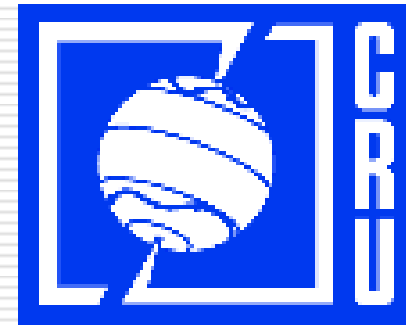


Региональное моделирование климата Украины в XXI столетии

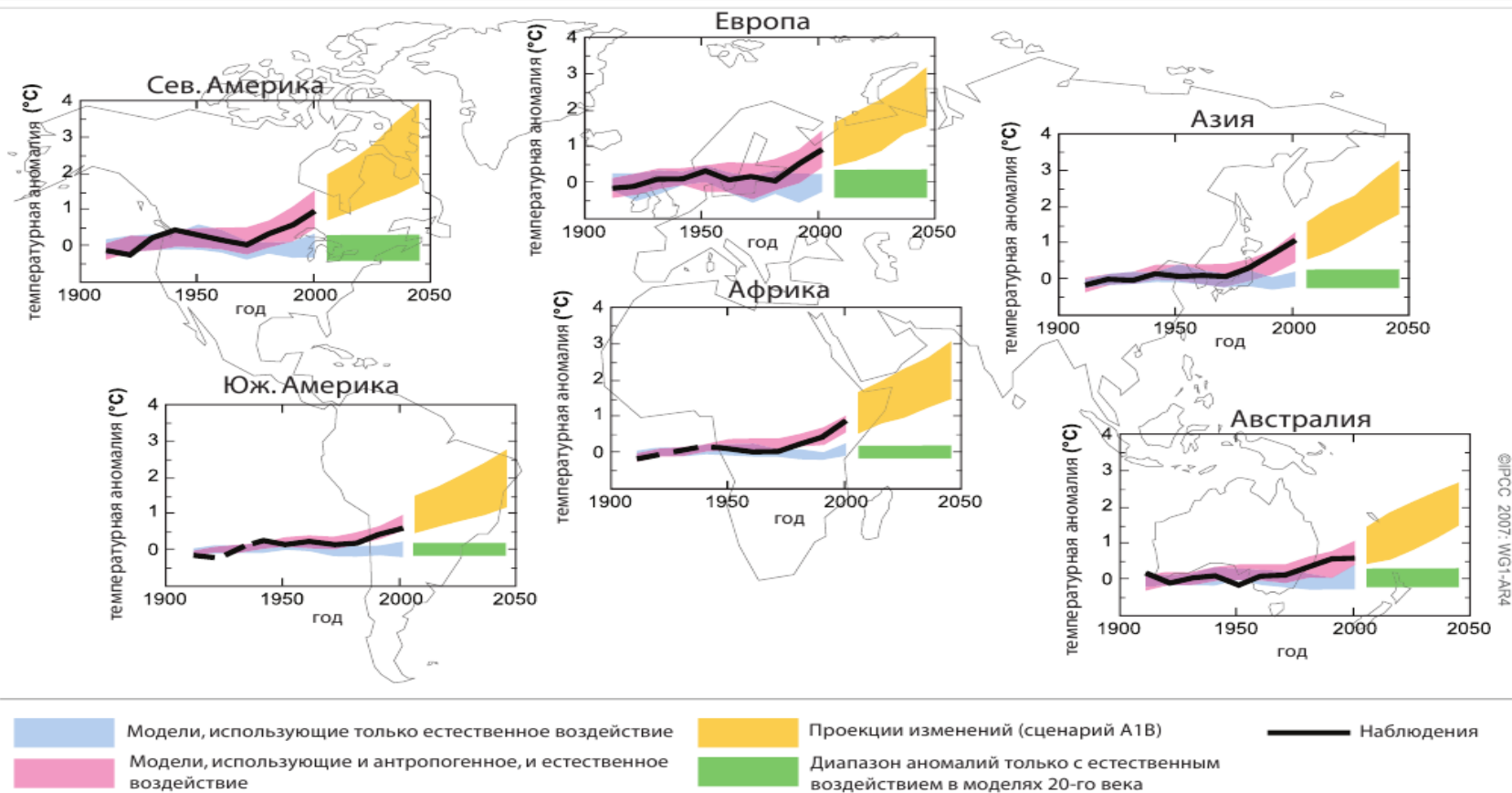


Морской Гидрофизический Институт
Национальной Академии Наук Украины
г. Севастополь



д.ф.-м.н., проф. *Ефимов В.В.*
аспирант *Анисимов А.Е.*

IPCC 4th Assessment Report



В 2007 году вышел 4й отчёт международной группы экспертов по изменению климата (IPCC). 1й том Отчёта основан на численных экспериментах с **23 глобальными совместными моделями общей циркуляции**, описывающих динамику атмосферы и океана. На их основе даны количественные оценки реакции климатической системы на увеличение концентрации парниковых газов и атмосферных аэрозолей

Региональное моделирование климата

- Из-за грубого пространственного разрешения, глобальные климатические модели плохо воспроизводят региональный климат. Региональные модели – один из способов уточнить данные на выходе глобальной модели в соответствии с локальными особенностями орографии, очертаний берега и др.
 - Региональное моделирование климата состоит в интегрировании **региональных** моделей при непрерывной «подпитке» на боковой границе области выходными данными с более грубым пространственным разрешением из **глобальной** климатической модели.
-

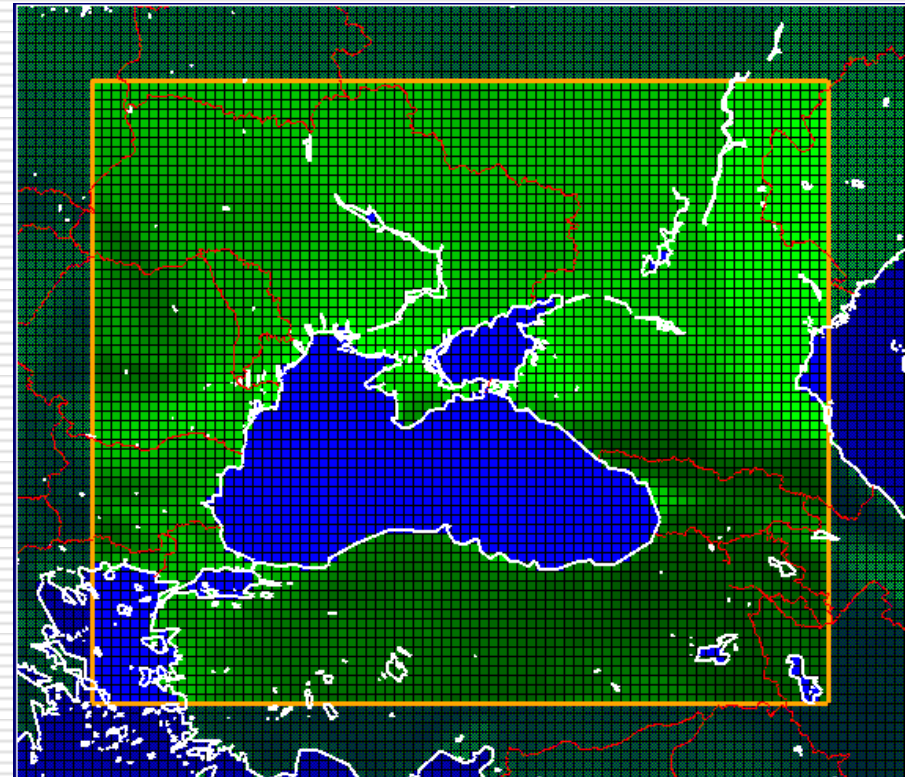
Региональная система моделирования климата PRECIS

- Региональная модель климата PRECIS (*HadRM3P*)- региональная версия т.н. глобальной модели общей циркуляции атмосферы ***HadAM3P***, разработанной в Met Office (Великобритания).

 - Строение модели:
 - динамика атмосферы
 - параметризация физических процессов:
 - солнечная радиация (Edwards & Slingo 1996)
 - облака и приземный погранслой (Smith 1990, Gregory & Morris 1996)
 - осадки (Senior & Mitchell 1993)
 - конвекция (Gregory & Rowntree 1990)
 - атмосферные аэрозоли (SO₂) (Jones 1999)
 - модель верхнего слоя почвы MOSES I (Cox 1999)
 - гравитационно-волновое сопротивление (Gregory 1998)
 - граничные условия
-

Граничные условия и адаптация

- **боковые граничные условия:**
выход глобальной климатической модели на боковой границе домена (буферная зона)
- **вспомогательные граничные условия:**
данные об орографии выбранного домена, характеристики подстилающей поверхности, температура поверхности океана и др.
- **начальные условия**
 - значения прогностических переменных внутри домена, необходимые для старта модели



Сценарии изменения климата в конце XXI столетия

- Для построения климатических сценариев использовался т.н. **подход временных интервалов (time-slice approach)**. После интегрирования модели на 2 временных интервала, 1961-1990 и 2071-2100, изменение климатической переменной рассчитывается как разность между значениями за 2071-2100 и 1961-1990.
 - Для каждого временного интервала, существуют 3 различных варианта интегрирования модели, вместе формирующих ансамбль. Каждый член ансамбля отличается **начальными условиями**, и, для будущего – граничными условиями температуры поверхности океана. В силу внутренней модельной изменчивости, это позволяет фиксировать больший спектр возможных климатических траекторий.
-

Описание эксперимента

Глобальная модель HadAm3P¹

- улучшенная атмосферная
компонента HadCM3 из
ансамбля моделей IPCC

Разрешение **1.25°x1.875°**



Региональная модель HadRm3P – PRECIS²

- разрешение **0.22°x0.22°**
- 19 уровней в атмосфере
- гибридная вертикальная система координат
- 4 уровня почвы (MOSES I)
- шаг по времени 5мин

1. Rowell, D.P. [2005] A scenario of European climate change for the late twenty-first century: seasonal means and interannual variability. *Clim Dyn.*, **25**, 837–849.

2a. Marengo et al. [2009] Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. *Int. J. Climatol.*, V. 29-15, P. 2241 – 2255.

2b. Shahgedanova M. et al. [2009] Climate Change, Glacier Retreat, and Water Availability in the Caucasus Region. *Threats to Global Water Security*, 131-143.

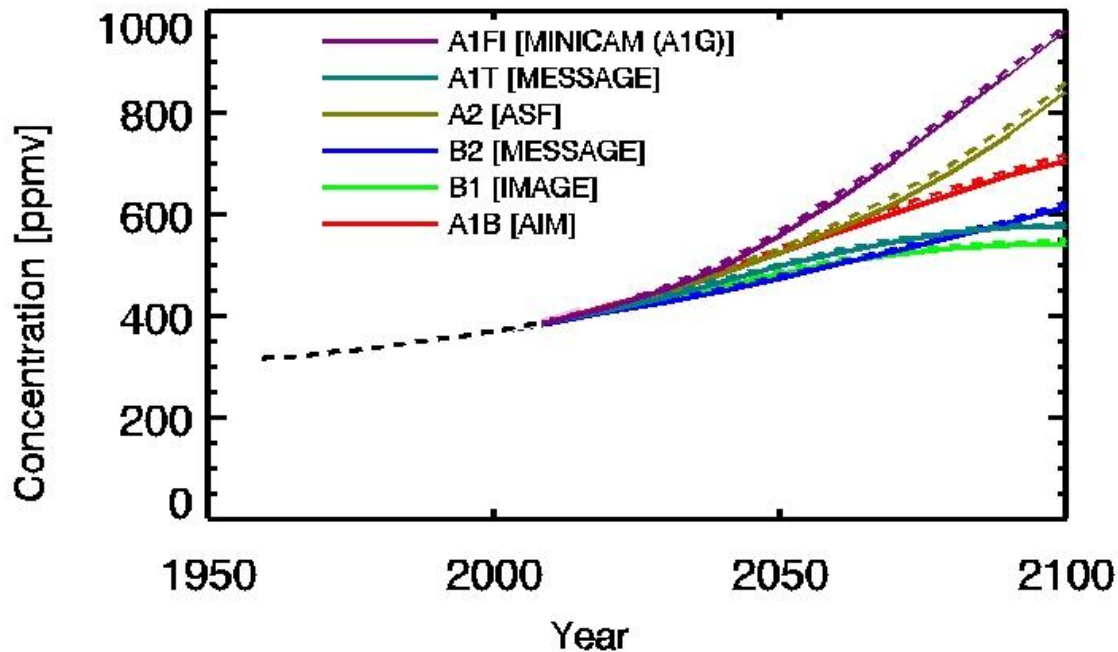
Описание эксперимента (продолжение)

- Изменчивость концентрации парниковых газов (сценарий **A2**-BERN) и атмосферных аэрозолей
- Изменчивость температуры поверхности океана (SST variability)



- Поскольку модель включает в себя только атмосферную компоненту, она не способна воспроизвести изменчивость климатической системы, вызванную изменением состояния океана. Океан «влияет» на модель только через температуру поверхности, задаваемую *a priori*. Для периода 2070-2100 межгодовая изменчивость задавалась близко к наблюдавшейся в конце XXI, с поправкой на величину потепления и тренд.
-

Сценарии эмиссии парниковых газов



- Концентрация CO₂ в атмосфере по данным наблюдений (1950-2008) и в соответствии с различными сценариями эмиссии (по 2100). Для каждого сценария использовано по две модели (BERN (сплошные линии) and ISAM (пунктирные))

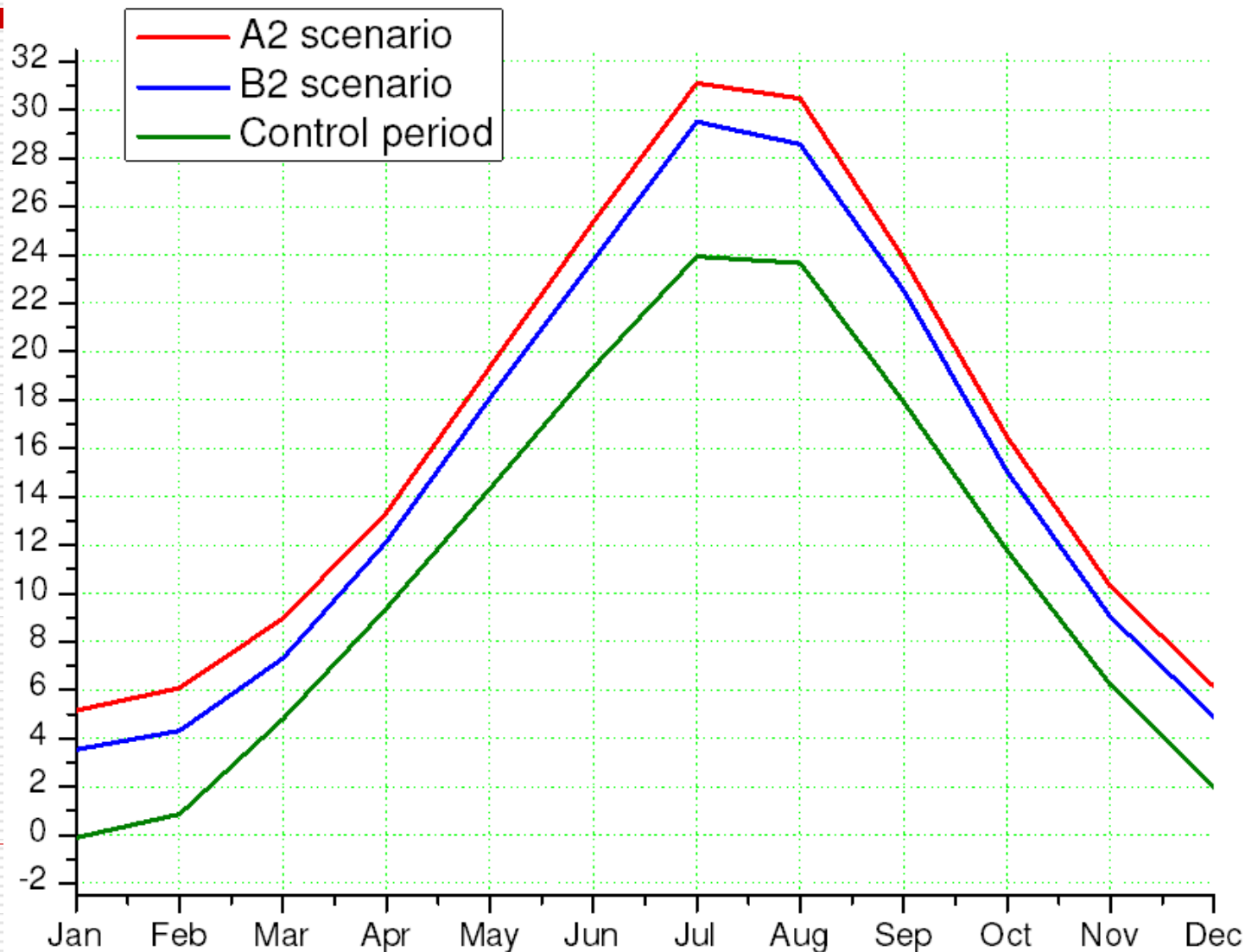
Региональные проекции изменения температуры и осадков для Южной и Северной Европы по данным 21 совместной глобальной модели, сценарий эмиссии A1B.

		температура, °C						осадки, %					
регион	сезон	min	25	50	75	max	T	min	25	50	75	max	T
Сев. Европа 48N,10W to 75N,40E	DJF	2.6	3.6	4.3	5.5	8.2	40	9	13	15	22	25	50
	MAM	2.1	2.4	3.1	4.3	5.3	35	0	8	12	15	21	60
	JJA	1.4	1.9	2.7	3.3	5.0	25	-21	-5	2	7	16	
	SON	1.9	2.6	2.9	4.2	5.4	30	-5	4	8	11	13	80
	Annual	2.3	2.7	3.2	4.5	5.3	25	0	6	9	11	16	45
Южная Европа 30N,10W to 48N,40E	DJF	1.7	2.5	2.6	3.3	4.6	25	-16	-10	-6	-1	6	>100
	MAM	2.0	3.0	3.2	3.5	4.5	20	-24	-17	-16	-8	-2	60
	JJA	2.7	3.7	4.1	5.0	6.5	15	-53	-35	-24	-14	-3	55
	SON	2.3	2.8	3.3	4.0	5.2	15	-29	-15	-12	-9	-2	90
	Annual	2.2	3.0	3.5	4.0	5.1	15	-27	-16	-12	-9	-4	45

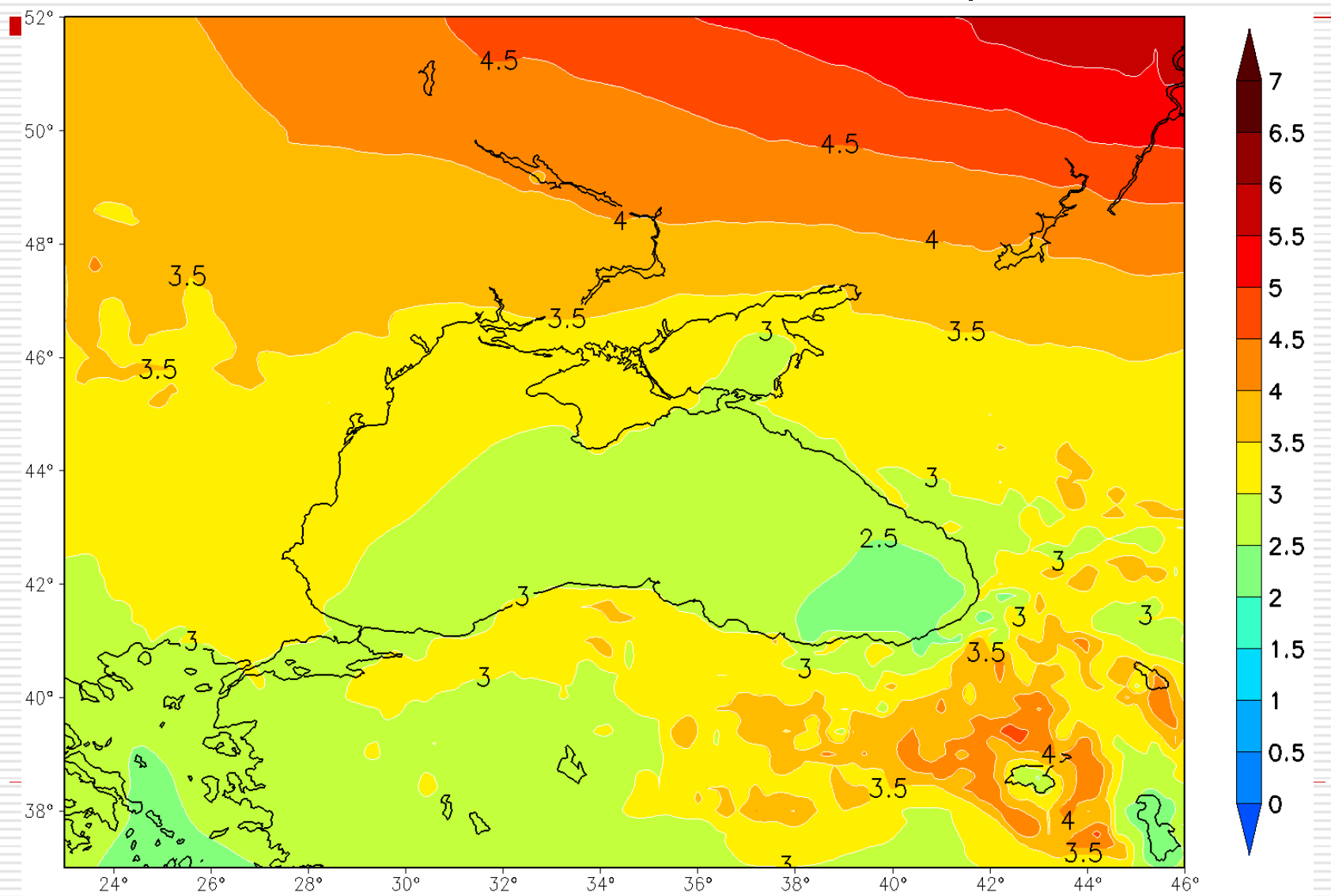
T – время достижения медианой значения $\sigma \cdot 2.83$ (годы)

IPCC 4th Assessment Report

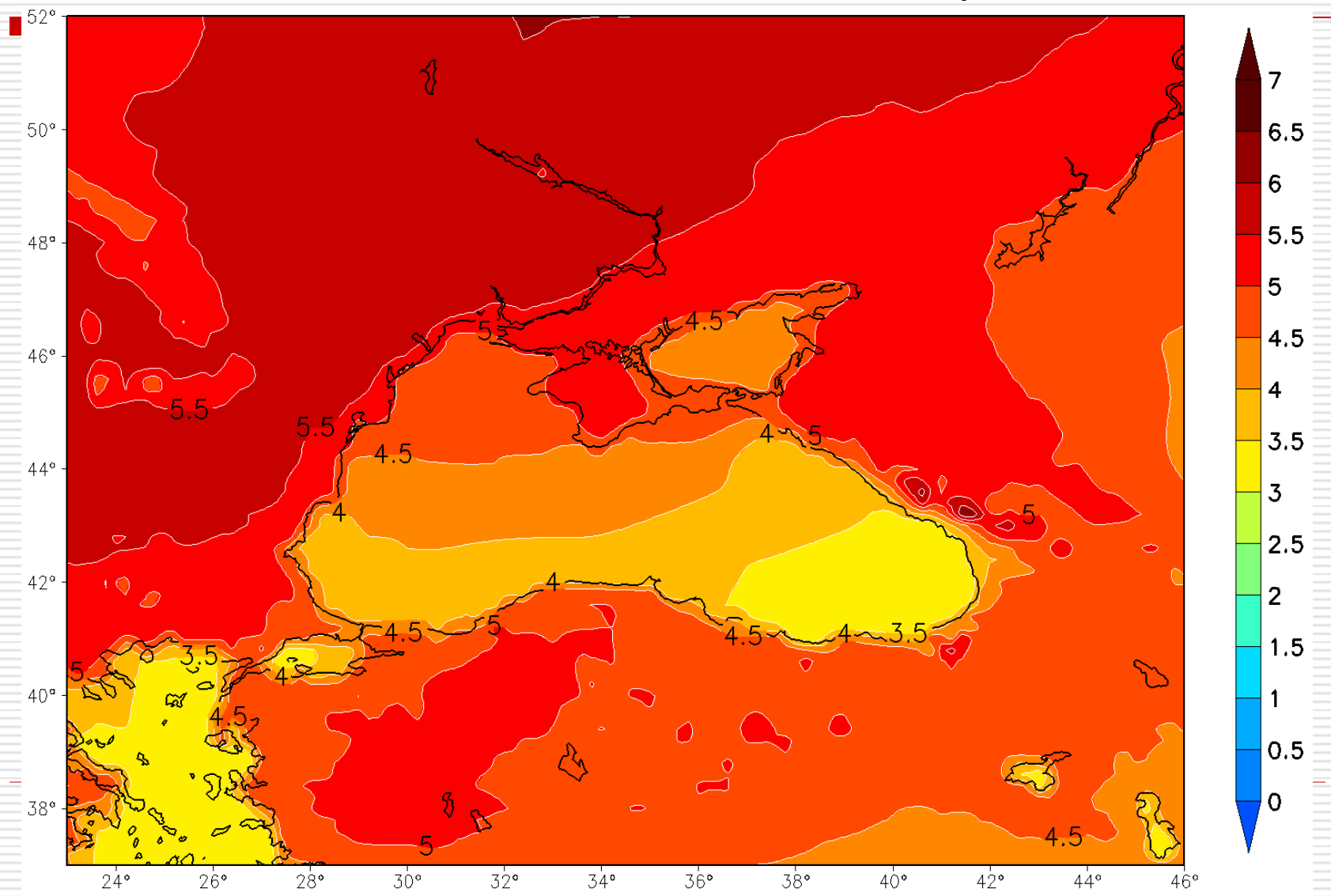
Годовой ход температуры воздуха для контрольного периода (1961-1990) и 2071-2100 гг. (территория Украины)



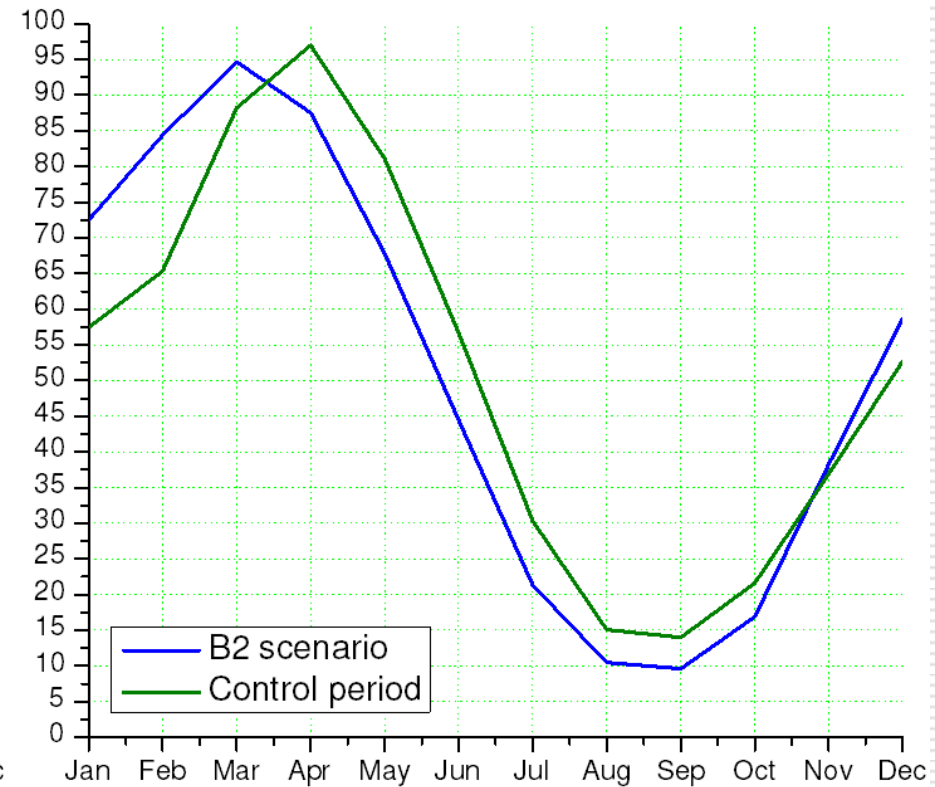
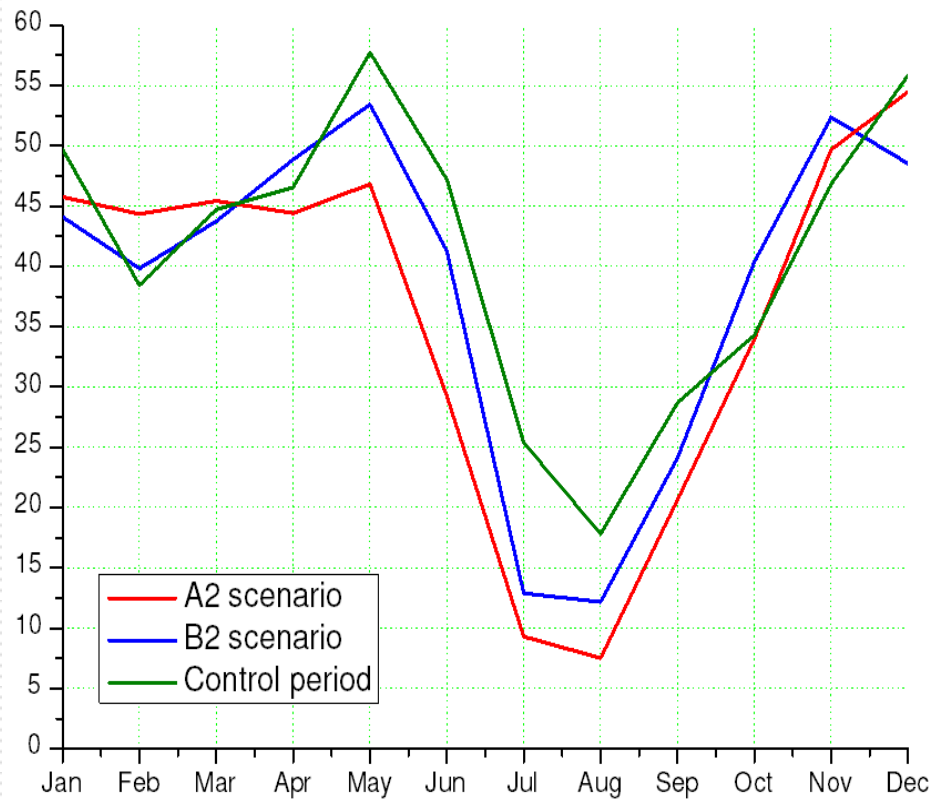
Изменение приземной температуры воздуха, рассчитанное как разность между 2071-2100 и 1961-1990. Зимний сезон, °C



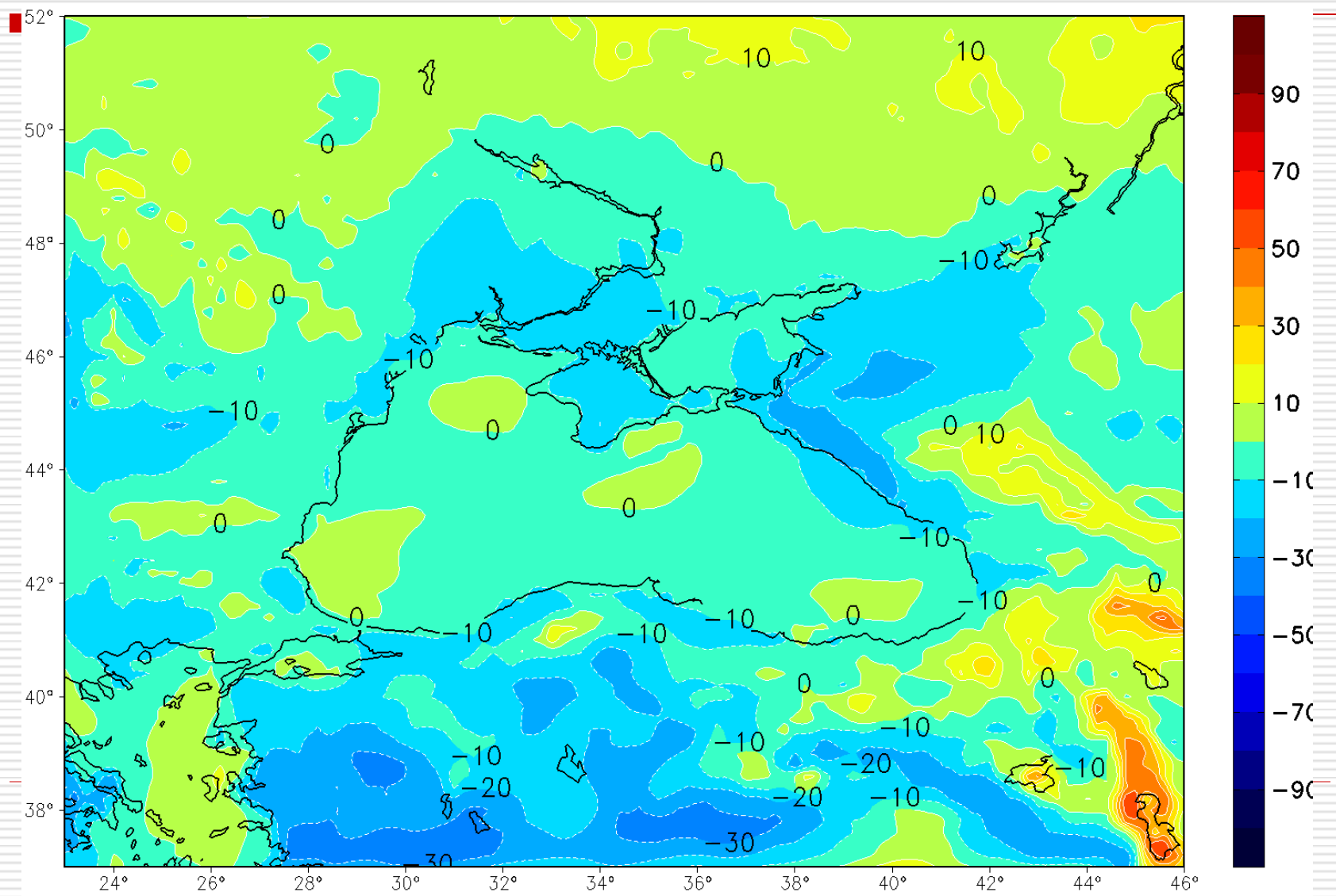
Изменение приземной температуры воздуха, рассчитанное как разность между 2071-2100 и 1961-1990. Летний сезон, °C



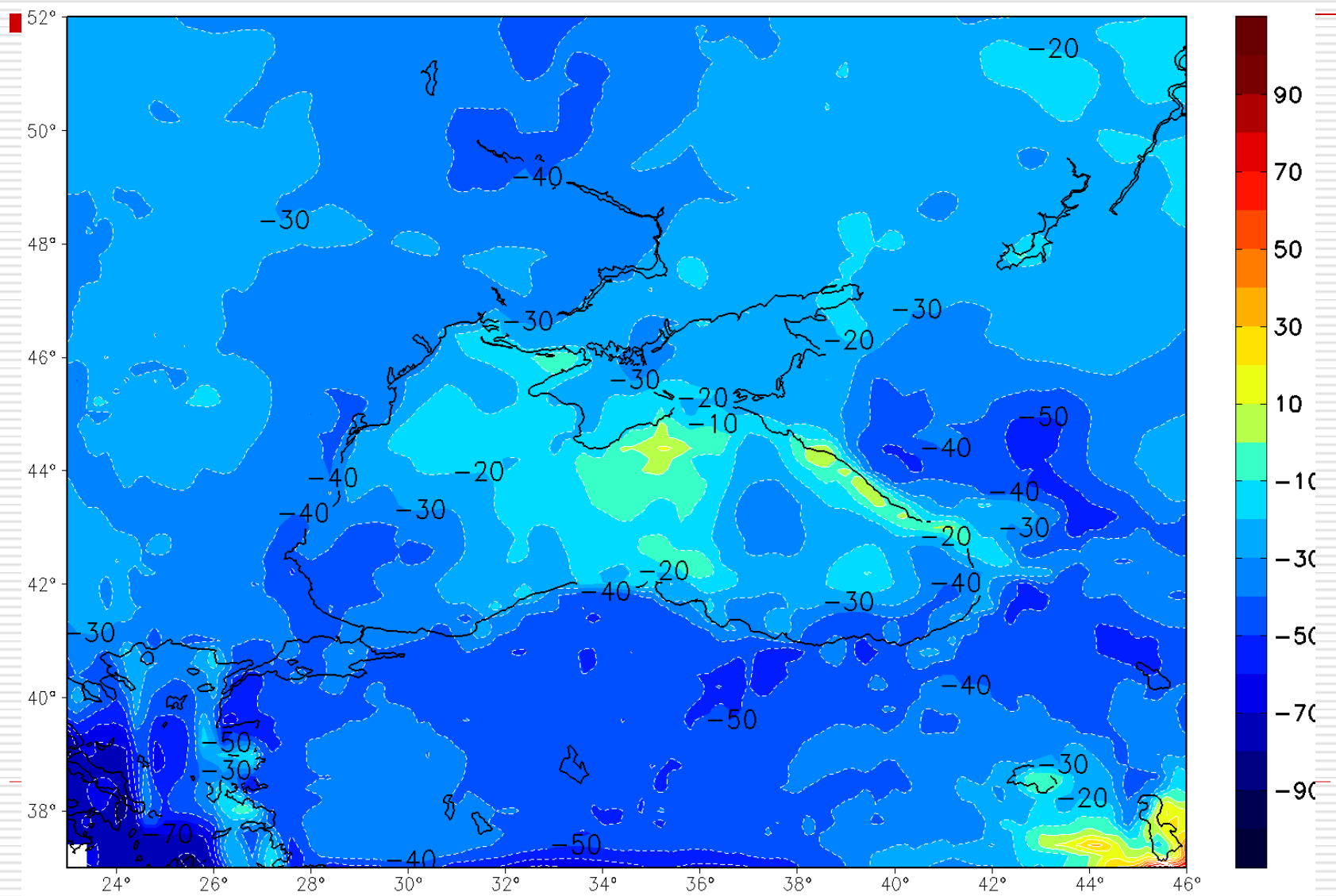
Годовой ход осадков (слева, мм/мес) и влагозапаса почвы (справа, кг/м²) для контрольного периода (1961-1990) и 2071-2100 гг. (территория Украины)



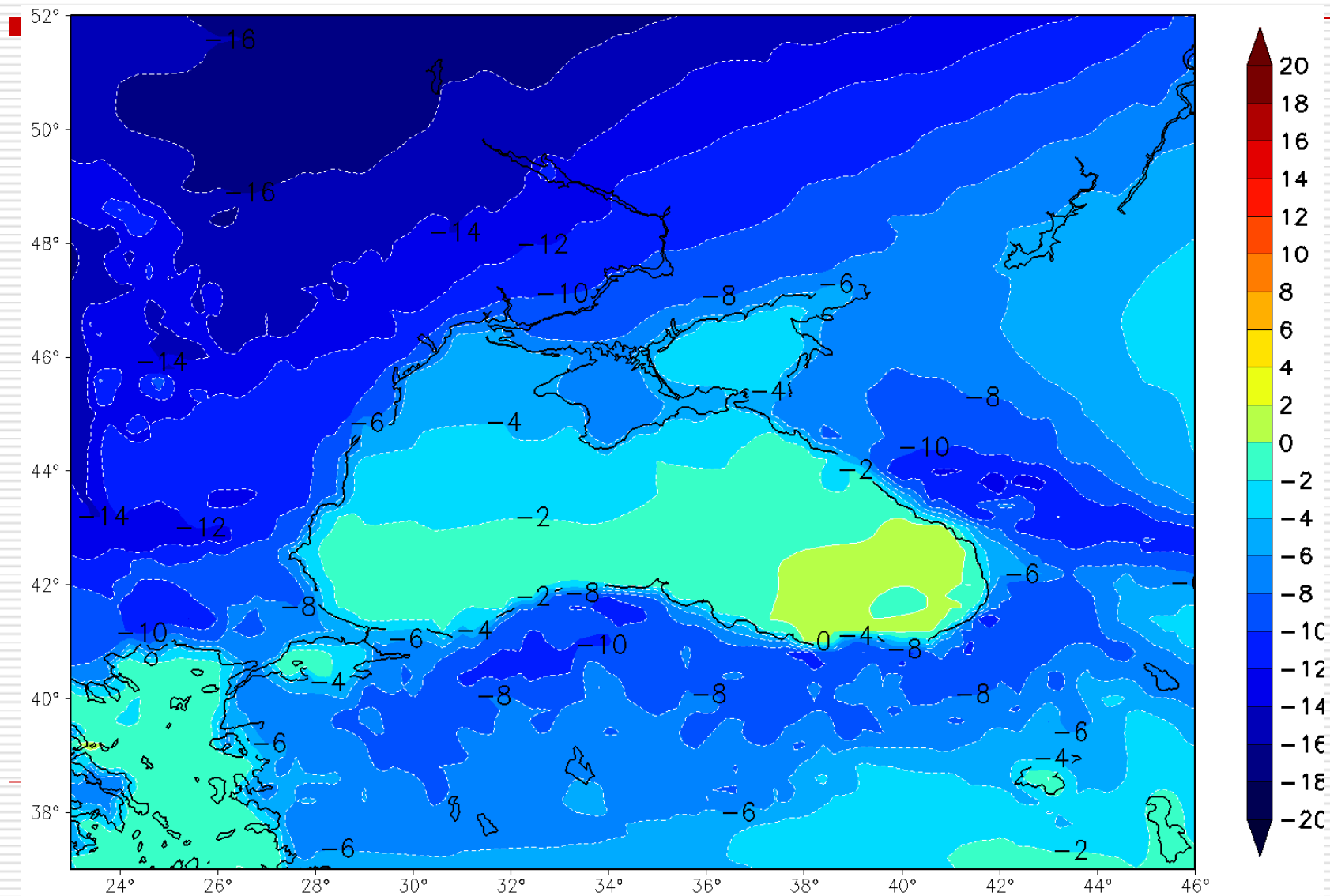
Изменение интенсивности осадков, рассчитанное как разность между 2071-2100 и 1961-1990 по отношению к контрольному периоду. Зимний сезон, %



Изменение интенсивности осадков, рассчитанное как разность между 2071-2100 и 1961-1990 по отношению к контрольному периоду. Летний сезон, %

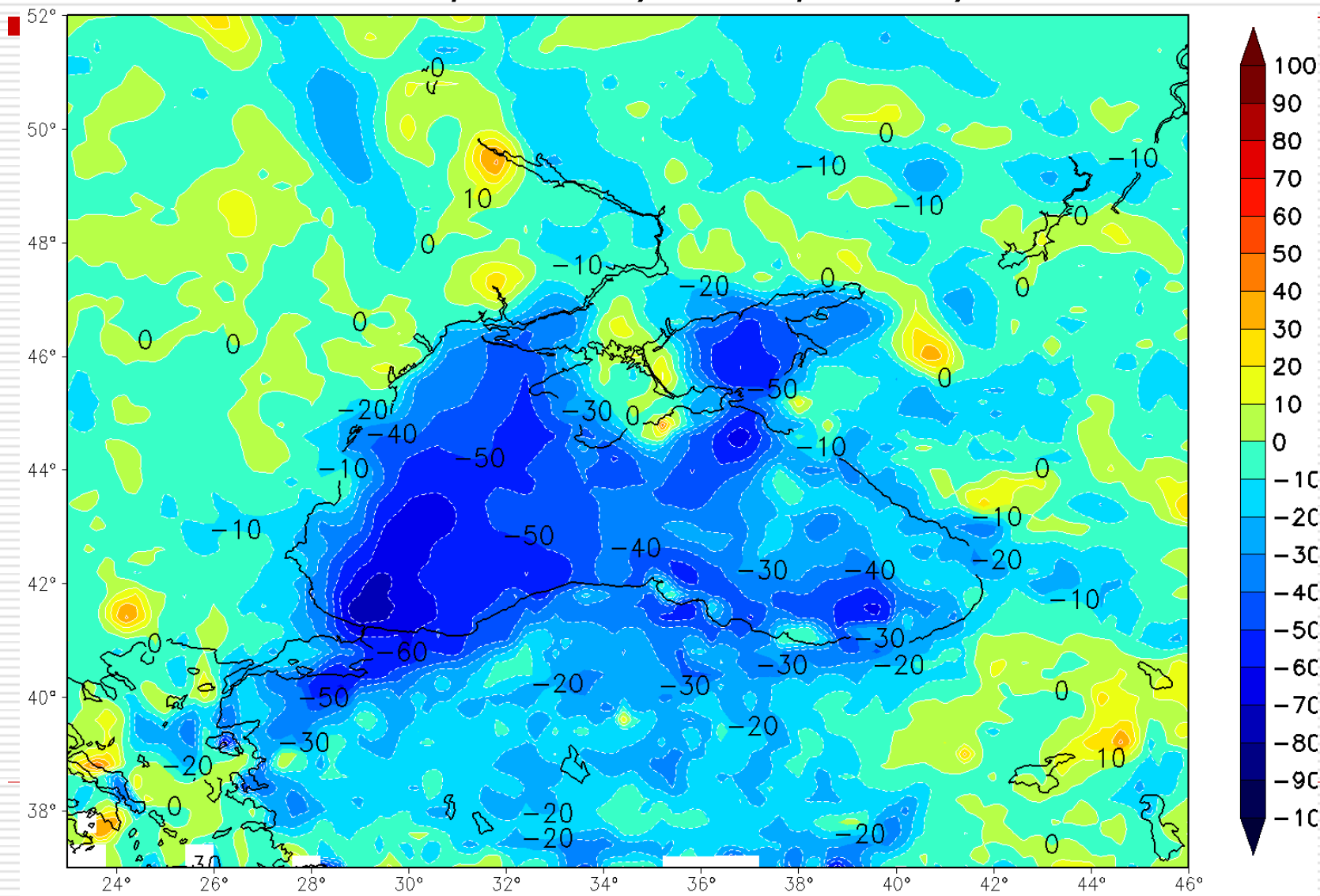


Изменение относительной влажности, рассчитанное как разность между 2071-2100 и 1961-1990 по отношению к контрольному периоду. Летний сезон, %



Эксперимент по чувствительности к изменению температуры моря, $\Delta SST = -2^{\circ}C$

возмущения поля осадков, % по отношению к контрольному эксперименту



Изменения в режиме осадков для Украины в XXI столетии

Наблюдается согласованность между моделями в оценках изменения режима осадков для территории Украины. Это подтверждается в эксперименте с региональной моделью. Основные причины этих изменений носят региональный характер и объясняются условно-независимыми механизмами:

- более ранний сход снега вызывает сниженное влагосодержание почвы, что приводит к ослаблению интенсивности конвективных осадков весной
 - снижение осадков весной усиливает иссушение почвы, что приводит к уменьшению конвективных осадков также и летом
 - значительное уменьшение относительной влажности летом
 - изменения в крупномасштабной циркуляции
-

Заключение

- ❑ Проведённые численные эксперименты показывают на территории Украины **более сильное, по сравнению с глобальными проекциями, потепление**. Зимой потепление слабее и носит выраженное широтное распределение, сопровождающееся увеличением осадков. Летом же моделируется значительное уменьшение осадков, до 60% в некоторых областях Украины (в зависимости от сценария эмиссии).
 - ❑ По сравнению с другими моделями, PRECIS демонстрирует большее потепление и более значительно уменьшение осадков летом при том же сценарии эмиссии.
 - ❑ Температура поверхности Черного моря в будущем представляет собой неопределённость, т.к. циркуляция Черного моря не воспроизводится в глобальных моделях. Т.о., региональные модели, которые воспроизводят региональные процессы, могут внести коррективы в глобальные сценарии изменения климата Черноморского региона.
-

Значимость результатов и ключевые неопределённости

- ❑ Модели атмосферы по-прежнему несовершенны. Параметризации подсеточных процессов непрерывно совершенствуются.
 - ❑ Неопределённость сценариев эмиссий и моделей углеродного цикла.
 - ❑ Неопределённость солнечной и вулканической активности.
 - ❑ Неопределённость реакции океана. Климатические моды изменчивости и глобальные явления (El Nino) пока не воспроизводятся в моделях на приемлемом уровне – это одна из причин значительной внутримодельной дисперсии результатов для Европейского региона.
-

Спасибо за внимание!
