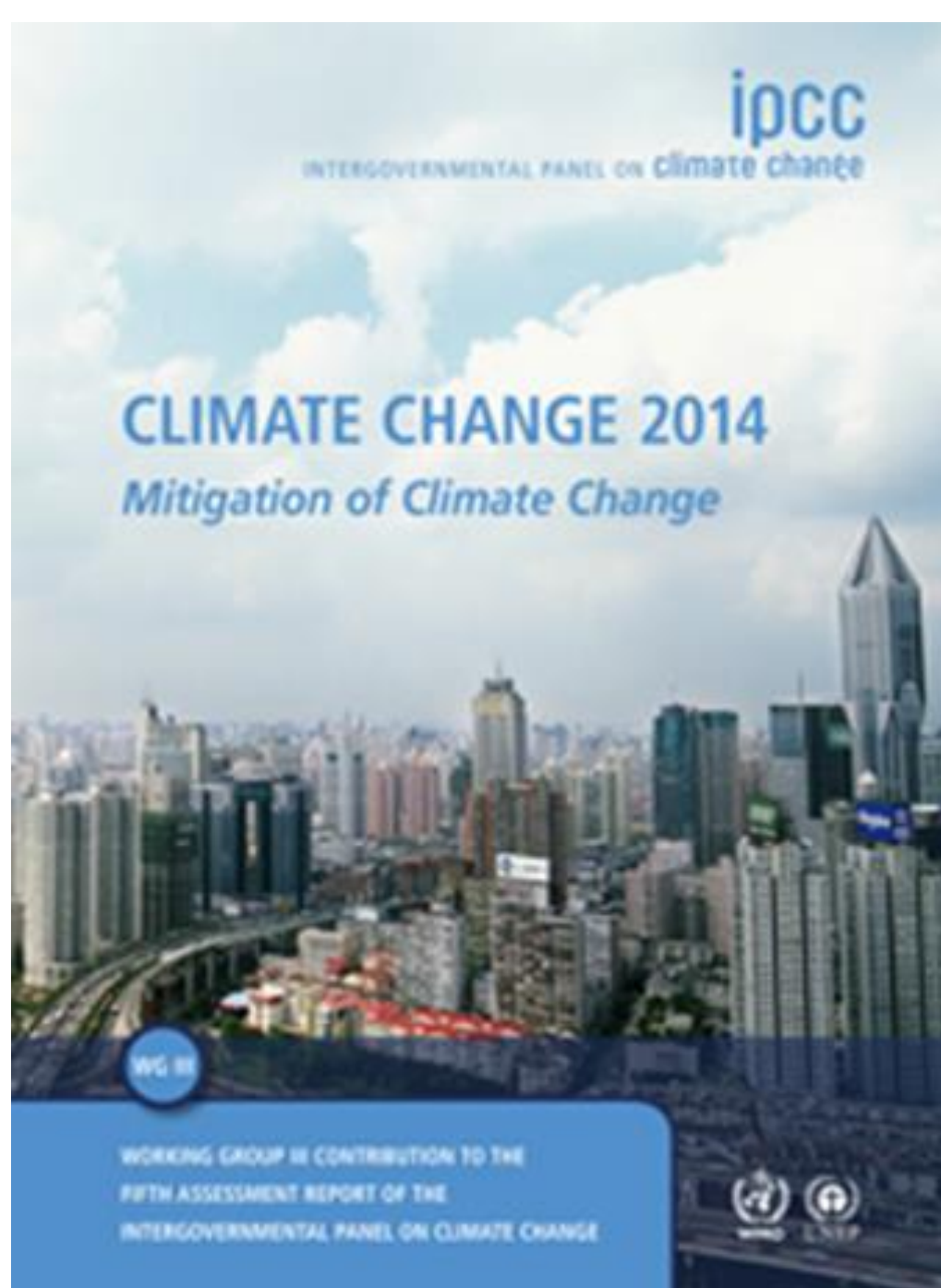
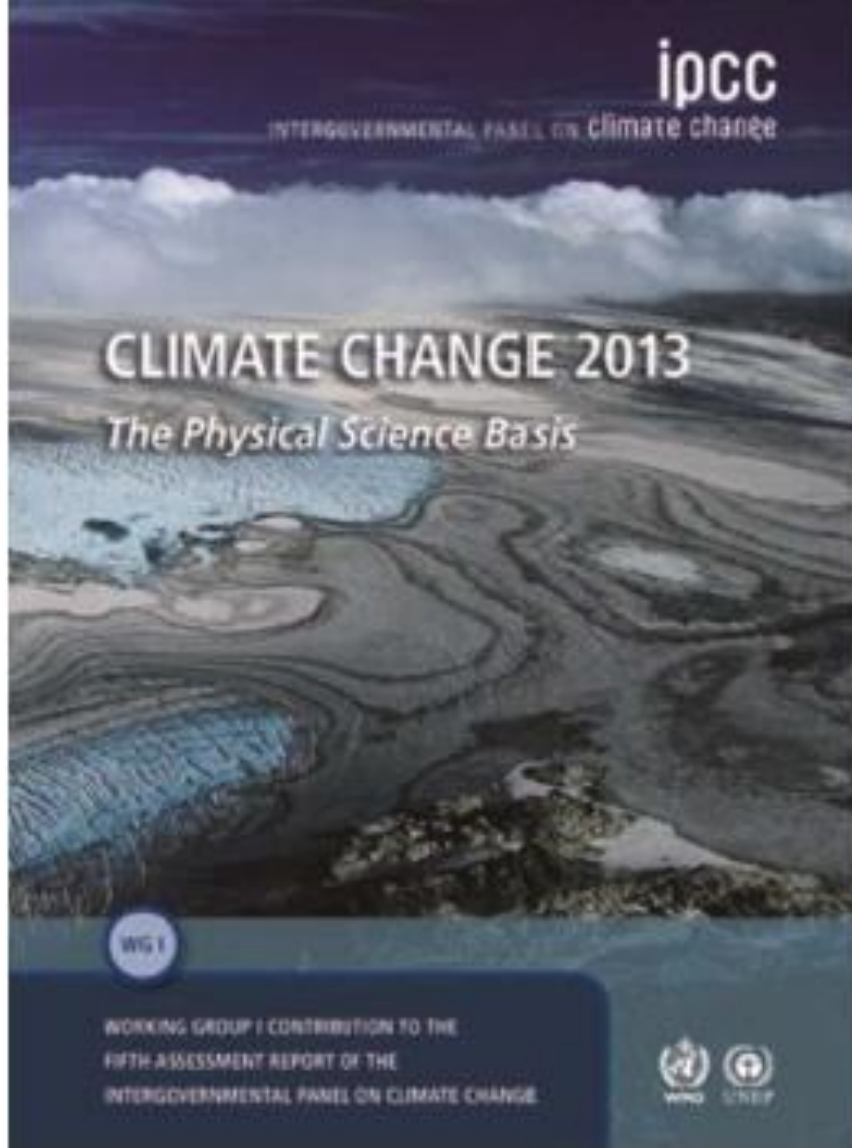


**Современные и ожидаемые
изменения климата
Алтайского края и Алтае-Саянской
горной страны**

Харламова Наталья Федоровна, к.г.н.,
harlamovageo@rambler.ru
каф. Физической географии и ГИС,
Алтайский государственный университет

- **Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК)** была создана в 1988 г. совместно **Всемирной метеорологической организацией (ВМО)** и **Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП)**.
- МГЭИК – организация, **объединяющая несколько сотен ученых из 130 стран мира**, основная роль которой заключается в оценке наилучшей имеющейся научно-технической и социально-экономической информации о климатических изменениях. **Пятый Оценочный доклад МГЭИК не является самостоятельным научным исследованием. Это обзор и обобщение научных знаний.**
- Обзоры МГЭИК выходят каждые 6 лет, их новизну принято «отсчитывать» от предыдущего доклада, в частности, **Четвертого оценочного доклада 2007 года.**
- **IPCC Working Group III Contribution to AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**





Том 1 «Изменение климата 2013: Физическая научная основа».
Доклад Первой рабочей группы Пятого оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК IPCC 5AR WG1)

- **Временное осреднение — принципиально важный момент.** Естественные вариации действуют то в «плюс», то в «минус», но за достаточно длительный промежуток времени суммарная роль этих вариаций близка к нулю, они «компенсируют» друг друга. Знаний для надежного предсказания самих вариаций пока недостаточно. Поэтому **предсказать климат конкретного года или даже десятилетия невозможно, но это не препятствие для выводов о тенденциях, отражающих суммарное изменение климата за XXI век.**
- **Несомненно то, что с 1950-х годов происходит повышение температуры приземного воздуха и океана. Многие наблюдаемые изменения беспрецедентны по интенсивности.** Так, в Северном полушарии последние 30 лет, вероятно, были самыми теплыми за 1400 лет. Например, в 950–1250 гг. в отдельных регионах было так же тепло, как и сейчас, но не на всем земном шаре.
- **Глобально усреднённые совокупные данные о температуре поверхности суши и океана, рассчитанные на основе линейного тренда, свидетельствуют о потеплении на $0,85$ [от $0,65$ до $1,06$]°C за период 1880-2012 г. (см. рис. РП.1). Эту величину принято называть повышением глобальной температуры с доиндустриальной эпохи.**

Наблюдаемая в период 1850–2012 г. средняя глобальная аномалия
совокупной температуры поверхности суши и поверхности океана

а)

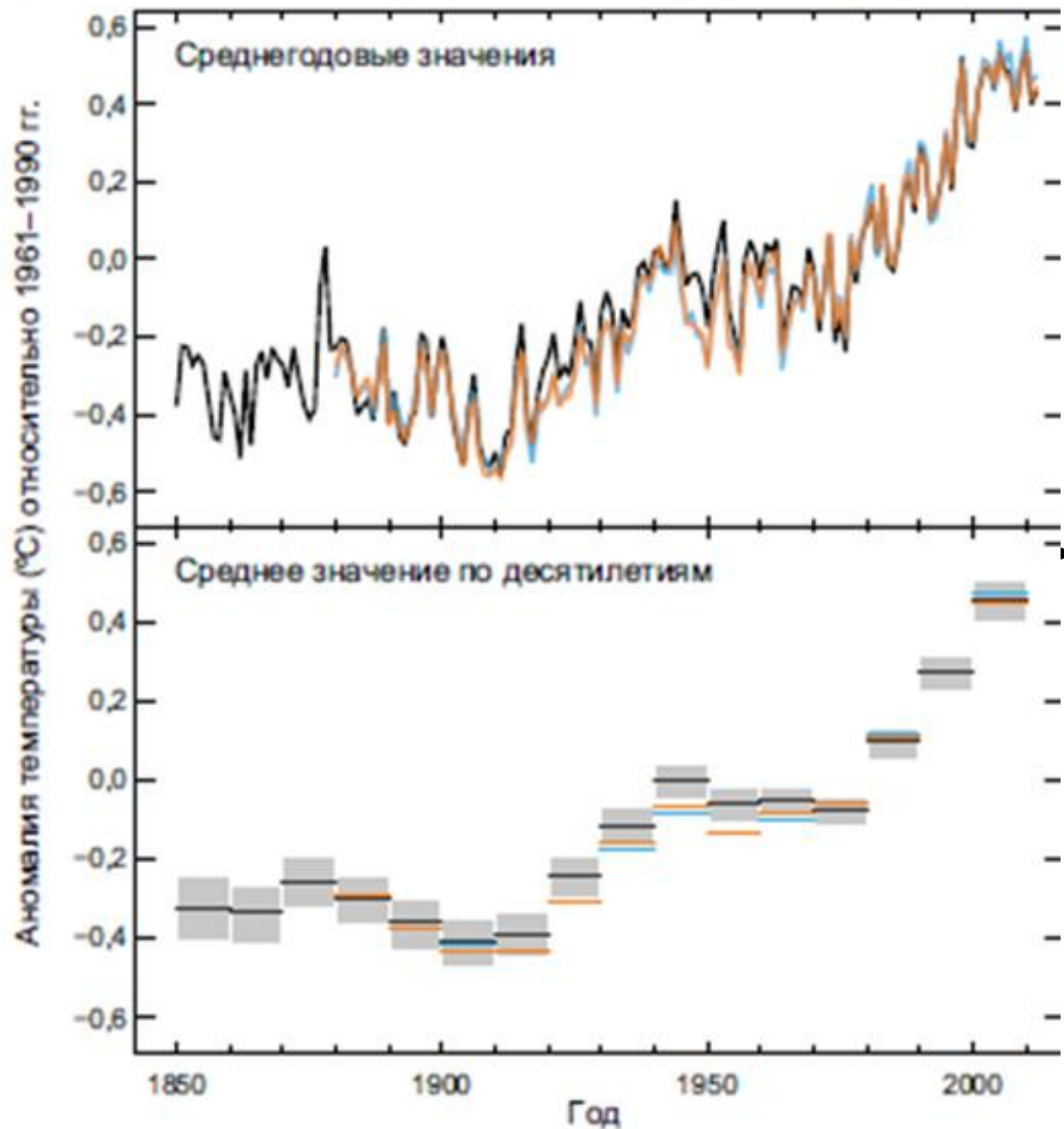
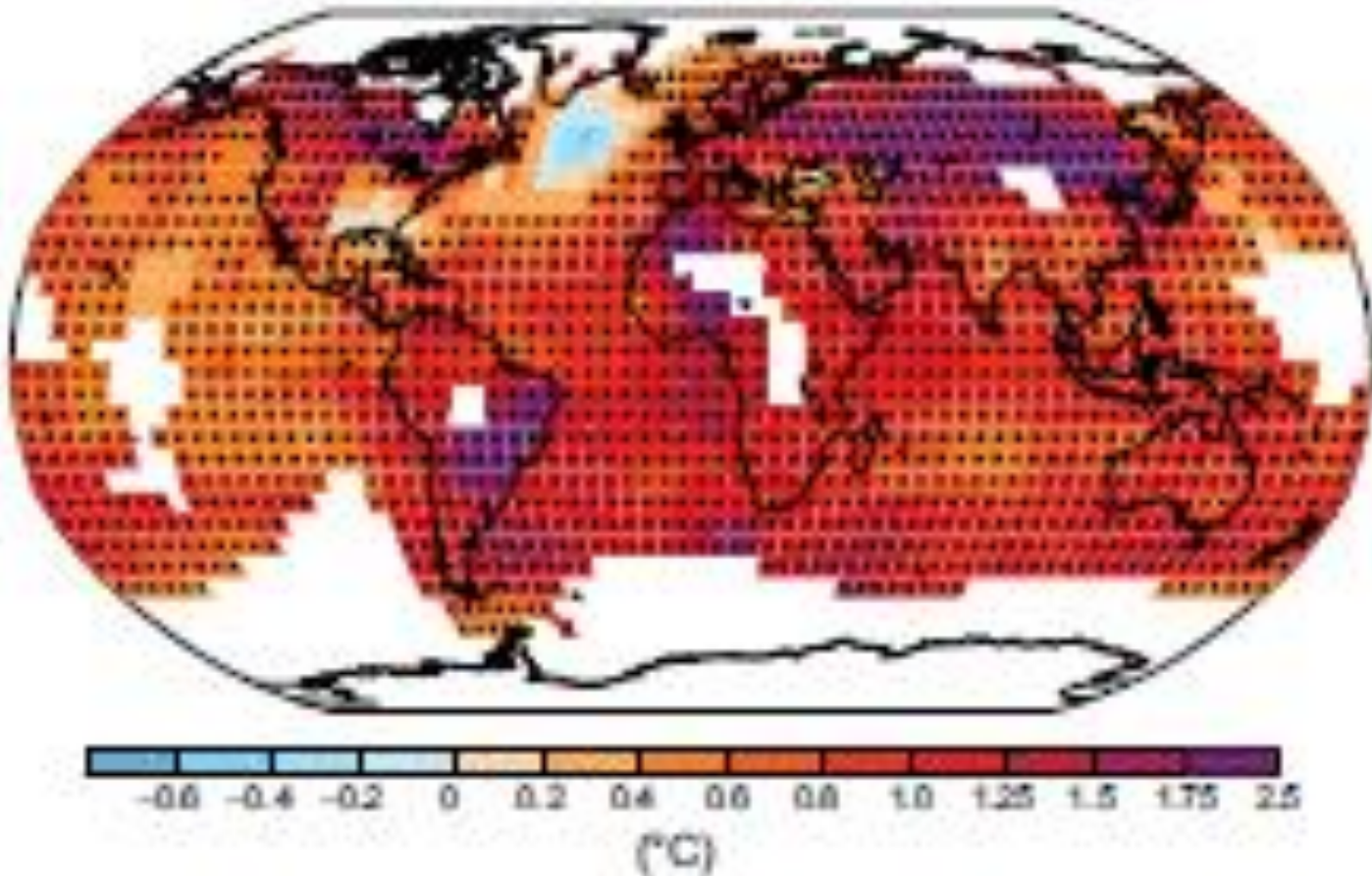


Рисунок РП.1.

а) Наблюдаемые в период 1850–2012 гг. средние глобальные аномалии совокупной температуры поверхности суши и океана на основе трех массивов данных. Верхняя часть: среднегодовые значения. Нижняя часть: **средние значения по десятилетиям**, включая оценку неопределенности для одного ряда данных (черный цвет). **Аномалии показаны относительно средних значений 1961–1990 гг.**

Рисунок РП.1. b) Карта наблюдаемого с 1901 по 2012 гг. изменения приземной температуры, составленная согласно трендам температуры, определенным посредством метода линейной регрессии по одному ряду данных (оранжевая линия в части «а»).

b) Наблюдаемое изменение приземной температуры в период 1901–2012 гг. :



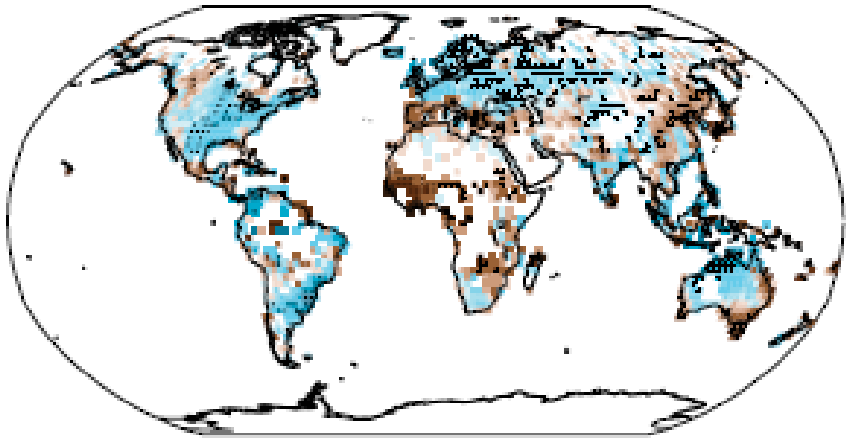
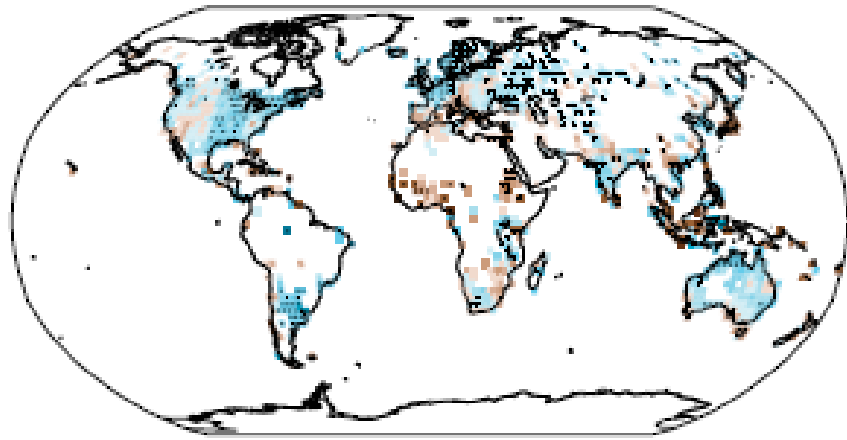
- Помимо явного повышения на протяжении нескольких десятилетий, **средняя глобальная приземная температура демонстрирует существенную десятилетнюю и межгодовую изменчивость.**
- **Вследствие естественной изменчивости климата тренды, рассчитанные на основе коротких рядов наблюдений, в значительной степени зависят от дат начала и окончания периода и в целом не отражают долгосрочные климатические тенденции.** Одним из примеров является тот факт, что темпы потепления за последний 15-летний период (1998–2012 гг.; 0,05 [от -0,05 до 0,15] С° за десятилетие), который начинается с мощного явления Эль-Ниньо, ниже темпов, рассчитанных с 1951 г. (1951–2012 гг.; 0,12 [0,08–0,14] С° за десятилетие).
- **Замедление роста приземной температуры связано с естественными колебаниями климатической системы и не может служить доказательством прекращения глобального потепления.**

В среднем в средних широтах в Северном полушарии количество осадков увеличилось с 1901 г. до 1951 г. и после (Рис. РП.2. Карты наблюдаемого изменения количества осадков с 1901 по 2010 гг. и с 1951 по 2010 гг.

Наблюдаемые изменения годового количества осадков над сушей

1901–2010 гг.

1951–2010 гг.



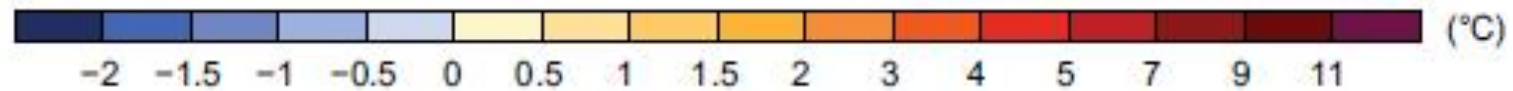
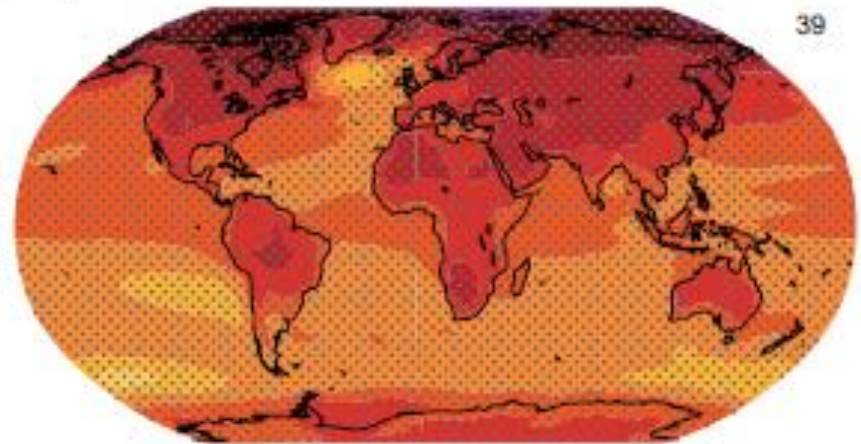
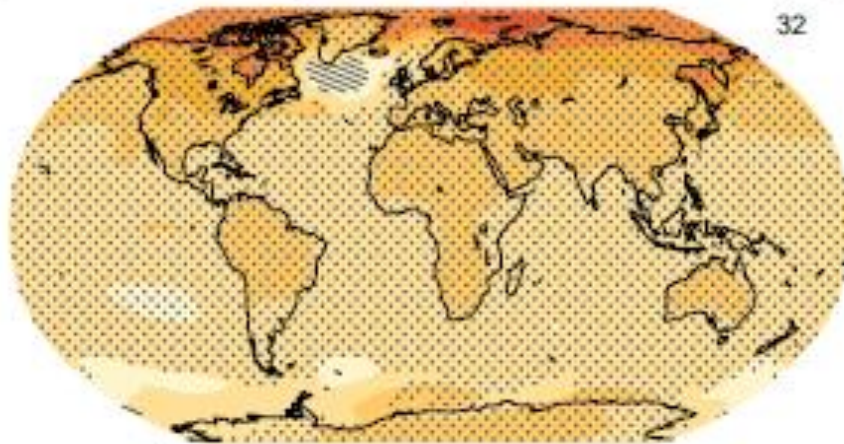
(мм·год⁻¹ за десятилетие)

Прогноз изменений к концу XXI в.

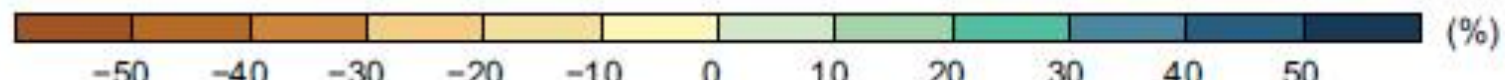
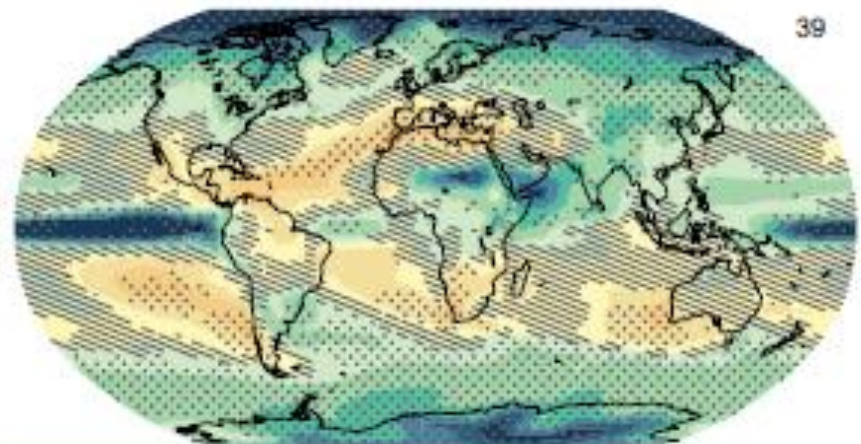
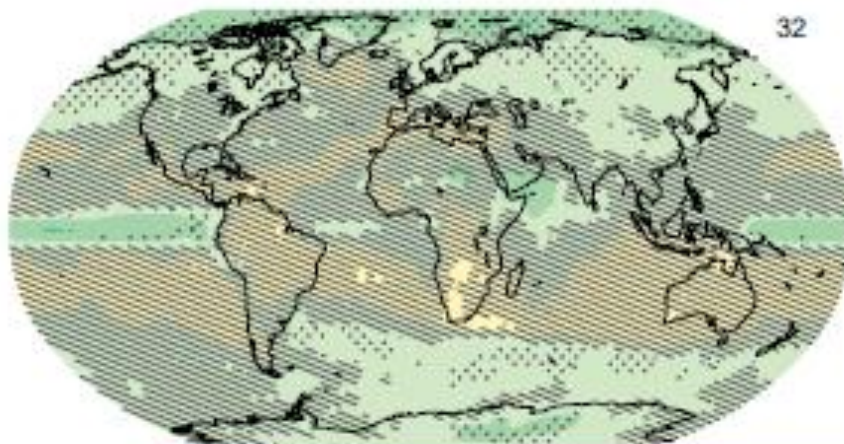
PIK2.6

PIK8.5

a) Изменение средней приземной температуры (1986–2005 гг. – 2081–2100 гг.)



b) Изменение среднего количества осадков (1986–2005 гг. – 2081–2100 гг.)



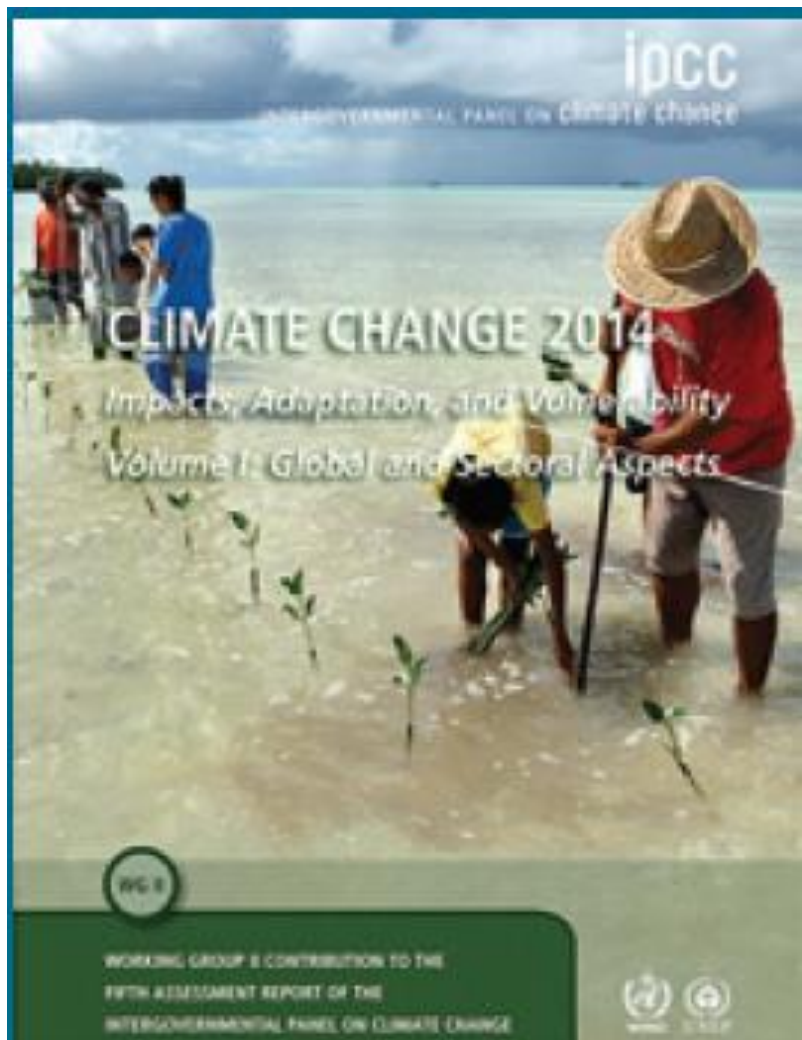
Краткий прогноз для России и стран СНГ

- По всей территории вероятно более «резкое» выпадение осадков в виде отдельных ливней или снегопадов, больше сильных паводков и наводнений, штормовых ветров, колебаний погоды в виде череды холодных и теплых периодов. Зимы в среднем будут теплее. Для Восточной и Северной Европы рост летних температур ожидается сравнительно небольшим.
- **В Центральной Азии летом и весной осадков, вероятно, будет меньше, а рост температур в равной степени придется и на зиму, и на лето.** Главным для России прогнозом... является прогноз изменения частоты опасных гидрометеорологических явлений..., которых станет больше.
- Кокорин О.А. Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК. – М.: WWF, 2014. – 80 с.

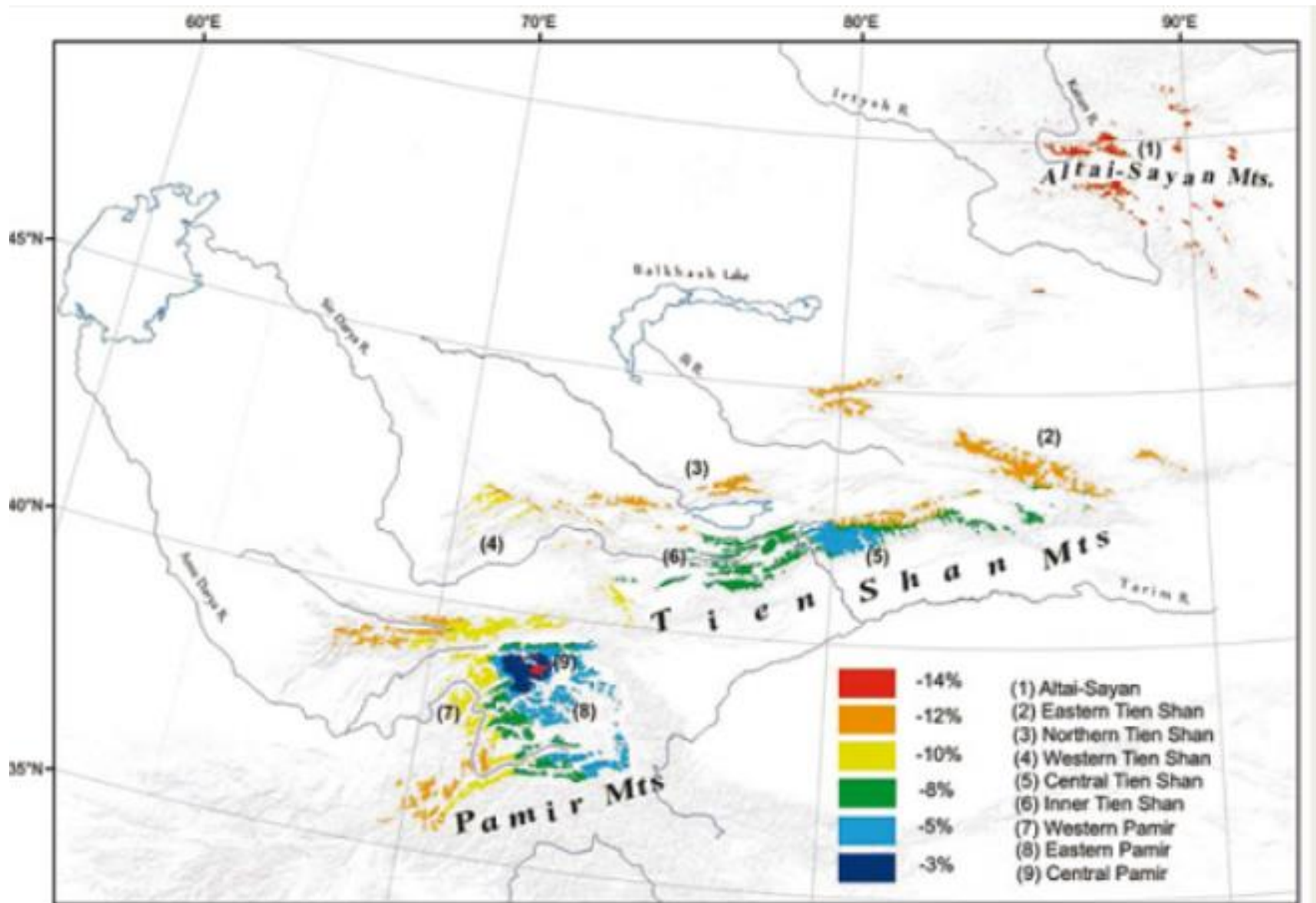
Том 2. Изменение климата 2014: Воздействие. Адаптация и чувствительность

- **Вероятные проблемы Азии.**

- Для большей части Азии не прогнозируется столь сильных засух, как для обширных районов Африки, Америки и Средиземноморья. Но **западная часть (Азии) и горные районы могут пострадать, особенно когда на уменьшение осадков станет накладываться сокращение массы и исчезновение ледников, которые аккумулируют осадки и постепенно «отдают» их в виде речного стока.**
- На **Центральной Азии** следует остановиться особо – это очень уязвимый регион. **По всем прогнозам уже идущая деградация ледников продолжится. В случае, если средняя T воздуха высокогорьях возрастет на 8°C , при этом количество осадков уменьшится на 16%, к 2100 году ледники могут исчезнуть.**



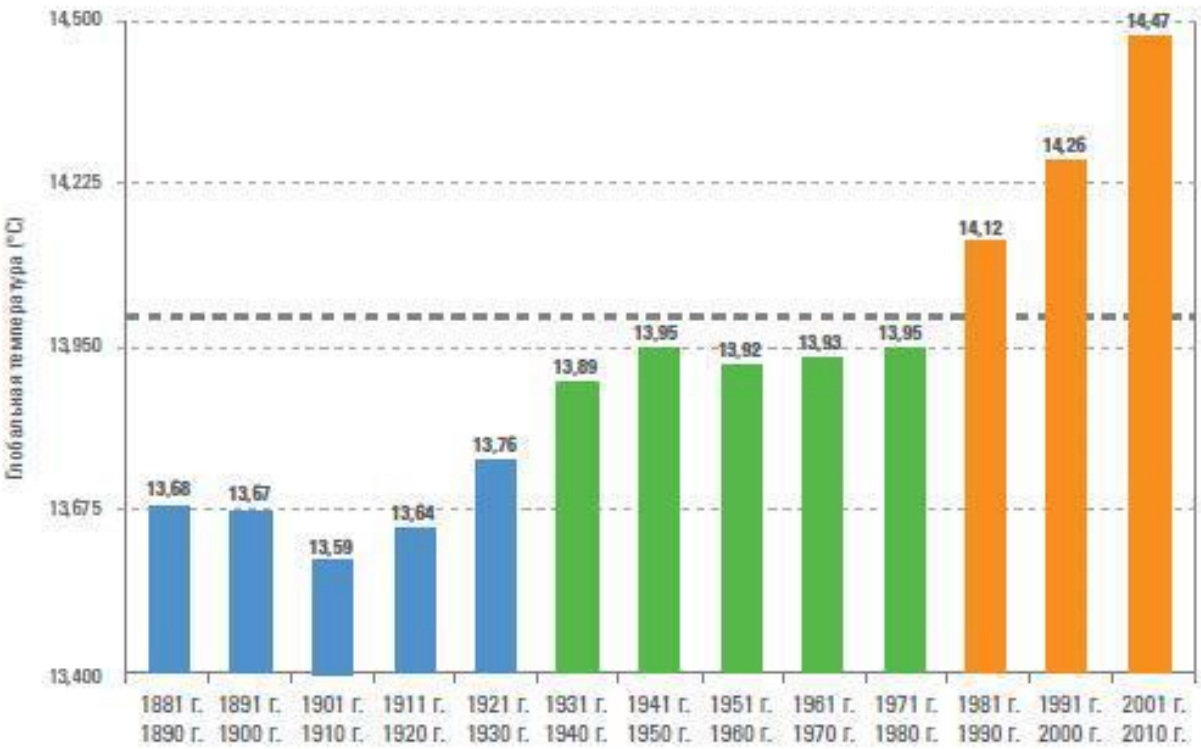
Сокращение площади ледников (2008 г. по сравнению с 1960-ми гг., по спутниковым данным) в Алтае-Саянском регионе, на Памире и Тянь-Шане (IPCC AR5 WGII Chapter 24 Figure 24-3)



Всемирная метеорологическая организация: Глобальный климат 2001-2010 годы: Десятилетие экстремальных климатических явлений, 2013.



- **Период 2001–2010 гг. был самым теплым десятилетием за всю историю регистрации современных метеорологических данных, которая началась приблизительно в 1850 г. Глобальная средняя температура воздуха над поверхностью Земли за десятилетний период составила $14,47\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Темпы повышения глобальной температуры ускорились за четыре десятилетия 1971–2010 гг.**
- **Девять лет этого десятилетия вошли в число 10 самых жарких зарегистрированных лет.**



Десятилетие 2001–2010 г. было также самым теплым из зарегистрированных периодов как по приземной температуре, так и температуре поверхности океана. Самая высокая в мире приземная температура только над поверхностью суши была зарегистрирована в 2007 г., когда аномалия температуры составила +0,95 °С.

- Рисунок 1. Десятилетняя средняя глобальная приземная температура воздуха у поверхности суши и температура поверхности моря (°C), полученная посредством усреднения трех независимых комплектов данных. Горизонтальная серая линия показывает долгосрочное среднее значение за 1961–1990 гг. (14 °C)
- Несмотря на рекордное среднее потепление в течение десятилетия, отмечаются достаточно сильные волны холода. Так отмечалась экстремально холодная зима 2009/2010 гг. в Северном полушарии.

- Самая высокая в мире температура только поверхности океана отмечалась в 2003 г., когда аномалия составила +0,4 °C по сравнению со средним показателем 1961–1990 гг.

**ВТОРОЙ ОЦЕНОЧНЫЙ ДОКЛАД РОСГИДРОМЕТА
ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА
И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



Общее резюме

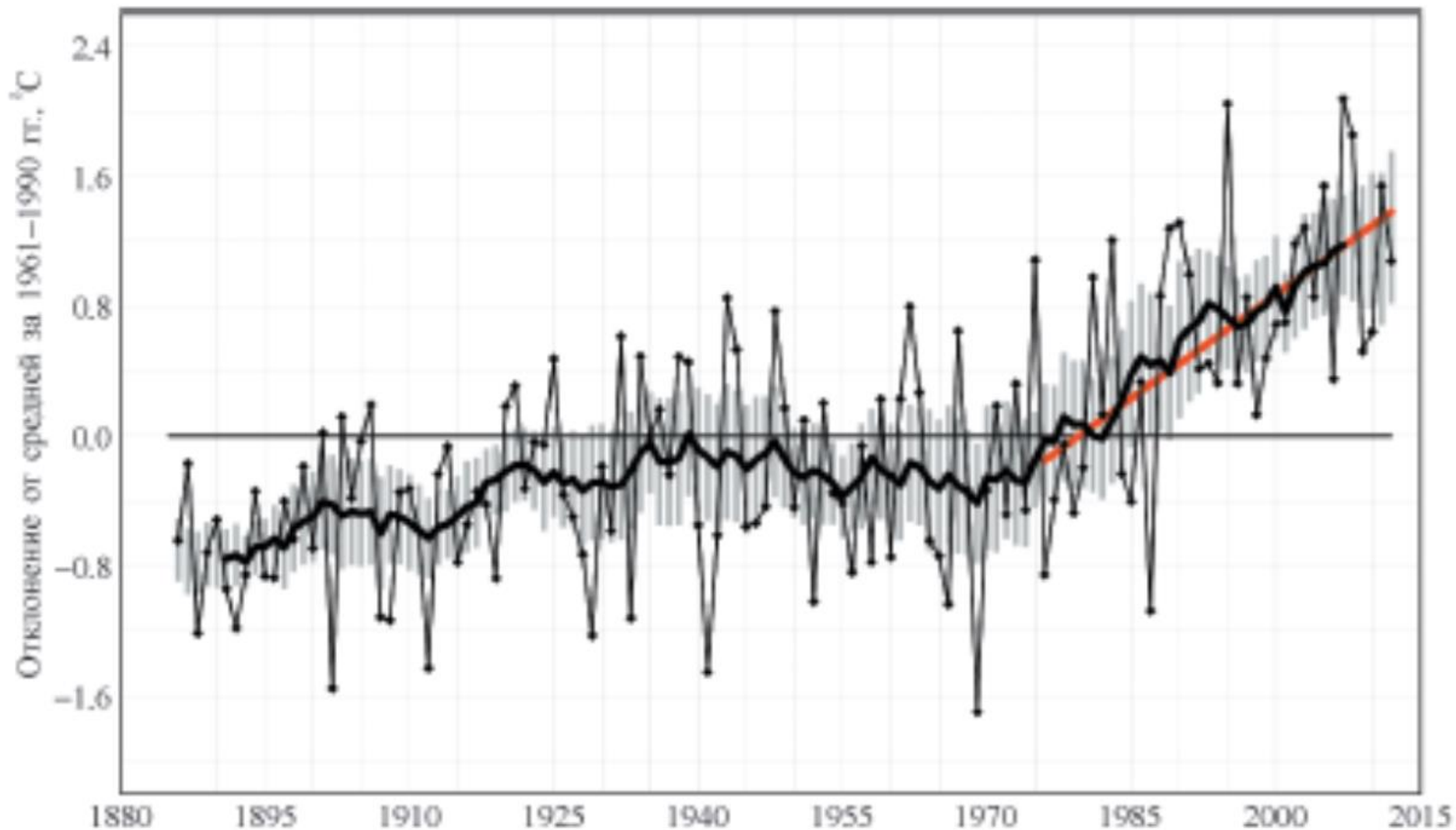


**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РОСГИДРОМЕТ)**

2014

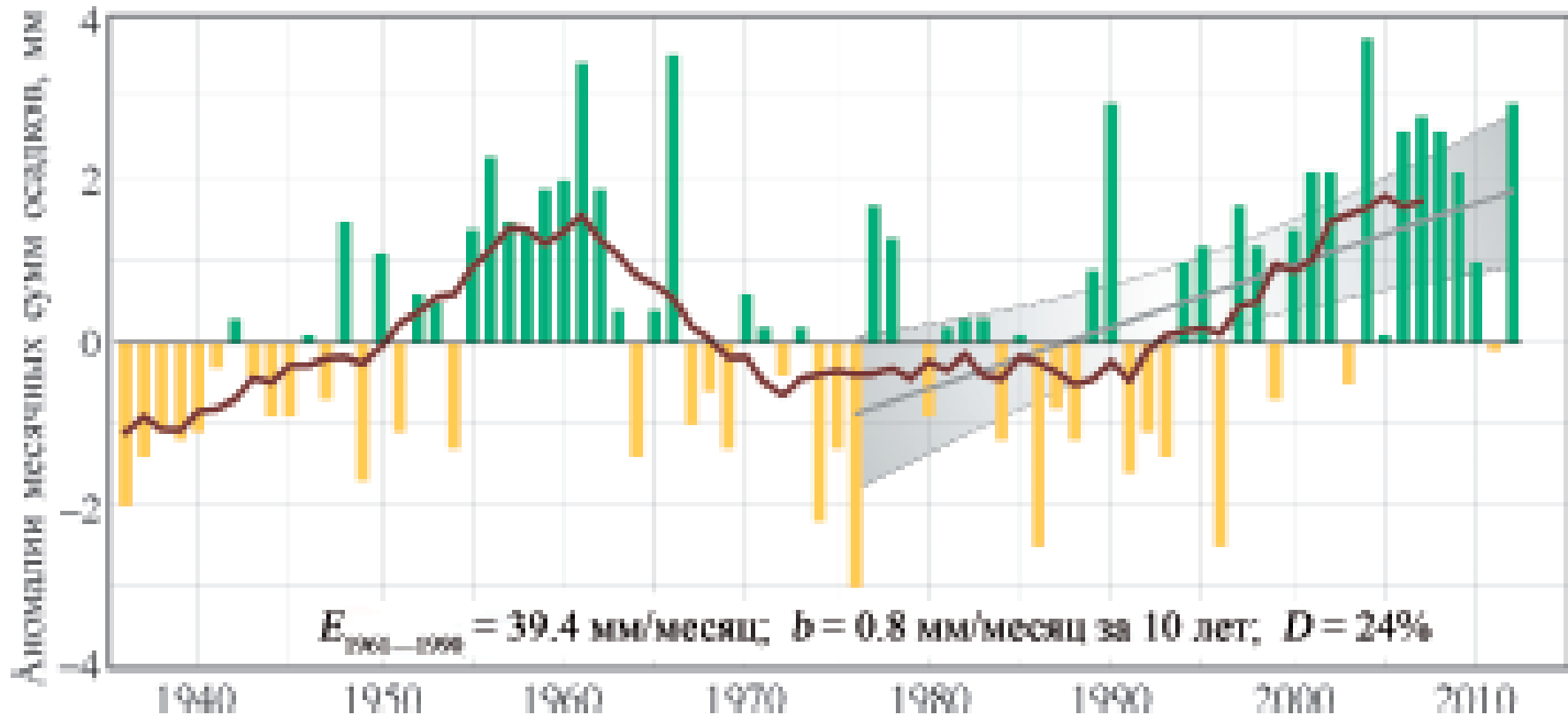
- **Второй
оценочный
доклад
Росгидромета об
изменениях
климата и их
последствиях на
территории
Российской
Федерации, 2014.**

Рис. Изменения аномалий среднегодовой температуры приземного воздуха , осредненных по территории России, в течение **1886-2012 гг. в отклонениях от средних за 1961-1990 гг.** Красная линия – тренд 1976-2012 гг.



Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, 2014

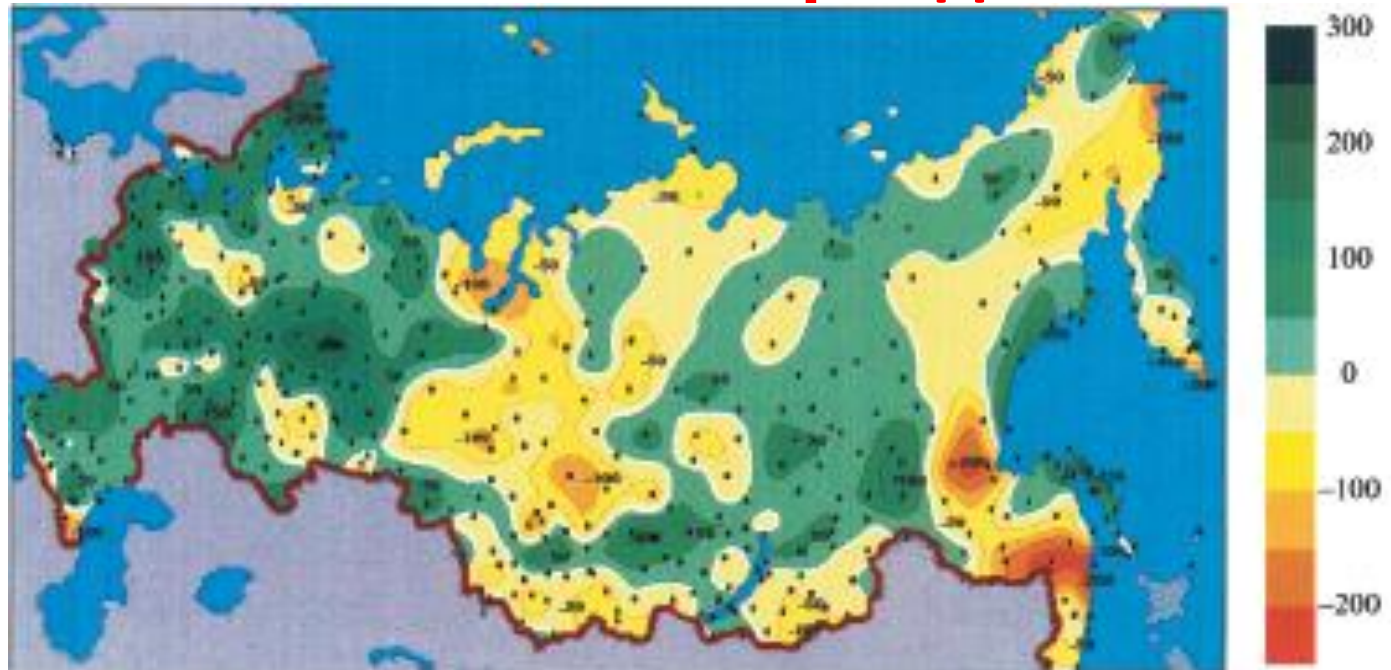
- Основной особенностью современных изменений глобального климата является глобальное потепление конца XX в. - начала XXI в.
- **Во временном ряде среднегодовых аномалий температуры приземного воздуха, осредненных по территории России, как и в глобальных временных рядах, период после 1976 г. характеризуется наиболее интенсивным потеплением.**
- Таким образом, в отличие от глобальной ситуации, изменение климата России в целом (в среднем за год и по территории) следует охарактеризовать как продолжающееся потепление, отметив, что тенденция к замедлению потепления пока по данным наблюдений не прослеживается (по крайней мере, во все сезоны, кроме зимы).
- **За период с 1976 по 2010 г. оценка тренда годовых сумм осадков в Западной и Восточной Сибири о преобладании площади с отрицательными значениями трендов.**



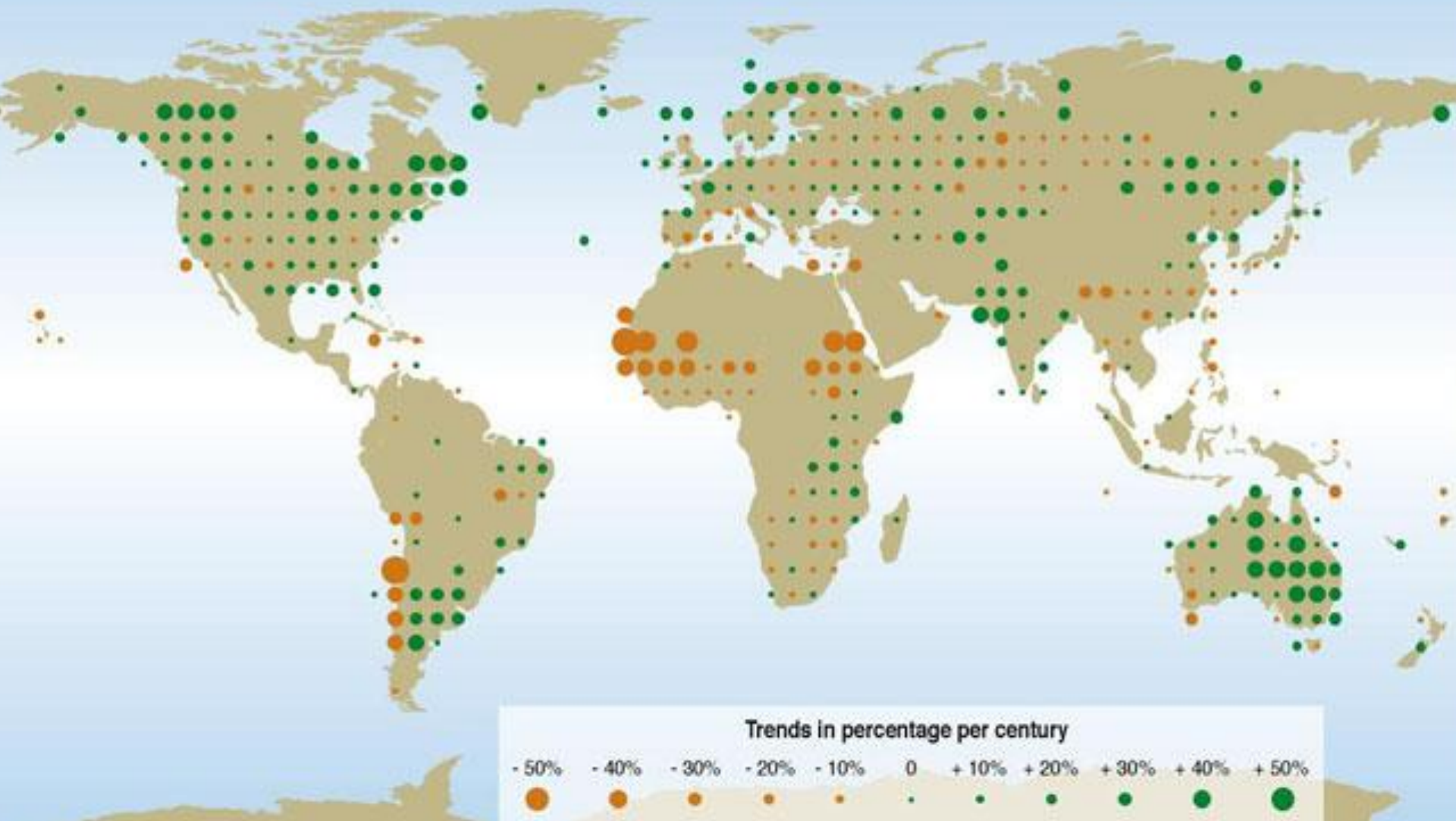
Среднегодовые аномалии месячных сумм осадков, осредненные по территории Российской Федерации, **1936-2012 гг.**

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, 2014

- За период **1936-2010 гг.** отмечается увеличение годовых сумм осадков практически на всей Европейской части России, а также в Центральной Сибири. **В Западной и Восточной Сибири... преобладают площади с отрицательными значениями трендов.**



Annual precipitation trends: 1900 to 2000



Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, 2014

- **Осадки.** На большей части ЕЧР зимой отмечается увеличение числа суток с аномально большими осадками (мм), а летом - напротив, их уменьшение, причем в восточной половине ЕЧР, на Урале, а также на большей части Северо-Кавказского и Южного ФО. Число дней без осадков зимой растет на большей части страны, а в летний сезон - на большей части ЕЧР, на Камчатке и Чукотке.
- **Засушливые условия.** Отмечается рост засушливости на большей части земледельческой зоны России. В большинстве регионов растет число дней с экстремально низкими величинами влагосодержания пахотного слоя почвы.
- **Опасные гидрометеорологические явления.** С 1996 г. по 2012 г. на территории России наблюдался значительный рост числа опасных явлений, в том числе, нанесших значительный ущерб экономике и населению (рис. ОР1.11).



- **Юго-восток Западной Сибири и Алтайская область Алтае-Саянской горной страны**

Следствия особенностей географического положения

1. На юге умеренных широт:

- преобладание западно-восточного переноса ВМ
- четкая выраженность сезонной ритмики природных процессов в годовом цикле
- более высокий температурный фон по сравнению с остальной территорией Западной Сибири

2. Во внутриконтинентальном секторе Евразии:

- значительная континентальность климата (велика годовая амплитуда, уменьшение годовой суммы осадков, преобладающая часть которых выпадает в теплый период).

Подстилающая поверхность

Макроклиматические особенности.

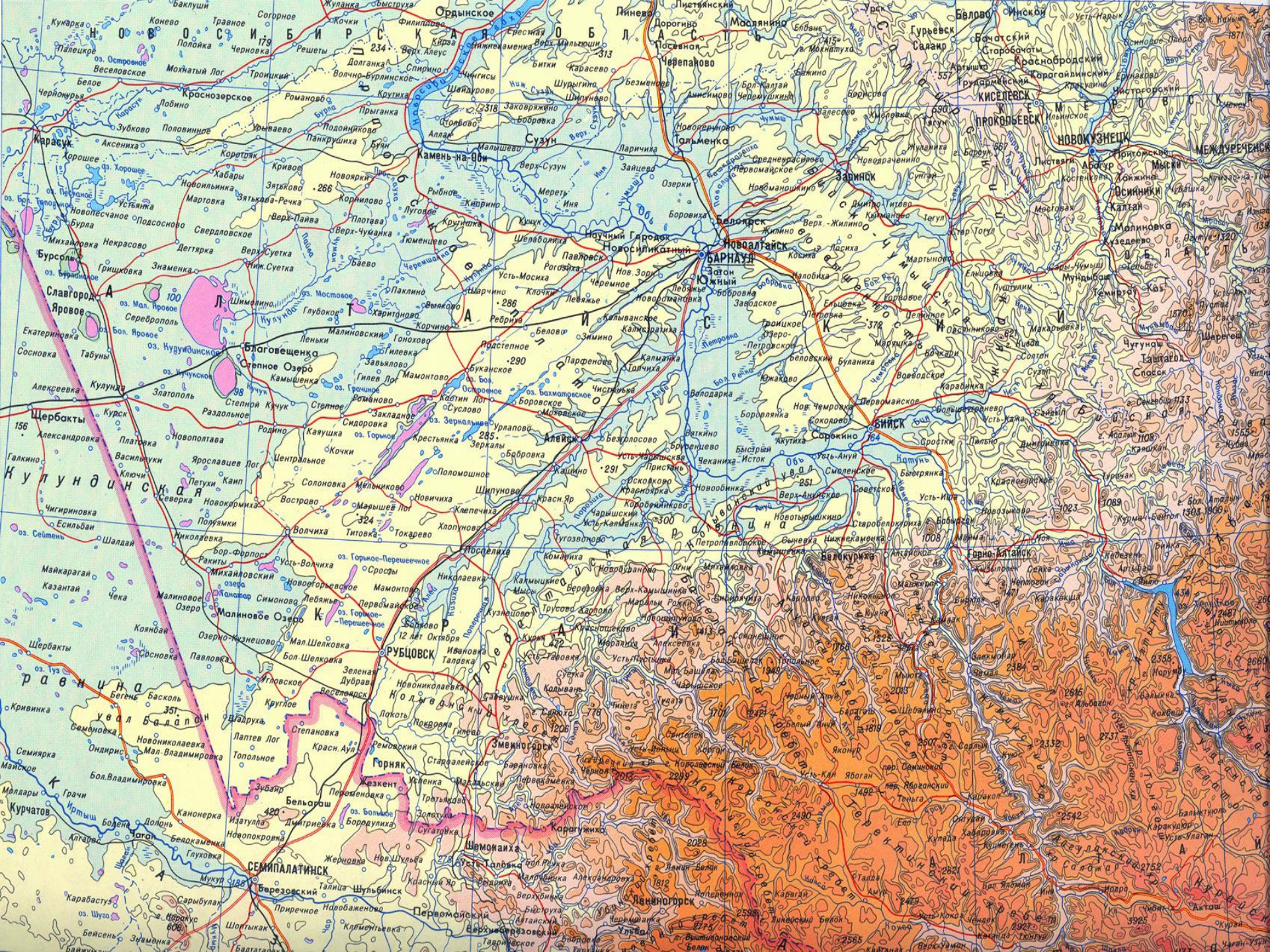
- Положение в пределах огромной равнины определяет **четко выраженную зональность распределения тепла и влаги** → **последовательность чередования природных зон и подзон.**
- Открытость территории к Северному Ледовитому океану и Средней Азии → **проникновение арктических и тропических ВМ, интенсивное развитие процессов и частая смена погоды.**
- Роль субмеридионально расположенного Урала (**барьерный эффект**) → **континентальность (значительно уменьшение осадков)**

Мезоклиматическое влияние подстилающей поверхности

- Застаивание холодных и более тяжелых ВМ в **Кулундинской** котловине зимой способствует росту давления и увеличенной повторяемости антициклональной безоблачной и холодной погоды, летом – жаркой и засушливой.
- Увеличенная шероховатость и приподнятость **Приобского плато** → увеличение облачности и осадков, относительное снижение летних температур.
- Наветренные склоны **Бийско-Чумышской возвышенности** – увеличение осадков, подветренные – уменьшение.
- Аналогично влияние **Салаирского кряжа** на распределение осадков и возрастание влажности воздуха («черневая тайга»), уменьшение морозности зим и более прохладное лето.
- **Телецкое** и другие озера – весной нагревание водоемов замедлено по сравнению с сушей, осенью замедлено охлаждение → в мае-июне $T_{ГМС}$ Яйлю снижена на $2,5^{\circ}\text{C}$, осенью-зимой увеличена на $1-3,2^{\circ}\text{C}$.
- И др.

Горы Алтая

- Горы Алтая вместе с хребтами Казахстана являются орографической границей между нагорьями Центральной Азии и равнинами Западной Сибири и дают направление преобладающему движению воздушных масс – юго-западным ветрам.
- **Летом горы выступают как «прохладный остров» среди степных равнин, занятых жарким континентальным воздухом.**
- **Зимой Алтай в целом оказывается теплее окружающих равнин, залитых морем холодного воздуха.**

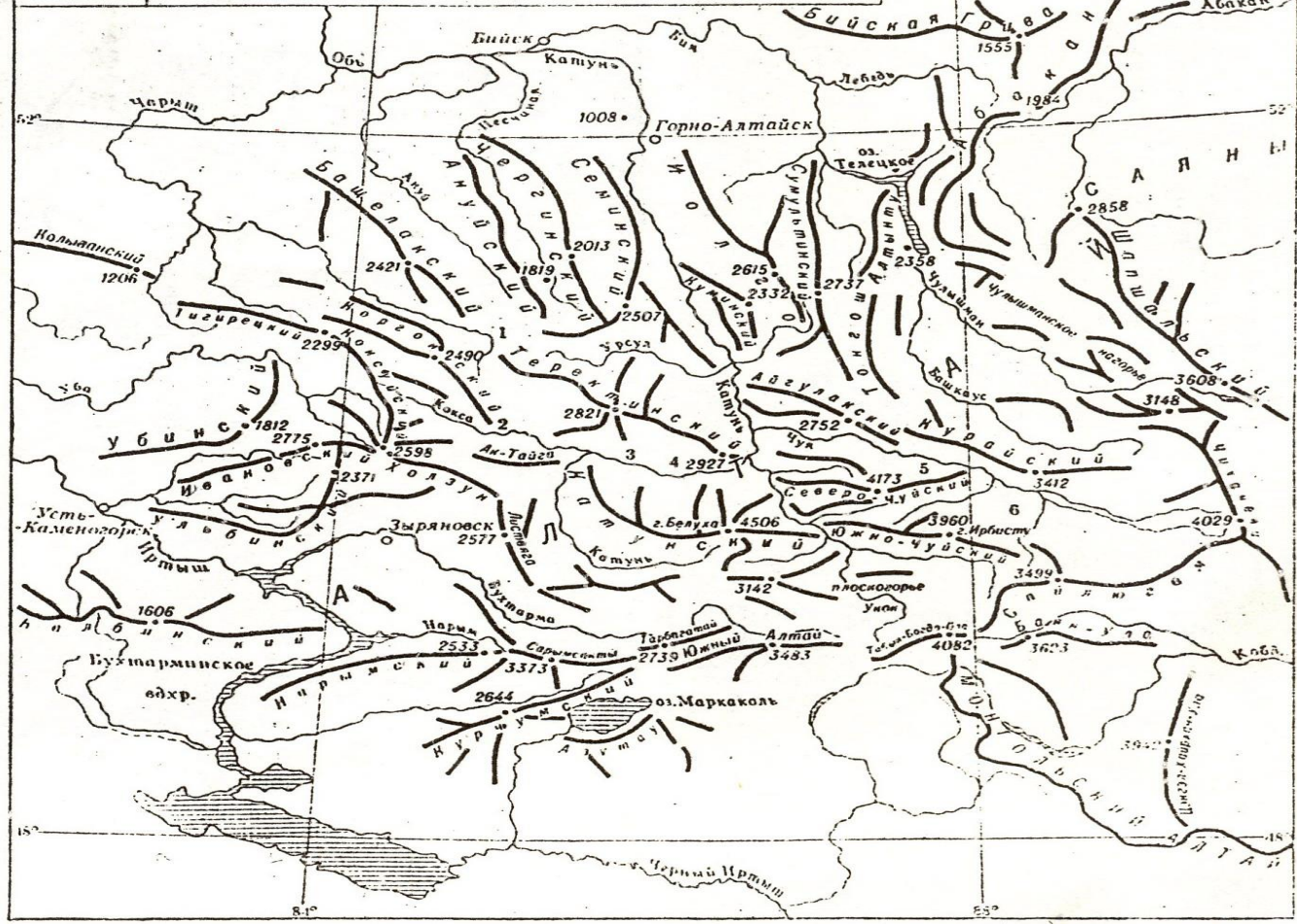
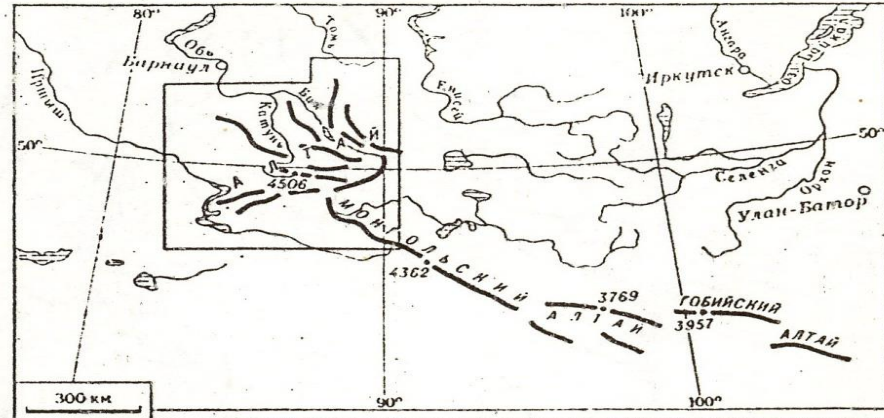




АЛТАЙ, СХЕМА ОРОГРАФИИ



- Цифры на карте обозначены межгорные котловины—степи Алтая
- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1 Канская степь | 4 Котандинская степь |
| 2 Абайская степь | 5 Курайская степь |
| 3 Уймонская степь | 6 Чуйская степь |



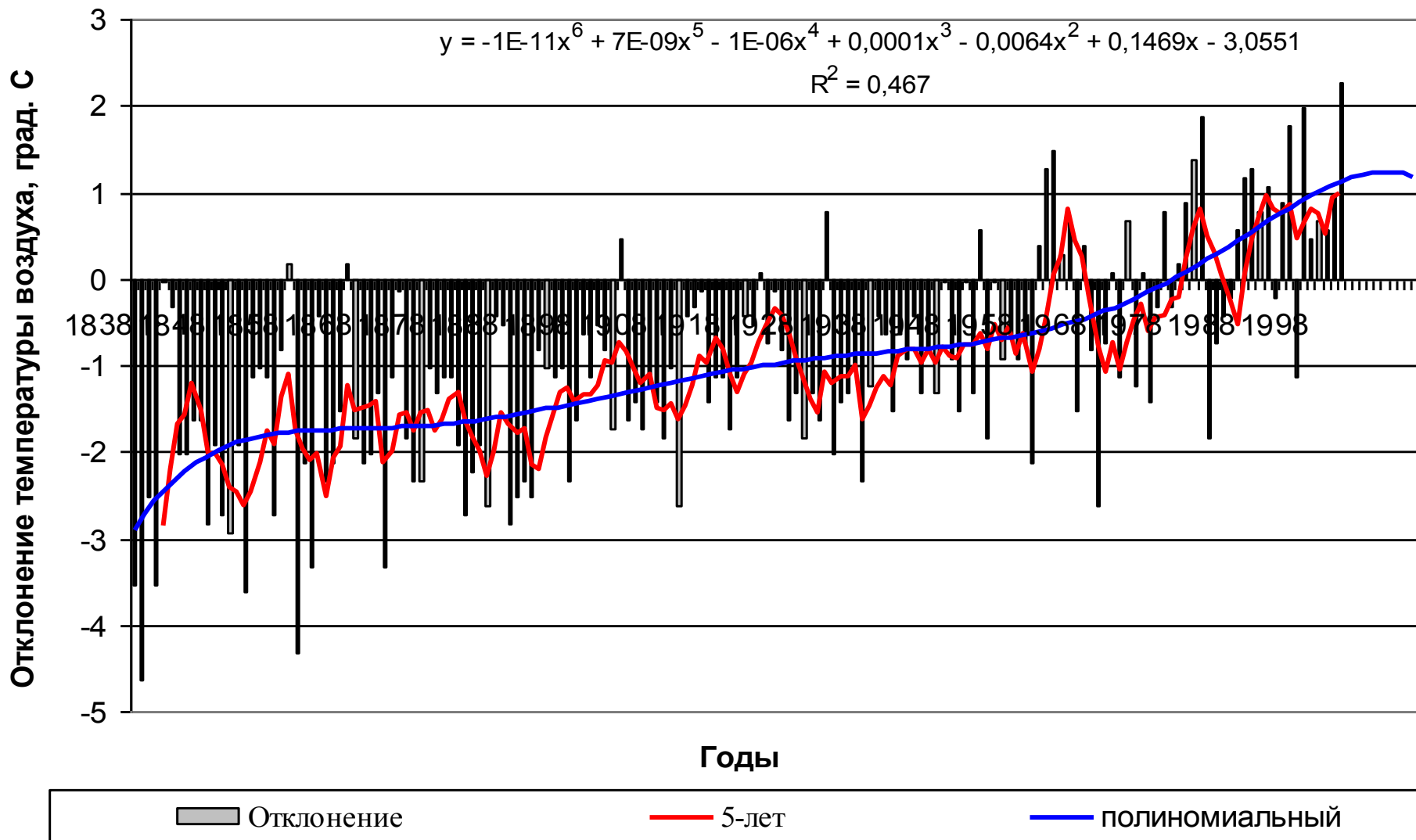
- **Изменения климата** чаще всего оцениваются **по характеру климатической тенденции (trend)** изменения на определенном отрезке времени в виде линейных трендов. Описания методики подобного тренд-анализ приводятся во многих работах (Рубинштейн, Полозова, 1966; Денисов, 1975; Леонов и др., 1987; Паромов и др., 1999; Методы оценки..., 2012).
- При оценке линейного тренда предполагается, что значение климатической переменной x линейно меняется со временем t , а также подвержено влиянию факторов ненаправленной изменчивости:

$$x(t) = a + bt + \xi(t),$$

- где a и b – константы, а $\xi(t)$ – независимые реализации случайной величины ξ с дисперсией D .
- Для **количественной оценки тренда**, т.е. определения его значимости (вероятности существования), **величины интенсивности и направленности изменений используются параметрические критерии**, описание тренда при этом сводится к оценке a и b , а проверка вероятности его существования – к проверке гипотезы ($a_1 = 0$). В настоящей работе оценки a и b получены **методом наименьших квадратов** и являются статистически несмещенными, т.е. их математическое ожидание равно значению оцениваемых параметров. Для понимания, как далеко могут находиться полученные оценки от истинных, но не известных значений b и a , вычислялись «остатки», т.е. отклонения наблюдаемых значений от значений линейного тренда. Определение доверительной вероятности, значимости и интенсивности тренда проводилось с использованием критериев Стьюдента, Фишера или Питмена.
- Таким образом, **в качестве меры интенсивности климатических изменений за рассматриваемый интервал времени используется коэффициент линейного тренда, характеризующий среднюю скорость «линейных» изменений климатической переменной на рассматриваемом интервале времени. В качестве меры существенности тренда приводится доля дисперсии климатической переменной, объясняемая трендом, выраженная в процентах от полной дисперсии климатической переменной за рассматриваемый интервал времени. Для оценки статистической значимости тренда используется 5% уровень значимости.**

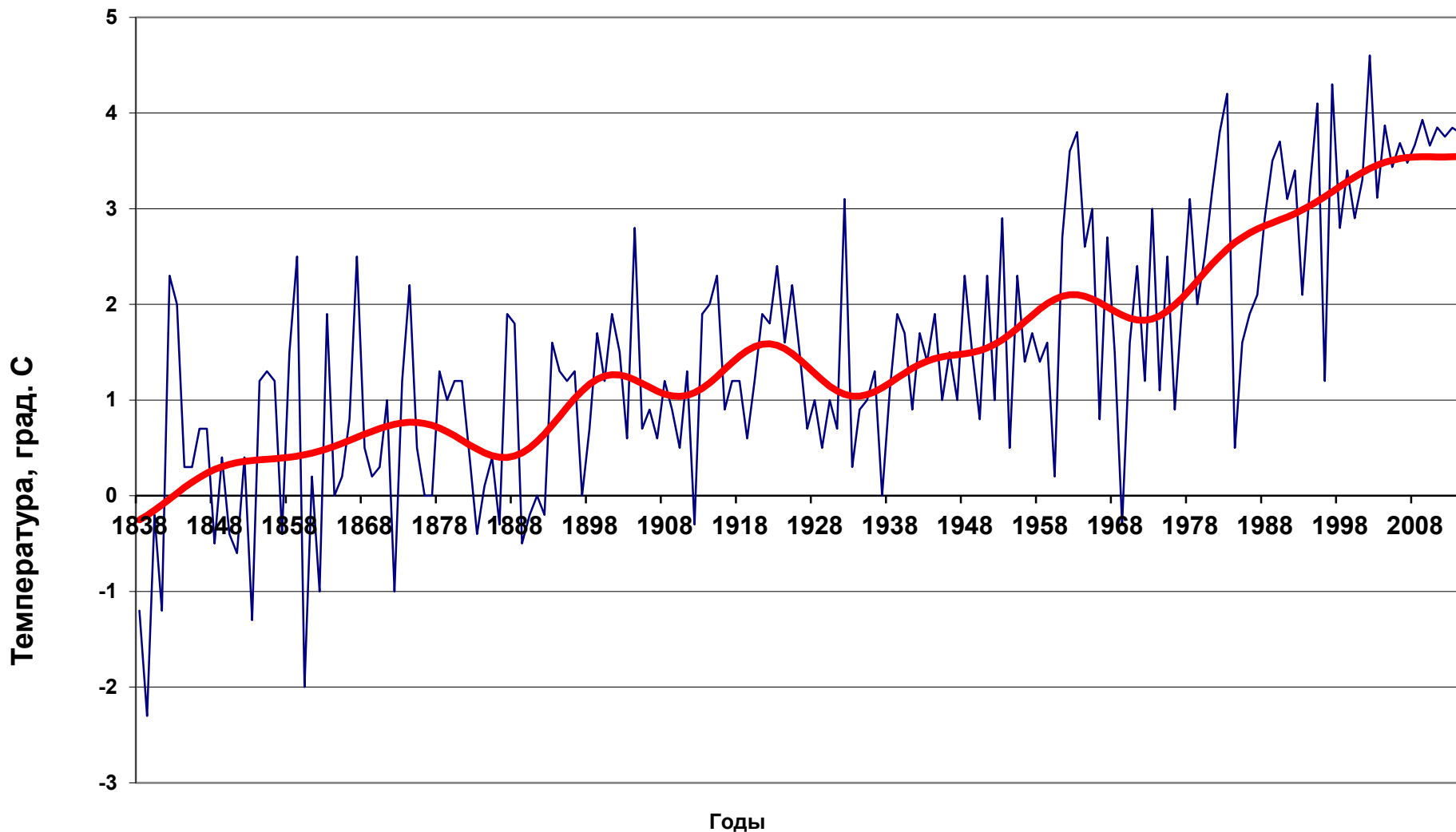
Отклонения годовой температуры воздуха от средней за 1961-1990 гг.,

Барнаул, 1838-2004 гг.: Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона: монография. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 156 с.

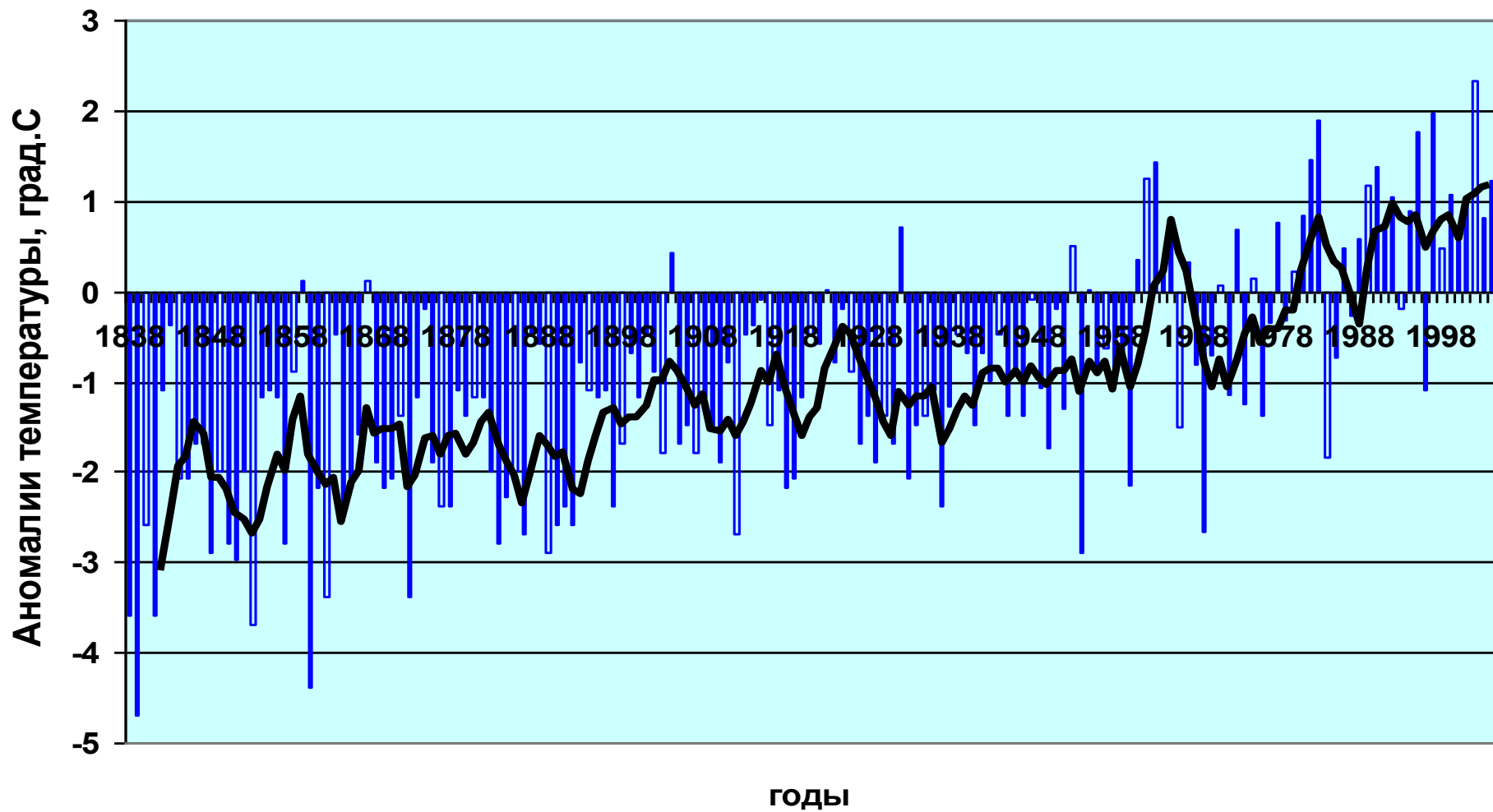


При продлении периода наблюдений до **2011 г.** положительный тренд высокой обеспеченности сохраняется с **некоторым замедлением темпов потепления вследствие возрастания суровости зим .**

Годовая температура воздуха, сглаженная низкочастотным фильтром



Отклонения годовой температуры от средней за 1961-1990 гг., сглаженные 5-летним скользящим фильтром



Ряд1 — 5-летний скользящий фильтр

Таблица 1 – Среднегодовалые значения (за 10-летний период) температуры воздуха весны (III-V), лета (VI-VIII), осени (IX-XI) и зимы (XII-II), °С, Барнаул: Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона: монография. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 156 с.

Период	Весна	Лето	Осень	Зима	Год
1838-1847	-0,06	17,5	0,1	-17,4	0,05
1848-1857	-0,35	17,5	0,4	-16,4	0,1
1858-1867	0,5	17,8	1,6	-17,4	0,7
1868-1877	0,8	17,7	1,4	-18,2	0,4
1878-1887	0,7	17,3	1,1	-16,3	0,7
1888-1897	0,5	18,2	1,5	-17,7	0,6
1898-1907	0,6	18,1	1,8	-15,5	1,3
1908-1917	1,1	17,9	1,2	-15,1	1,5
1918-1927	1,3	18,5	2,6	-16,4	1,5
1928-1937	0,7	18,2	2,3	-17,1	1,0
1938-1947	2,8	17,9	2,0	-17,1	1,4
1948-1957	1,7	18,4	1,4	-16,0	1,4
1958-1967	2,2	18,1	1,6	-14,5	1,9
1968-1977	2,2	17,9	1,7	-16,6	1,3
1978-1987	1,7	18,0	2,6	-14,3	2,1
1988-1997	3,5	18,3	2,6	-13,2	2,8
1998-2007	3,8	18,7	3,2	-13,5	3,0
Отклонение 1998-2007 гг. по отношению к 1838-1847 гг.	+3,9	+1,2	+3,1	+3,9	+2,9

Наиболее теплые и холодные годы за период 1838-2009 гг., Барнаул

Харламова Н.Ф. Долговременные климатические изменения на
внутриконтинентальной территории России (Алтайский регион) // Известия АлтГУ,
2010. №3/1(67). С. 133-140.

Наиболее теплые	Наиболее холодные
2002	1839
2007	1860
1997	1853
1983	1838
1995	1841

Самые холодные и теплые зимы (XII-II) за период 1838-2012 гг., Барнаул:

Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона: монография. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 156 с.

Самые холодные зимы		Самые теплые зимы	
Годы	Средняя температура, °С	Годы	Средняя температура, °С
1968-1969	-25,2	2006-2007	-8,6
1860-1861	-22,8	1913-1914	-9,0
1944-1945	-22,4	2001-2002	-9,7
1899-1900	-22,1	1982-1983	-9,9
2009-2010	-22,0	1992-1993	-10,9

- Потепление сопровождается **изменениями сроков перехода температуры воздуха через определенные пределы, особенно значительными для холодного периода года.**
- Начало фаз со среднесуточной температурой ниже -10 и -15°C сдвинулось на более поздние сроки на **10 и 8 дней**, обратного перехода на более ранние – **7 и 13 дней** соответственно (таблица 2).
- **Изменение дат и продолжительности фаз теплого периода года значительно меньше** (таблица 3). Сохраняется вероятность **опасных поздних весенних и ранних осенних заморозков.**

Таблица 2 – Даты наступления средних суточных температур

выше и ниже определенных пределов, **холодный период**

Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона: монография.

– Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 156 с.

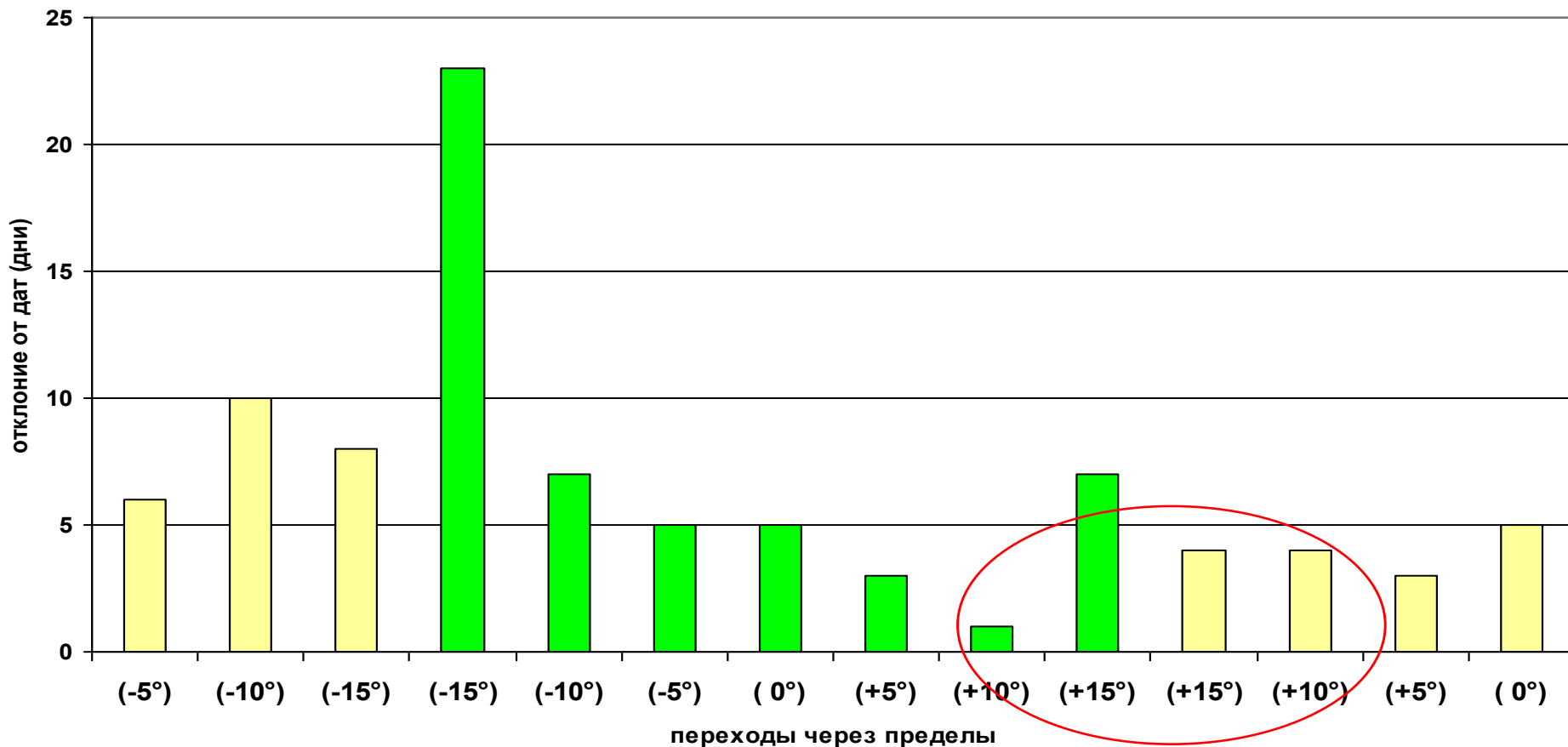
Год	Температура, °С					
	-5	-10	-15	-15	-10	-5
1881–1960 гг.*	6.XI	18.XI	11.XII	24.II	16.III	30.III
1928–2004 гг.	12.XI	28.XI	19.XII	11.II	9.III	25.III
Изменение даты перехода в сторону более позднего (-) или раннего (+), дни	-6	-10	-8	+13	+7	+5

Таблица 3 – Даты наступления средних суточных температур выше и ниже определенных пределов, **теплый период** Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона: монография. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 156 с.

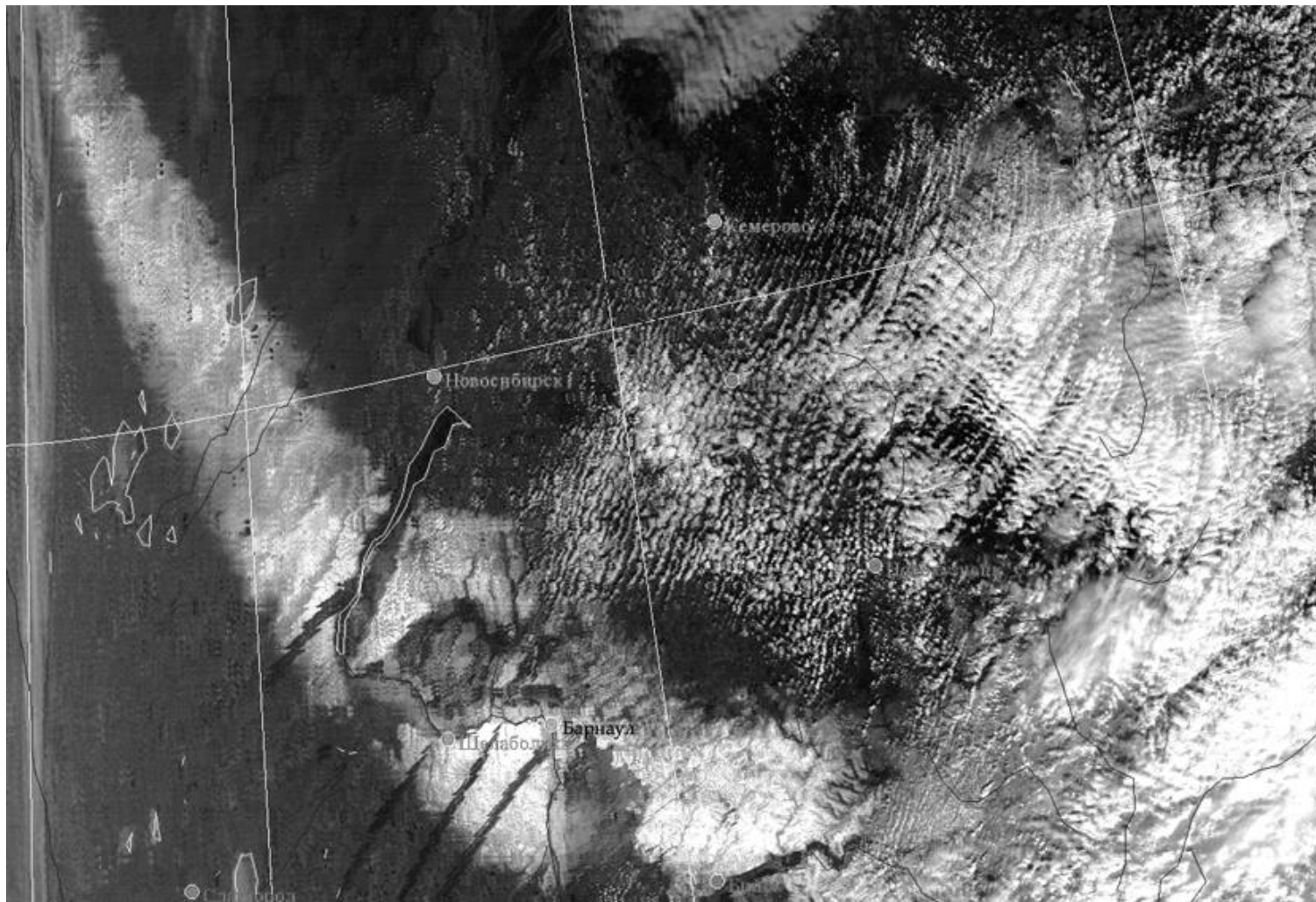
Год	Температура, °С							
	0	+5	+10	+15	+15	+10	+5	0
1881–1960 гг.*	12.IV	25.IV	12.V	5.VI	25.VIII	17.IX	6.X	23.X
1928–2004 гг.	7.IV	22.IV	11.V	29.V	29.VIII	21.IX	9.X	28.X
Изменен ие даты перехода в сторону более позднего (-) или раннего (+), дни	+5	+3	+1	+7	+4	+4	+3	+5

Изменение дат перехода температуры воздуха через определенные пределы

Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона: монография.
– Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 156 с.



Космический снимок полосы выпавшего снега от **27 сентября 2004 г.** - самый ранний снегопад 26-27 сентября 2004 г., когда высота выпавшего снега в Барнауле составила **21 см при температуре воздуха $-5,2^{\circ}\text{C}$.**

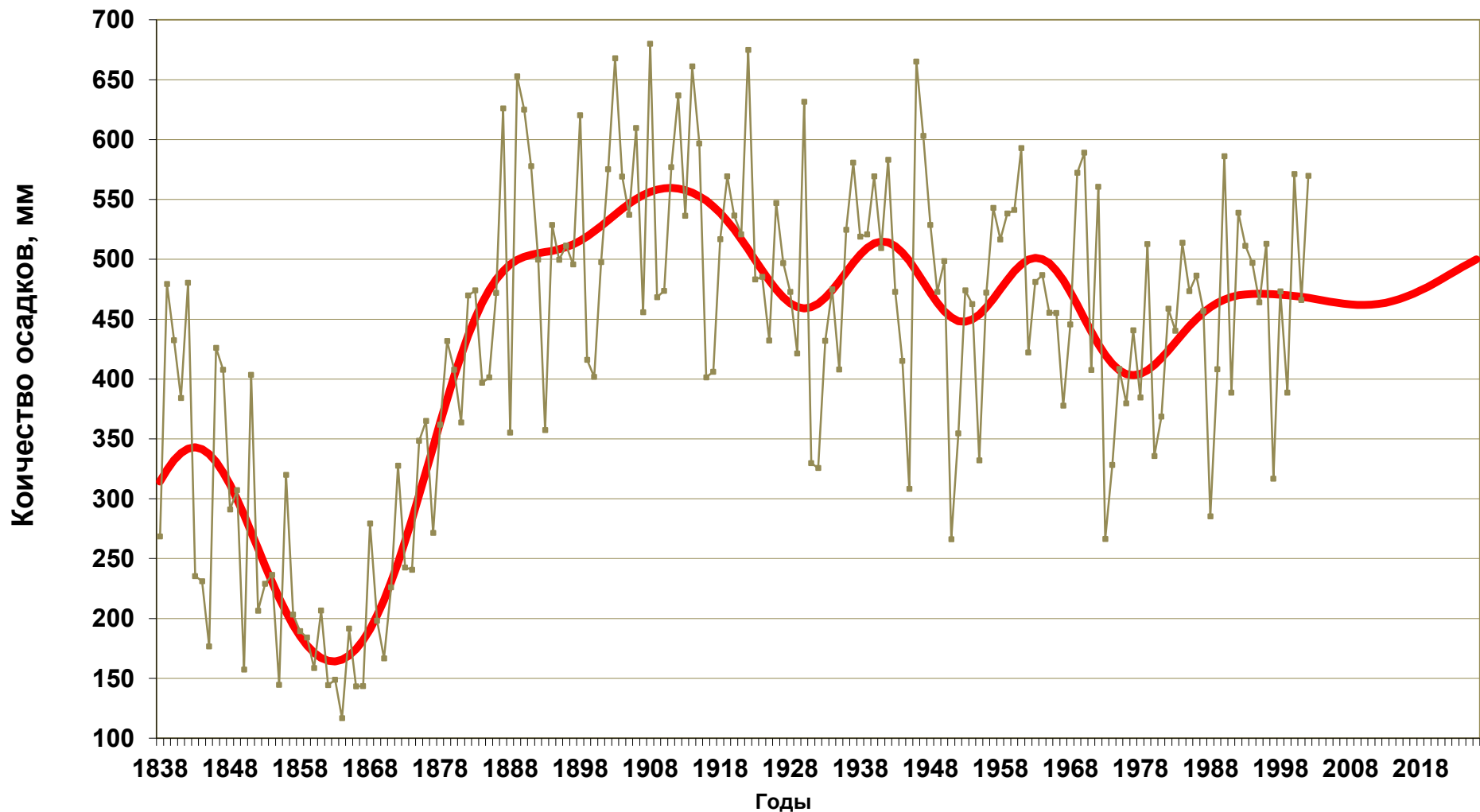


- Еще одним примером подобного процесса служит изменение погодных условий **9-12 мая 2013 г.** в Алтайском крае, когда температура воздуха **в Барнауле в течение полутора суток снизилась от +28,5°C 9 мая** (срок 16 ч мск времени) **до +0,4°C 11 мая** (срок 07 ч мск), наблюдалось установление **временного снежного покрова высотой 6-7 см.**

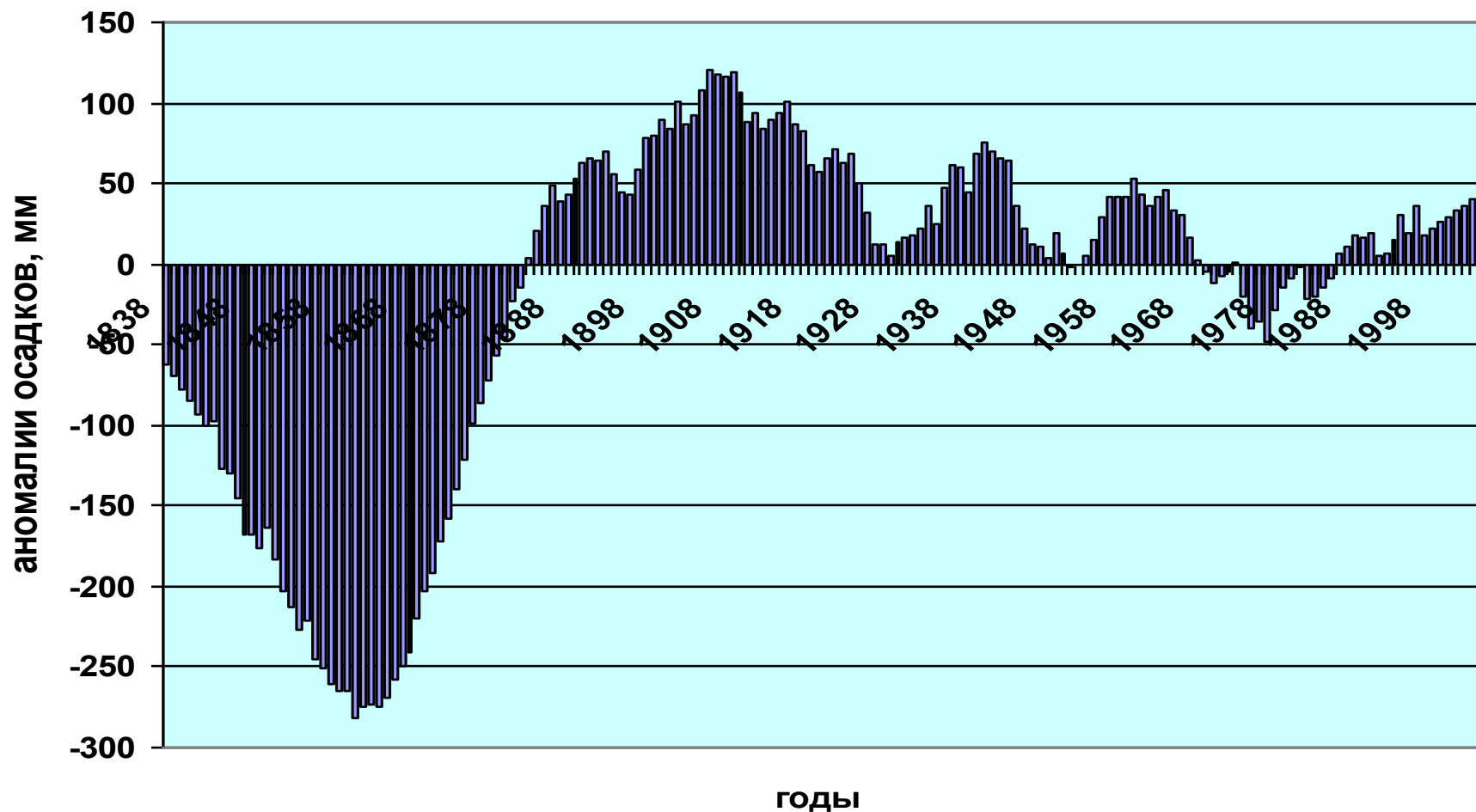
Изменение годовых осадков с 1838 по 2028 гг., ГМС Барнаул.

Ряд 1 – сглаженные низкочастотным фильтром,
ряд 2 – ежегодные значения (без поправки на смачивание)

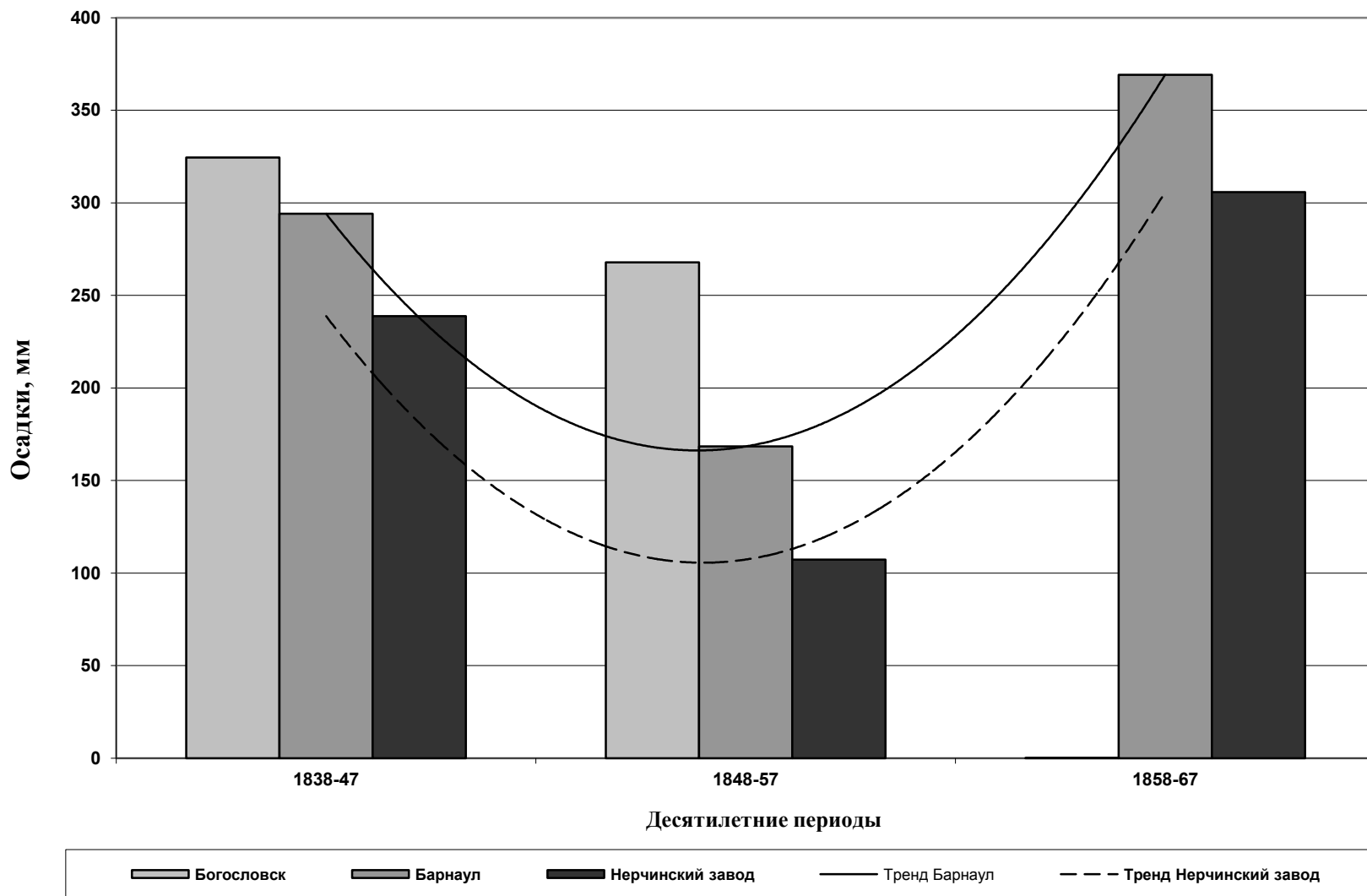
Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона: монография.
– Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 156 с.



Отклонения годовой суммы осадков от средней за 1961-1990 гг., сглаженные 11-летним скользящим фильтром

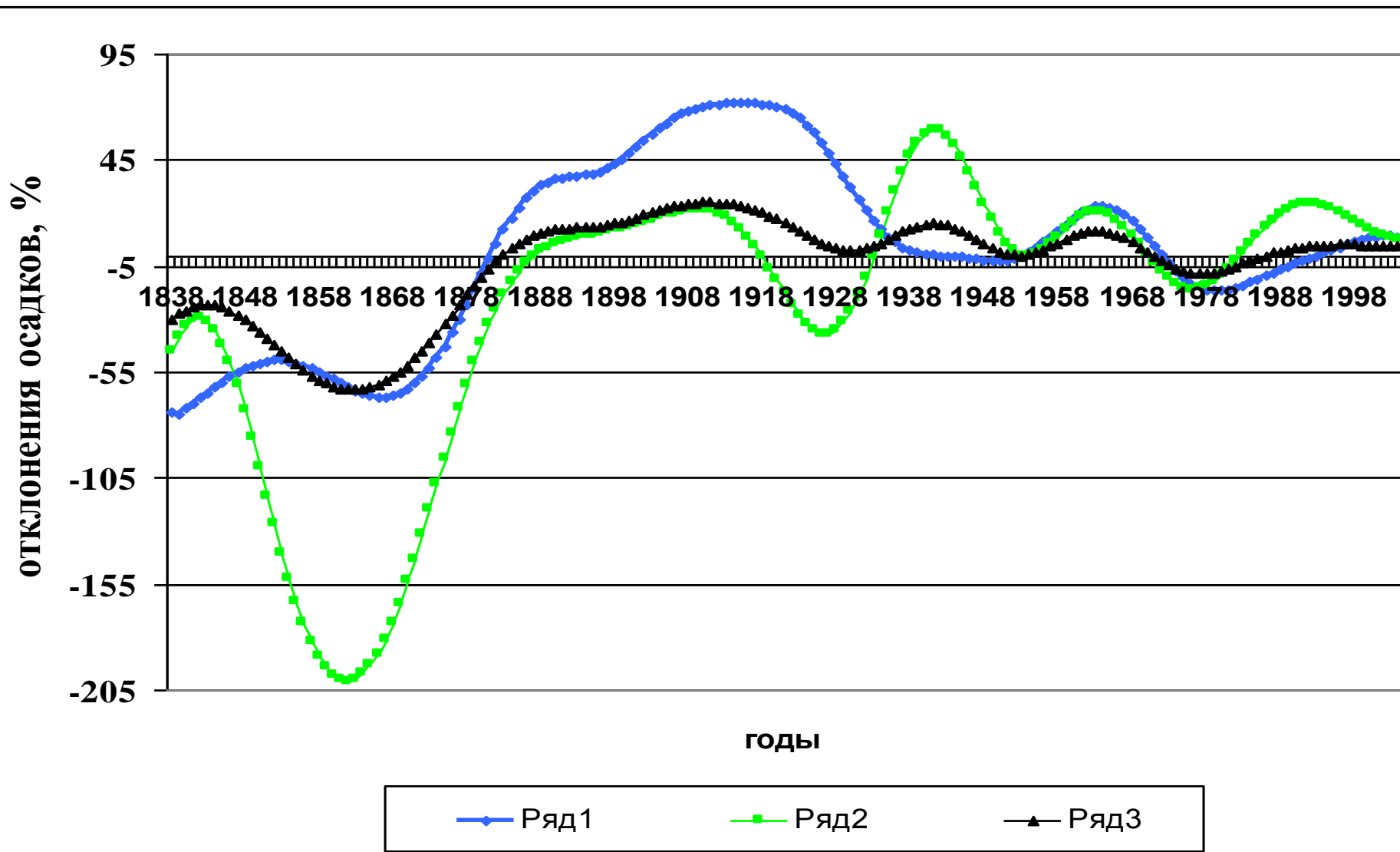


Средние за десятилетний период суммы осадков теплого периода в Богословске, Барнауле и Нерчинском заводе (по данным Воейкова, 1875): 1838-47, 1848-57, 1858-67 гг.
Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона: монография. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 156 с.



Отклонения сумм осадков холодного (ряд 1) и теплого (ряд 2) периодов, годовых (ряд 3) от средних за 1961-1990 гг.

Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона: монография.
– Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 156 с.

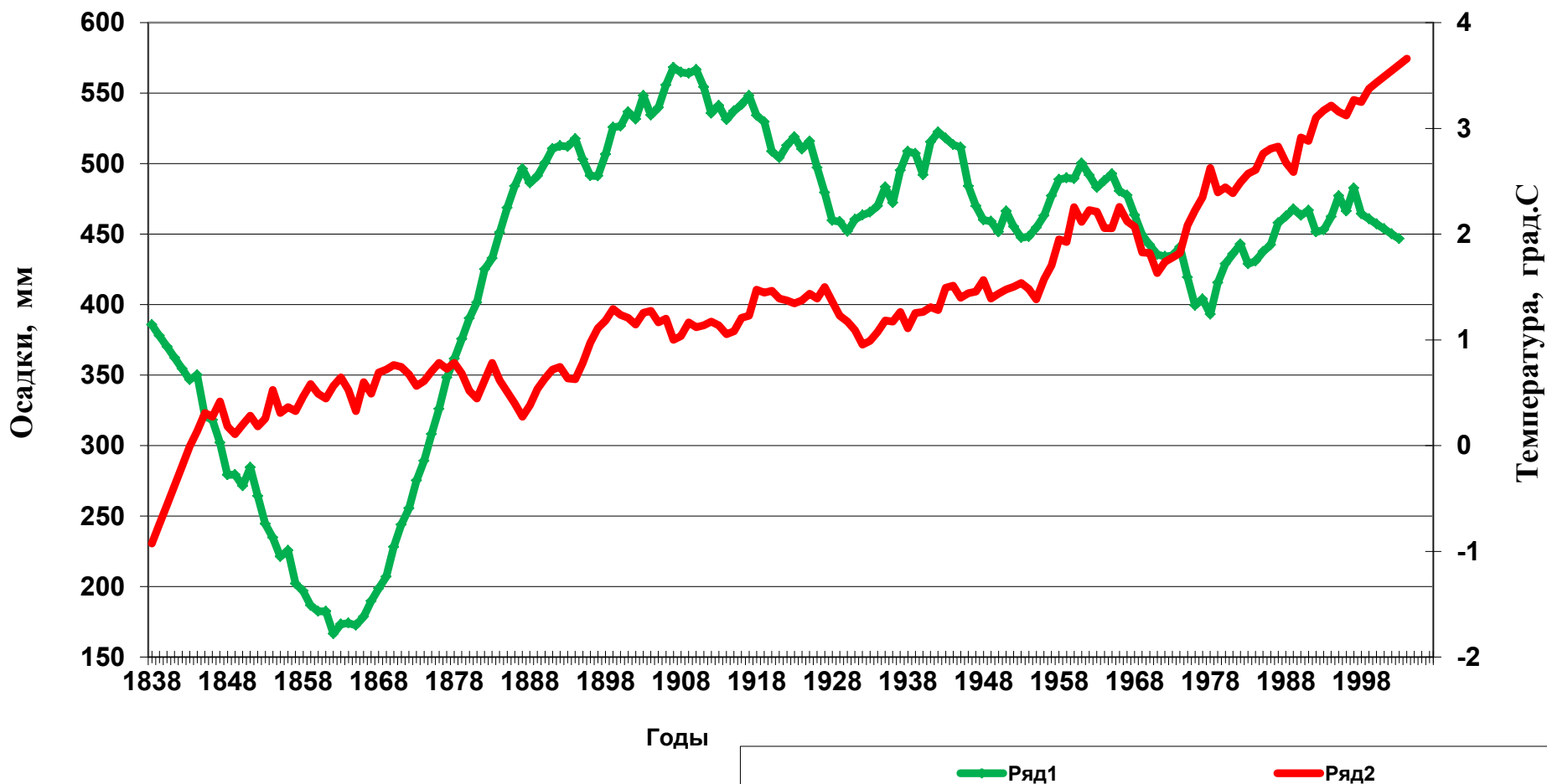


Стандартизация массива данных по температуре воздуха и количеству осадков (согласно: Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. – М.: Академия, 2004. – 416 с.

$$(X_i - X_{\text{ср}}) / X_{\text{ср}}$$

Особенностью современного потепления является изменение соотношения тепло- и влагообеспеченности: равноценное количество осадков в начале и в конце XX в. обеспечивало разную увлажненность, поскольку при более высоком уровне температур увлажнение уменьшается.

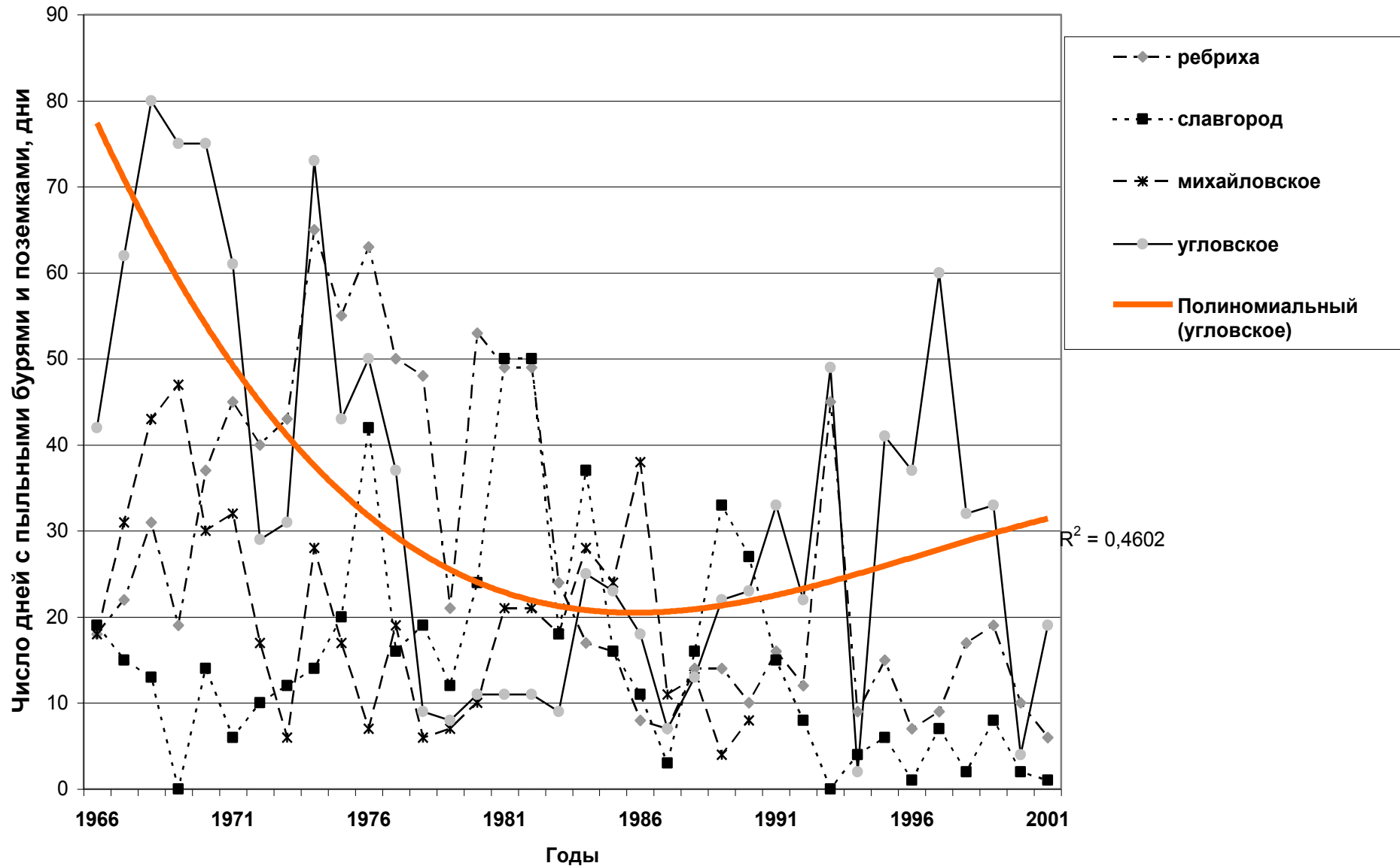
Рис. – 11-летние скользящие значения годового количества осадков (ряд 1) и годовой температуры воздуха (ряд 2), Барнаул: Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона: монография. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 156 с.



Градиенты изменений **годовой температуры воздуха и количества осадков в пределах лесостепной и степной зон Западной Сибири, 1966-2010 гг.**

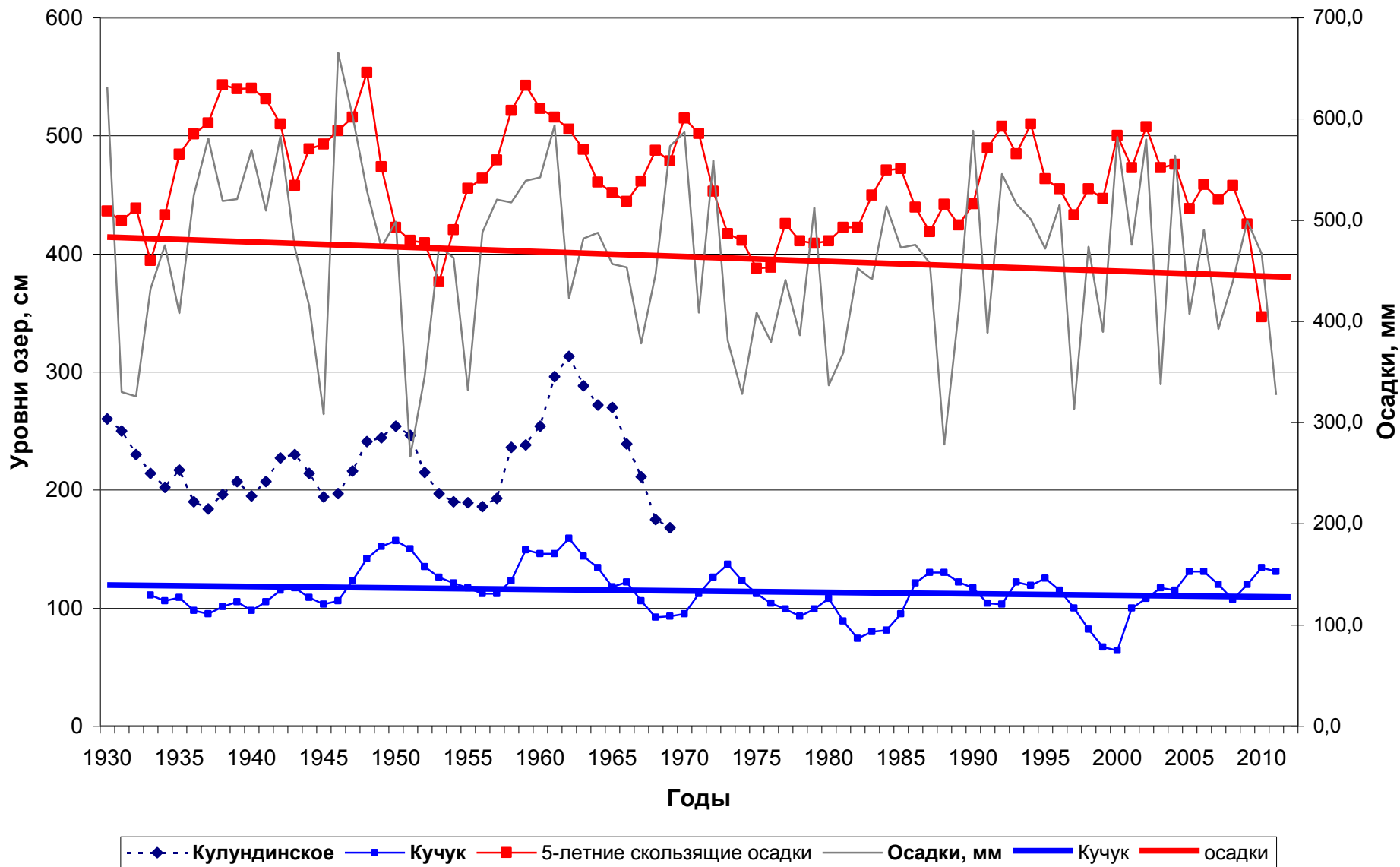
№	Метео-станция	Природная зона	Параметры			Величина градиента изменений		
			широта, с.ш.	долгота, в.д.	высота, м	температуры воздуха	годового количества осадков	
						°/10 лет	мм/10 лет	вид
1	Шадринск	Лс	56°04'	63°39'	88	0,48	25,8	▲
2	Курган	Лс	55°28'	65°24'	73	0,50	-0,8	▼
3	Ишим	Лс	56°06'	69°26'	82	0,59	6,3	▲
4	Омск	Лс	55°01'	73°23'	121	0,52	15,4	▲
5	Барабинск	Лс	55°20'	78°22'	119	0,613	14,7	▲
6	Славгород	С	52°58'	78°39'	125	0,608	-8,8	▼
7	Ребриха	Лс	53°05'	82°20'	218	0,41	-4,2	▼
8	Рубцовск	С	51°35'	81°12'	216	0,60	-12,5	▼
9	Барнаул	Лс	53°26'	83°31'	183	0,55	6,0	▲
10	Бийск, Зонал.	Лс	52°41'	84°56'	222	0,59	-9,4	▼

Число дней с пыльными бурями и поземком, 1966-2009 гг.- увеличение после спада +17%



Изменение уровней озер Кулундинское и Кучук

в соотношении с годовой суммой осадков (Барнаул): Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона: монография. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 156 с.



Оценочный доклад. Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона. WWF Россия, Москва. 2011.



- Мы вынуждены заключить, что **моделирование пока не может дать нам информации о будущих последствиях (С. 8).**
- ... глобальные модели прогноза климата еще слишком генерализованы, чтобы мы могли детально исследовать последствия изменений климата как таковые (С.9).

- Ситуация к югу от Республики Тыва, **в монгольской части АСЭ, гораздо более тревожная и негативная**, чем на российской территории. Здесь отмечается **явное наступление пустыни Гоби в сочетании с социально-экономическими проблемами** (С. 9).

- **Относительно слабый климатический «сигнал» оказался очень непросто для выявления, а будущее более неопределенно, чем в других экорегионах** (С. 10).

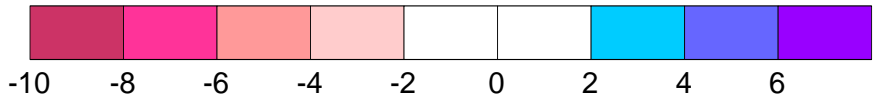
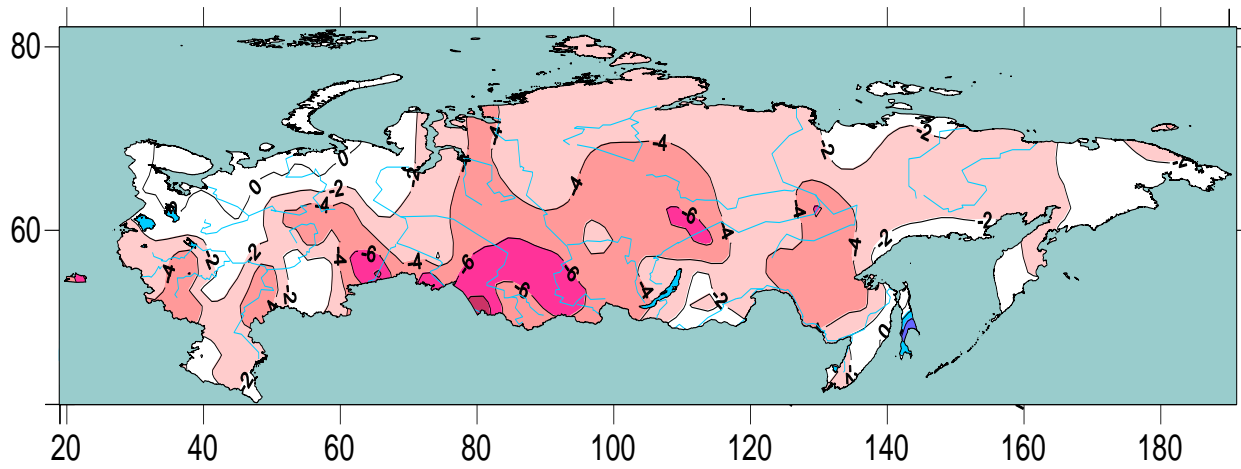
Оценочный доклад. Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона. WWF Россия, Москва. 2011.

Используемая сеть метеостанция:

- Кара-Тюрек, 2601 м**
- Ненастная, 1186 м**
- Минусинск, 254 м**
- Оленья Речка, 1404 м**
- Нижнеудинск, 410 м**
- Орлик, 1376 м**

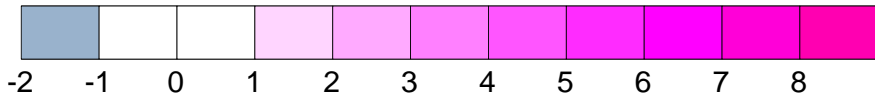
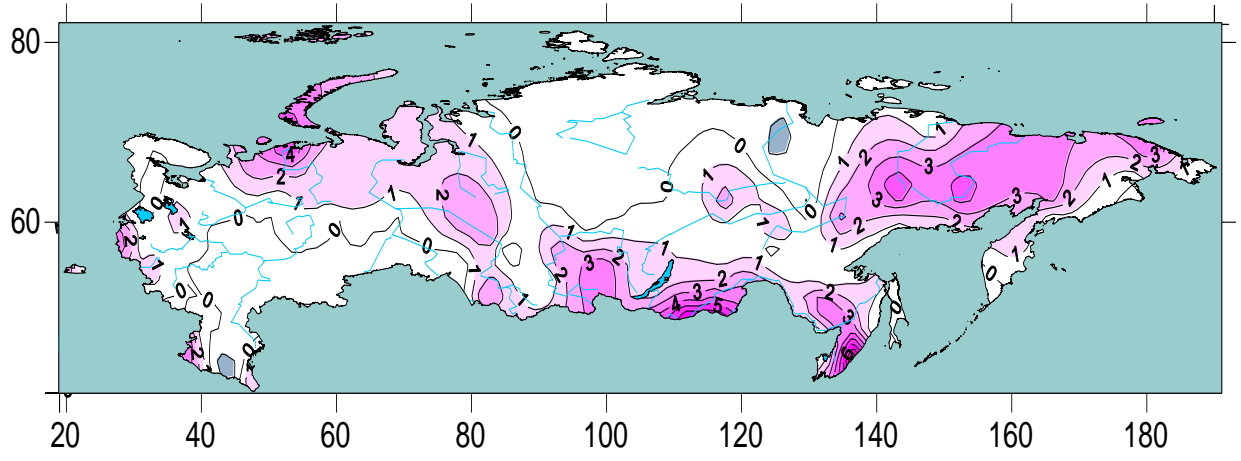
Оценочный доклад. Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона. WWF Россия, Москва. 2011.

- **Средняя скорость потепления в течение 1976-2008 гг.** составила $0,58^{\circ}/10$ лет, **что весьма существенно**, учитывая вклад в дисперсию 37,4% (С. 28).
- **Локальные тренды среднегодовых температур указывают на тенденцию к очень незначительному потеплению в течение 1976-2008 гг.** на всей территории АСЭ. Эта тенденция несколько усиливается в юго-восточном направлении (С.30).
- В целом оценки трендов температуры представляются столь низкими, что говорить о какой-либо устойчивой тенденции в современных изменениях температурного режима преждевременно.
- Еще в большей степени этот вывод относится к трендам осадков, которые ... не являются статистически значимыми (С. 30).



Lowest decile,
winter

Change of air temperature sums (°C) within 10%-extreme since 1989 (the deciles are fixed for 1951-1980)



Highest decile,
summer

- Основные оценки получены непосредственно по **данным гидрометеорологических наблюдений на станциях государственной наблюдательной сети Росгидромета (<http://meteo.ru/>)** и фондов Западно-Сибирского ЦГМС (Ак-Кем), ООПТ «Красноярские столбы».
- Периоды наблюдений различаются, имеются пропуски. С целью привлечения для сопряженного анализа ключевых метеостанций, **за основу принят период с 1963 г. (начало наблюдений мст. Мугур-Аксы), или с 1966 г.** (совпадающие с базовым периодом, рекомендованным ВМО: 1961-1990 гг.). Основные характеристики метеостанций приведены в табл.1.

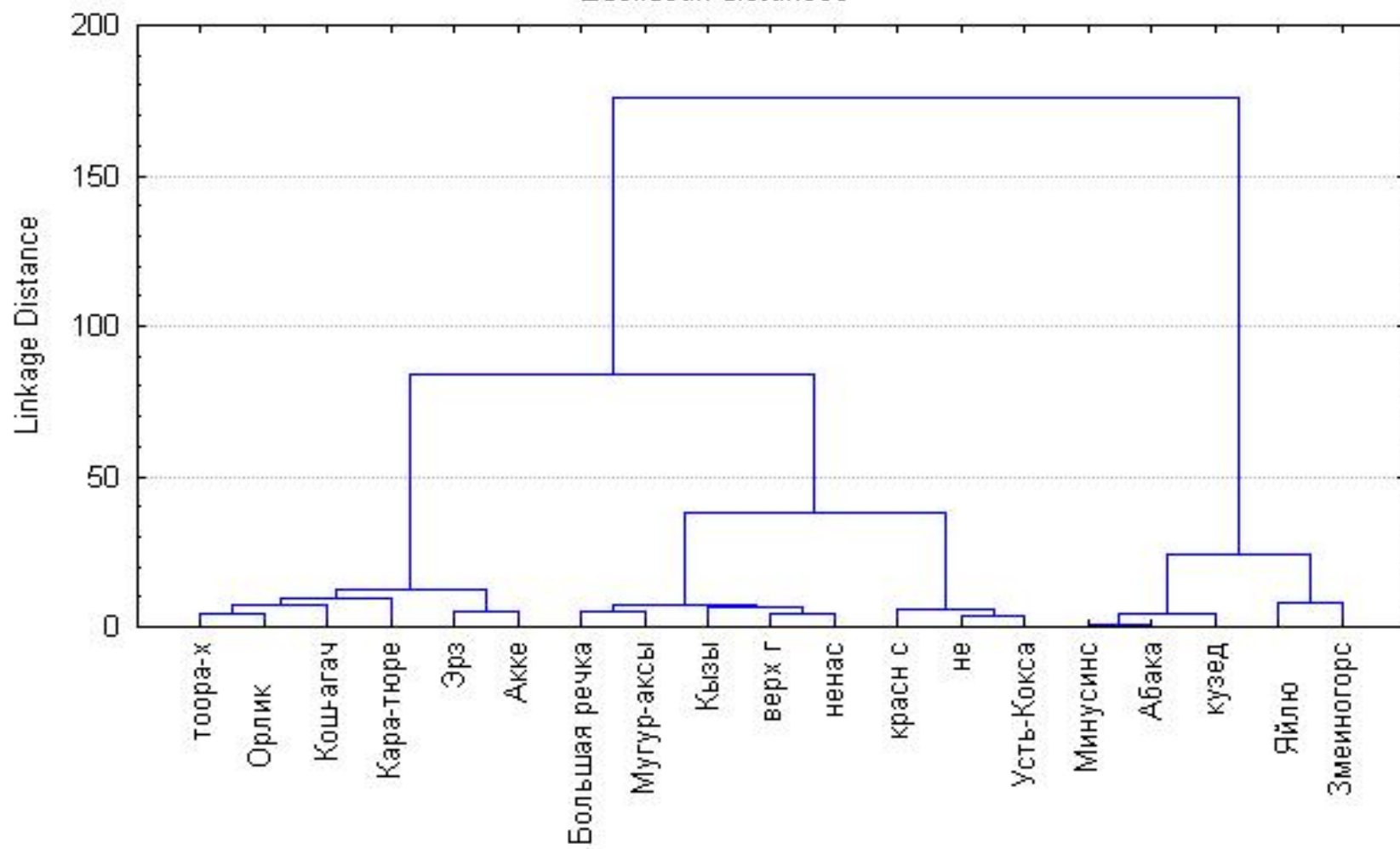
п/ н №	Метеостанция	Параметры			Расположение
		широта	долгота	высота над ур. моря, м	
1	Барнаул	53°26′	83°31′	183	Приобское плато
2	Змеиногоorsk	51°09′	82°10′	354	предгорья Алтая (отроги Колыванского хр.)
3	Усть-Кокса	50°16′	85°37′	977	Уймонская котловина
4	Аккем	49°55′	86°32′	2050	Катунский хребет
5	Кара-Тюрек	50°02′	86°27′	2600	Катунский хребет
6	Кош-Агач	50°00′	88°40′	1759	Чуйская котловина
7	Яйлю	51°46′	87°36′	482	СВ-побережье Телецкого оз. (отроги Абаканского хр.)
8	Ненастная	54°45′	88°49′	1186	Кузнецкий Алатау
9	Кузедеево	53°20′	87°11′	293	Горная Шория
10	Неожиданный	53°17′	89°04′	527	Абаканский хребет
11	Мугур-Аксы	50°23′	90°26′	1850	Хр. Цаган-Шибету
12	Абакан	53°46′	91°19′	254	Минусинская котловина
13	Минусинск	53°43′	91°42′	254	Минусинская котловина
14	Красноярские Столбы	55°54′	92°43′	530	Северо-Западные отроги Восточного Саяна
15	Оленья Речка	52°48′	93°14′	1404	Зап. Саян (Араданский хр.)
16	Верхняя Гутара	54°13′	96°58′	983	Центральный Саян
17	Орлик	52°30′	99°49′	1376	Восточный Саян
18	Кызыл	51°43′	94°30′	626	Тувинская котловина
19	Тоора-Хем	52°28′	96°06′	919	Тоджинская котловина

- Корреляционный и кластерный анализ, 5-летние скользящие средние отражают значимое соответствие в рядах температуры большинства станций региона и позволяют выделить **несколько групп станций в пределах более однородных климатических районов:**
- **1. высотные станции Алтайской и Кузнецко-Салаирской горных областей;**
- **2. станции крупных межгорных котловин Центрального Алтая, Хакасии и Тывы (Кош-Агач, Кызыл, Тоора-Хем и Эрзин),**
- **3. высотные станции Саянской горной области (Мугур-Аксы, Оленья Речка, Верхняя Гутара и Орлик, Красноярские Столбы).**

Tree Diagram for Переменные.

Ward's method

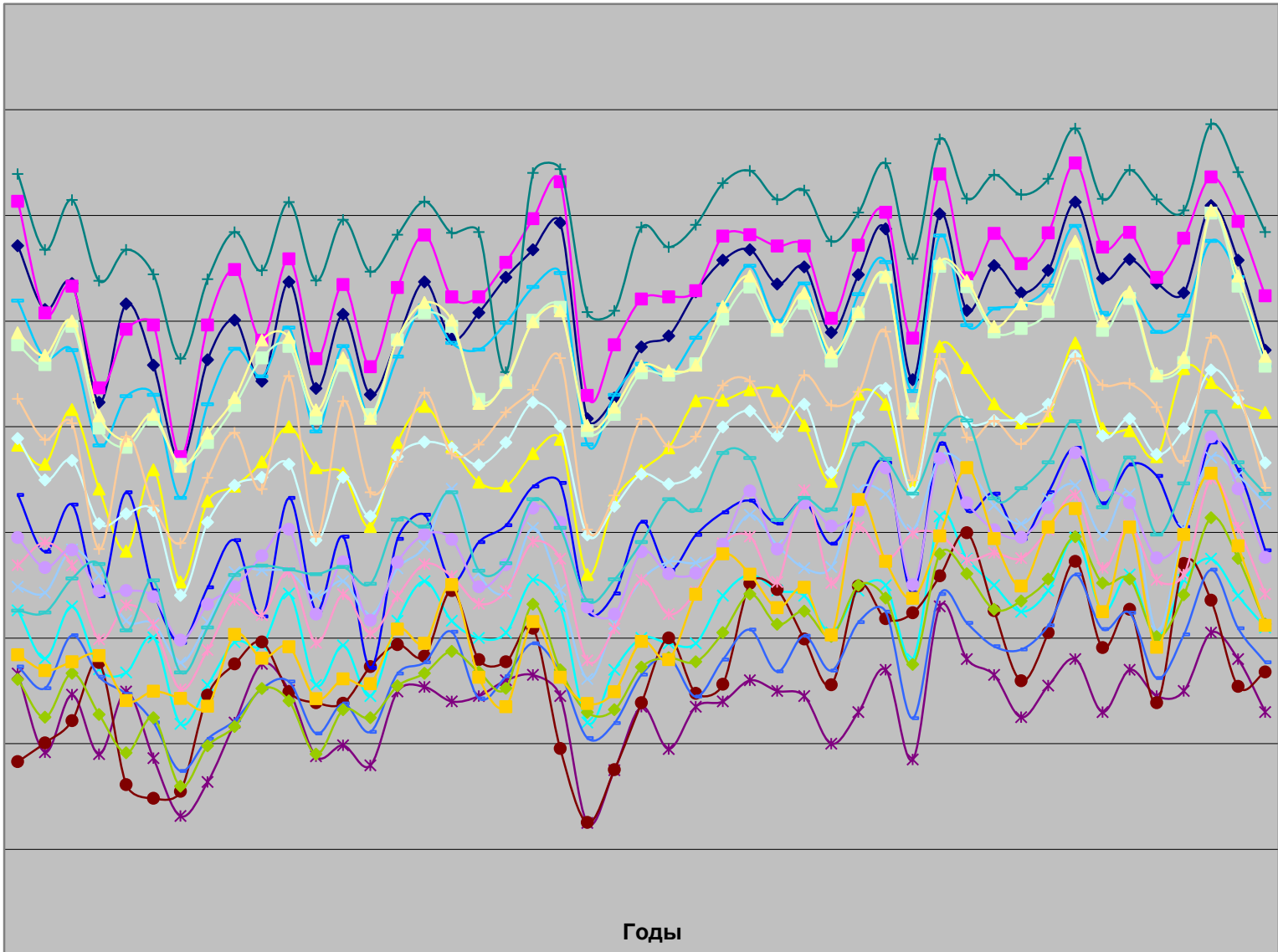
Euclidean distances



	Бар	Зм	У-Кок	Ак	К-Т	К-А	Яйл	Нен	Куз	Неож	Аб	Мин	Муг	О Р	В Гут	Ор	Кыз	Т-Х	Эр
Бар	1																		
Зм	0,96	1																	
У-Кок	0,76	0,82	1																
Ак	0,86	0,91	0,91	1	Годовая температура воздуха														
К-Т	0,82	0,82	0,76	0,87	1														
К-А	0,50	0,58	0,72	0,72	0,64	1													
Яйл	0,84	0,86	0,80	0,85	0,74	0,55	1												
Нен	0,93	0,89	0,69	0,83	0,81	0,42	0,82	1											
Куз	0,96	0,98	0,83	0,92	0,84	0,61	0,86	0,88	1										
Неож	0,91	0,94	0,84	0,93	0,85	0,69	0,85	0,86	0,96	1									
Аб	0,84	0,87	0,85	0,90	0,80	0,65	0,85	0,78	0,91	0,93	1								
Мин	0,83	0,86	0,85	0,90	0,80	0,64	0,85	0,77	0,91	0,93	0,995	1							
Муг	0,66	0,72	0,83	0,84	0,75	0,81	0,74	0,63	0,75	0,82	0,83	0,83	1						
О Р	0,83	0,83	0,74	0,82	0,72	0,59	0,81	0,79	0,88	0,89	0,86	0,85	0,76	1					
В Гут	0,86	0,87	0,80	0,90	0,80	0,64	0,85	0,84	0,91	0,93	0,94	0,94	0,82	0,86	1				
Ор	0,81	0,82	0,82	0,89	0,81	0,70	0,80	0,80	0,86	0,91	0,91	0,91	0,87	0,83	0,94	1			
Кыз	0,68	0,75	0,83	0,83	0,69	0,77	0,76	0,65	0,80	0,86	0,85	0,85	0,89	0,78	0,83	0,86	1		
Т-Х	0,75	0,79	0,81	0,85	0,72	0,72	0,80	0,73	0,85	0,91	0,87	0,87	0,86	0,82	0,90	0,91	0,93	1	
Эр	0,62	0,66	0,79	0,79	0,65	0,77	0,74	0,62	0,72	0,79	0,80	0,79	0,88	0,77	0,79	0,82	0,91	0,88	1

Годовая температура воздуха, 1963-2009 гг.

Годовая температура воздуха, град.С



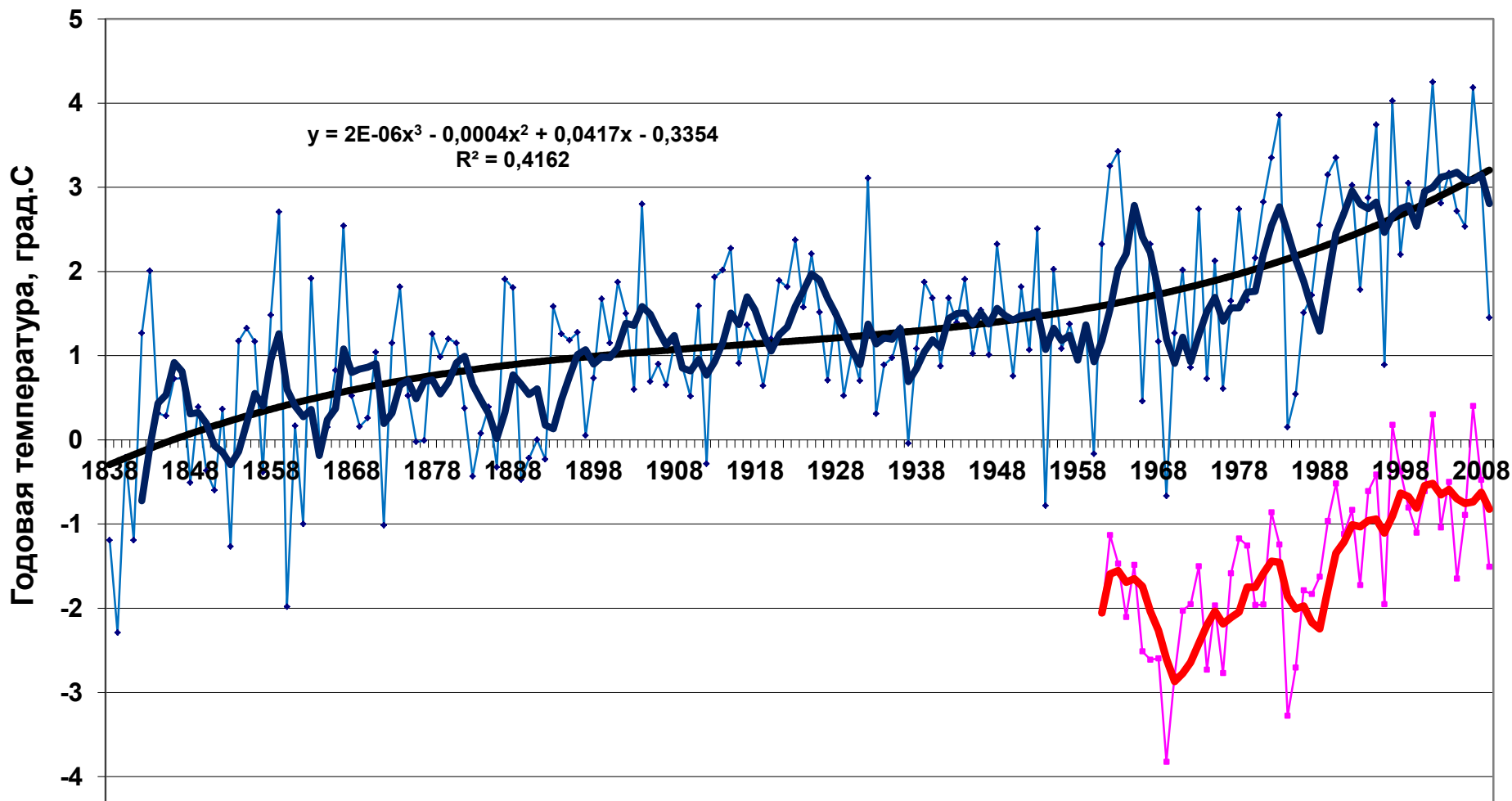
Годы

- барнаул
- змеиногорск
- у-кокса
- аккем
- кара-тюрек
- кош-агач
- яйлю
- ненастная
- кузедеево
- неожиданный
- абакан
- минусинск
- мугур-аксы
- ол речка
- верх гутара
- красн столбы
- орлик
- кызыл
- тоора-хем
- эрзин

Величина повышения температуры воздуха за **50 лет (1963-2013 гг.)**, на основе линейных трендов

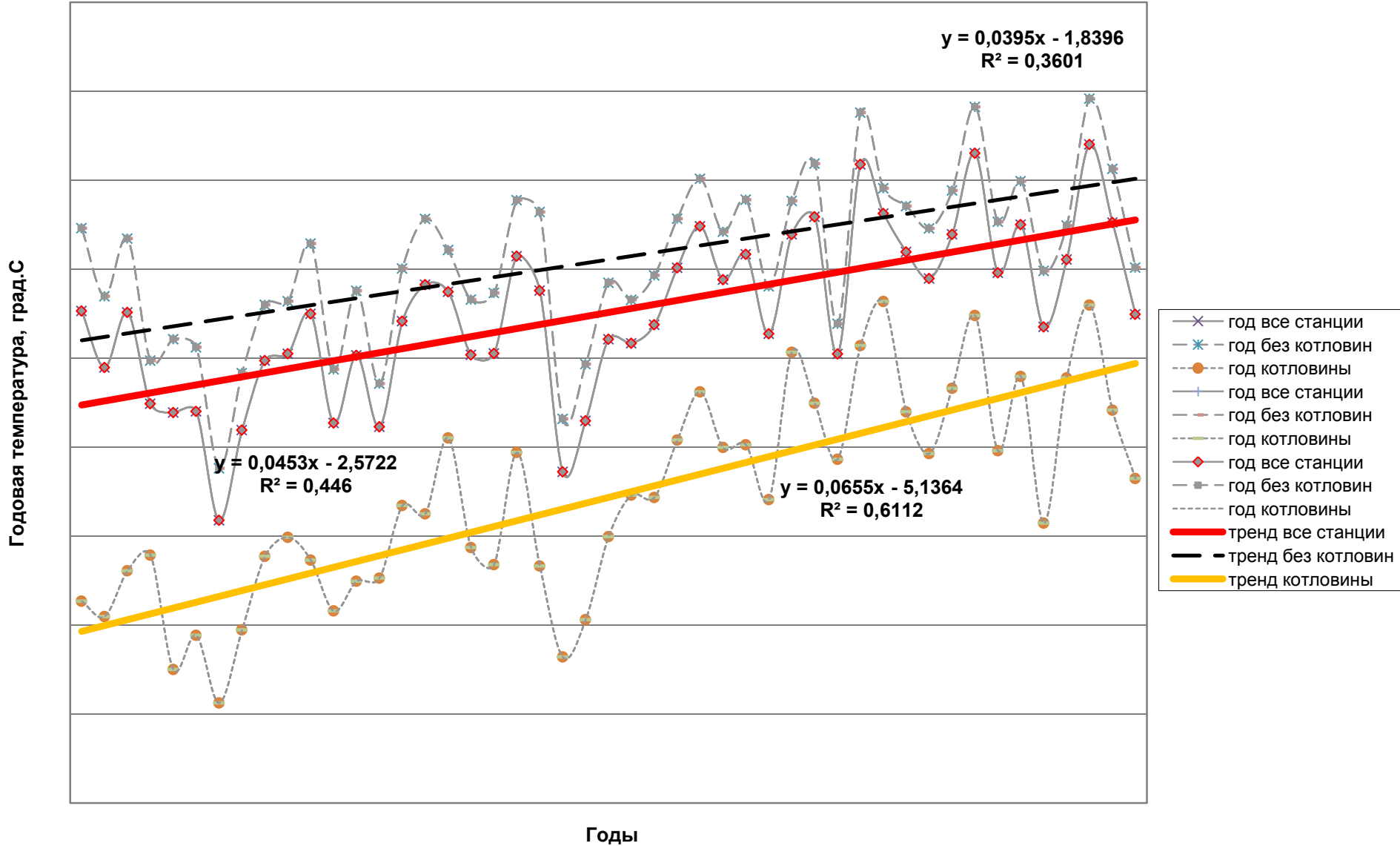
п/н №	Метеостанция	Год	Сезоны года			
			зима	весна	лето	осень
1	Барнаул	1,8	3,1	2,9	0,4	1,5
2	Змеиногорск	2,1	4,0	3,2	0,7	1,4
3	Усть-Кокса	2,2	4,1	2,3	0,8	1,4
4	Аккем	1,7	2,0	2,3	1,4	1,4
5	Кара-Тюрек	1,3	1,8	1,3	1,1	1,6
6	Кош-Агач	2,6	4,2	3,3	1,6	1,4
7	Яйлю	1,9	3,0	2,4	1,0	1,5
8	Ненастная	1,8	2,8	3,2	0,6	1,4
9	Кузедеево	2,3	4,0	3,2	0,8	1,6
10	Неожиданный	2,2	3,6	2,7	1,0	1,8
11	Абакан	2,2	3,9	2,4	1,0	1,8
12	Минусинск	2,2	4,7	2,2	0,6	1,6
13	Мугур-Аксы	2,4	2,0	2,8	2,6	2,0
14*	Красноярские Столбы	1,5	2,3	2,5	0,8	0,7
15	Оленья Речка	1,7	2,7	2,2	1,1	1,8
16	Верхняя Гутара	2,0	3,1	2,6	1,4	1,4
17	Орлик	1,9	2,0	2,6	1,5	1,8
18	Кызыл	3,5	5,4	4,1	1,5	2,6
19	Тоора-Хем	3,7	5,5	3,8	2,2	3,4

Годовая температура воздуха: Барнаул (1838-2008 гг.) и осредненная по всем станциям Алтайской горной области, 5-летние скользящие средние и тренд

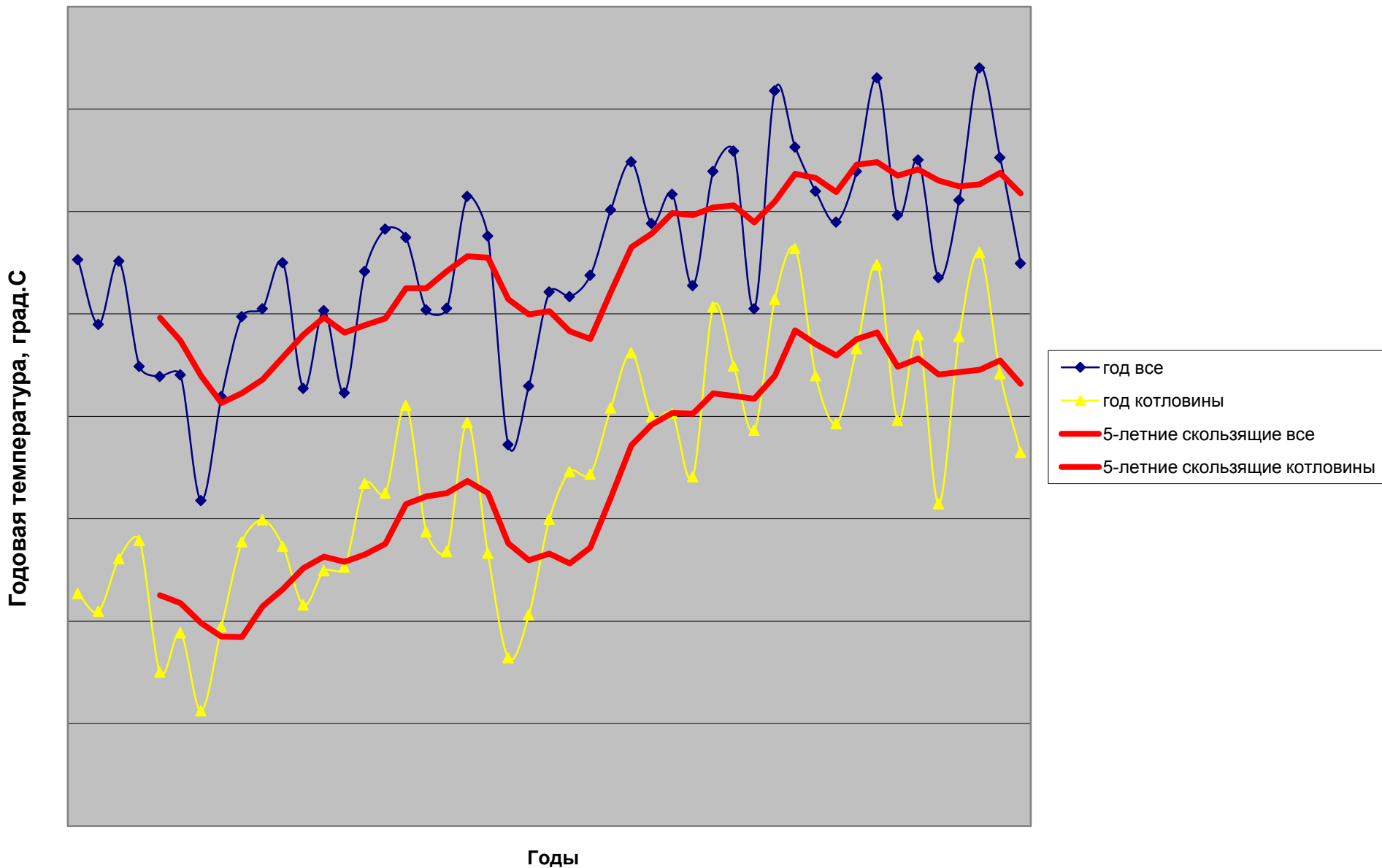


—•— барнаул —■— все станции — Полиномиальная (барнаул) — 5 линейный фильтр (барнаул) — 5 линейный фильтр (все станции)

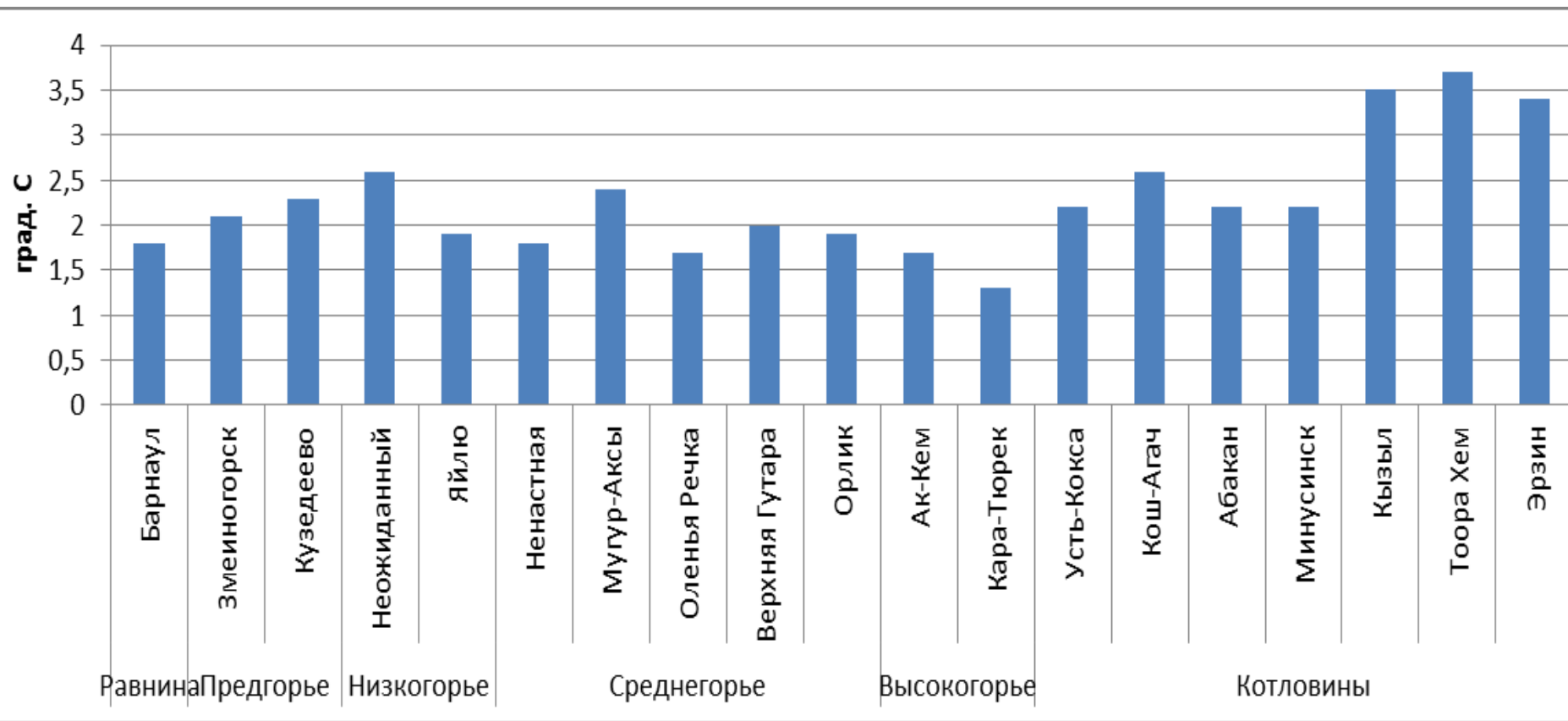
Годовая температура воздуха, град.С – ежегодные и линейные тренды: осредненные по всем станциям (все станции); по станциям за исключением Кош-Агач, Кызыл, Тоора-Хем и Эрзин (без котловин); по станциям Кош-Агач, Кызыл, Тоора-Хем и Эрзин (котловины)



5-летние скользящие годовая температура воздуха: осредненная по всем станциям и котловинным



Величина повышения среднегодовой температуры воздуха за 50 лет (1963 -2013 гг.) на основе линейных трендов



- **Минимальные темпы прироста температуры** отмечены для **высокогорных станций Кара-Тюрек, Ак-Кем, Оленья Речка,**
- **максимальные** - в **крупных межгорных котловинах (Кош-Агач, Эрзин, Кызыл, Тоора-Хем.**

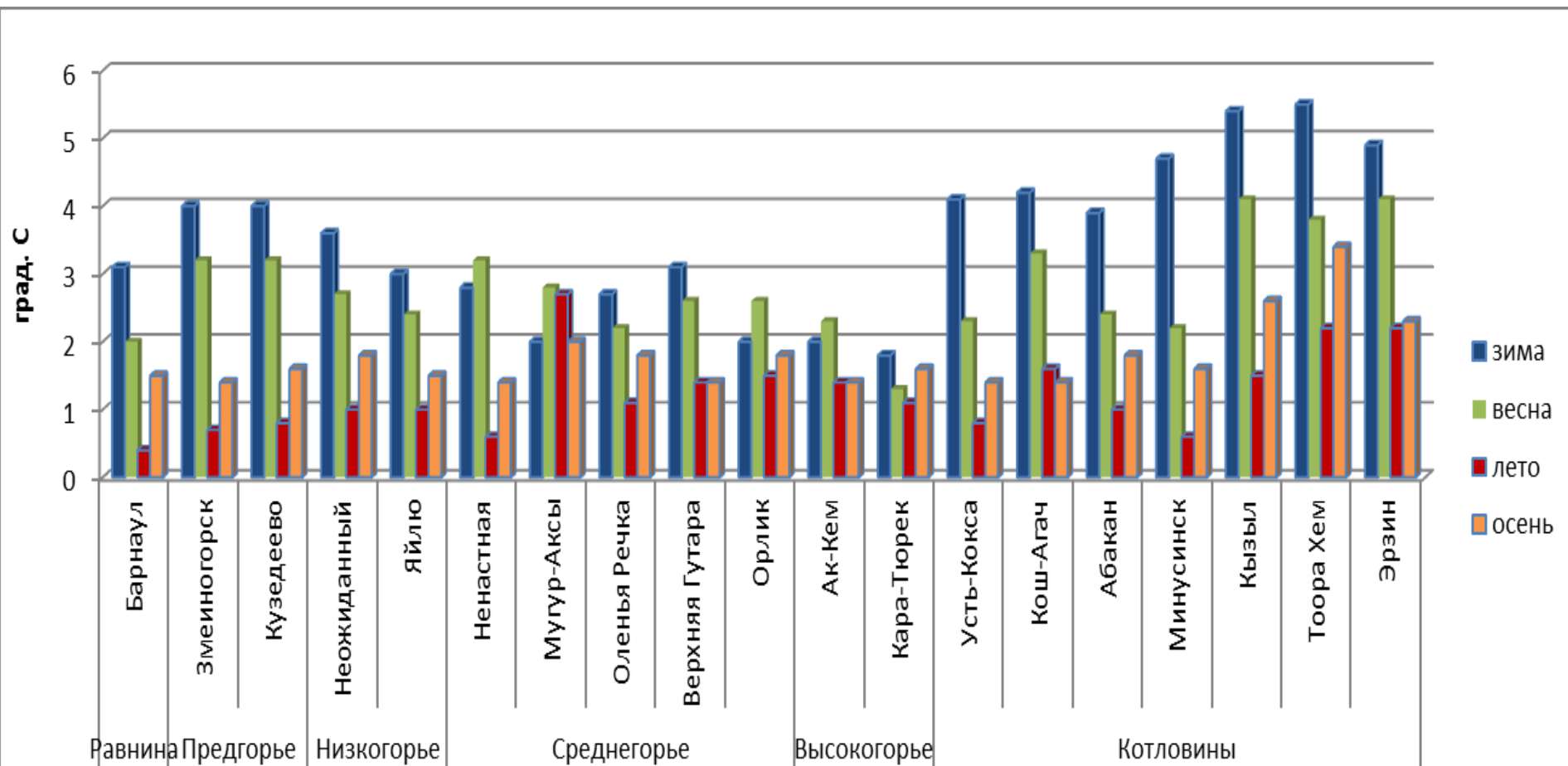
Величина изменения **годовой температуры** воздуха на основе линейных трендов **за период 1963-2013 гг.**

Метеостанция	Уравнение тренда	Коэффициент детерминации, %	Величина повышения Т за 50 лет, град.С
Барнаул	$y=0,0359x + 1,421$	19,0	1,8
Все станции (без Барнаула)	$y = 0,0453x - 2,5722$	45,0	2,3
Котловины (кош-а+кыз+тоора- х+эр)	$y = 0,0655x - 5,1364$	61,1	3,3
Все станции без котловин	$y = 0,0395x - 1,8396$	36,0	2,3
Зм+у-кокса+акк+кара- т+яйл+куз+неож+нен	$y = 0,0382x - 1,346$	32,0	1,91
Ол р+верх г+орлик+красст	$y = 0,0375x - 4,1053$	39,0	1,875

Величина повышения **температуры сезонов года**,
осредненная для различных районов АСЭР, град.С

Районы	Сезоны года			
	зима	весна	лето	осень
Барнаул	2,5	2,9	0,4	1,5
Все станции (без Барнаула)	3,1	2,8	1,3	1,5
зм+у-кокса+акк+кара- т+яйл+куз+неож+нен	2,6	2,6	0,9	1,8
мугур-аксы+ ол речка+верх гут+орлик	2,0	2,6	1,7	1,8
Котловины (кош-а+кыз+тоора-х+эр)	4,8	3,8	1,9	2,4

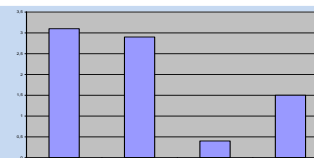
Величина повышения среднесезонной температуры воздуха за 50 лет (1963 -2013 г.) на основе линейных трендов



Величина повышения средней температуры сезонов года (зима, весна, лето, осень) за период 1963-2010 гг. по метеостанциям Алтайского региона

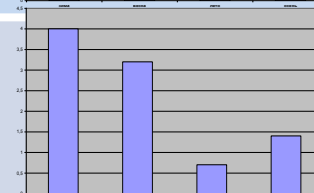
Барнаул

зима, весна, лето, осень



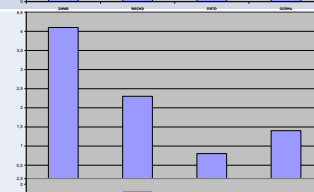
Змеиногорск

зима, весна, лето, осень



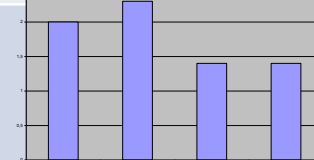
Усть-Кокса

зима, весна, лето, осень



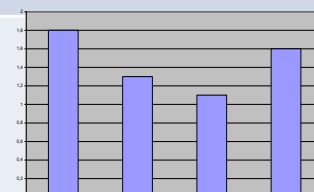
Ак-Кем

зима, весна, лето, осень



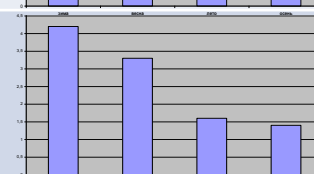
Кара-Тюрек

зима, весна, лето, осень



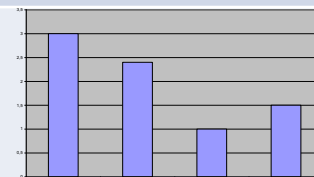
Кош-Агач

зима, весна, лето, осень



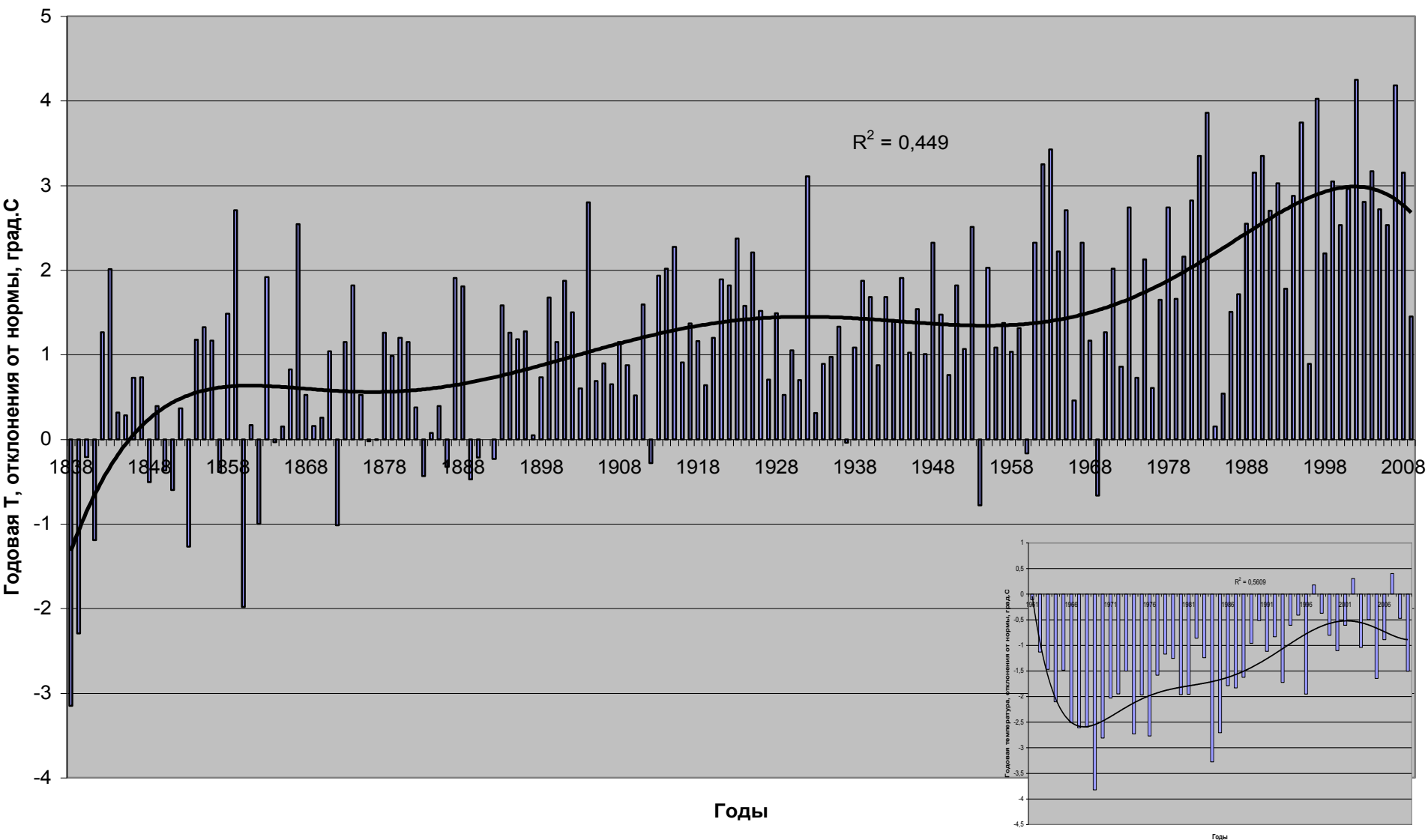
Яйлю

зима, весна, лето, осень



Годовая температура, отклонения от норм за базовый период 1961-1990 гг.:

рис. А – Барнаул; рис. Б – **осредненная по всем метеостанциям
АСЭР**



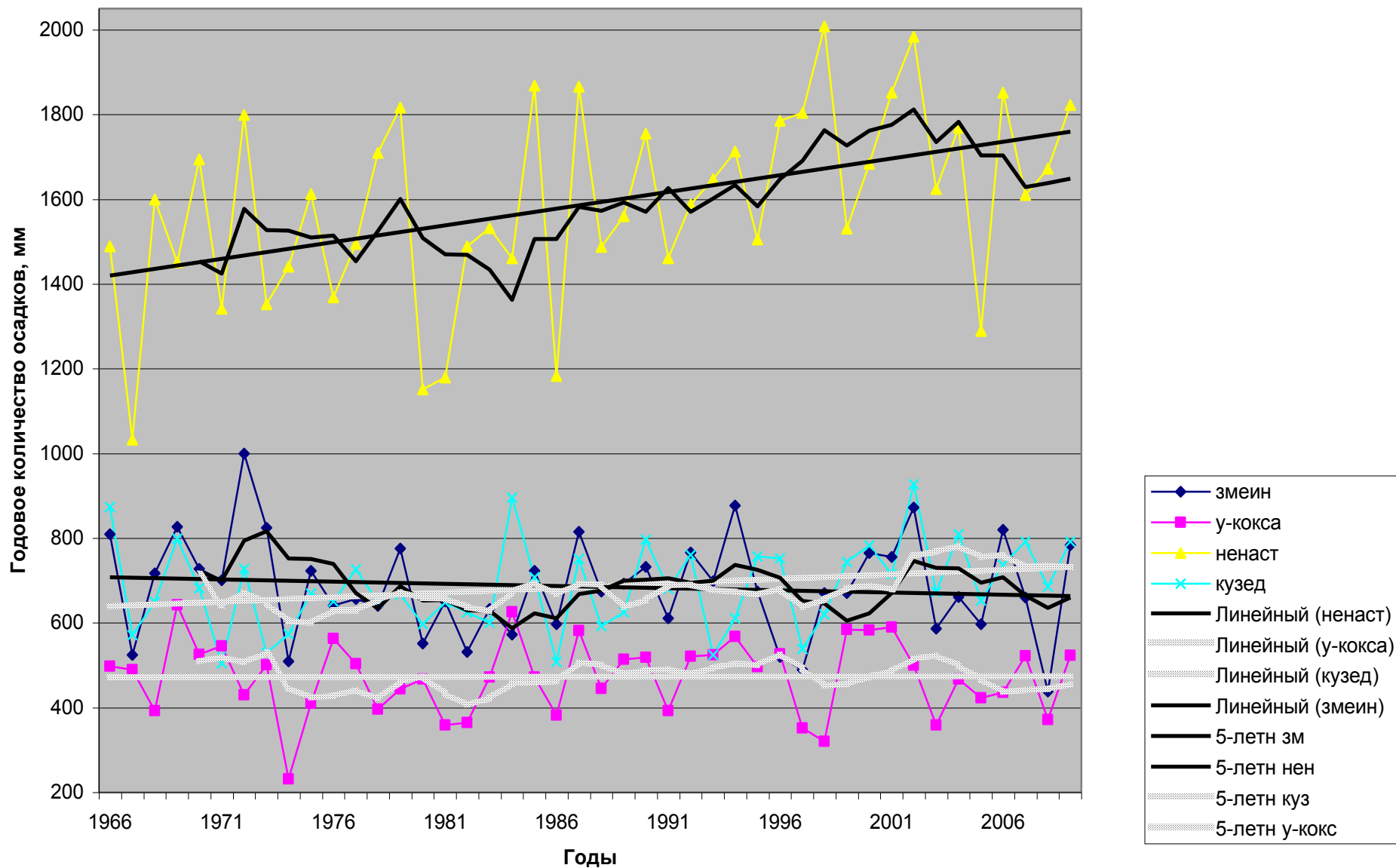
Монгольский Алтай

Алтай, Монголия, коэффициенты корреляции с метеостанциями:

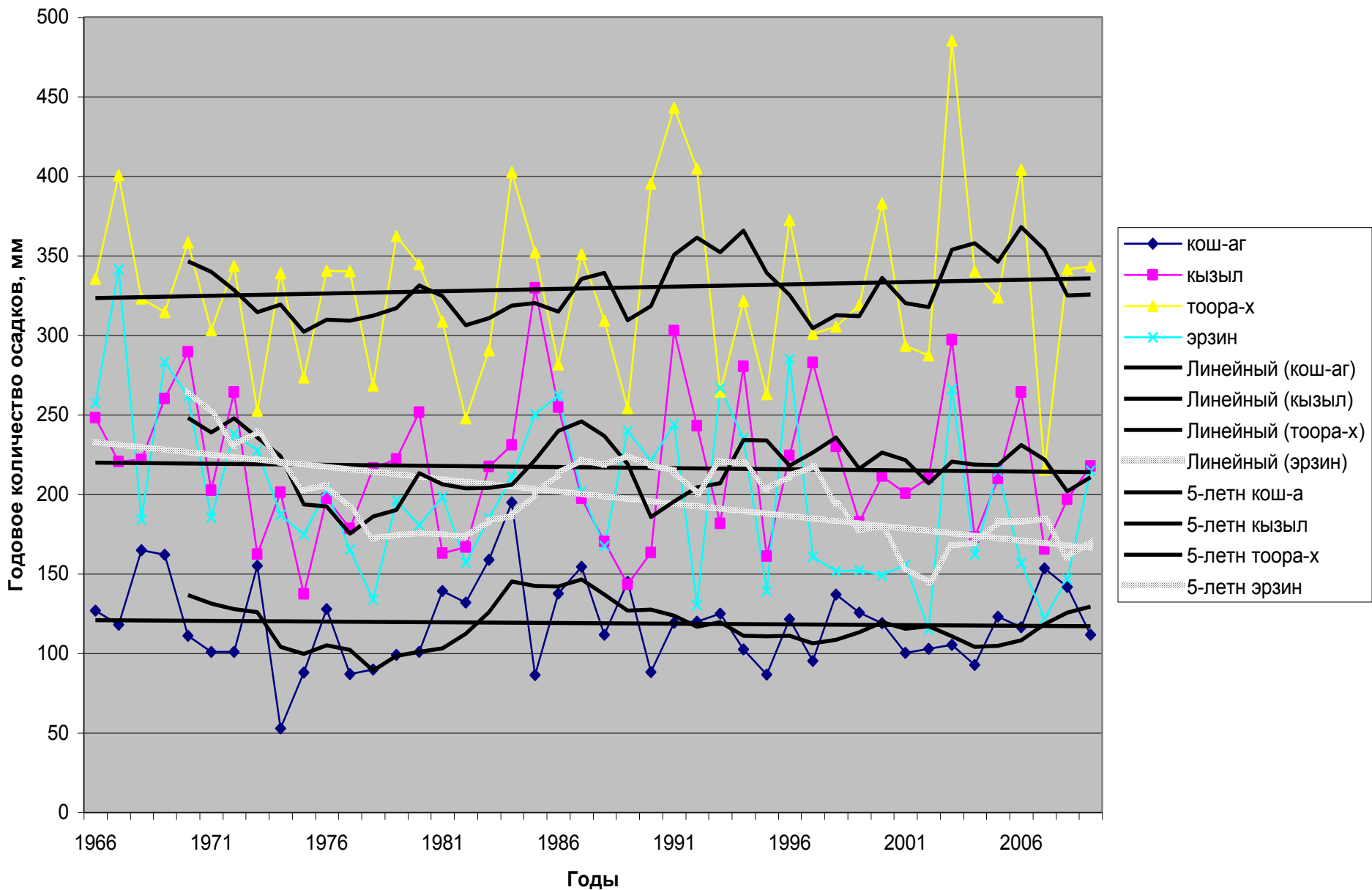
- Змеиногорск – 0,91
- Усть-Кокса – 0,91
- Ак-Кем – 0,84
- Кара-Тюрек – 0,86

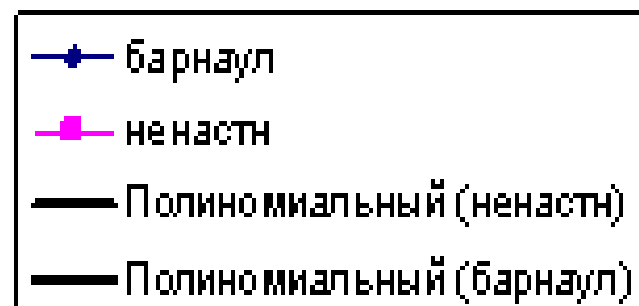
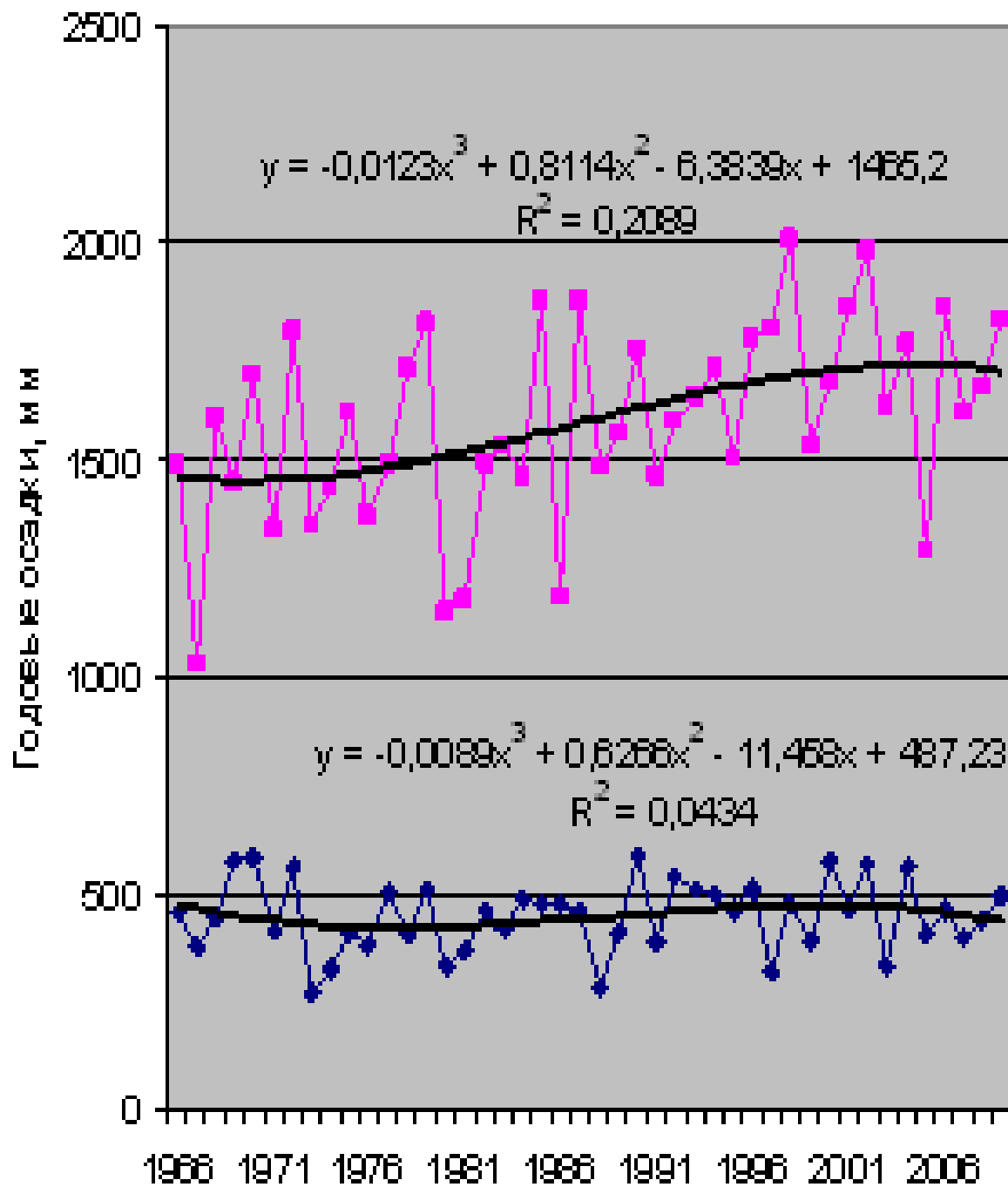
Повышение температуры за 50 лет (1963-2013 гг.) **+1,4°C**

Годовое количество осадков, 1966-2009 гг.



Годовое количество осадков, 1966-2009 гг.





О.В. Останин (Алтайский госуниверситет): с середины XIX в., современные изменения ледников Алтая



а) фото В.В. Сапожникова, 1905
б) фото Н.Н. Михайлова, 2001

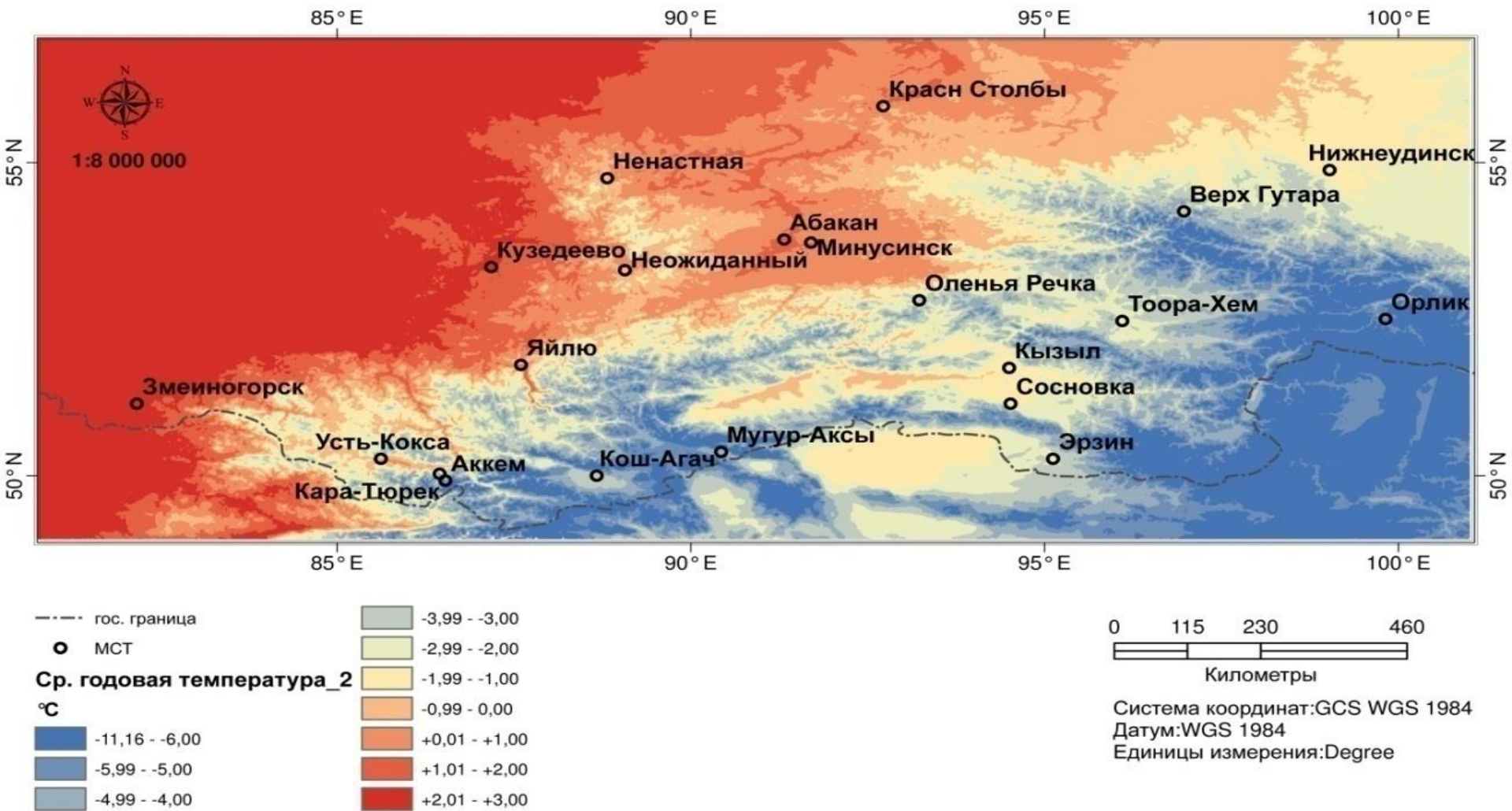


а) фото В.В. Сапожникова, 1905
б) фото Н.Н. Михайлова, 2001

Прогнозы??

- На **1 этапе** по данным наблюдений на станциях государственной наблюдательной сети Роскомгидромета (<http://www.meteo.ru>) за период **1966-2009** гг. рассчитаны показатели **среднегодовой и среднесезонной температуры, характеризующие наблюдаемое (современное) состояние климата.** Принято, что зимний сезон включает декабрь предыдущего года. Среднегодовые значения относятся к календарному году, т.е. к интервалу времени с января по декабрь текущего года.

Средняя годовая температура приземного воздуха (1966-2009 гг.)



- На **2 этапе** решалась задача **определения аномалий температуры**, характеризующих **темпы изменения климата**, с использованием **двух методик**.
- **Первая (традиционная)** построена на определении **параметров линейных трендов** (См. табл. 1)

Табл. 1. Оценки линейного тренда годовой температуры приземного воздуха за 1963(66?)-2009 гг., где $b, ^\circ\text{C}/10$ лет – коэффициент линейного тренда, $D\%$ - вклад тренда в дисперсию

№	Метеостанция	b - коэффициент линейного тренда, $^\circ\text{C}/10$ лет	D - вклад тренда в дисперсию, %	Величина изменения (повышения T) за 50 лет
1	Барнаул	0,4	19,0	1,8
2	Змеиногорск	0,4	24,5	2,1
3	Усть-Кокса	0,4	32,9	2,2
4	Ак-Кем	0,3	29,4	1,7
5	Кара-Тюрек	0,3	17,3	1,3
6	Кош-Агач	0,5	31,0	2,6
7	Яйлю	0,4	26,0	1,9

- При **современных региональных изменениях климата (1963-2009 гг.)** произошло неравномерное повышение температуры воздуха, и **центром потепления оказались восточные остепненные межгорные котловины Алтае-Саянской горной страны за пределами Алтайского региона.**
- **В горной части Алтайского региона** наблюдались **несколько меньшие темпы потепления – в Чуйской котловине – 2,6°C (Кош-Агач).** В среднегорной и высокогорной зонах Алтая годовая температура повысилась на **1,3 - 1,7°C (Кара-Тюрек, Ак-Кем).**

- **Вторая методика** предложена А.Б. Шмакиным и Н.Ф. Харламовой (2012) на основе анализа динамики изменений термического режима в 1966-2009 гг.
- В качестве «базового» периода (без выраженного тренда), с которым необходимо сравнить двадцатилетний период 1990-2009 гг., с максимальным проявлением глобального потепления, выбран период 1966-1985 гг., с практически нулевой тенденцией линейного тренда.
- Рассчитаны величины изменения $T_{год}$ за 20 лет на основе 50-летнего линейного тренда, а также определены аномалии $T_{год}$ (Аномалия) как разности между средними многолетними соседних 20-летних периодов.
- Итоговые показатели для построения карт ($Прогноз_{ср}$) рассчитаны как среднее из показателя, представляющего сумму средней температуры последнего 20-летнего периода 1990-2009 гг. и аномалии, а также показателя, представляющего сумму среднемноголетней температуры за весь период наблюдений 1966-2009 гг. и аномалии.

- Сопоставление двух значений показало, что величины действительно наблюдавшихся положительных аномалий годовой температуры воздуха в пределах АСЭР в 1990-2009 гг. превысили значения, рассчитанные по линейным трендам, причем изменение темпов прироста составило **от 26-30% в межгорных котловинах (Кызыл, Кош-Агач, Тоора-Хем) до 60-61% (Оленья Речка, Кара-Тюрек, Яйлю).**

Среднегодовая температура воздуха: значения аномалий, рассчитанных различными способами

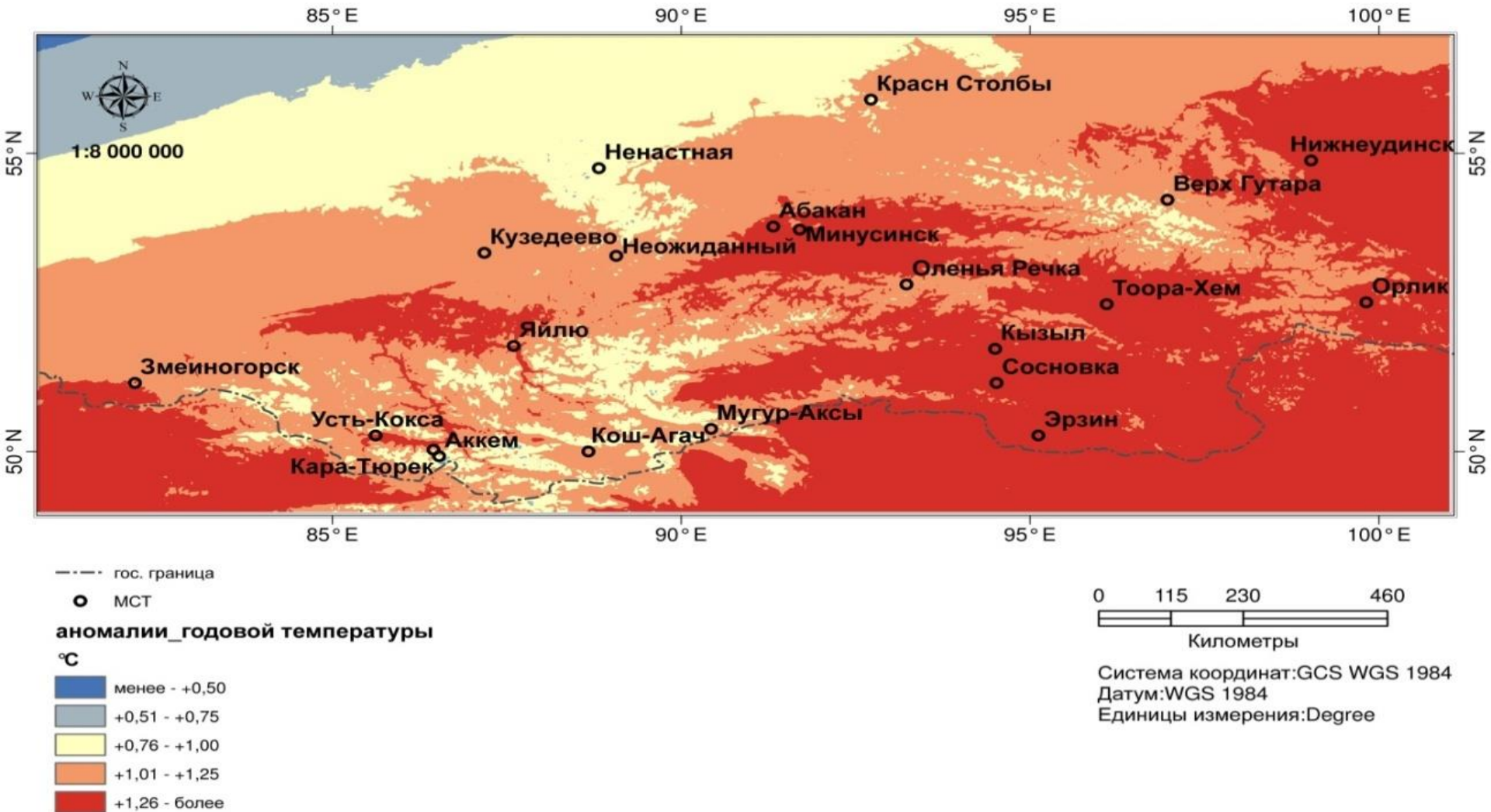
№	Метеостанция	Средняя за период 1966-1985 гг.	Величина изменения $T_{\text{год}}$ за 20 лет на основе линейного тренда	Аномалия ($T_{1990-2009} - T_{1966-1985}$)	Превышение наблюдаемой аномалии по сравнению с трендовым показателем, %
1	Змеиногорск	2,82	0,842	1,158	38
2	Усть-Кокса	-0,31	0,850	1,313	55
3	Ак-Кем	-3,67	0,672	0,954	42
4	Кара-Тюрек	-5,37	0,508	0,818	61
5	Кош-Агач	-4,44	1,038	1,318	27
6	Яйдю	3,86	0,760	1,221	61

- Далее **определены эмпирические зависимости** **годовой температуры приземного воздуха и температуры сезонов года как функций физико-географических характеристик местности: высоты (h), широты (φ) и долготы (λ)** в соответствии с методикой, разработанной и апробированной в работах Н.Ф. Харламовой и Л.А. Михайловой (2004, 2005 и др.).

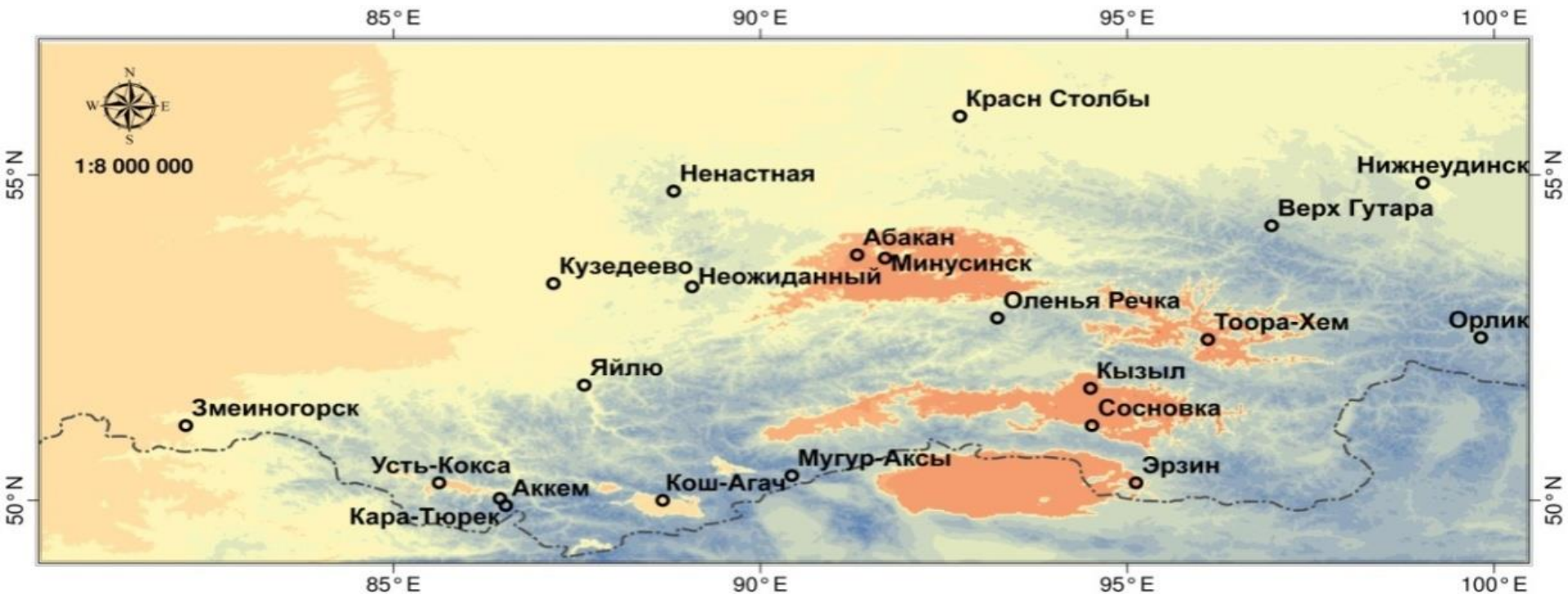
$$T = f(z, \phi, \lambda)$$

- Установленные зависимости позволили перейти к созданию статистических моделей температуры для наблюдаемых и ожидаемых в будущем условий на основе цифровой модели рельефа SRTM (1984). Получена **серия карт, характеризующих современное распределение годовой и сезонной температуры воздуха, а также ожидаемое** к концу следующего 20-летнего периода (Харламова, Останин, 2012).

Средние годовые аномалии температуры приземного воздуха (аномалии рассчитаны как отклонения средней за 1990-2009 гг. от средней за 1966-1985 гг.)



Средние аномалии температуры приземного воздуха за зимний сезон (отклонения средних за 1990-2009 гг. от средних за 1966-1985 гг.)



Легенда

--- гос. граница

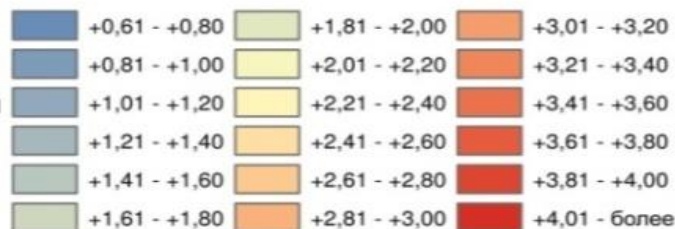
○ МСТ

аномалии_зимней температуры

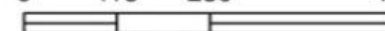
°C

менее +0,40

+0,41 - +0,60



0 115 230 460



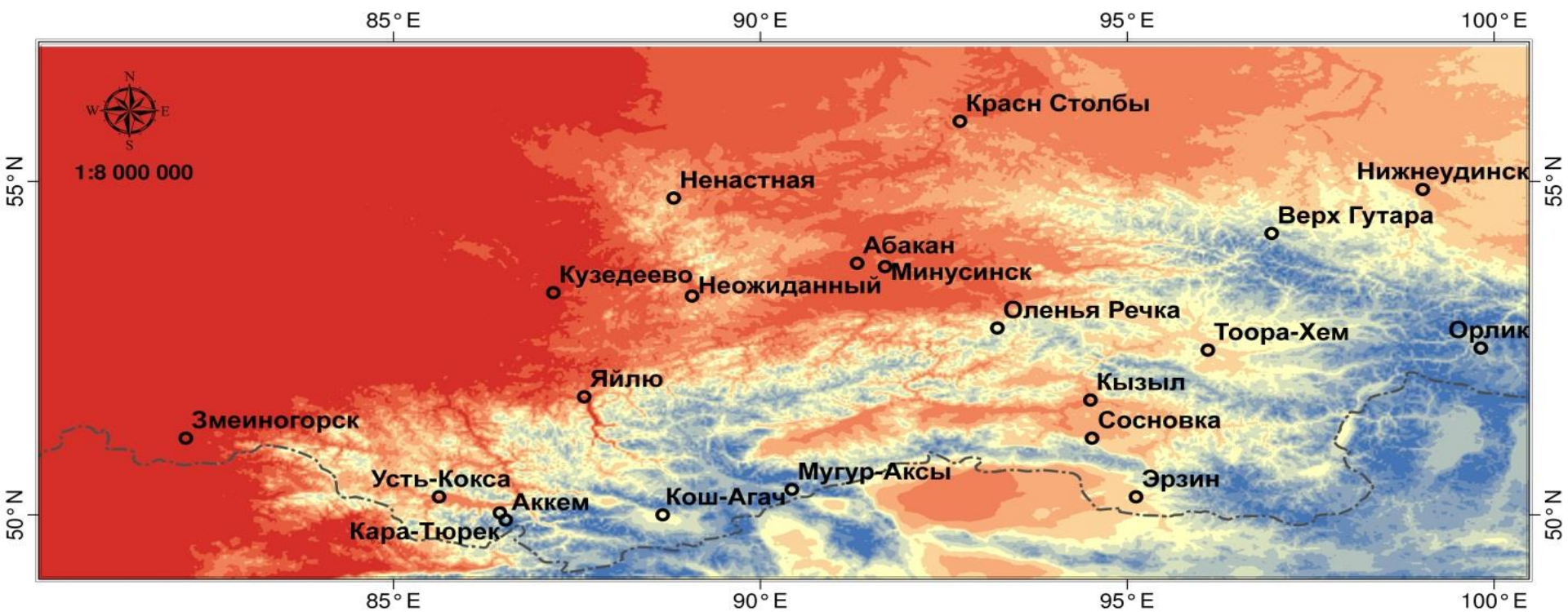
Километры

Система координат:GCS WGS 1984

Датум:WGS 1984

Единицы измерения:Degree

Прогноз годовой температуры приземного воздуха на период **2025- 2034 гг.**



Легенда

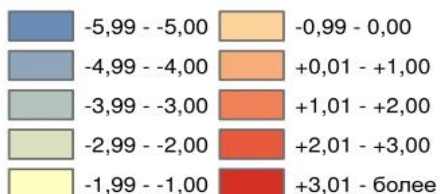
--- гос. граница

○ МСТ

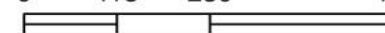
прогноз годовой температуры

°C

менее -6,00



0 115 230 460



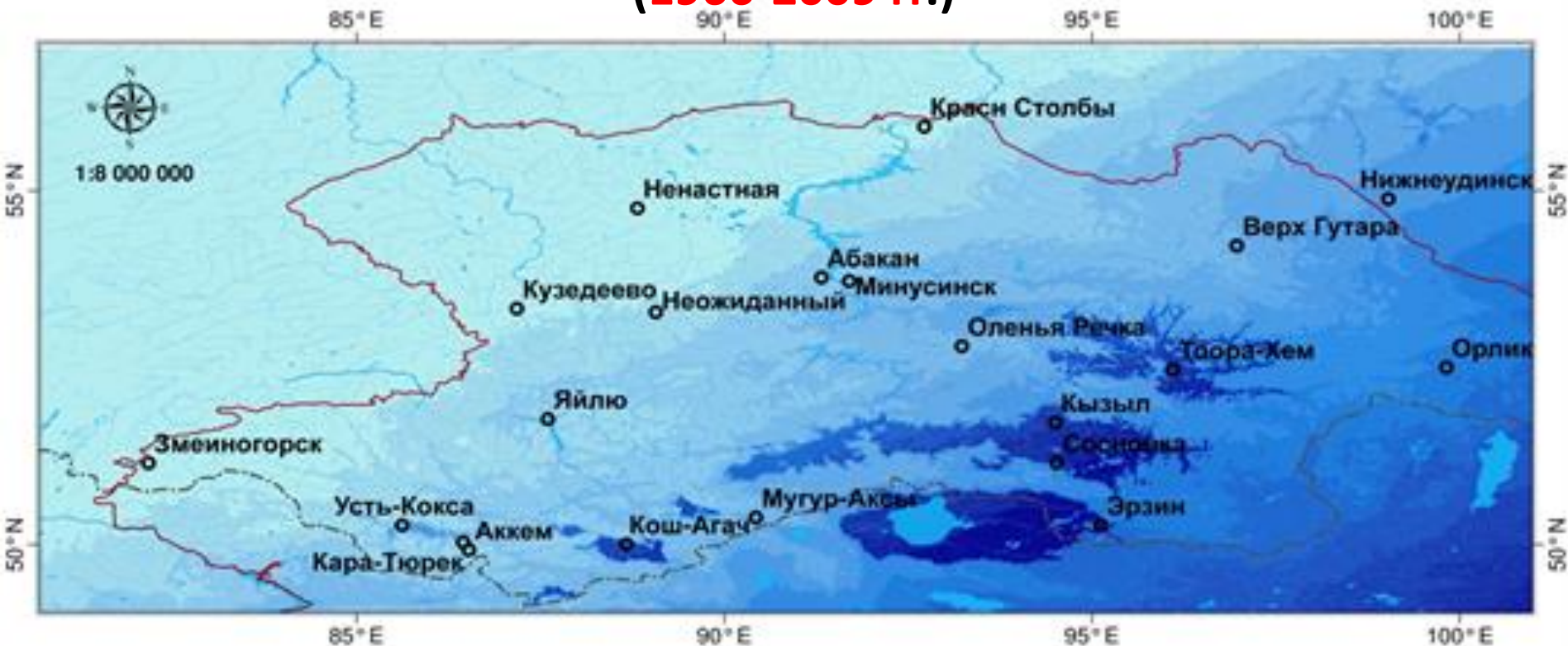
Километры

Система координат:GCS WGS 1984

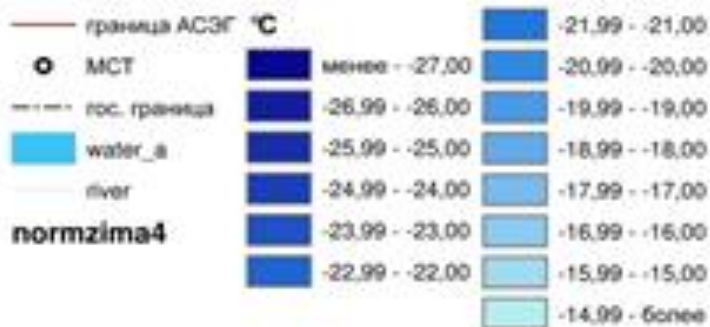
Датум:WGS 1984

Единицы измерения:Degree

Средняя температура зимнего сезона (XII-II) приземного воздуха (1966-2009 гг.)

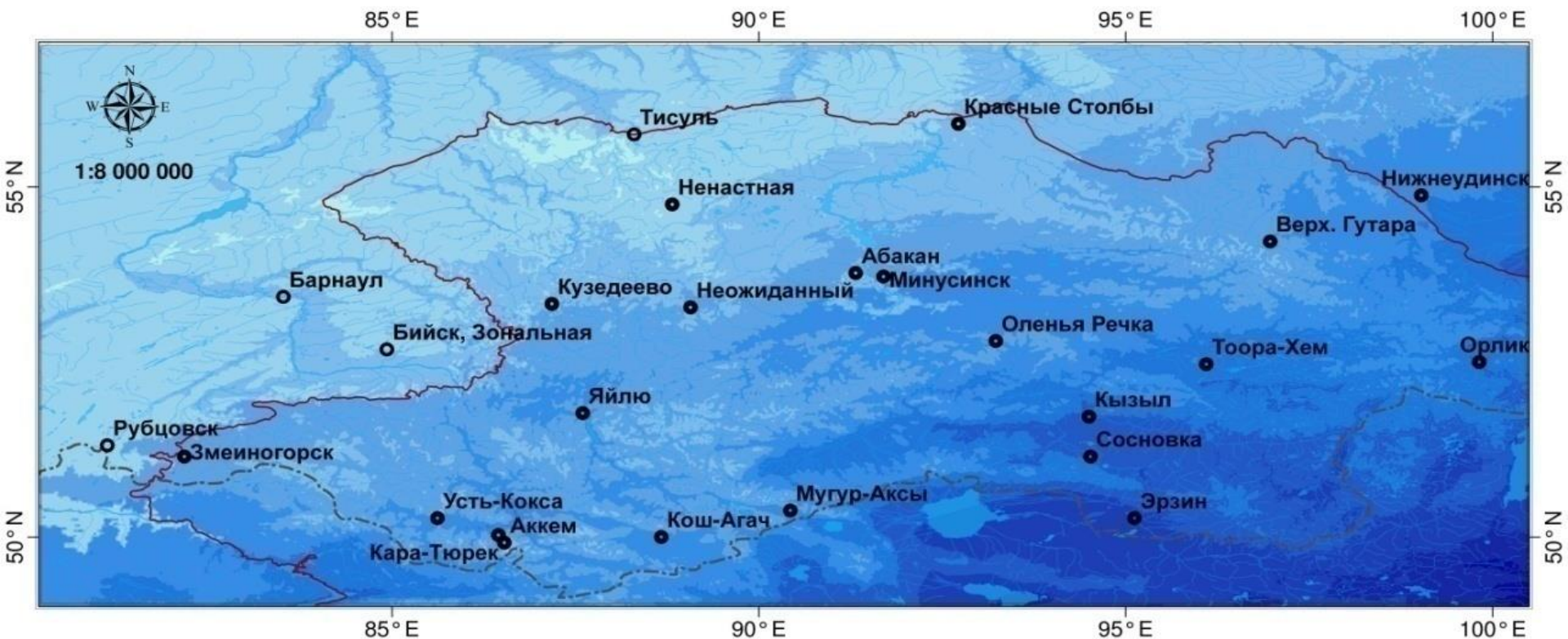


Легенда



Система координат: GCS WGS 1984
 Датум: WGS 1984
 Единицы измерения: Degree

Прогноз зимней температуры воздуха на период 2025-2034 гг.



Легенда

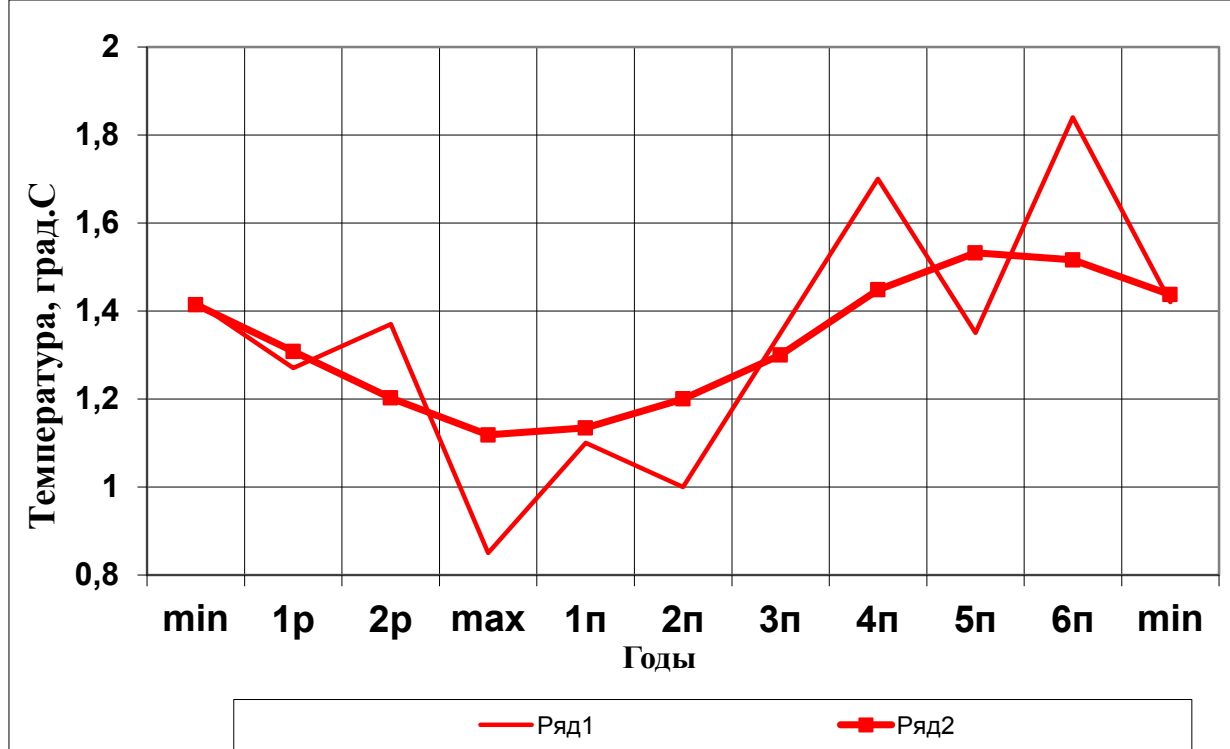


Система координат: GCS WGS 1984
 Датум: WGS 1984
 Единицы измерения: Degree

- В целях определения корреляции динамики термического режима и увлажнения равнинной территории Алтайского региона с уровнем солнечной активности использован **«метод наложения эпох» (Вительс, 1977)**, при котором годы, входящие в одну колонку по вертикали при табличном сопоставлении (в каждую фазу), должны отстоять на определенный интервал времени от экстремумов.
- **Продолжительность большинства фаз осреднения составила 15 лет**, короткорядные фазы «4р» и «7п» не принимались для расчетов.

Распределение лет исследуемого периода наблюдений по ГМС **Барнаул** с **1838** по **2006** гг. внутри 11-летнего цикла солнечной активности

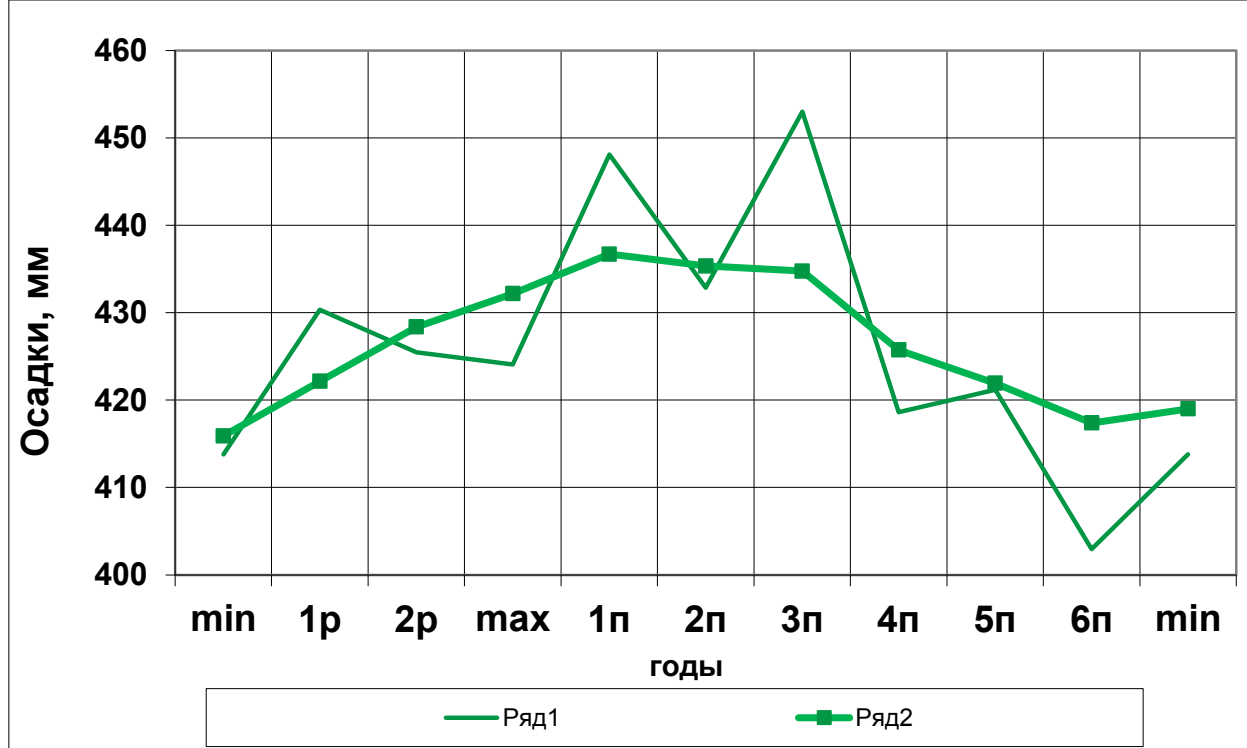
№ цикла	Годы относительно минимума и максимума в 11-летнем цикле												
	min	1р	2р	3р	4р	max	1п	2п	3п	4п	5п	6п	7п
8							1838	1839	1840	1841	-	-	-
9	1843	1844	1845	1846	1847	1848	1849	1850	1851	1852	1853	1854	1855
10	1856	1857	1858	1859	-	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	-
11	1867	1868	1869	-	-	1870	1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877
12	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	-	-
13	1889	1890	1891	1892	-	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900
14	1901	1902	1903	1904	-	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912
15	1913	1914	1915	1916	-	1917	1918	1919	1920	1921	1922	-	-
16	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	-	-	-
17	1933	1934	1935	1936	-	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	-
18	1944	1945	1946	-	-	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	-
19	1954	1955	1956	-	-	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	-
20	1964	1965	1966	1967	-	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
21	1976	1977	1978	-	-	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	-
22	1986	1987	1988	-	-	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	-
23	1996	1997	1998	1999	-	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	



С началом нового 11-летнего солнечного цикла в распределении годовой температуры воздуха Барнаула наблюдается постепенное снижение, и наиболее холодные годы отмечаются в годы максимума. При уменьшении активности Солнца на нисходящей ветви цикла годовая температура воздуха повышается, достигая наибольших значений на 4-м и 6-м году после максимума. Флуктуации годовых температур между последовательными фазами максимума и минимума составляют $0,6^{\circ}\text{C}$.

Распределение годовой температуры воздуха ГМС Барнаул внутри 11-летнего солнечного цикла.

Ряд 1 – средняя годовая температура; ряд 2 – 5-летние скользящие средние



- В распределении **годовых осадков с началом каждого нового цикла** наблюдается **постепенное увеличение их количества**. На следующий и третий год после максимума солнечной активности наиболее вероятно значительное увлажнение. **Минимальные годовые суммы осадков, как правило, характерны за год до наступления очередного цикла или в годы минимумов**. Флуктуации годовых сумм осадков между последовательными фазами максимума и минимума составляют в среднем 10% от годового количества.

Распределение **годового количества осадков ГМС Барнаул внутри 11-летнего солнечного цикла**.

Ряд 1 – средние годовые значения; ряд 2 – 5-летние скользящие средние

Основные результаты и выводы исследования

- В распределении приземной температуры воздуха равнинной территории Алтайского региона (Барнаул) выявлен статистически достоверный положительный тренд, более интенсивный, чем в среднем для России (0,9°C за 1901-2000 гг.): 2,86°C/167 лет или 1,8°C/100 лет при увеличении средней температуры холодного периода (XI-III) на 3,6°C/167 лет или 2,3°C/100 лет, теплого периода (IV-X) – 2,4°C или 1,4°C соответственно. При продлении периода наблюдений до 2011 г. положительный тренд высокой обеспеченности сохраняется с некоторым замедлением темпов потепления вследствие возрастания суровости зим, начиная с 2005 г. Максимальная величина повышения годовой температуры воздуха в пределах всей территории Алтайского региона за 50-летний период 1963-2011 гг. отмечена в межгорных котловинах Алтайской горной области (Кош-Агач +2,6°C; Усть-Кокса +2,2°C) при несколько меньших темпах на равнинах (Барнаул +1,8°C) и в высокогорьях с воздействием фенов (Ак-Кем +1,7°C); минимальные темпы – на высокогорных перевалах с усиленным воздухообменом (Кара-Тюрек +1,3°C). Потепление сопровождается изменениями дат перехода температуры воздуха через определенные пределы, особенно значительными для холодного периода года. Сохраняется вероятность опасных поздних весенних и ранних осенних заморозков. Наблюдается рост межгодовой изменчивости (контрастности) температуры сезонов года.

- **Распределение осадков имеет выраженный ритмический характер:** выделен вековой цикл (1862-1976 гг.) продолжительностью 115 лет, наиболее сухой период которого отмечался в 1862-1873 гг., вековой максимум – в 1907-1912 гг., с последующей регрессивной фазой, на фоне которой выделены засушливые периоды 1923-1936 (14 лет), 1947-1957 (11 лет) и 1969-1984 гг. (16 лет), чередующиеся с периодами повышенного увлажнения. В 1977 г. началась восходящая ветвь нового векового цикла, максимум которого вероятен в 2038 г. при последующем сокращении осадков.
- Нарастание сумм тепла, как и сокращение теплообеспеченности летом происходит быстрее и энергичнее, чем остывание и прогревание зимой.
Увлажненность конца весны-начала лета в лесостепных и степных районах Алтайского региона не соответствует интенсивности прироста тепла, что создает напряженность функционирования биотического компонента геосистем на фоне значительной межгодовой изменчивости осадков.

- **Оценки возможного воздействия климатического фактора урожайности зерновых культур** в пределах степной и лесостепной зон Алтайского региона позволяют объяснить от 51 до 70% дисперсии (изменчивости) урожайности под воздействием **наиболее значимых предикторов – температуры весенних месяцев (апрель и май), лета, количества осадков апреля, мая и летнего сезона.**
- **Ожидаемые изменения термического режима к 2035 г. наиболее значительны в пределах равнинной территории Кулунды и межгорных степных котловин Алтайского региона.** Совместный анализ прогнозируемых тенденций тепло- и влагообеспеченности свидетельствует о **преобладающей направленности развития процессов аридизации территории как уменьшения степени увлажнения при сохранении процесса значительного регионального потепления.**

Список публикаций

- Харламова Н.Ф. Изменения климата Алтайского региона в свете концепции устойчивого развития Российской Федерации // География и природопользование Сибири, 2006. - №8. - С. 234-249.
- Харламова Н.Ф. Современные изменения климата внутриконтинентальных районов Сибири // Известия Алтайского государственного университета, 2006. - №3.- С. 47-52.
- Харламова Н.Ф. Долговременные климатические изменения на внутриконтинентальной территории России (Алтайский регион) // Известия Алтайского государственного университета, 2010. - №3/1(67). - С. 133-140.
- Харламова Н.Ф., Силантьева М.М. Современное состояние и тенденции изменений климата Кулунды // Известия Алтайского государственного университета, 2011. - №3/2(71). - С. 50-55.
- Харламова Н.Ф., Силантьева М.М. Зависимость урожайности зерновых культур в районах Кулунды от климатических факторов // Известия Алтайского государственного университета, 2011. - №3/2(71). - С. 88-94.
- Харламова Н.Ф., Останин О.В. Обзор современного термического режима Алтае-Саянского экорегиона и возможные прогнозы // Известия Алтайского государственного университета, 2012. - №3-1 (75). - С. 147-152.
- Харламова Н.Ф. Влияние климатических изменений на хозяйственные процессы (на примере Алтайского края) // Вестник Алтайской науки, 2012. – №3-2. – С. 116-120.
- Харламова Н.Ф., Останин О.В. Характеристика современного термического режима российской части Алтае-Саянского экорегиона // Известия Алтайского государственного университета, 2013. - №3-2 (79). – С. 117-123.
- Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона: монография. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 156 с.
- Харламова Н.Ф. Климат Алтайского региона: учебник. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 108 с.
- Харламова, Н.Ф. Климат и сезонная ритмика природы Барнаула: монография, изд. 2-е, перераб. и доп. - Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. - 110 с.



altay-birder.livejournal.com

Благодарю за внимание