

Динамика климата и загрязнение атмосферного воздуха российской Арктики

Александр ГИНЗБУРГ

Зам. директора Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН
Зав. Лабораторией математической экологии, доктор физ.-мат. наук
Почетный работник охраны природы РФ

E-mail: gin@ifaran.ru

Анна ВИНОГРАДОВА

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН
Доктор географических наук
Кандидат физ.-мат. наук

E-mail: anvingrad@yandex.ru

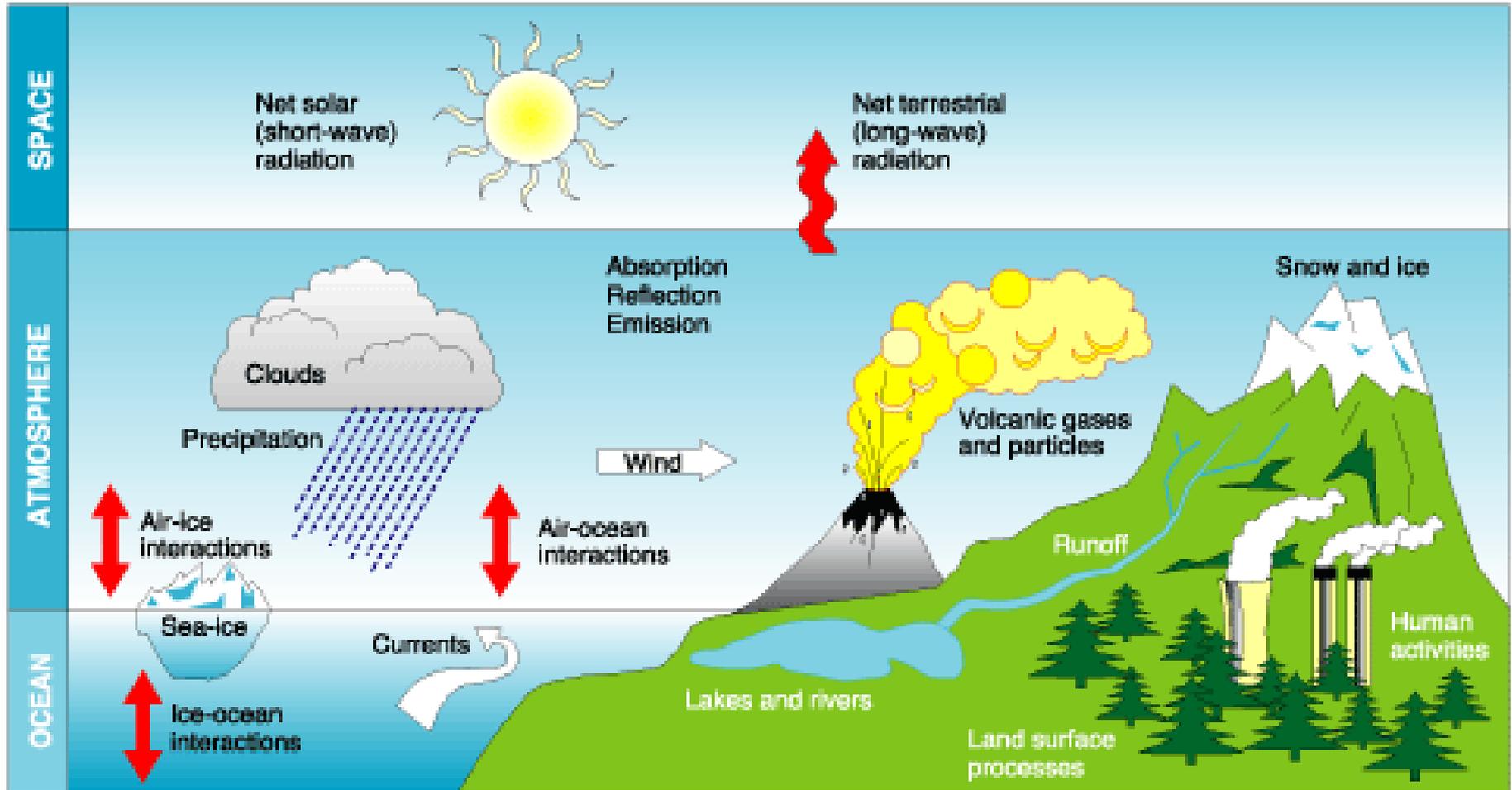
Москва, 19 мая 2008

ние частей региона, обеспечивая значительную долю, не учитываемую в официальной статистике.

в каждой стране на 1990-х годов. Коренное население составляет примерно 10% от современного населения Арктики, хотя в российской Арктике коренные жители представляют половину населения. В Гренландии они являются большинством.



Климатическая система Земли



Общие законы Мэрфи

(Закон № 23)

**Всё,
что есть хорошего в жизни,
либо незаконно,
либо аморально,
либо ведет к ожирению.**

Вклад различных естественных и антропогенных факторов в радиационный прогрев атмосферы

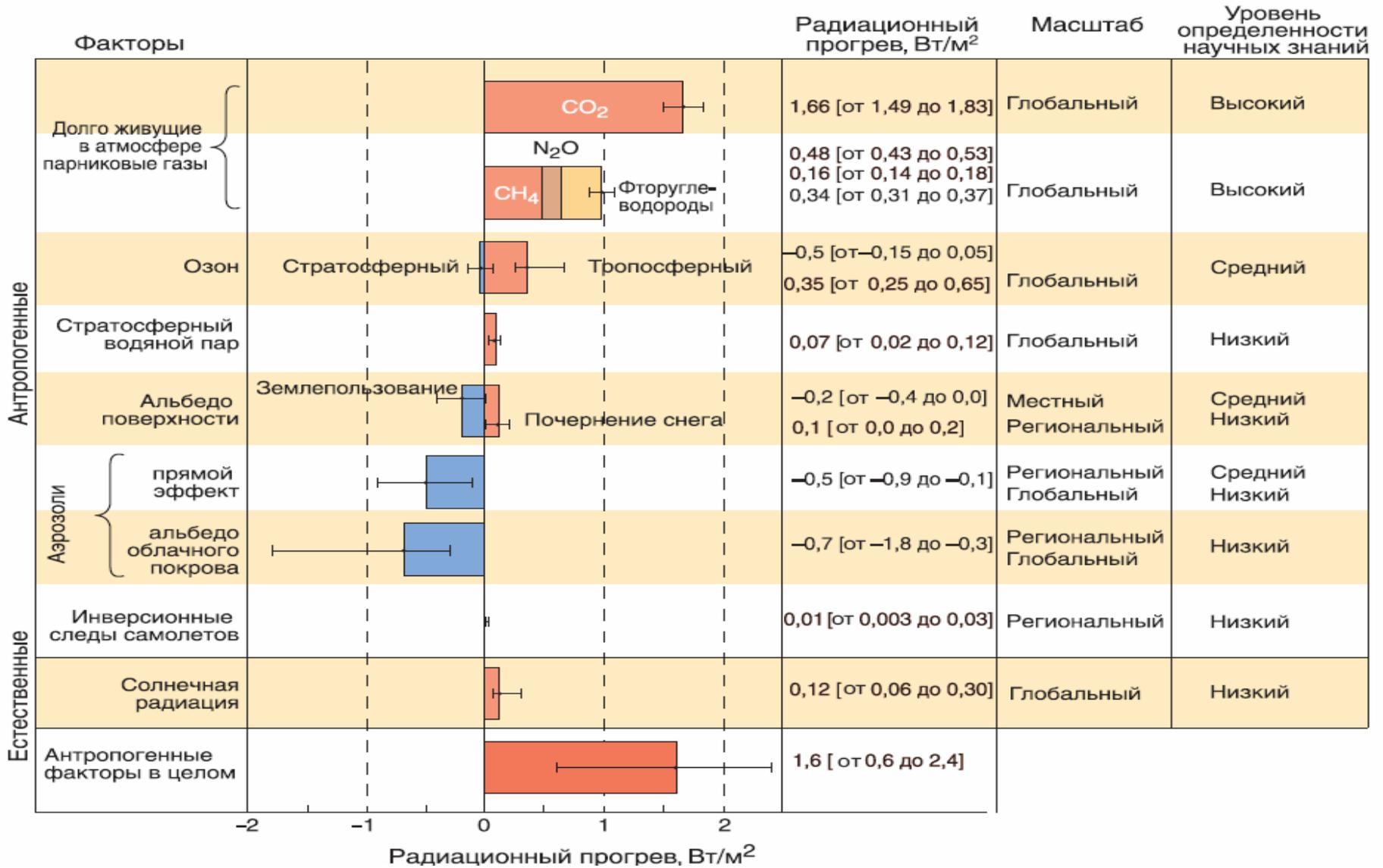
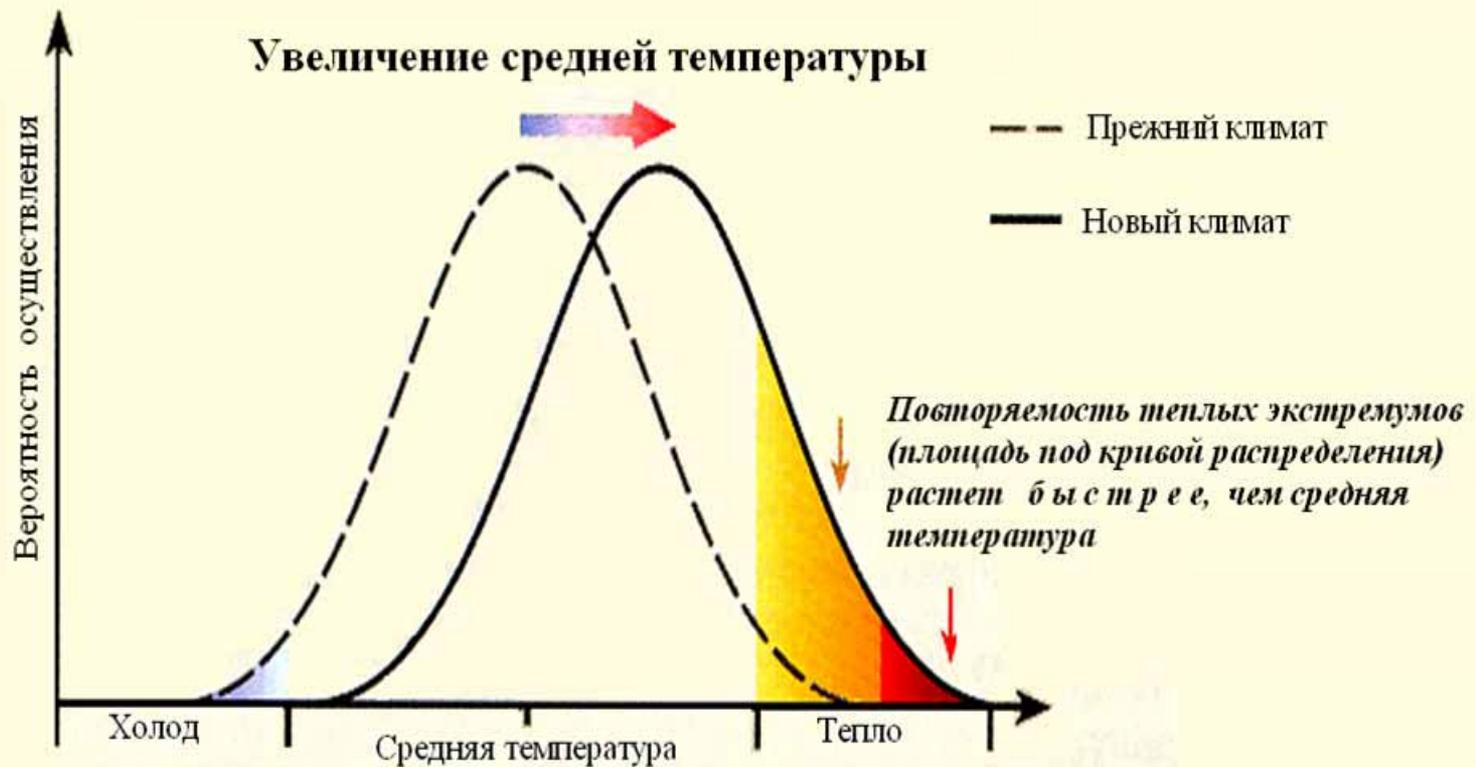
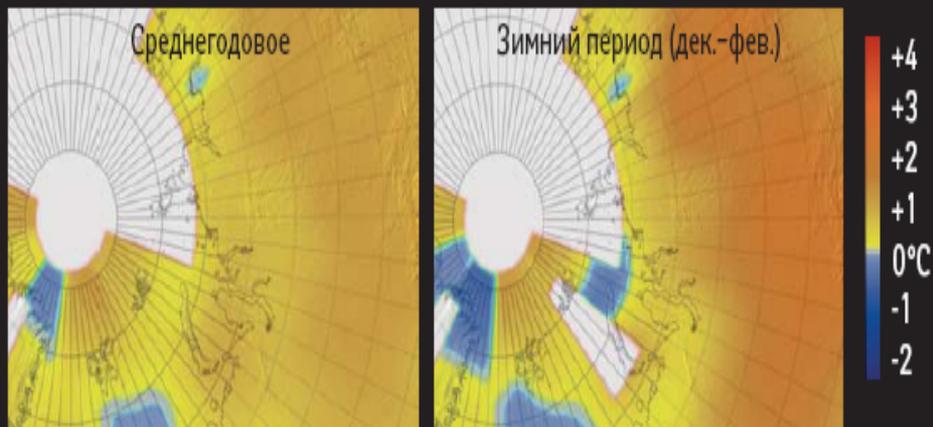


Рисунок взят из доклада «Россия и сопредельные страны: природоохранные, экономические и социальные последствия изменения климата». WWF России, OXFAM. – М., 2008. – 64 с.

Малые изменения средней температуры могут быть причиной больших изменений повторяемости экстремумов



Наблюдаемое изменение приземной температуры: 1954–2003 гг.



Прогнозируемое изменение приземной температуры: 1990-е – 2090-е гг.

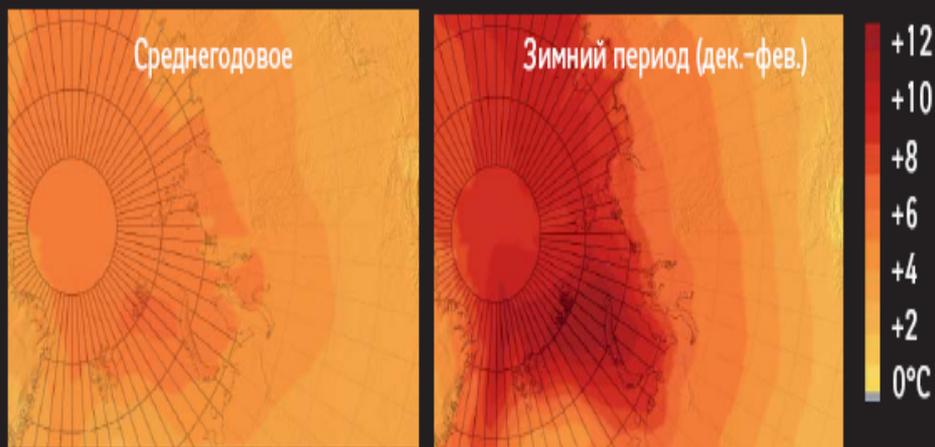
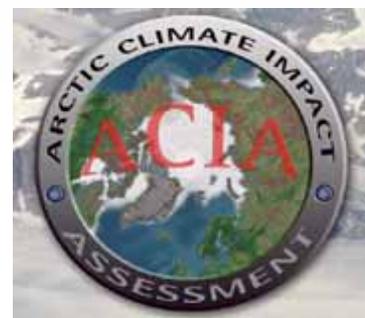


Рисунок из доклада «Оценка климатических воздействий в Арктике», 2004

РЕГИОН II (Сибирь и прилегающие моря)

Среднегодовая температура в Сибири выросла на 1–3°C за последние 50 лет, с наибольшим потеплением зимой, когда температура выросла на 3–5°C. Наиболее значительное потепление произошло во внутриматериковых областях, где сократилась продолжительность сезона снежного покрова, что способствовало усилению потепления.

К 2090-м годам модели предсказывают увеличение среднегодового потепления на величину около 3–5°C над сушей, с ростом потепления по мере приближения к Северному Ледовитому океану, где температура воздуха, как ожидается, вырастет на 5–7°C. Рост зимней температуры, согласно прогнозу, составит 3–7°C над сушей, также увеличиваясь вблизи северного берега Сибири из-за роста на 10°C и более над прилегающими областями океана.



Климатические тренды в Арктике

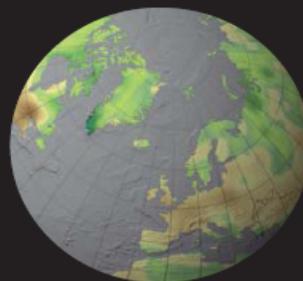
Потепление в Арктике вызывает изменения почти во всех частях природно-климатической системы. Некоторые из этих изменений перечислены ниже и более детально рассматриваются далее в отчете.

Рост температуры



В последние десятилетия в большей части Арктики температура резко выросла, особенно в зимний сезон. Зимнее потепление на Аляске и в Западной Канаде составило около 3–4 °С за последние 50 лет. Еще более значительное потепление прогнозируется на это столетие.

Рост количества осадков



Количество осадков в Арктике выросло, в среднем, примерно на 8% за последние 100 лет. Больше всего увеличились осадки в виде дождя, с максимальным ростом осенью и зимой. Предполагается, что еще более значительный рост количества осадков произойдет в последующие 100 лет.

Увеличение стока рек



За последние несколько десятилетий сток рек в океан вырос почти во всей Арктике, а весенний максимум стока рек сейчас наблюдается в более ранние сроки. Предполагается, что скорость этих изменений возрастет.

Таяние вечной мерзлоты

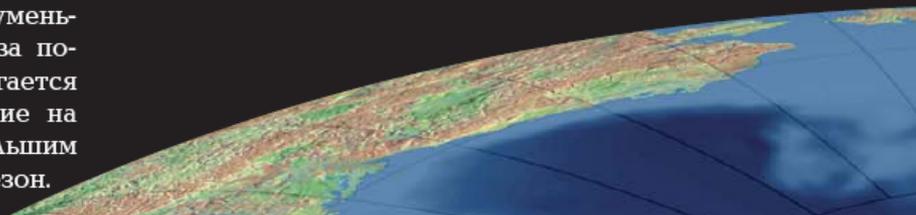


За последние десятилетия вечная мерзлота потеплела на величину до 2 °С, и глубина слоя ежегодного протаивания растет во многих районах. Южная граница вечной мерзлоты в этом столетии, согласно прогнозам, сместится к северу на несколько сотен километров.

Сокращение снежного покрова



Площадь снежного покрова уменьшилась примерно на 10% за последние 30 лет. Предполагается дополнительное сокращение на 10–20% к 2070 году с наибольшим уменьшением в весенний сезон.





Сокращение ледового покрова на озерах и реках

Более позднее замерзание и более раннее вскрытие льда на реках и озерах приводят к сокращению сезона ледостава на период от одной до трех недель в некоторых регионах. Наиболее значительные тренды наблюдаются в Северной Америке и Западной Евразии.



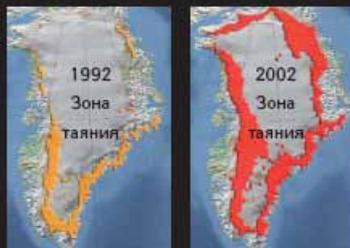
Таяние ледников

Ледники тают во всей Арктике. Наиболее быстрое отступление ледников Аляски составляет, по оценкам, примерно половину потерь массы ледниками во всем мире и формирует наибольший вклад от таяния ледников в наблюдаемое повышение уровня моря.



Отступление летней границы морского льда

Средняя площадь морского ледяного покрова в летний сезон уменьшилась на 15–20% за последние 30 лет. Ожидается, что это сокращение ускорится до почти полного исчезновения морского льда летом, прогнозируемого к концу этого века.



Таяние Гренландского ледникового щита

Область Гренландского ледникового щита, где происходит таяние, увеличилась примерно на 16% с 1979 по 2002 год. Размеры области таяния в 2002 году побили все рекорды предыдущих лет.



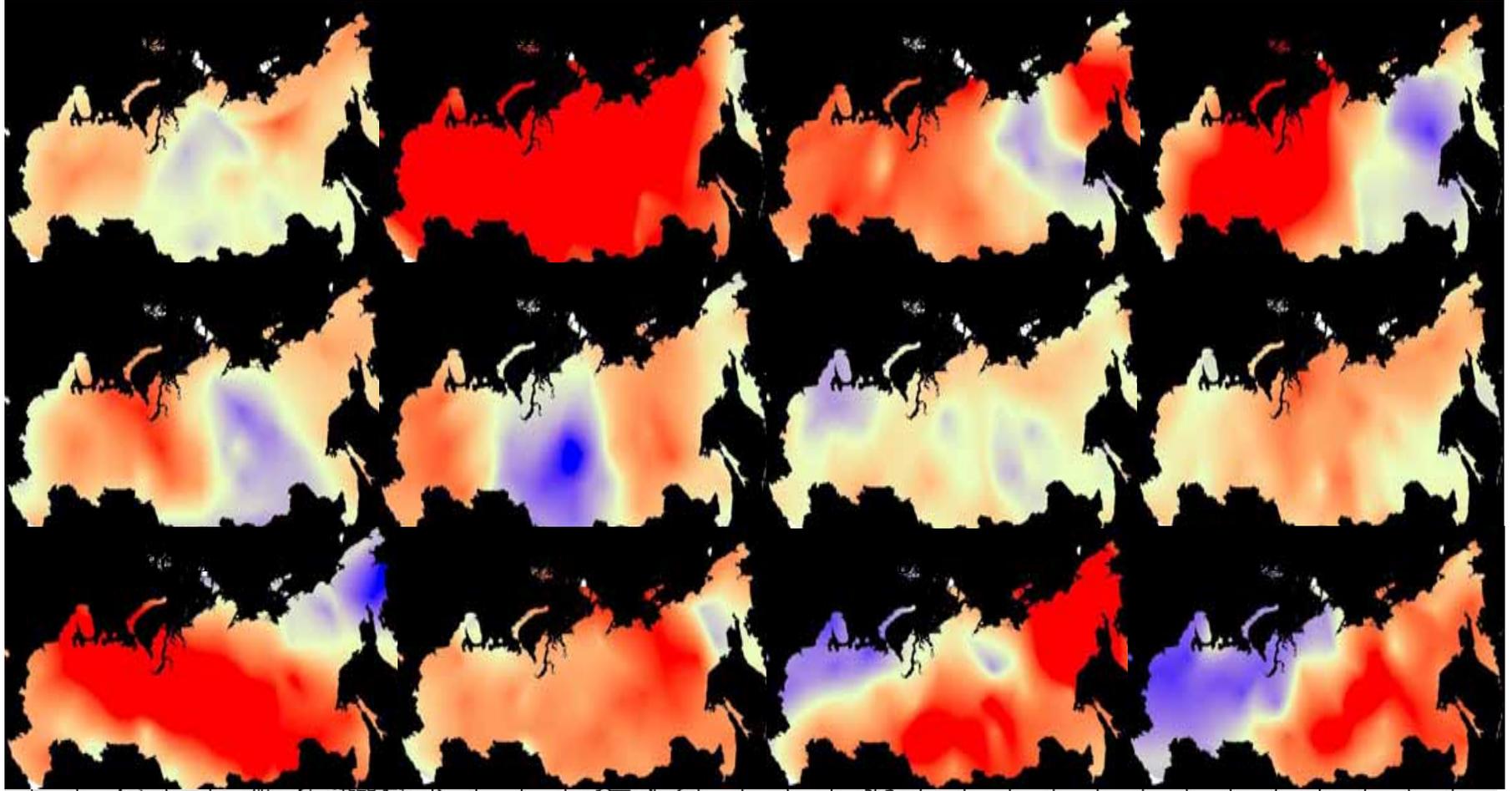
Рост уровня моря

За последние 100 лет уровень Мирового океана и уровень арктических морей выросли на 10–20 см. Прогнозируется, что в течение этого столетия произойдет дополнительный подъем уровня моря на полметра (в диапазоне от 10 до 90 см). Предсказывается, что подъем уровня моря в Арктике будет превосходить среднеглобальный. На относительный рост уровня моря в каждом конкретном регионе влияет наклон берегов и то, поднимается или опускается береговая линия.

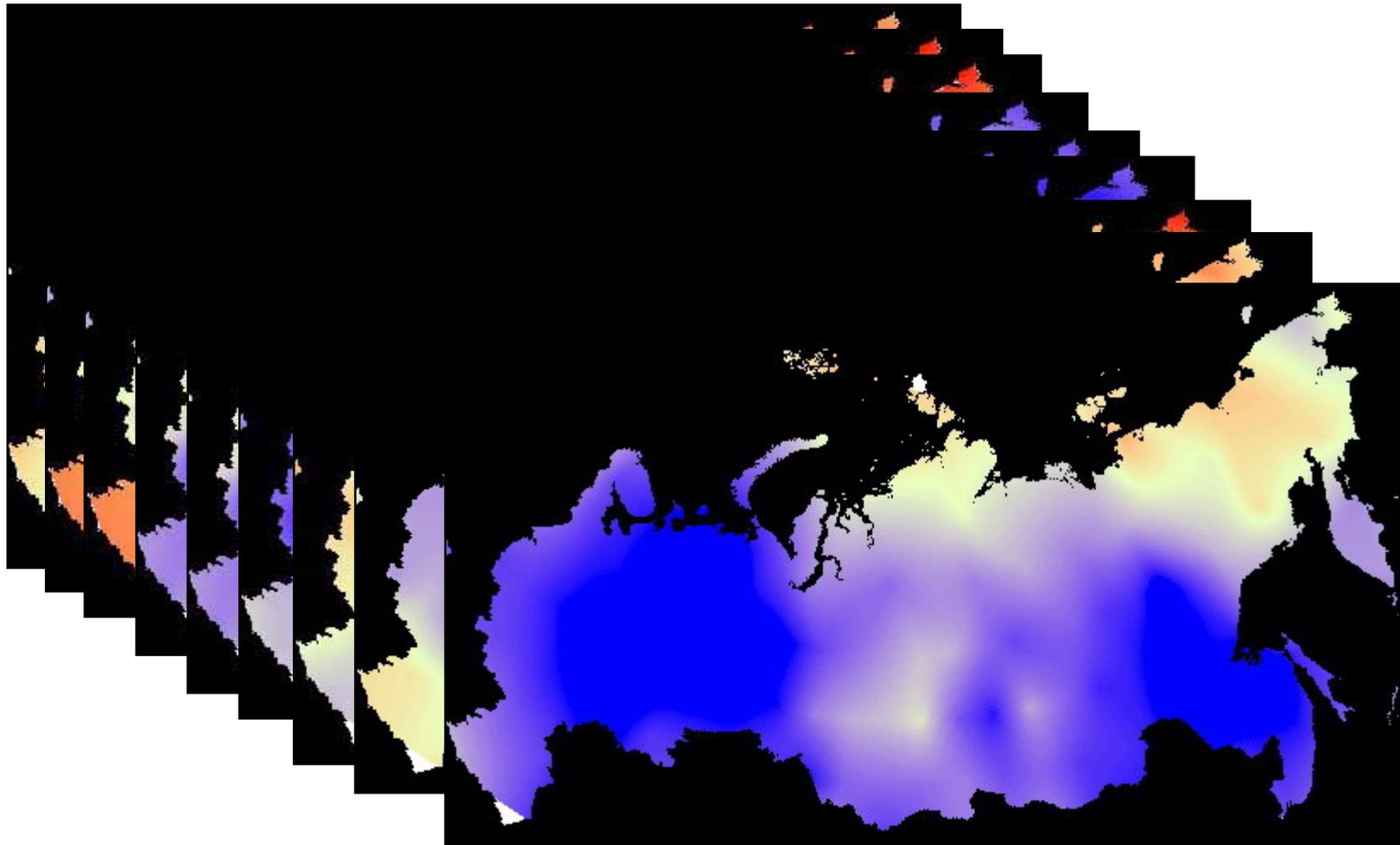
“Окружающий нас мир может ответить на все наши вопросы. Единственная проблема для него – это отсутствие голоса. Но существуют индикаторы состояния этого мира. Они всегда говорят с нами.”

Куитсак Таркиасук
Ивуйивик, Канада

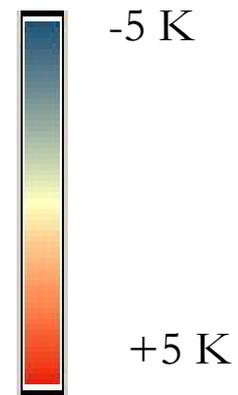
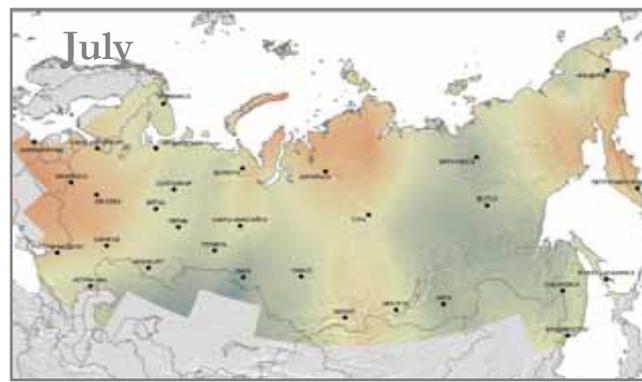
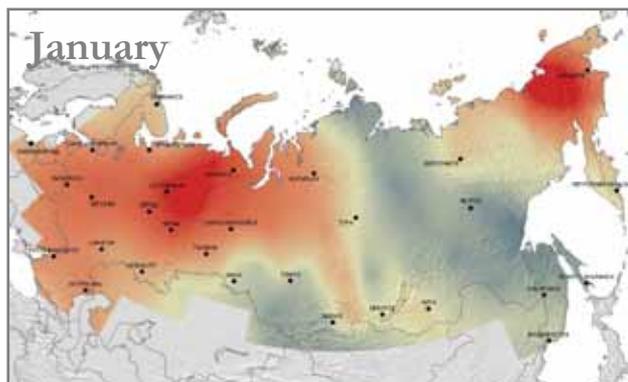
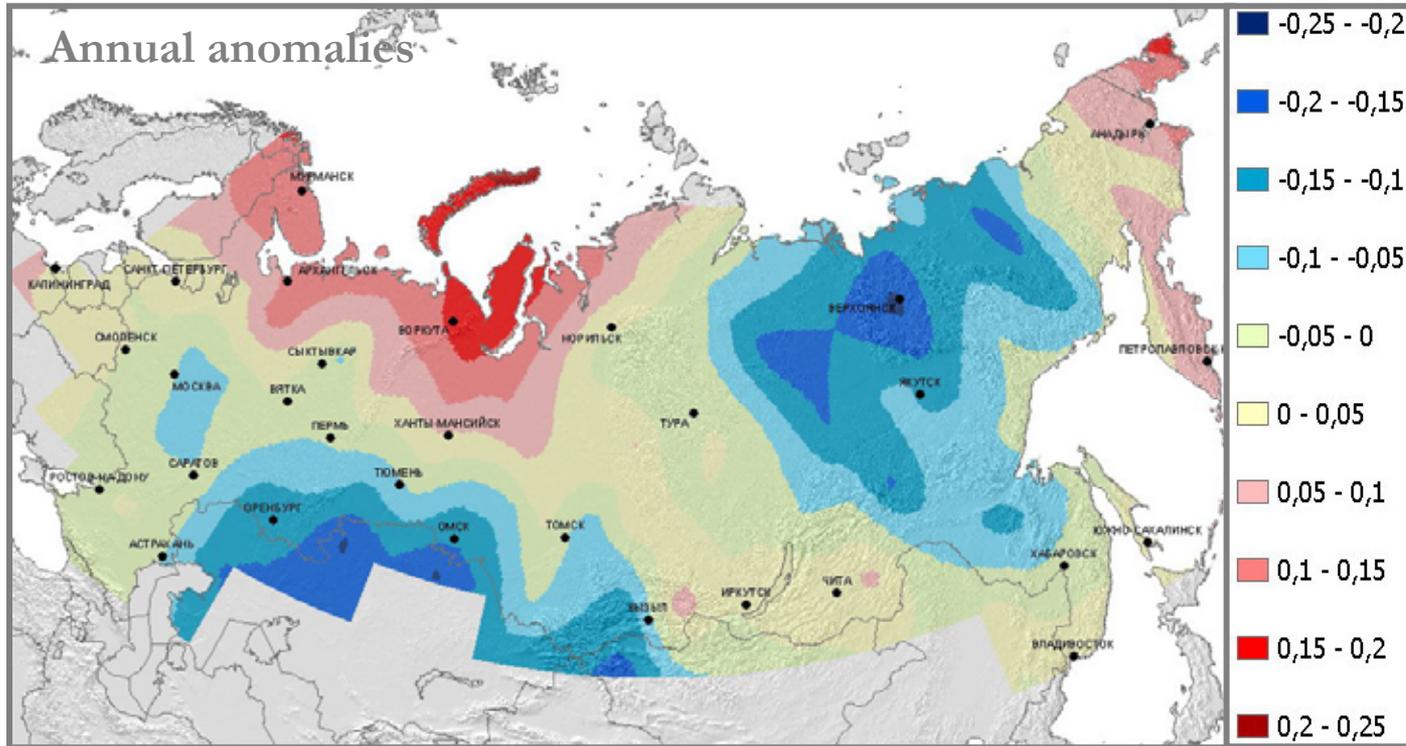
Среднемесячные аномалии температуры (на примере 1995 года)



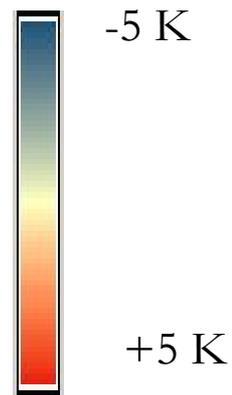
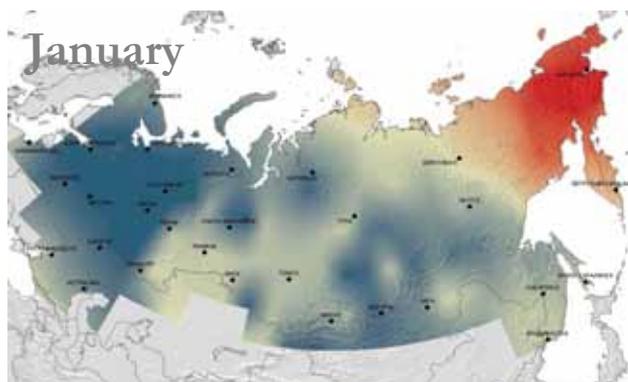
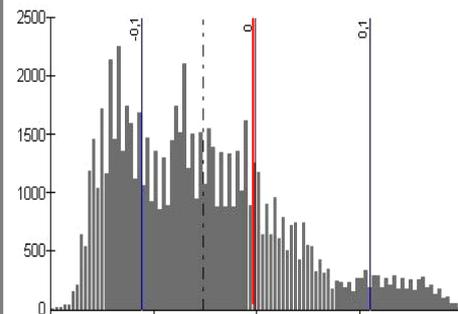
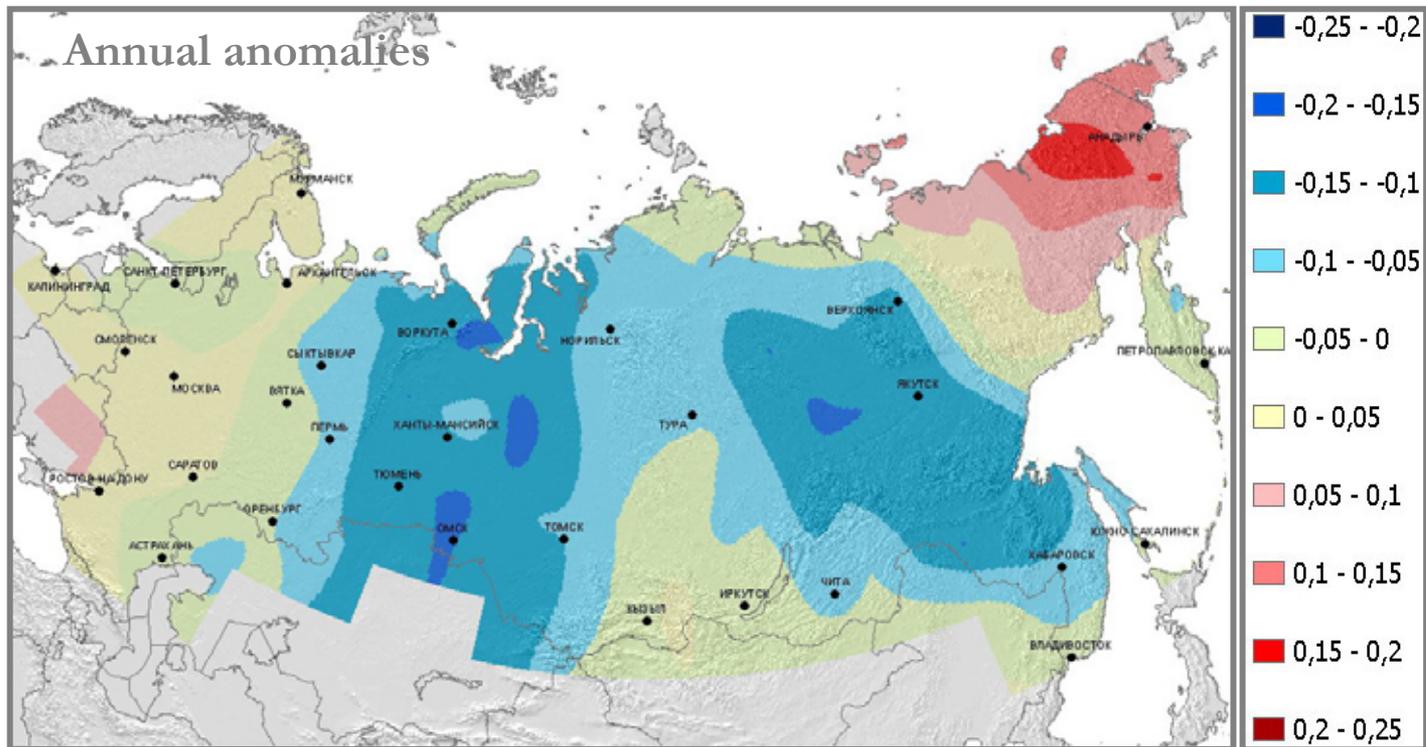
Среднегодовые аномалии приземной температуры с 1960 по 1969 гг.



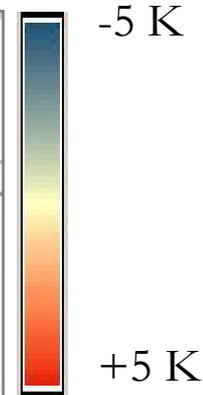
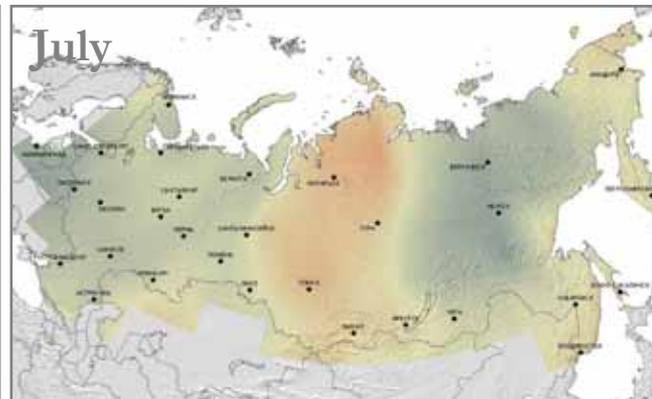
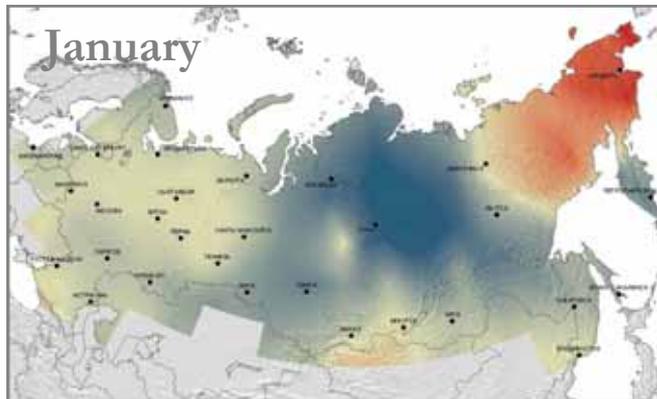
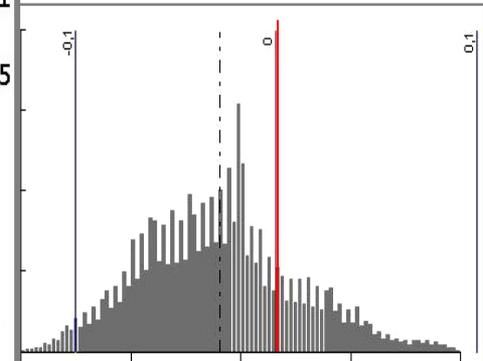
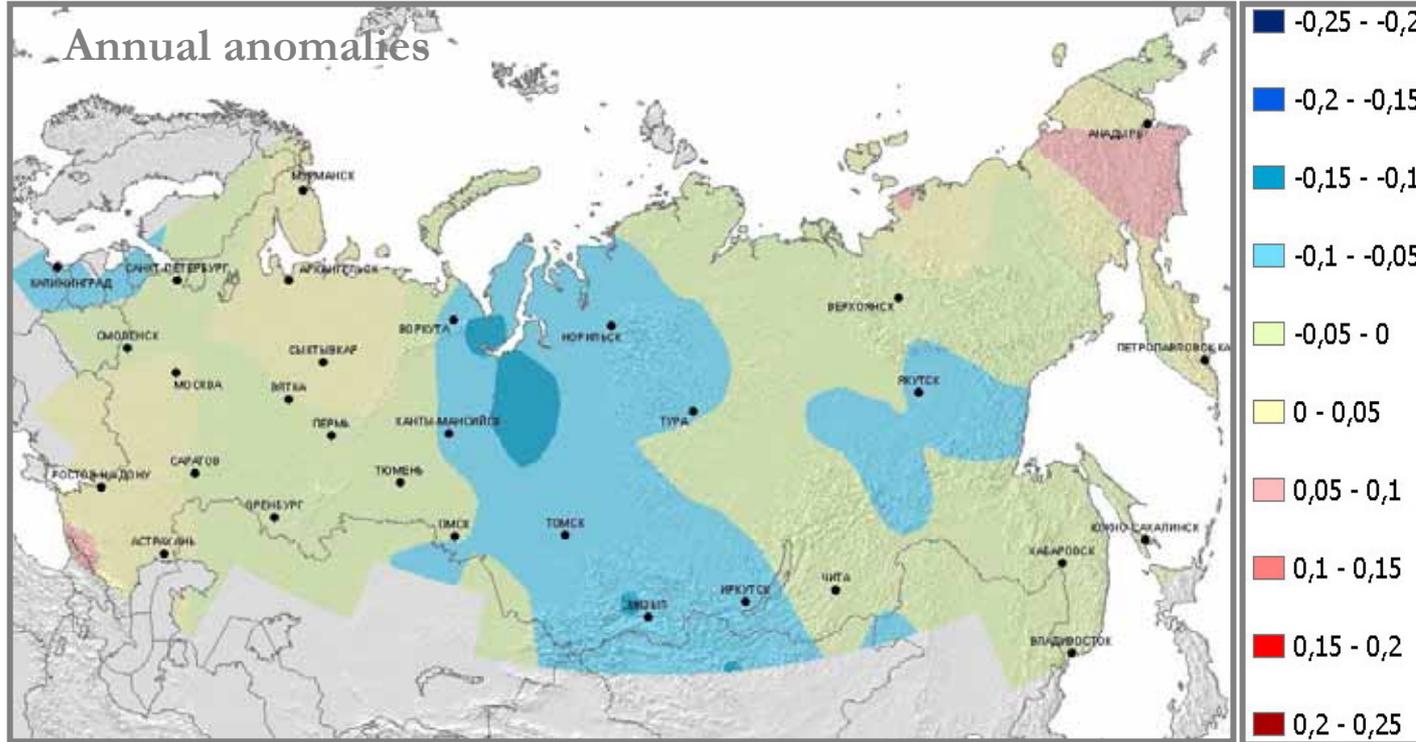
Карты температурных аномалий в десятилетие 1950-1959 гг.



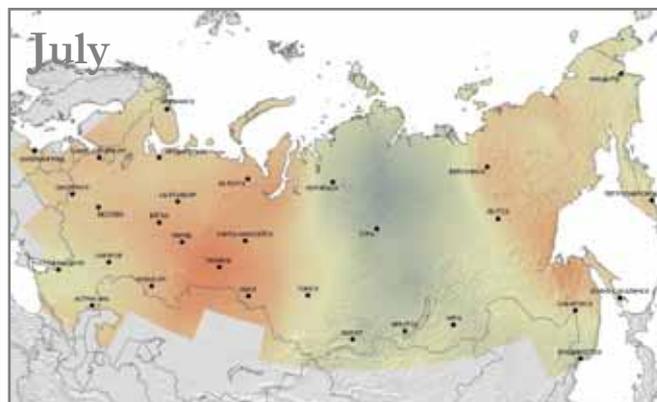
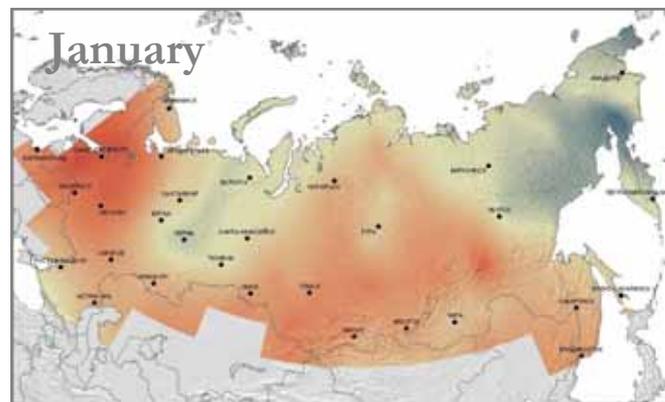
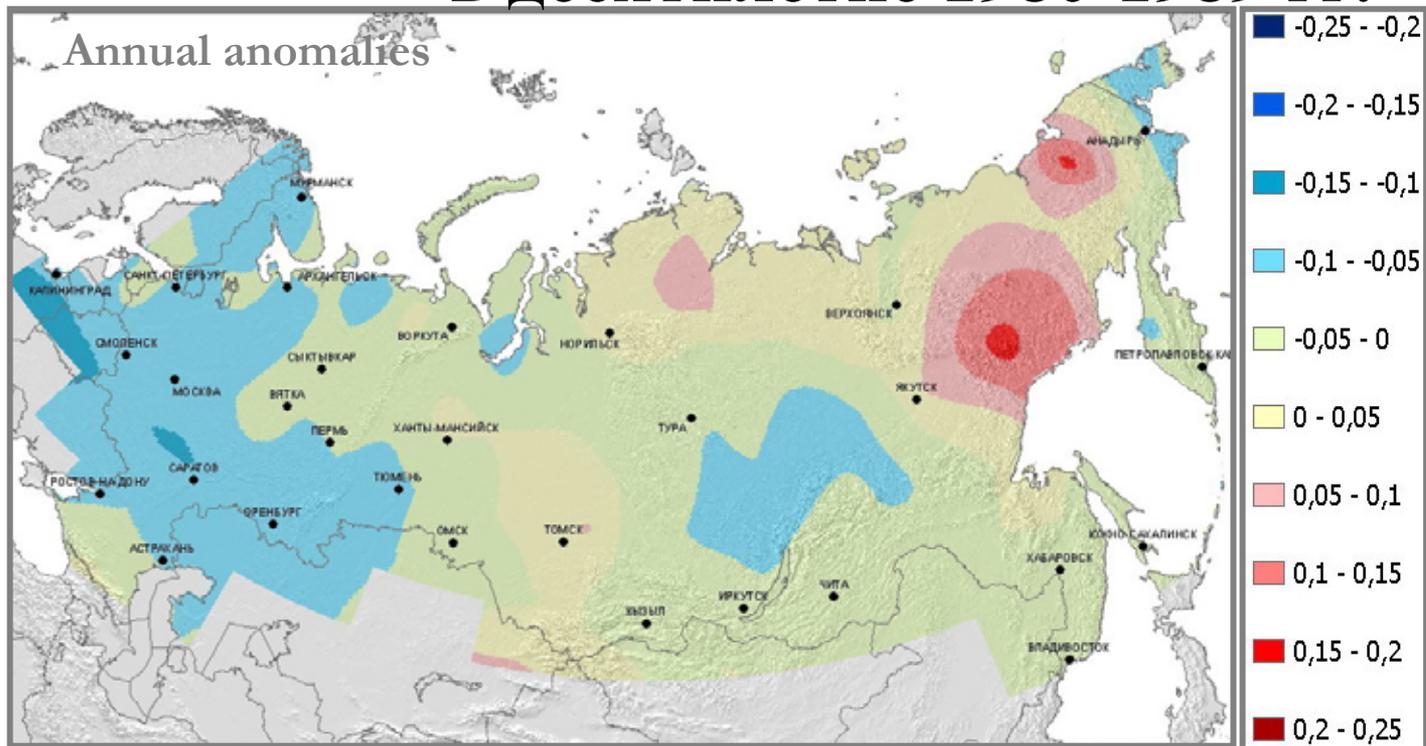
Карты температурных аномалий в десятилетие 1960-1969 гг.



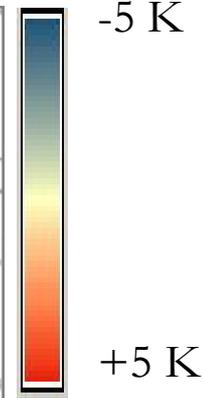
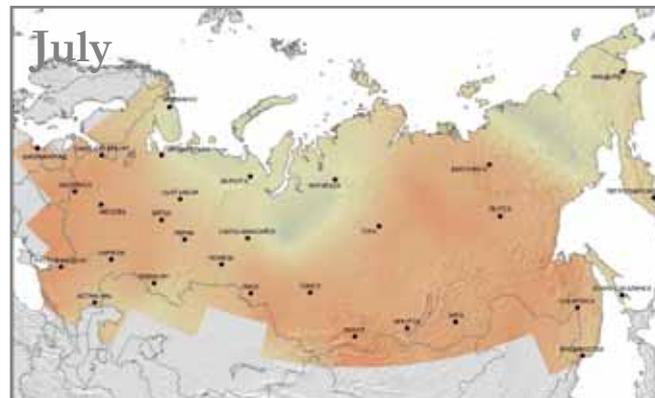
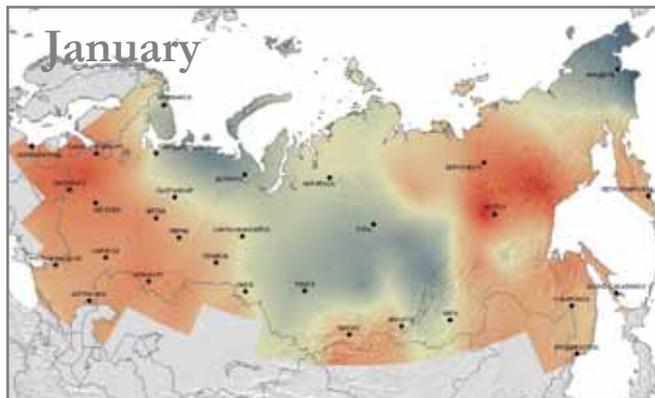
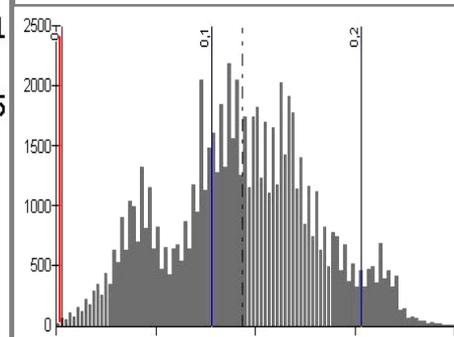
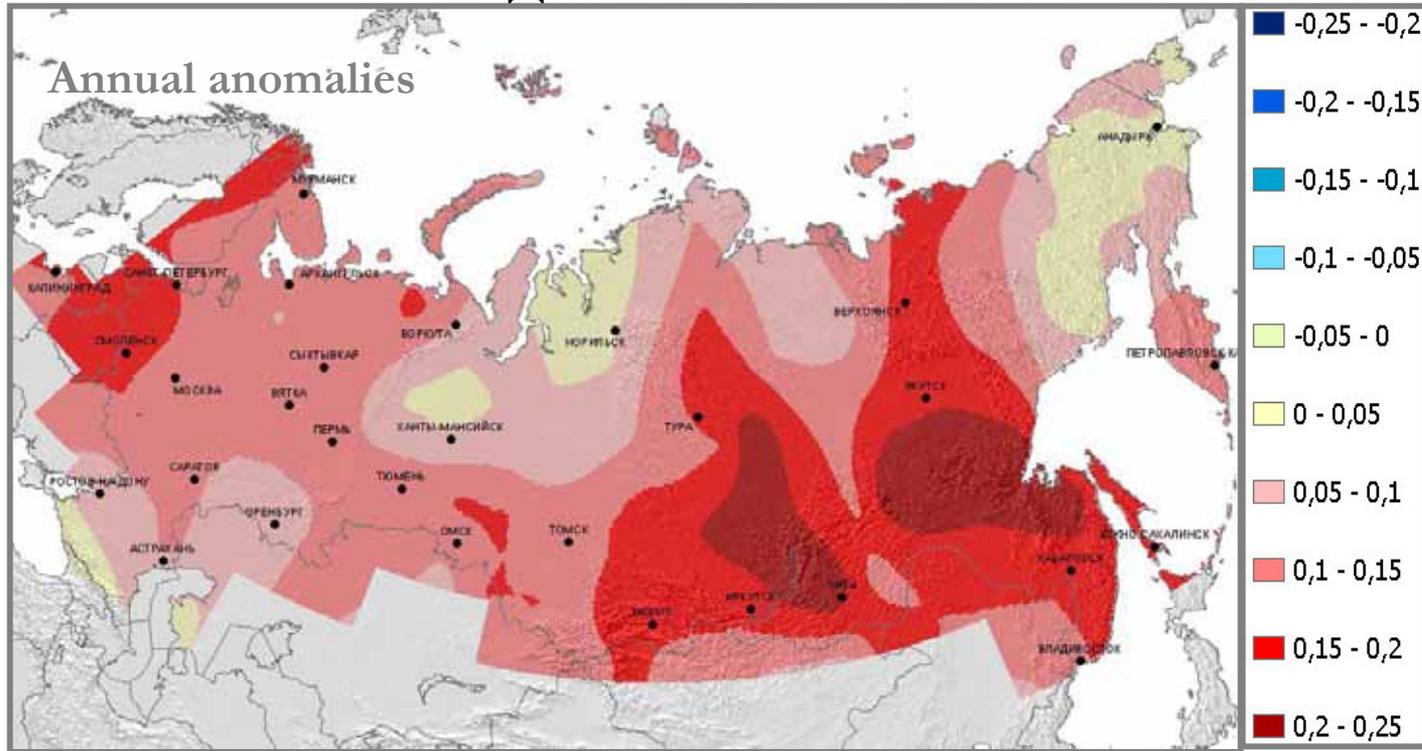
Карты температурных аномалий в десятилетие 1970-1979 гг.



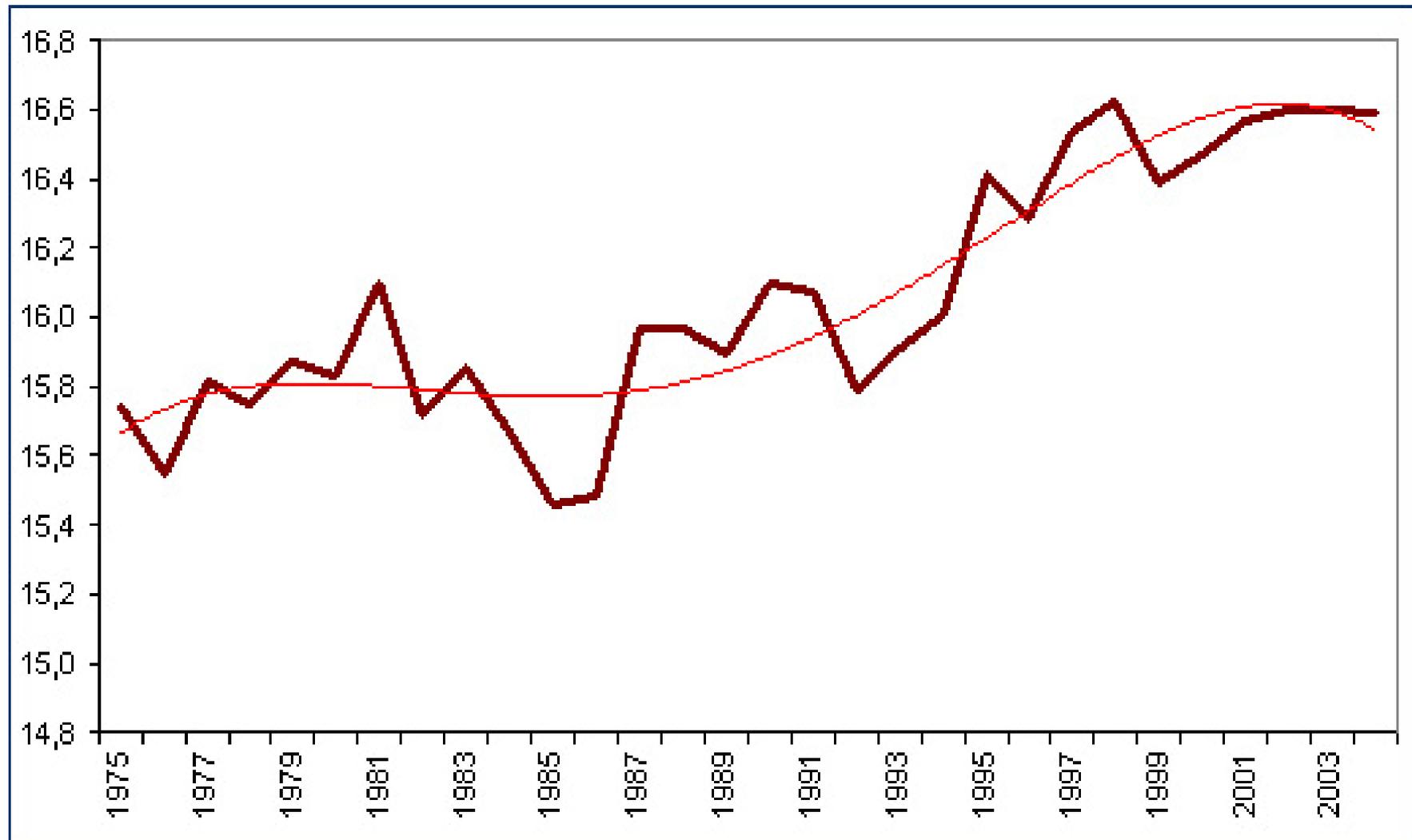
Карты температурных аномалий в десятилетие 1980-1989 гг.



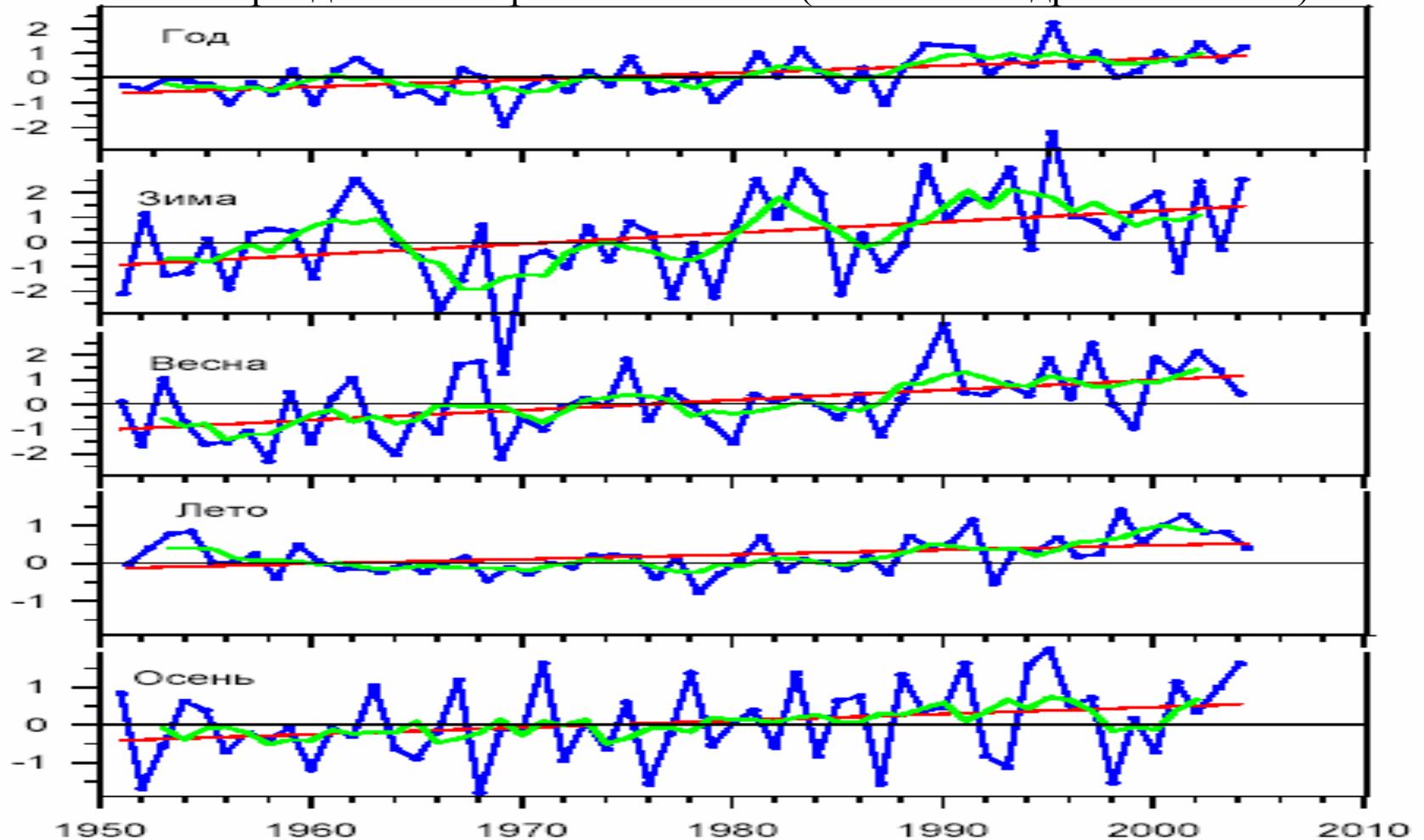
Карты температурных аномалий в десятилетие 1990-1999 гг.

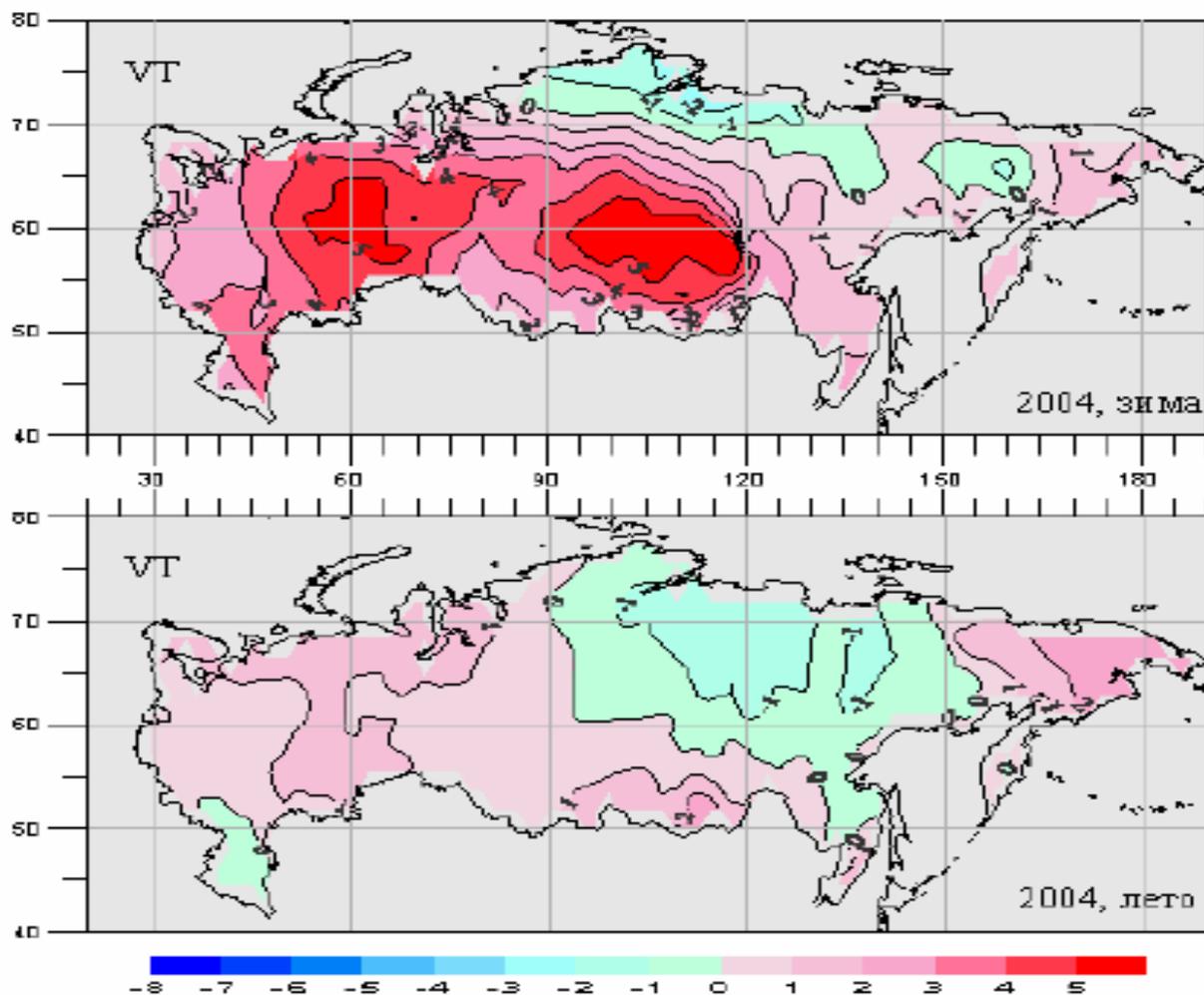


Среднегодовая температура воздуха Северного полушария (Росгидромет)



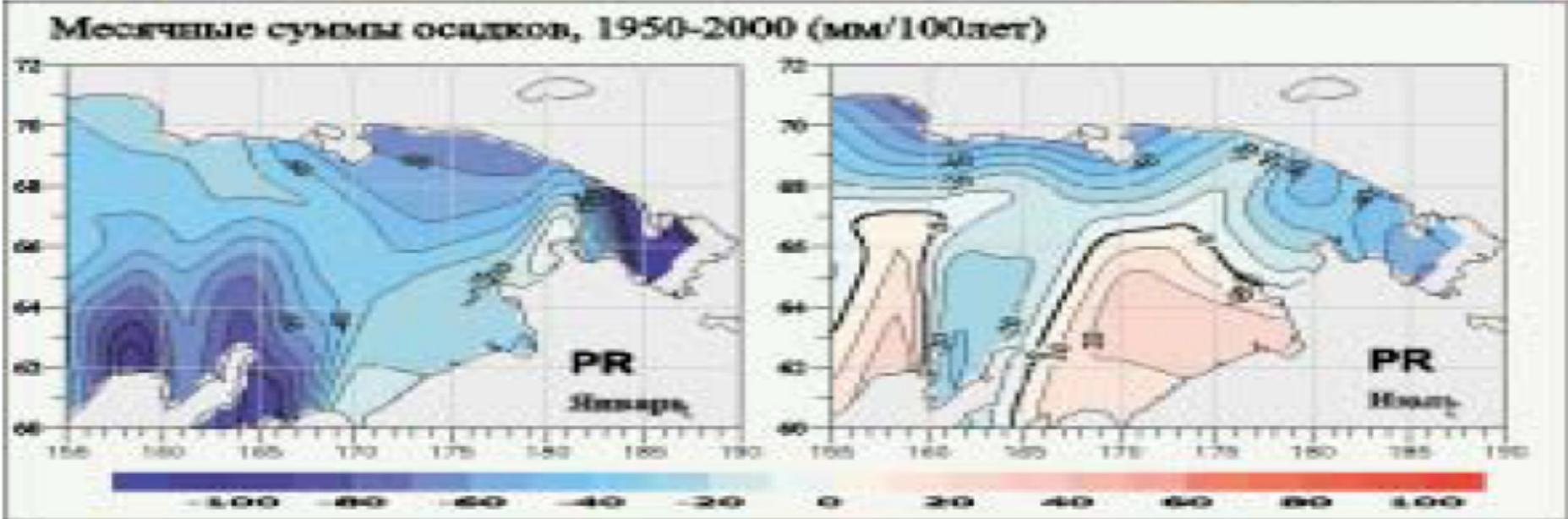
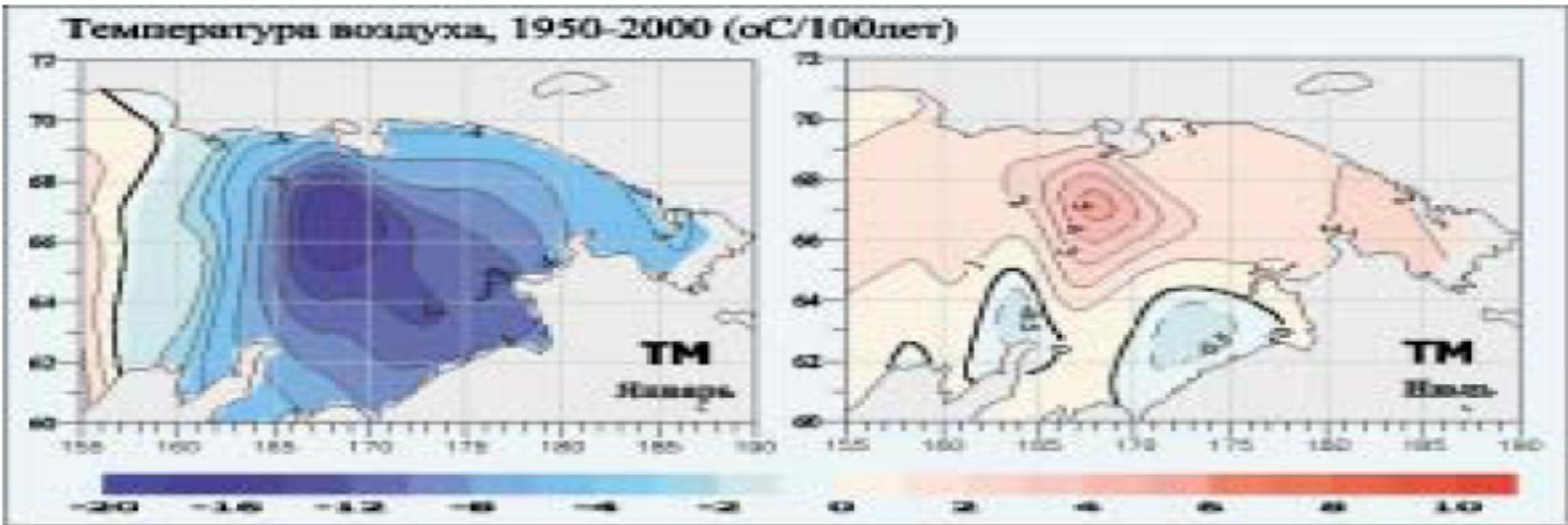
Средние годовые и сезонные аномалии температуры приземного воздуха (С) для России за 1951-2004 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Зеленая кривая – 5-летняя скользящая средняя. Линейный тренд показан красной линией. (ИГКЭ Росгидромета и РАН)





Поле аномалий температуры приземного воздуха на территории России, осредненных за зимний (декабрь 2003-февраль 2004 гг.) и летний сезоны 2004 г. (ИГКЭ Росгидромета и РАН)

Изменение температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Чукотки в январе и в июле (1951–2000 гг.)



dominant
except
of the
ts, sub-
ng the
and-
ght

trib-
bute
o (e.g.,
2001).
arge sea-
c is piv-
) and as
ld (am-
y *et al.*,
the 0°C
change
ave im-
systems

Catchment area
for Hudson Bay, Baffin Bay,
and adjacent seas

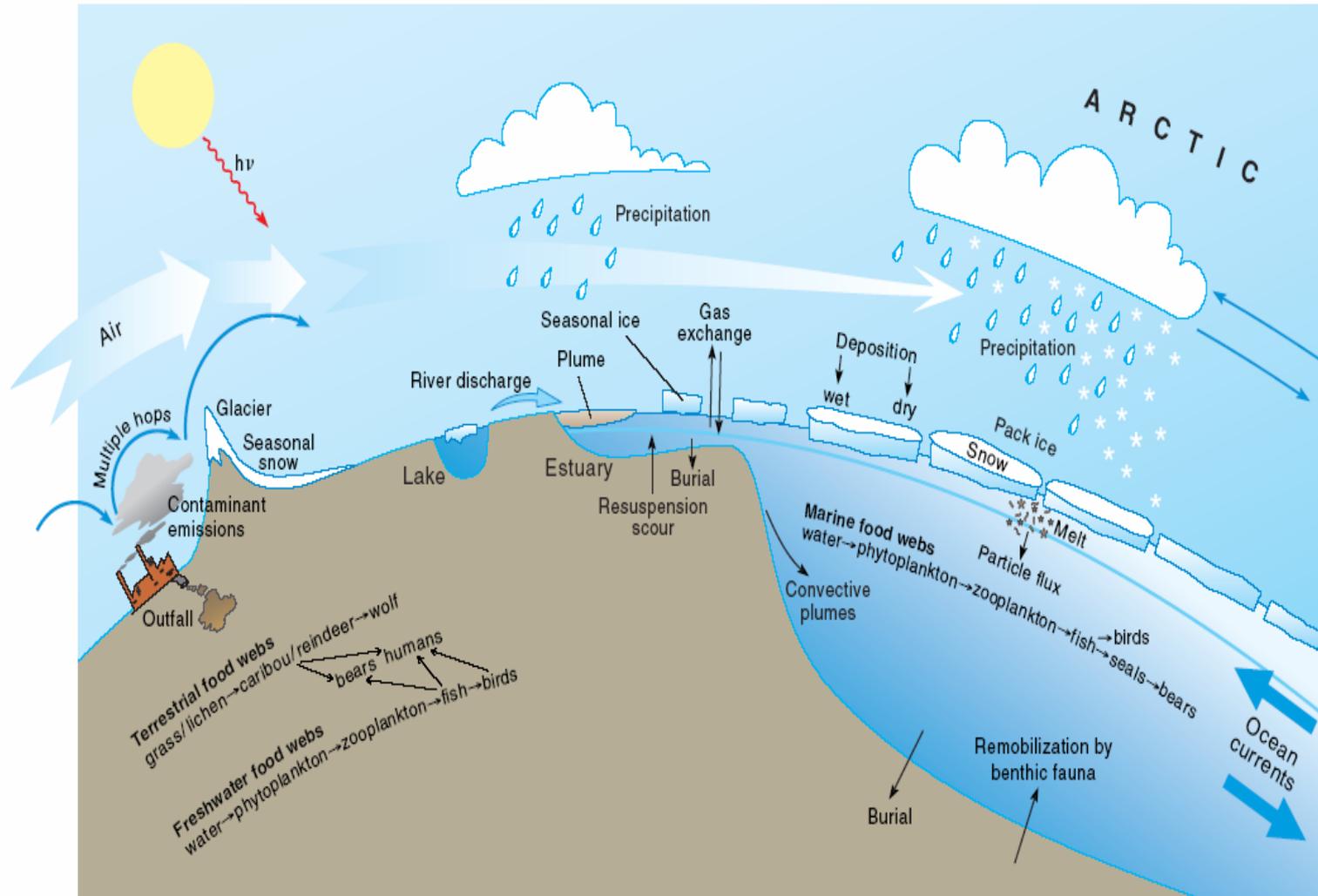
Catchment area
for Arctic Ocean
and adjacent seas

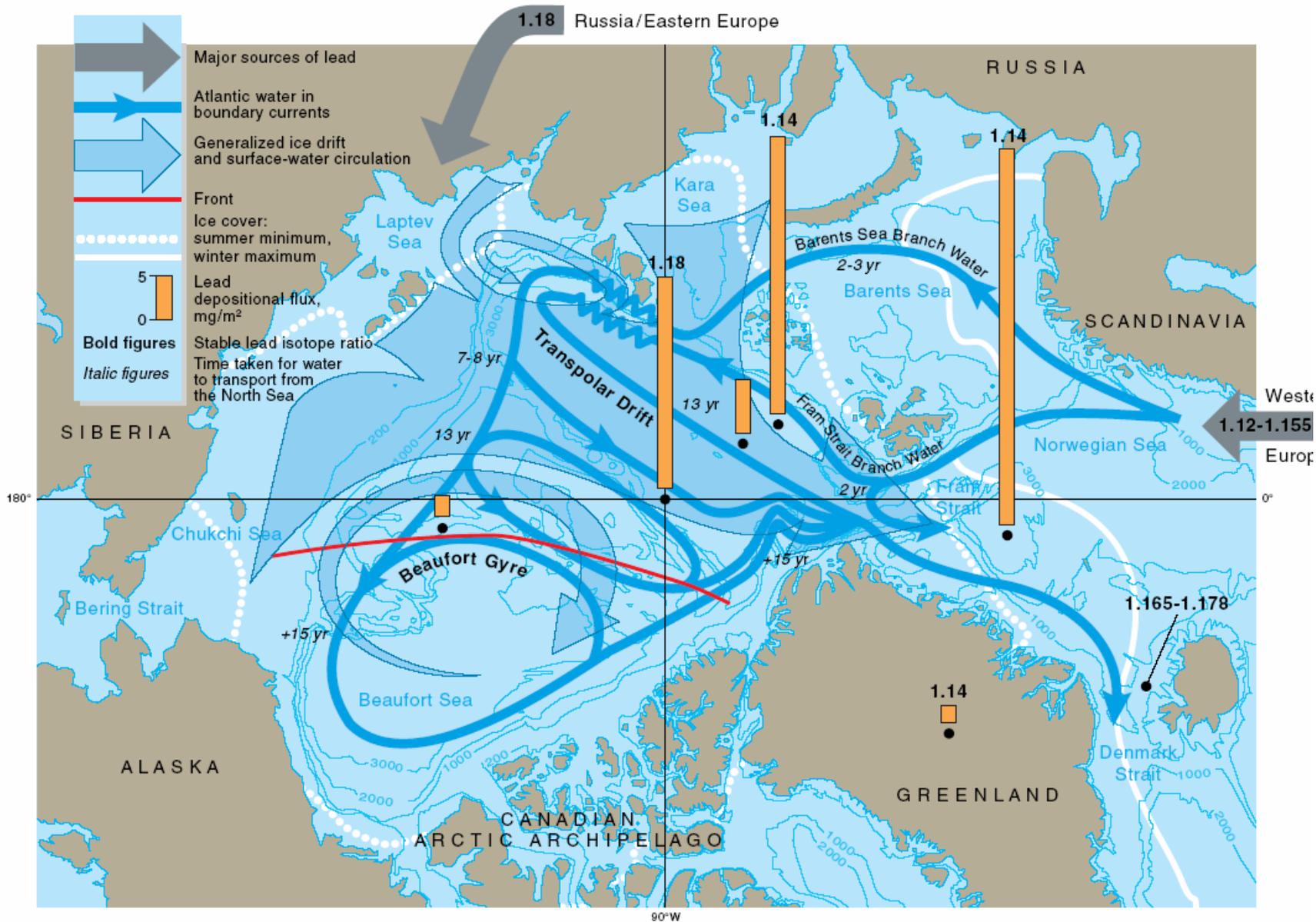


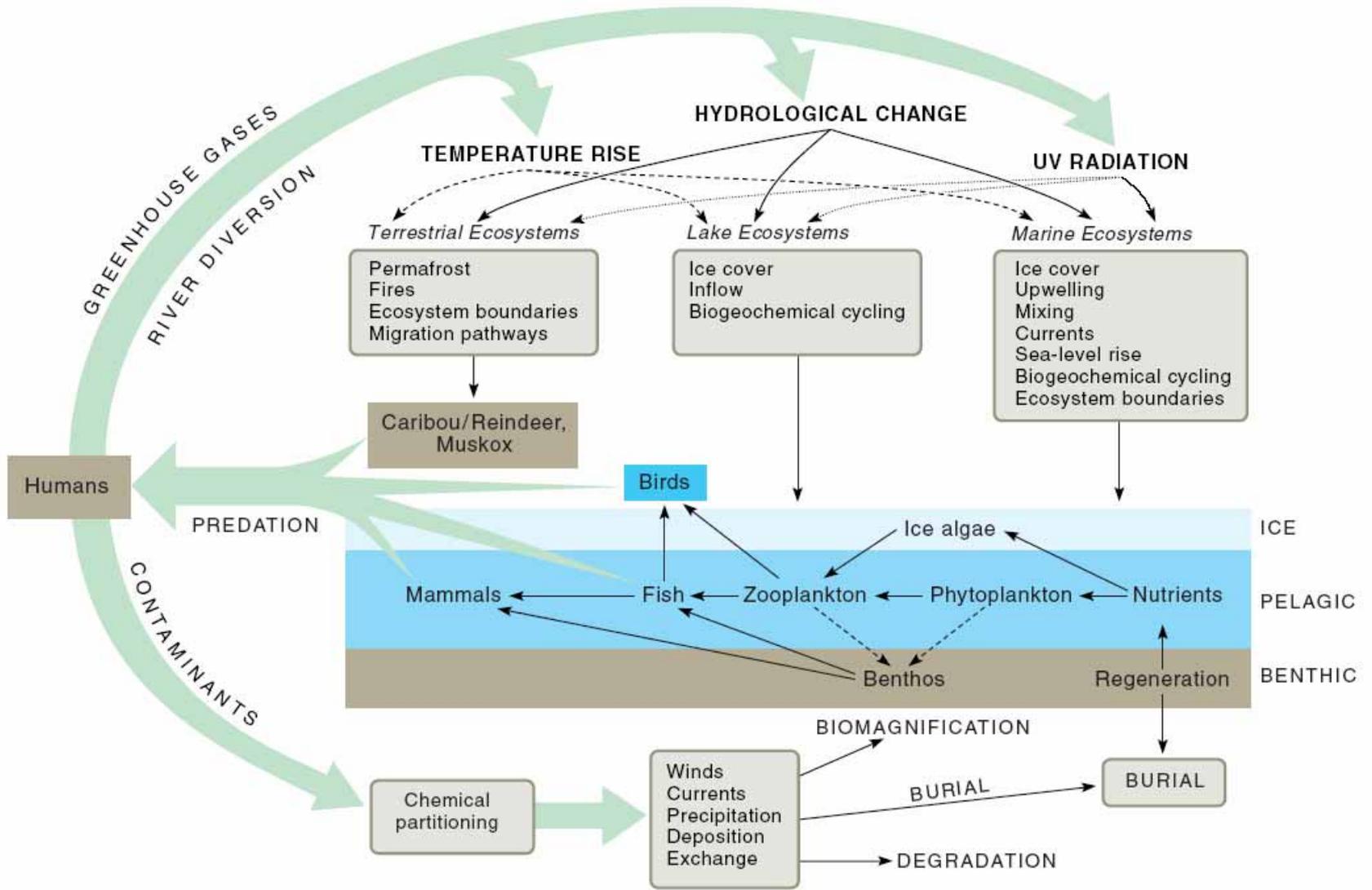
Figure 1-1. The major physical pathways (wind, rivers and ocean currents) that transport contaminants to the Arctic.

AMAP Assessment 2002:

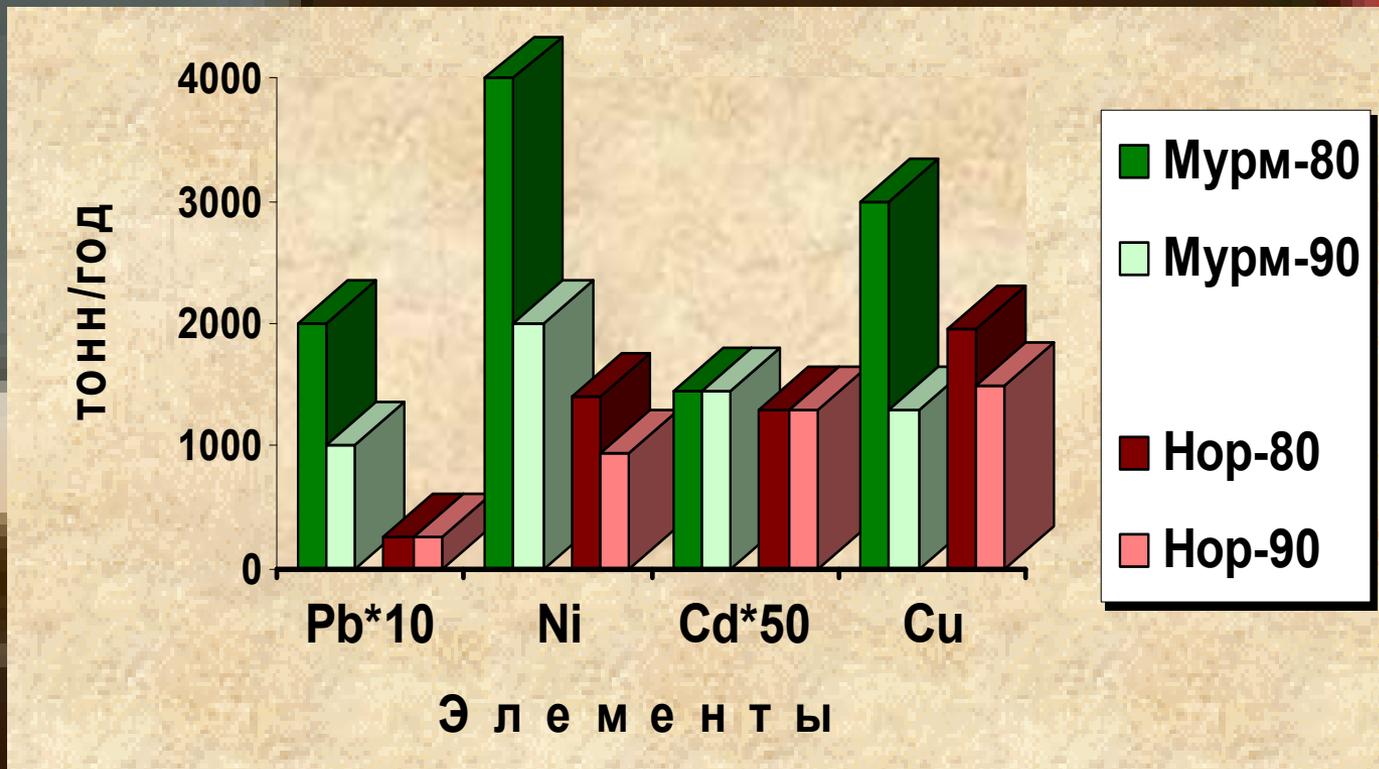
*The Influence of
Global Change
on Contaminant
Pathways to,
within, and
from the Arctic*





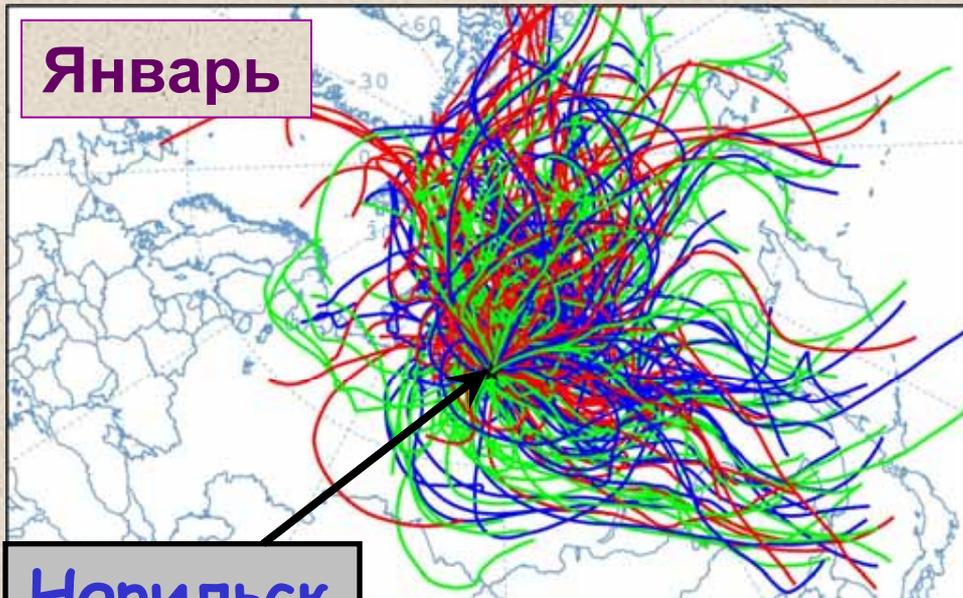


Сведения о выбросах с территорий Мурманской области и Норильска в 80-х и в 90-х годах



- Ежегодник состояния загрязнения воздуха и выбросов вредных веществ в атмосферу городов и промышленных центров Советского Союза. Л.: 1990.
- Ежегодник выбросов загрязняющих веществ в атмосферу городов и регионов Российской Федерации (России). СПб, 1996; 1998; 2001; 2005.
- Расуна J.M. Source inventories for atmospheric trace metals // Atmospheric Particles, Ed. by R.M. Harrison and R. Van Grieken, 1998. P. 385- 423.

Январь



Норильск

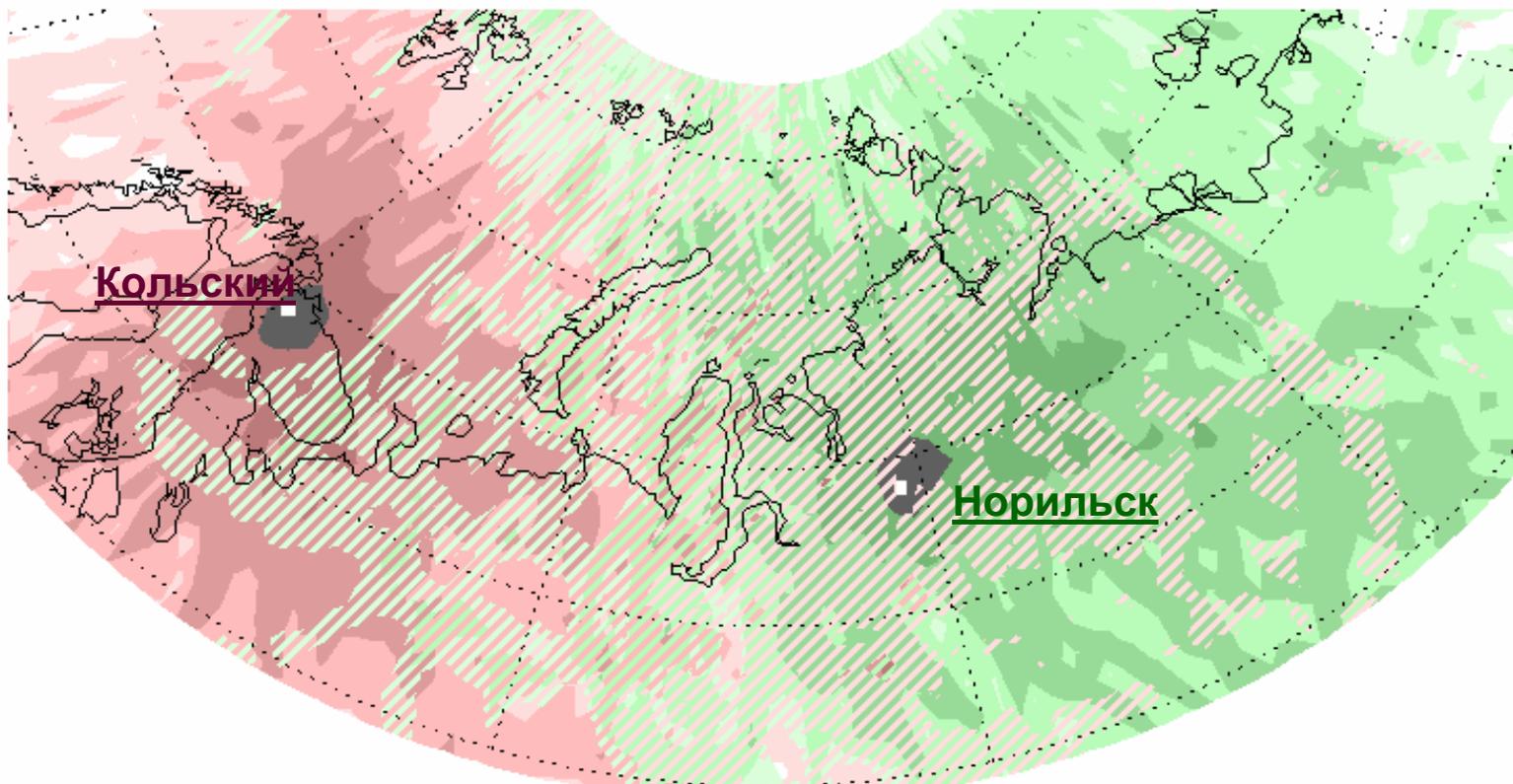


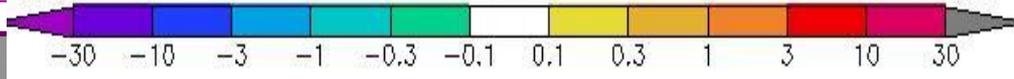
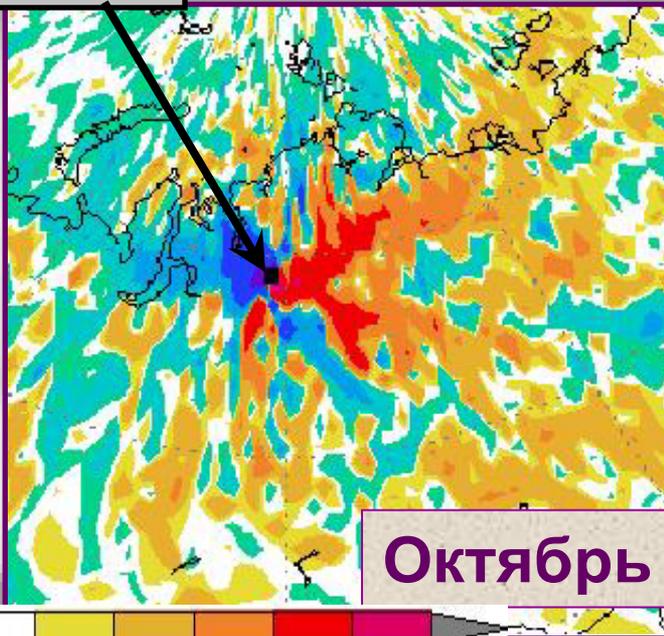
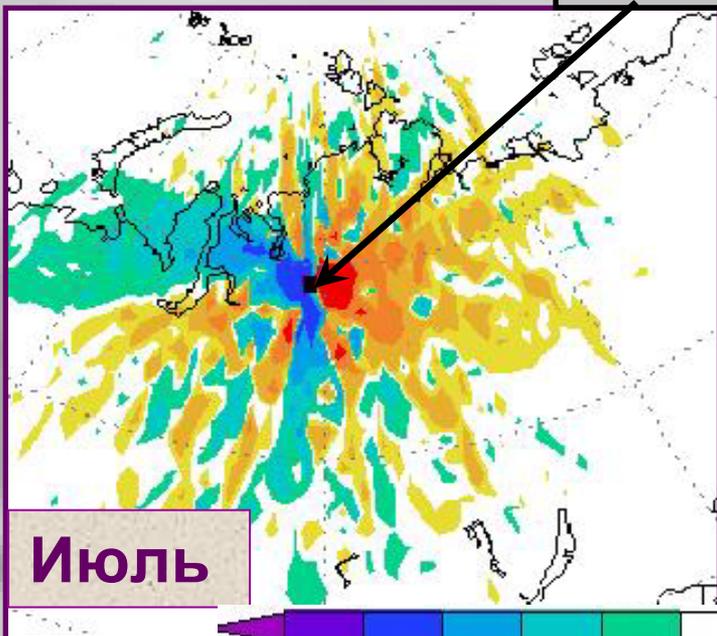
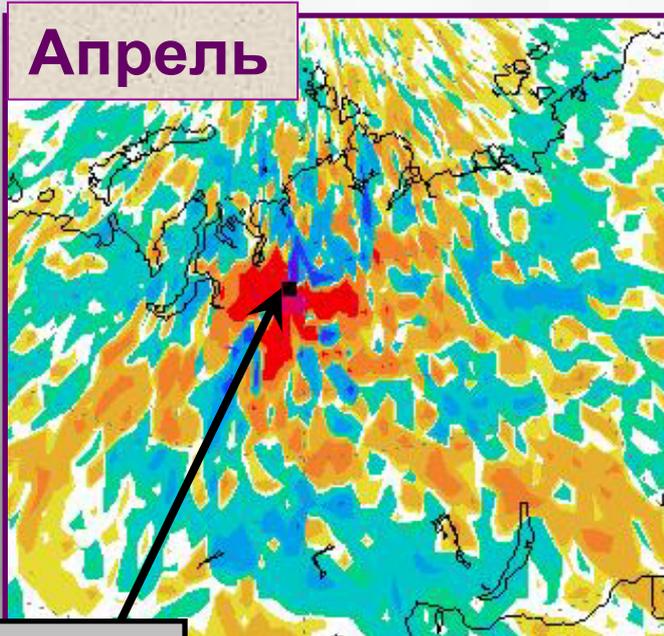
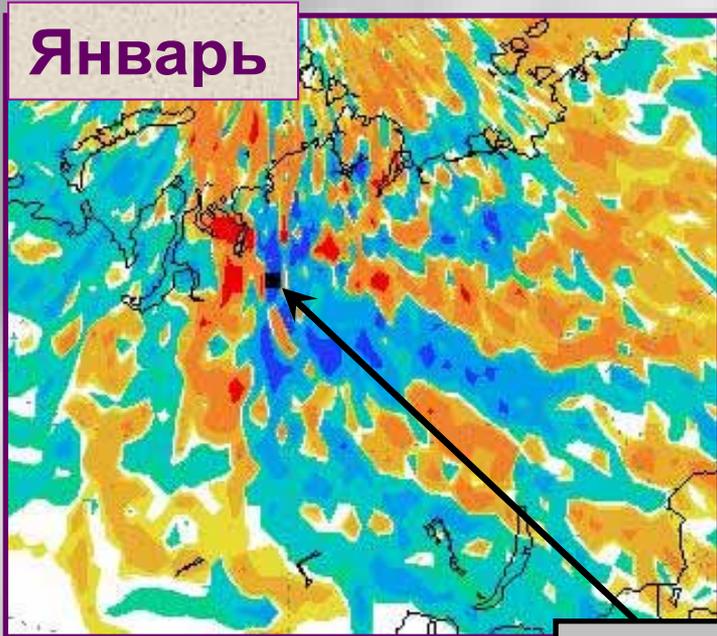
Апрель

Траектории
переноса воздуха
и загрязнений
от Норильска

90-е годы
уровень 850 гПа
длительность 5 суток

Средние распределения ТМ от двух источников в воздухе над севером Евразии и морями СЛО (январь в 1990-х годах , усл. ед.)





Изменение
распростра-
нения ТМ

от
Норильска

90-е годы
минус 80-е

Январь

Апрель

Изменение
распростра-
нения ТМ

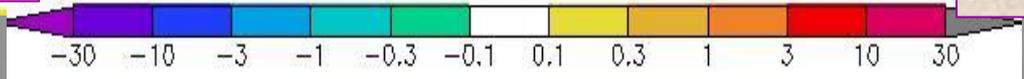
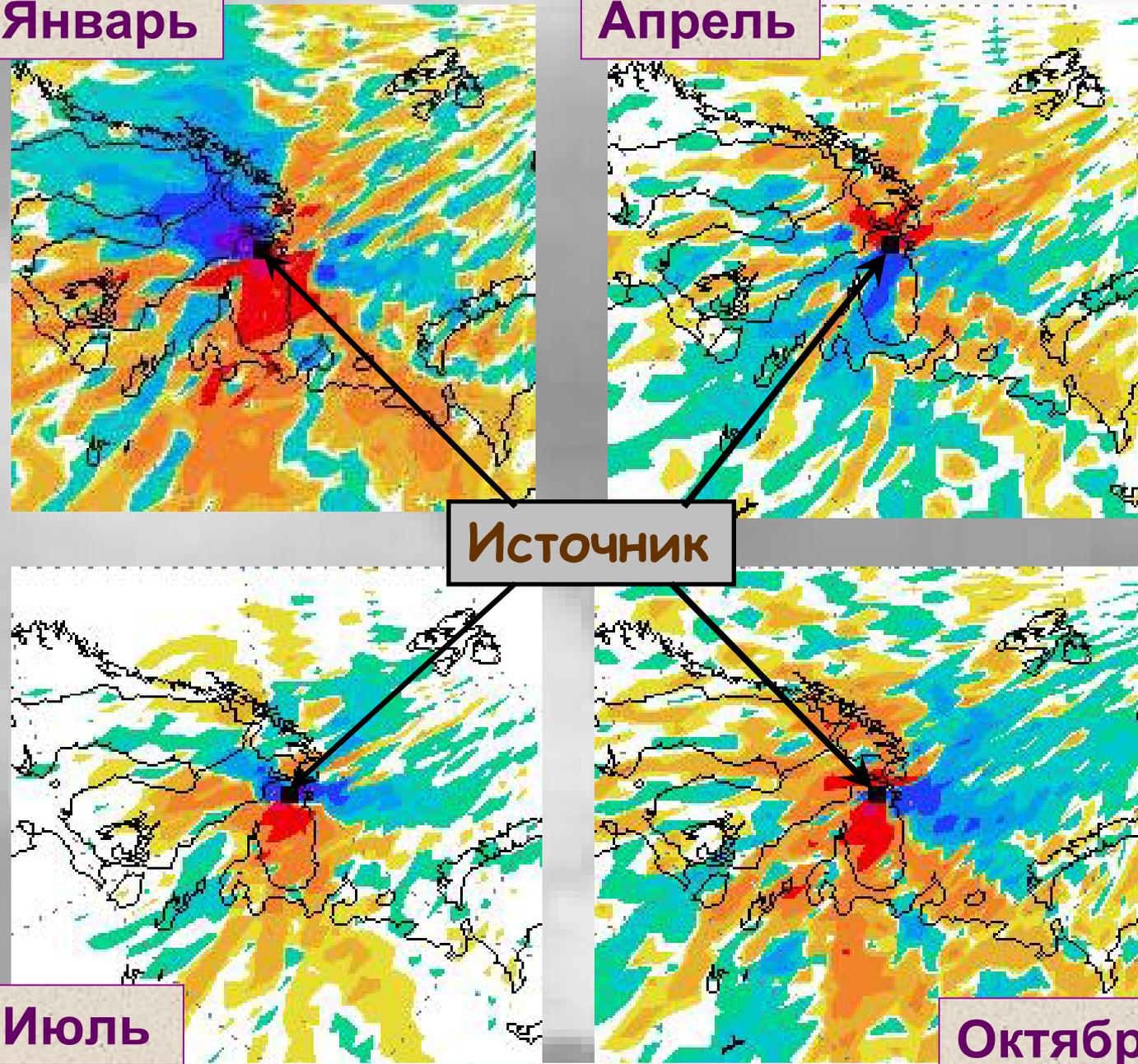
от
Мурманской
области

Источник

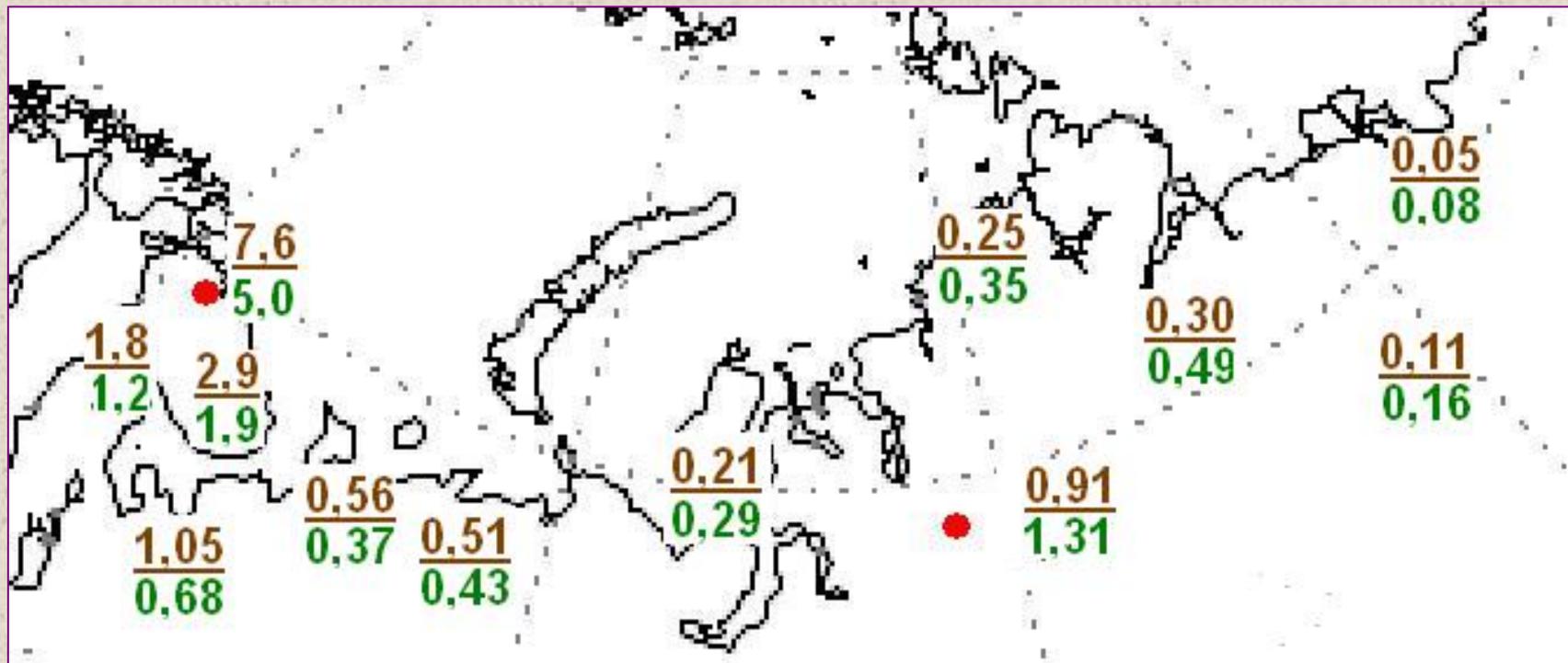
90-е годы
минус 80-е

Июль

Октябрь

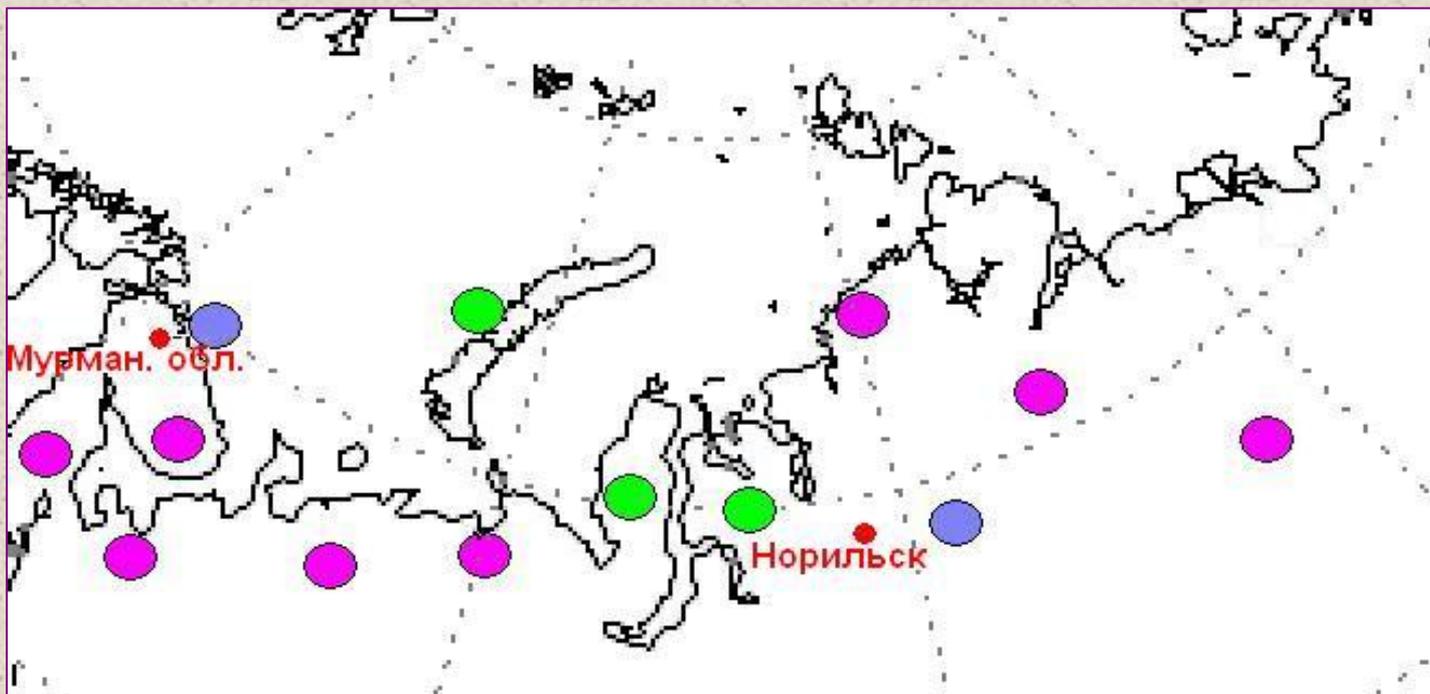


Пространственное распределение потоков **НИКЕЛЯ** и **МЕДИ** на поверхность от обоих источников в 90-х годах, кг/км²/год



<u>Выбросы,</u> <u>тонн/год</u>	<u>Мурманская</u> <u>область</u>	<u>Норильск</u>
Ni	2000	1400
Cu	1300	2000

Влияние изменения циркуляции атмосферы по отношению к эффекту из-за уменьшения эмиссии в 90-х годах по сравнению с 80-ми

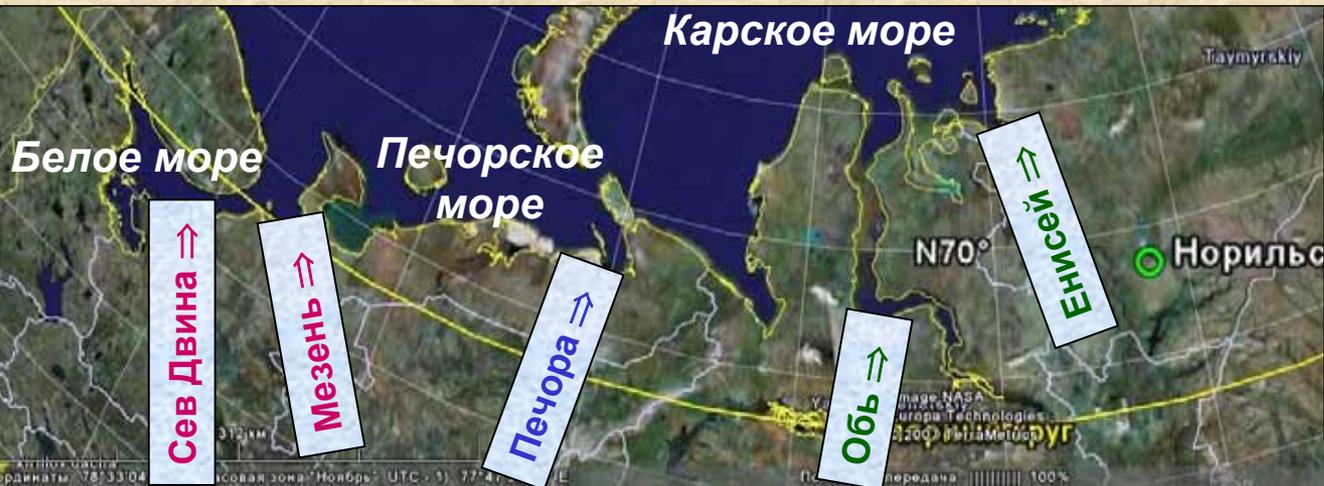
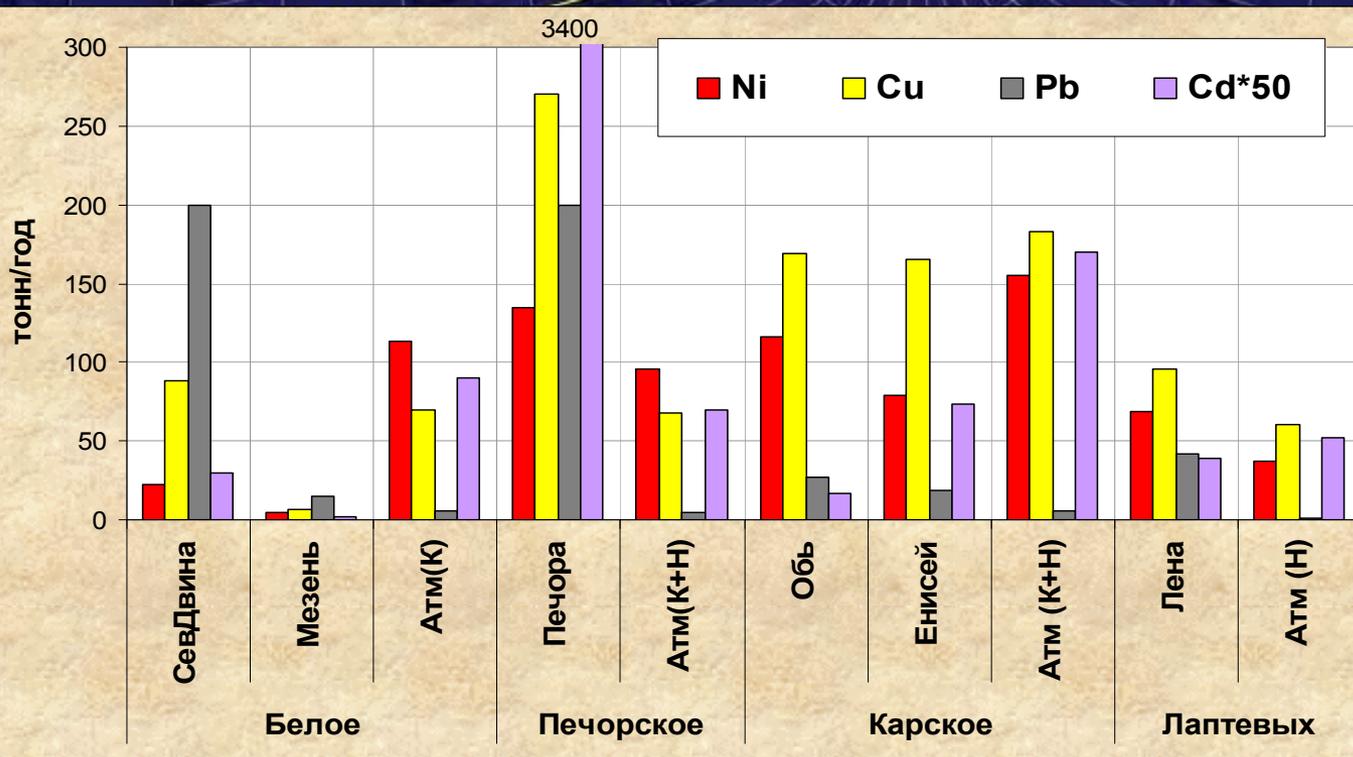


Эмиссия уменьшила загрязнение приблизительно вдвое

Атмосферные эффекты:

- усиливают уменьшение
- не влияют
- ослабляют уменьшение (увеличивают загрязнение)

Атмосфера и реки приблизительно в равной степени загрязняют моря



Атмосферный канал
 – только от двух регионов-источников!
Реки – после очищения (на 90%) в зоне маргинального фильтра

Пути воздействия изменения климата на здоровье человека



Хайнес А., Коватс Р. С., Кемпбелл-Лендрум Д., Корвалан К. Изменение климата и здоровье человека – воздействия, уязвимость и адаптация. Всемирная конференция по изменению климата: Москва, 29 сентября – 3 октября 2003 года. Труды конференции. – М., 2004. С. 307–322.

Рисунок взят из доклада «Россия и сопредельные страны: природоохранные, экономические и социальные последствия изменения климата». WWF России, OXFAM. – М., 2008. – 64 с.