий месячных температур воздуха с циклом Хейла и динамикой расстояния Солнце-Земля. //Труды ЗапСибНИГМИ, 1990, вып. 93, с.25-32.

# Суммы январских аномалий температур воздуха юга Западной Сибири и суммы проекций на январь вектора смещения Солнца



Завалишин Н.Н. Оценка влияния смещения Солнца от центра инерции на температуру тропосферы.  
//Оптика атмосферы и океана. 2009. т.22, №1, с.31-33.

Частота случаев аномального развития Сибирского антициклона  
(давление в центре не менее 1040 гПа)  
по периодам изменения угловой скорости вращения Земли  $\omega$   
( $+\Delta\omega$  - увеличение,  $-\Delta\omega$  - уменьшение)

---

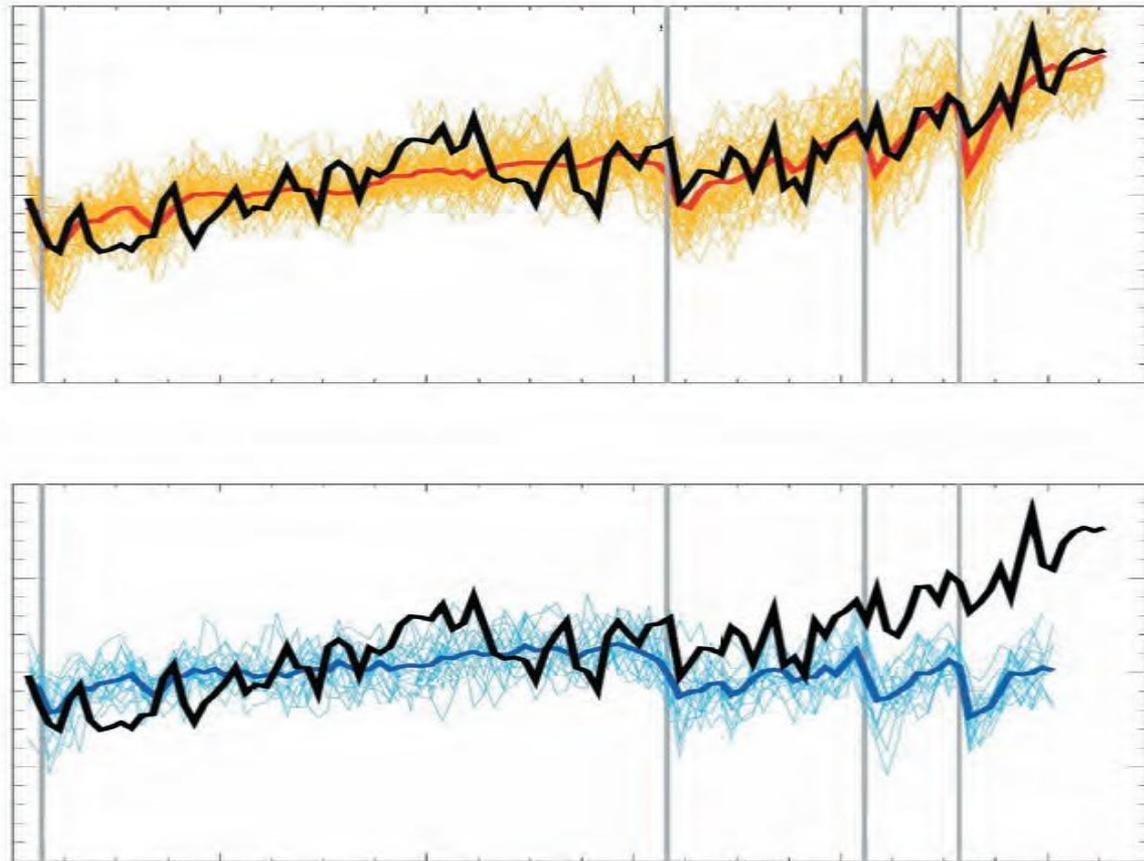
Период	Изменение $\omega$	К-во случаев	В среднем за 10 лет
1901-1932	$+\Delta\omega$	5	1,6
1933-1972	$-\Delta\omega$	31	10,0
1973-2003	$+\Delta\omega$	8	2,6
2004-2009	$-\Delta\omega$	6	10,0

---

Виноградова Г.М., Завалишин Н.Н. Антициклогенез приземного барического поля в зимний сезон, блокирование и нестабильность угловой скорости вращения Земли. //Метеорология и гидрология. – 2011, №11. Стр. 42-49.

# Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

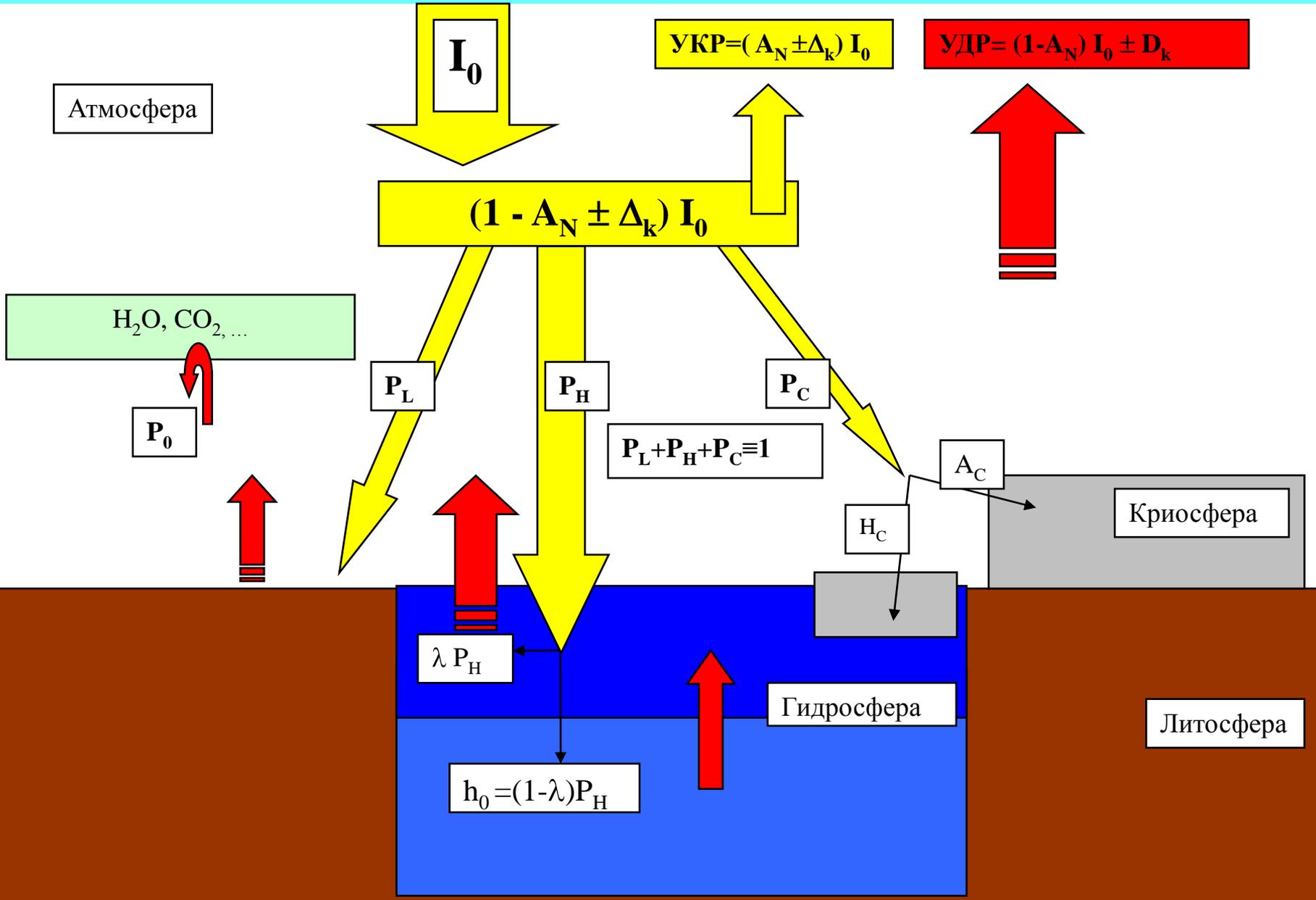
Межправительственная группа экспертов по изменениям климата (МГЭИК)



IV Доклад IPCC, 2007 г.

**Рис. 6.2.** Аномалии средней глобальной температуры приземного воздуха по данным наблюдений (черная линия) и моделирования с учетом антропогенных и естественных внешних воздействий (а) и только естественных воздействий (б). К естественным воздействиям, в частности, относятся изменения приходящего солнечного излучения и влияние вулканической деятельности на аэрозольный состав атмосферы, а к антропогенным — изменения концентрации атмосферных парниковых газов и сульфатного аэрозоля. Аномалии рассчитаны по отношению к среднему за 1901–1950 гг.

# Схема годового энергетического дисбаланса Земли.



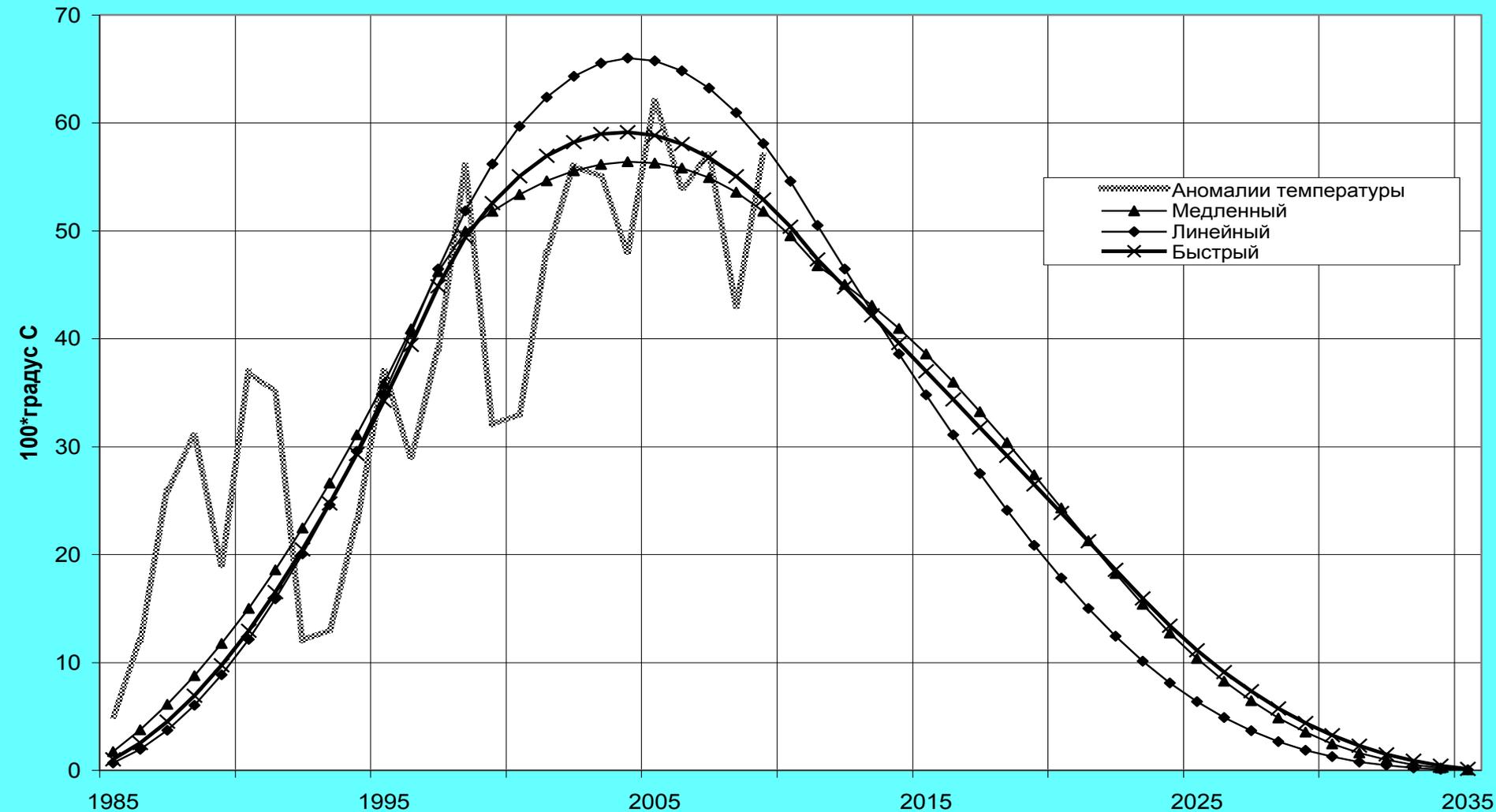
# Модель «альbedo-температура»<sup>\*)</sup>

$$4 \frac{T_k - T_N}{273 + T_N} = \frac{A_N - A_k}{1 - A_N} + \frac{h_0}{d_0} \sum_{j=1}^L e_j \frac{A_k - A_{k-j}}{1 - A_k}$$

- $A_k$  - среднегодовое альbedo Земли в  $k$ -ом году,
- $T_k$  - среднегодовая температура приповерхностной атмосферы в  $k$ -ом году,
- $A_N, T_N$  - «норма» альbedo и температуры приземного воздуха,
- $h_0$  - доля солнечной радиации, переданной в глубинные слои Мирового океана в нормальном году,
- $d_0$  - доля энергии, уносимая уходящей длинноволновой радиацией,
- $L$  - глубина (в годах) учёта тепловой инерции гидросферы.
- $e_j$  - коэффициенты, сумма которых равна единице.

---

<sup>\*)</sup> Завалишин Н.Н. Модель зависимости температуры приземной атмосферы от альbedo Земли и тепловой инерции гидросферы. // Оптика атмосферы и океана. 2010. Том 23, № 6. Стр.480-484.

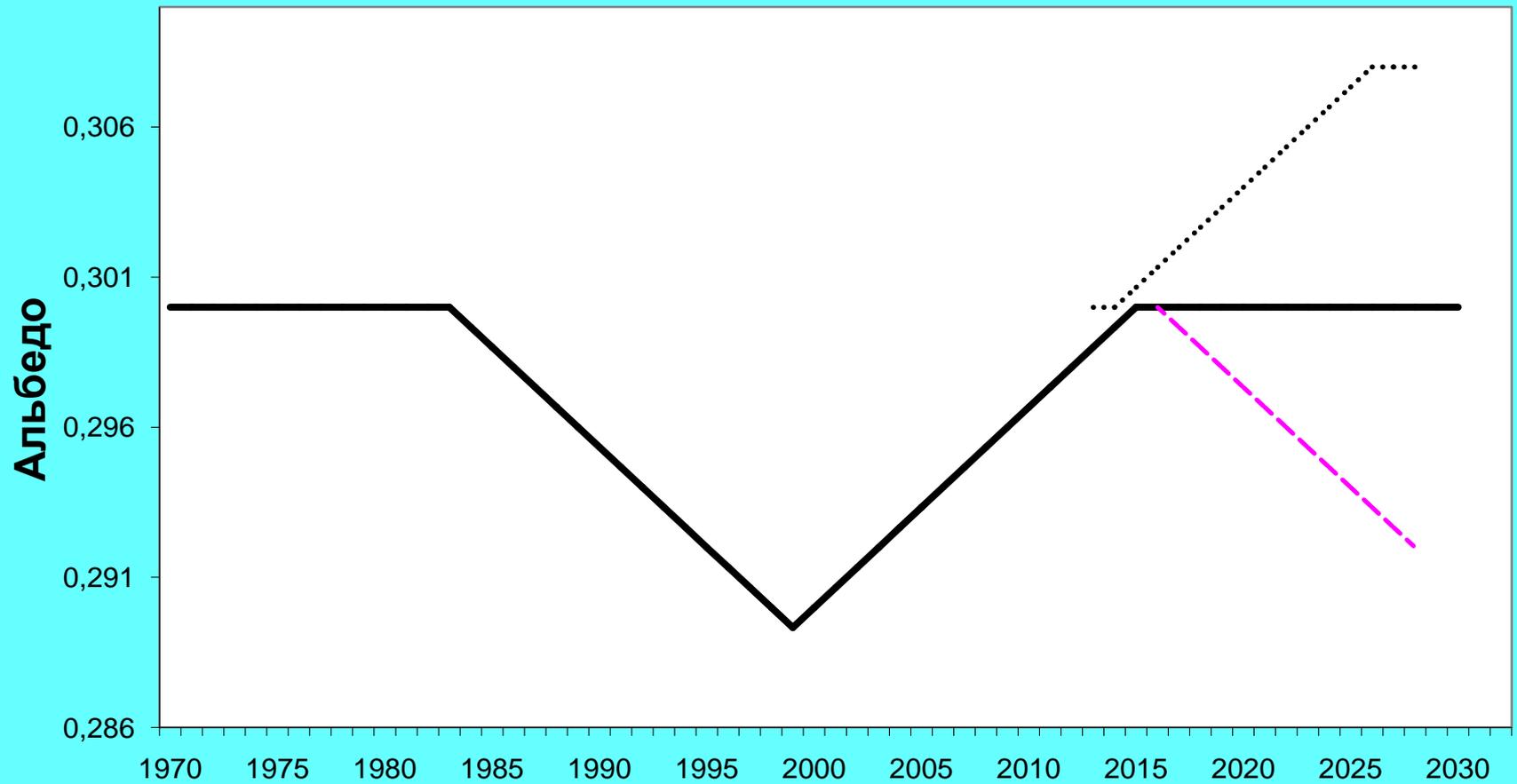


Завалишин Н.Н.

Перспективная оценка температуры нижней тропосферы моделью «альbedo-температура».

//Оптика атмосферы и океана. - 2011. Том 24. №1. Стр.47-51.

# Сценарии изменения альбедо



# Модель «температура-альбеде»

$$\frac{\bar{A}_k}{\bar{A}_N} = \frac{1 + Z_0}{2} + 2 \frac{\Theta_k - \Theta_N}{\Theta_N} + \sqrt{\left( \frac{1 + Z_0}{2} + 2 \frac{\Theta_k - \Theta_N}{\Theta_N} \right)^2 - Z_0 \sum_{j=1}^L e_j \frac{\bar{A}_{k-j}}{\bar{A}_N}}$$

$\bar{A}_k = 1 - A_k$  - дополнение к альбеде k-го года,

$\Theta_k$  - температура приземной атмосферы k-го года (в градусах Кельвина),

$A_N, \Theta_N$  - «нормы» альбеде и температуры,

$Z_0$  - относительная часть солнечной радиации, переданная в глубинный слой  
Мирового океана в среднем за один год,

$e_j$  - константы, сумма которых равна единице

Без учёта тепловой инерции Мирового океана (при  $Z_0=0$ )

$$\frac{\bar{A}_k - \bar{A}_N}{\bar{A}_N} = 4 \frac{\Theta_k - \Theta_N}{\Theta_N}$$

-----  
Завалишин Н.Н. О проблеме реконструкции среднегодовых значений альбеде Земли.

// Оптика атмосферы и океана. (в печати).

## Список литературы:

1. Багров Н.А. и др. Долгосрочные метеорологические прогнозы. - Л., Гидрометеиздат. 1985. 248 с.
2. Руководство по месячным прогнозам погоды. / под ред. Пагавы С.Т. И др.Л., Гидрометеиздат. 1972. 366 с.
3. Jose P.D. Sun`s motion and sunspots. // The Astronomical Journal, 1965. – v.70, N3. - P.193-200.
4. Войчишин К.С., Драган Я.П., Куксенко В.И., Михайловский В.Н. Информационные связи био-гелио-геофизических явлений и элементы их прогноза. – Киев: Наукова думка, 1974.- 208с.
5. Дружинин И.П., Сазонов Б.И., Ягодинский В.Н. Космос-Земля. Прогнозы. - М., «Мысль». 1974. 288 с.
6. Солнечно-земные связи, погода и климат. /под ред. Б.Мак-Кормака и Т.Селиги. М., «Мир», 1982. 382 с.
7. Кузнецов А.Д., Логинов В.Ф. Космические воздействия на атмосферу. – Л., изд. ЛПИ, 1984 160 с.
8. Landscheidt T. Solar rotation, impulses of the torque in the Sun`s motion, and climatic variation. //Climatic Change, 1988. - v.12. – P.265-295.
9. Сидоренков Н.С. Атмосферные процессы и вращение Земли. С.-П., Гидрометиздат. 2002. 366 с.
10. Коваленко В.Д., Кизим Л.Д., Пашестюк А.М. Влияние изменчивости гравитационного поля Солнечной системы на климат Земли. //Известия ВГО. 1991. Т..123, вып. 4. С. 328-339.
11. Понько В.А. Введение в систему «Экопрогноз». - 2000, Москва. Институт устойчивого развития. 136 с.
12. Завалишин Н.Н., Виноградова Г.М., Пальчикова Н.В., Романов Л.Н., Бочкарева Е.Г., Орлова З.С. «Кассандра-Сибирь» – технология подготовки долгосрочных гидрометеорологических прогнозов по Сибири. //Труды СибНИГМИ. 2011, вып.106, с.13-25.
13. Арушанов М. Л. Климатический спектр планеты Земля. /Ташкент, 2010.  
<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/9860.html>
14. Шерстюков Б.Г. Изменения, изменчивость и колебания климата. – 2011. Обнинск, ФБГУ «ВНИИГМИ-МЦД». 294 с.
15. Дьяков А.В. Предвидение погоды на длительные сроки на энерго-климатической основе. (теория и практические результаты опыта, примененные в период 1943-1953 гг./Темиртау- Иркутск, 1953...2011. 158 с.



**Дьяков А. В.**

**«Предвидение погоды на  
длительные сроки  
на энерго-  
климатической основе»**

**1953, 2011 - Иркутск.**

**(к 100-летию со дня рождения)**

**<http://www.rhythmjournal.com/index.php>**



**Спасибо за внимание!**