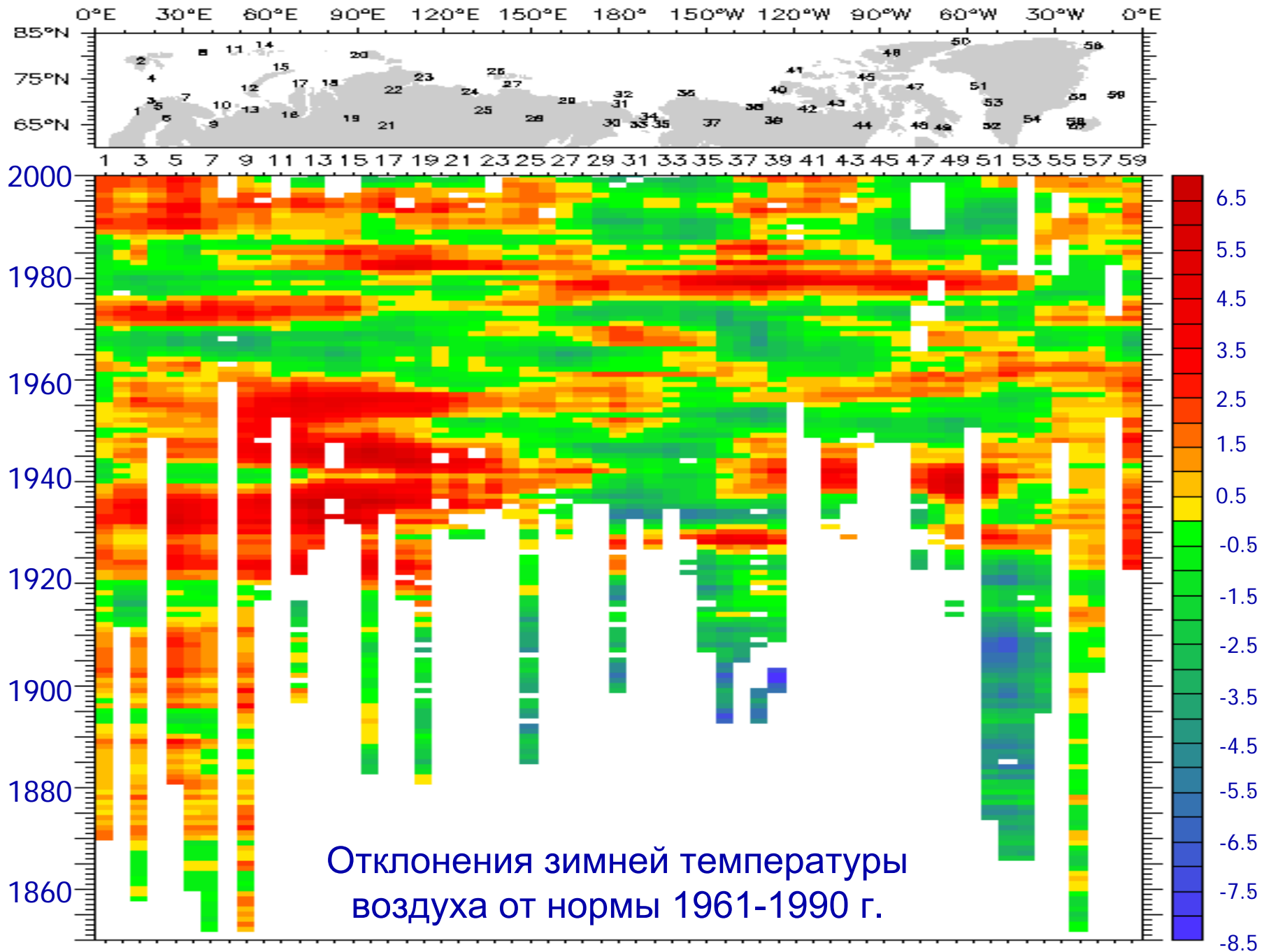
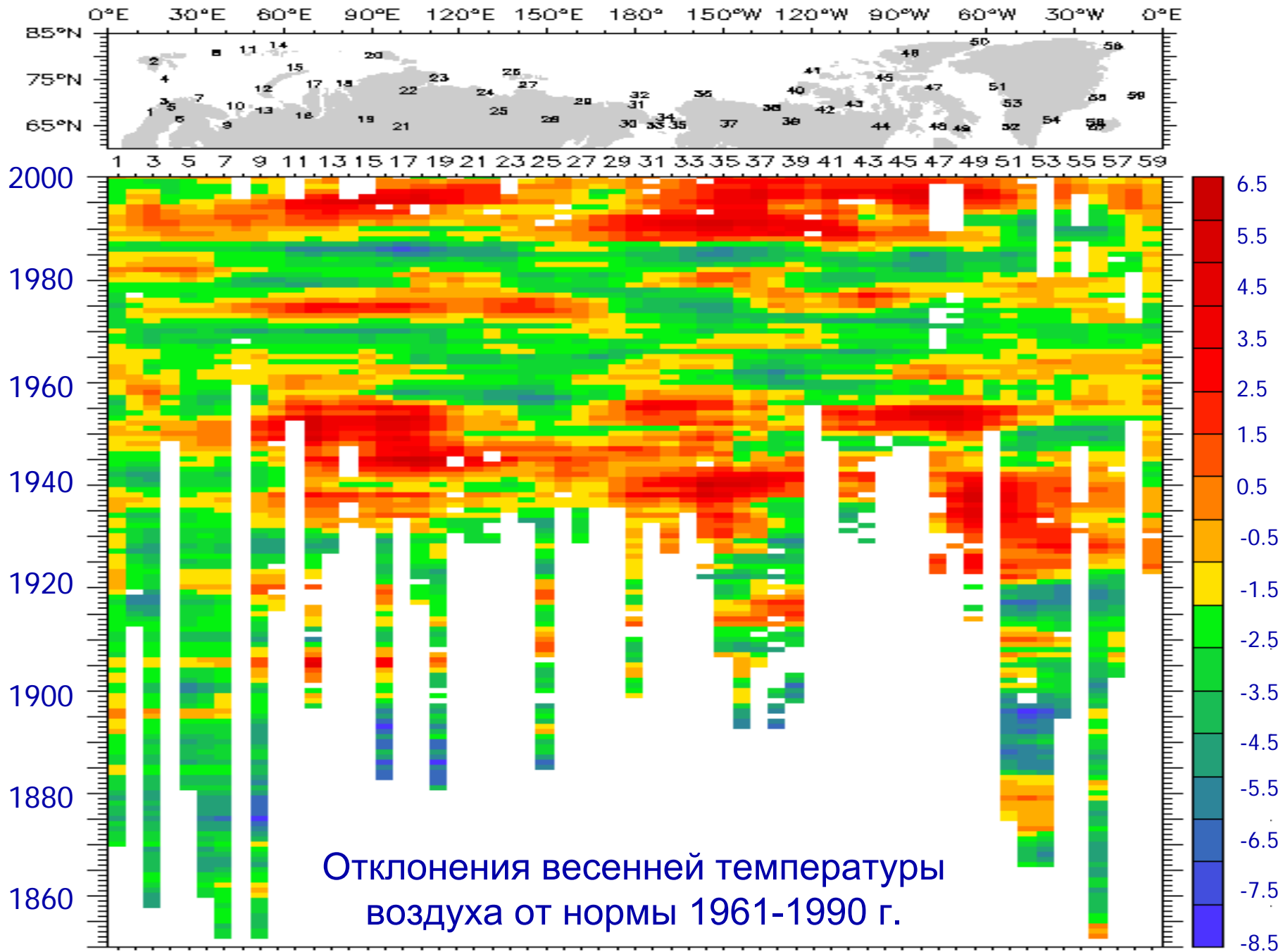


Климат Арктики: Современные изменения и основные природные последствия

Д.г.н. Анисимов Олег Александрович,
Государственный гидрологический институт

Oleg@ oa7661.spb.edu

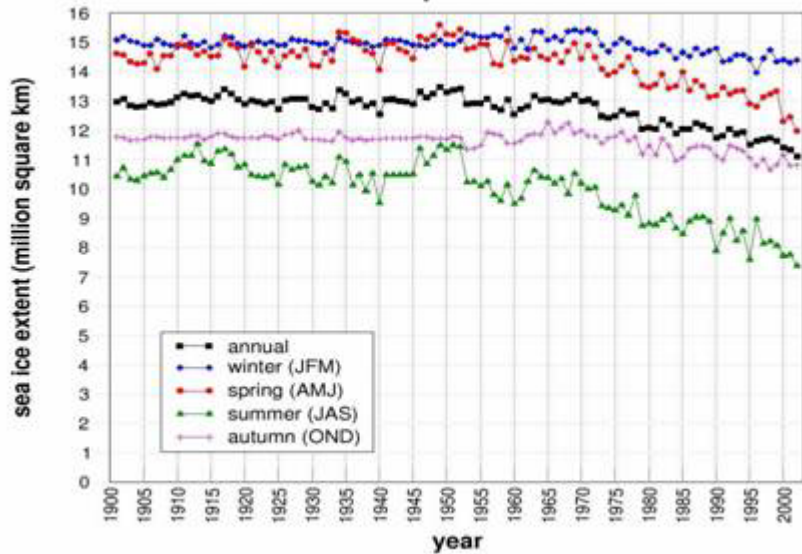




Какие процессы в Арктике свидетельствуют об изменении климата и как это влияет на человека?

- *Увеличение теплосодержания Арктического океана – рыбный промысел*
- *Уменьшение площади и толщины морских льдов – рыболовство, транспорт, белые медведи*
- *Усиление эрозионного разрушения берегов Арктических морей – инфраструктура*
- *Уменьшение поверхности ледников – водоснабжение*
- *Изменение ледового режима и увеличение стока рек Арктического бассейна – наводнения, транспорт, водоснабжение*
- *Сокращение площади и времени залегания снежного покрова – традиционные виды деятельности (оленоводство, охота), транспорт (зимники).*
- *Изменения зональности флоры и фауны – инфекции, связанные с насекомыми, птицами*
- *Изменения температуры, глубины сезонного таяния и площади распространения вечной мерзлоты – влияние на инфраструктуру*

Northern Hemisphere Sea Ice Extent

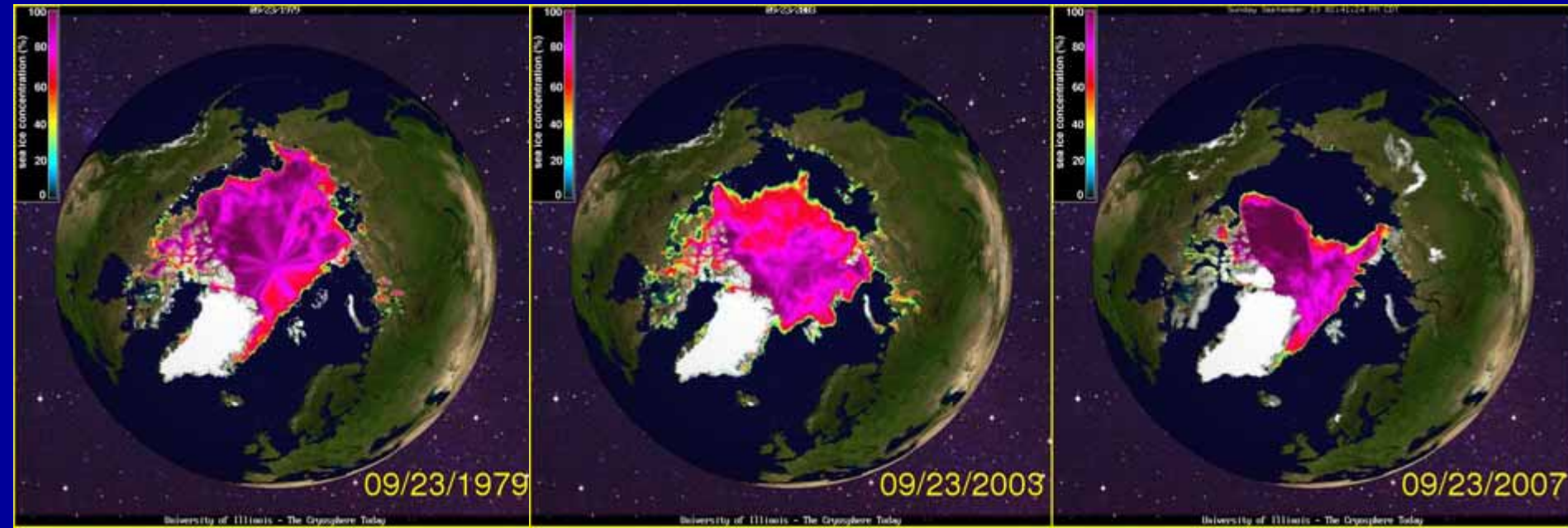


Изменения площади
арктических льдов по
сезонам

IPCC, 2007

Сокращение минимальной площади арктических льдов

<http://igloo.atmos.uiuc.edu>





Виктор Ткаченко, пос. Рыркайпий: «Раньше до конца июня можно было добывать нерпу на льду, а теперь уже в мае по льду ходить опасно. Реки вскрываются намного раньше, примерно с 25 мая, а прежде числа 10-15 июня.

В ноябре и даже в январе бывают оттепели с дождями, они очень вредны для оленеводства.»

Владилен Кавры, пос. Ванкарем: «Лед начинает таять на месяц раньше, чем прежде, и замерзает осенью не сразу, а целый месяц. Наледи, которые раньше держались круглый год, теперь везде тают».

«Белые медведи охотились со льда на тюленей, сейчас же заходят в поселок, нападают на ездовых собак. Стали заходить и на лежбище моржей, чего не было раньше».

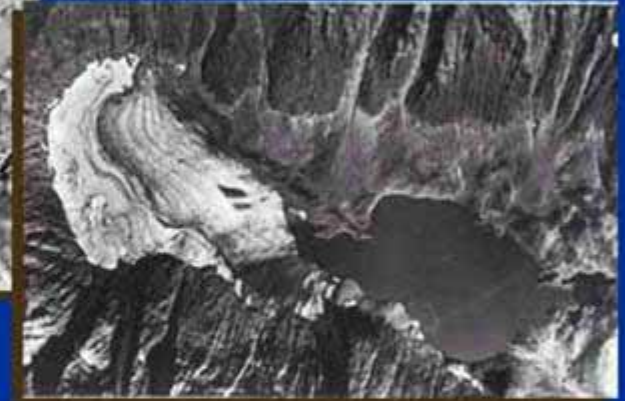


Основные ледники Азии

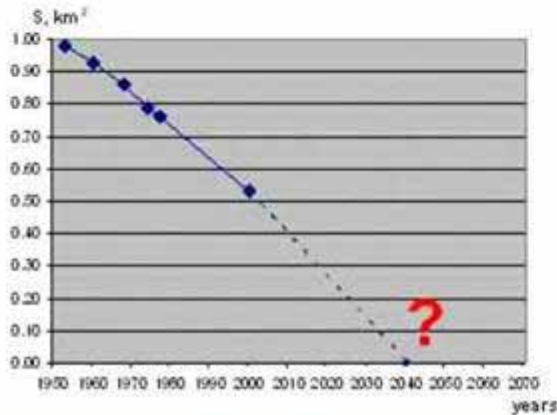


Динамика ледников Полярного Урала за 50 лет

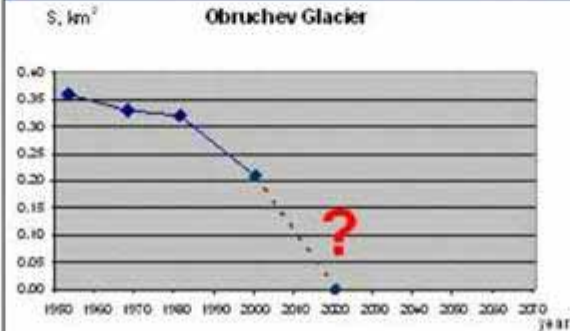
G.Nosenko, D.Tzvetkov



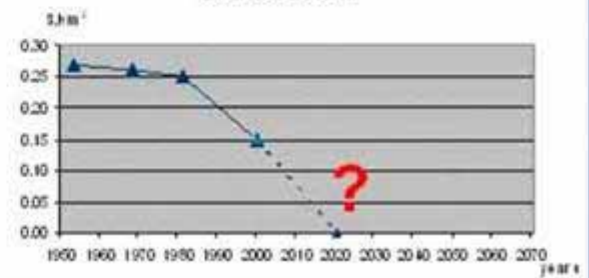
MGU Glacier



Obruchev Glacier



Chernov Glacier



Future?

Изменения максимальной толщины льда и стока 6 крупных рек Сибири

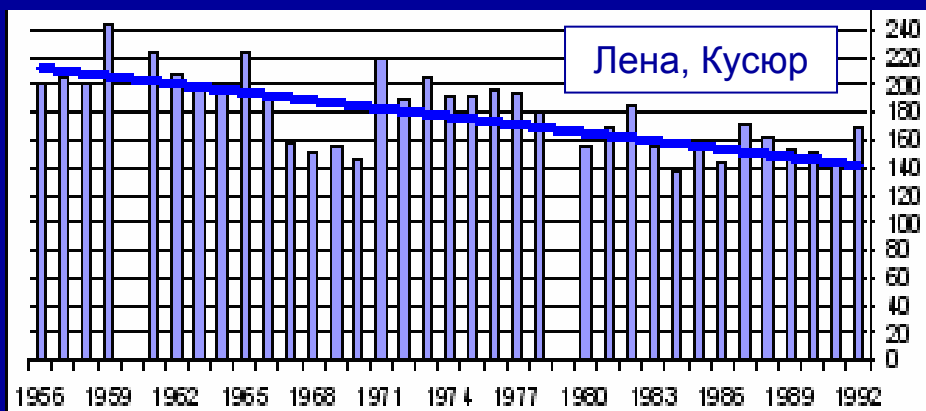
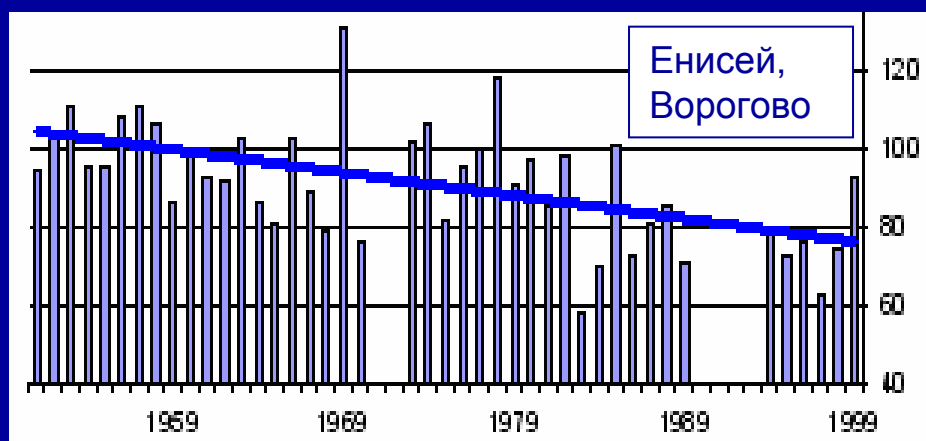
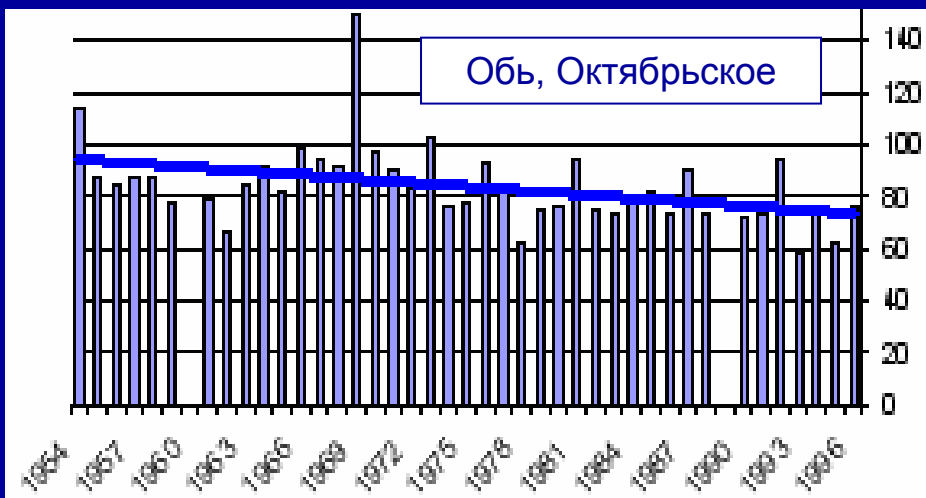
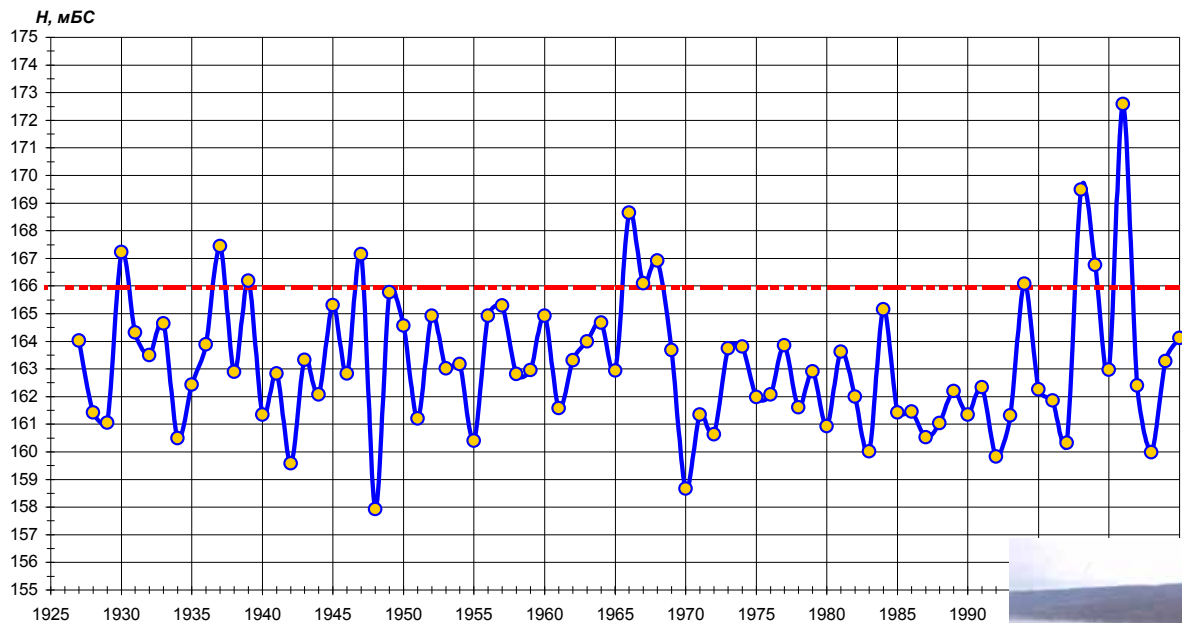
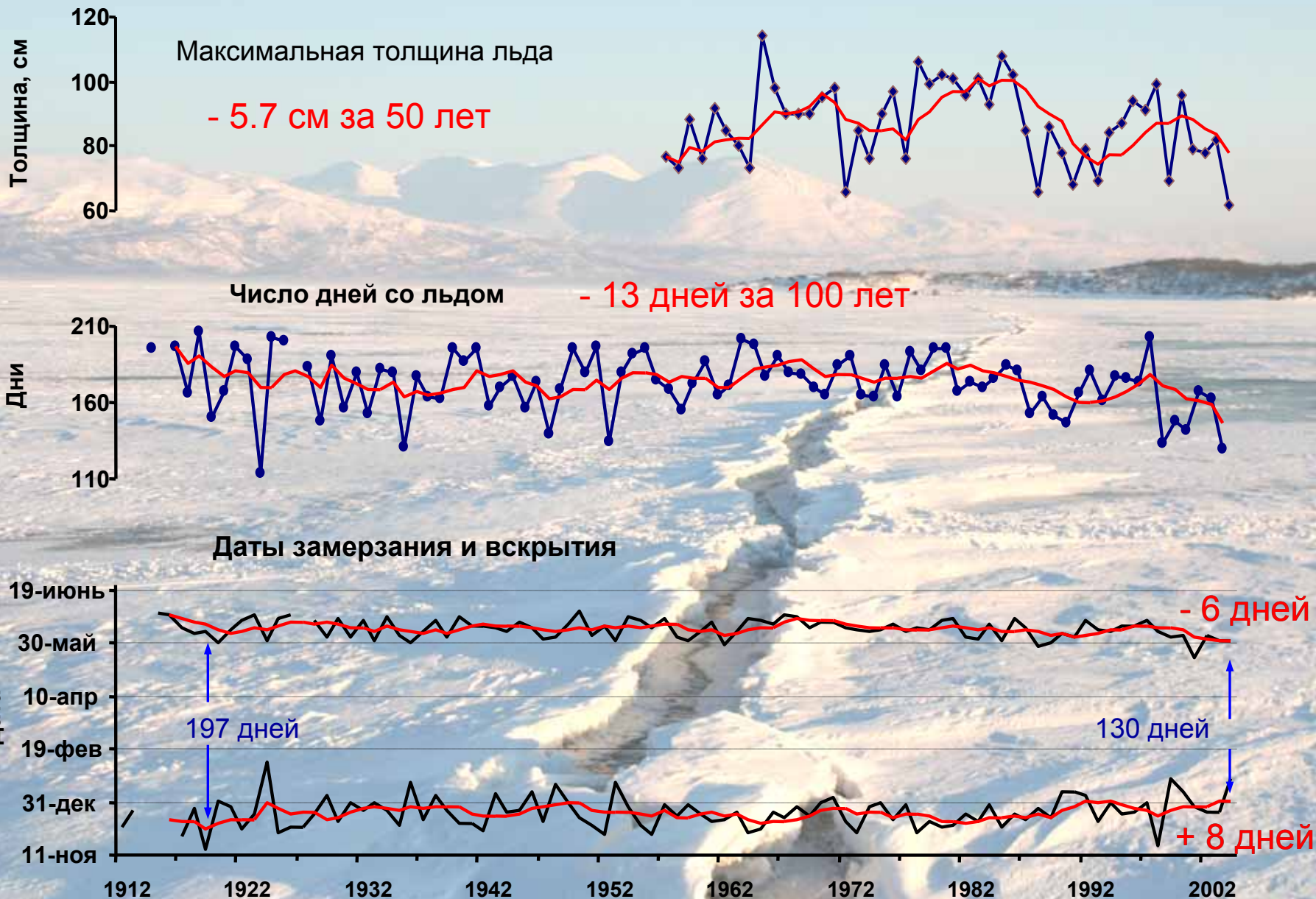


График уровней воды у г.Ленск, обусловленных заторами льда, 18.05.01



Изменения ледового режима озер



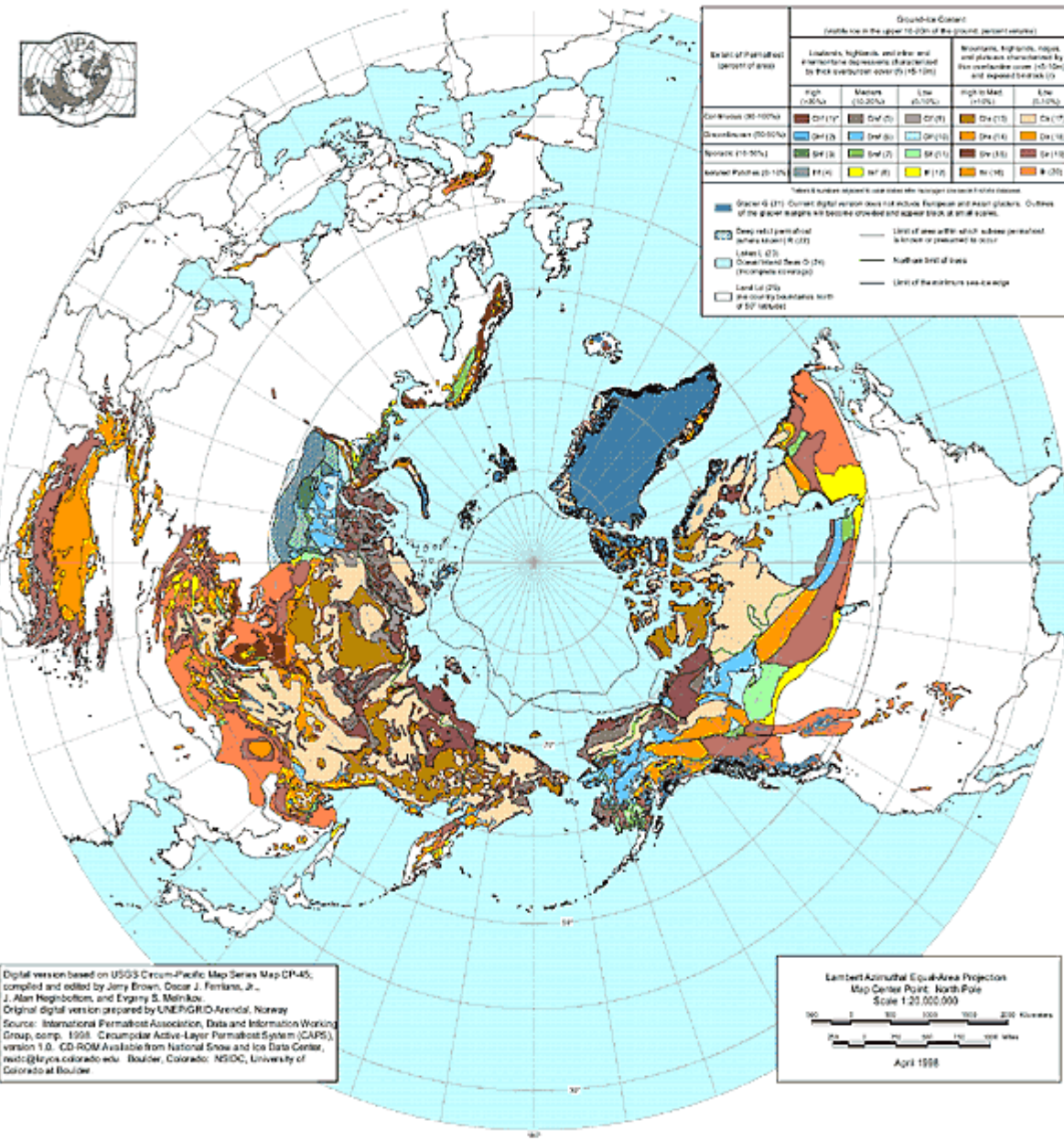
Воздействие зимних оттепелей



Воздействие зимних оттепелей



CIRCUM-ARCTIC MAP OF PERMAFROST AND GROUND-ICE CONDITIONS



Вечная мерзлота
занимает:

до 25% площади суши в
северном полушарии
(около 27 млн. км²);

до 50% территории
бывшего СССР;

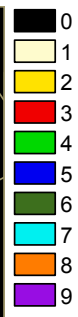
около 67% территории
современной России.

Digital version based on USGS Circum-Pacific Map Series Map CP-40,
 compiled and edited by Jerry Brown, Oscar J. Ferrians, Jr.,
 J. Alan Heginbottom, and Evgeny S. Meinen.
 Original digital version prepared by UNEP/GRID-Arendal, Norway
 Source: International Permafrost Association, Data and Information Working
 Group, comp. 1998. Circumpolar Active-Layer Permafrost System (CALPS),
 version 1.0. CD-ROM Available from National Snow and Ice Data Center,
 nstc@layco.colorado.edu. Boulder, Colorado: NSIDC, University of
 Colorado at Boulder

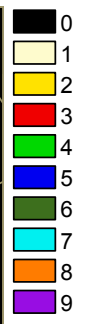
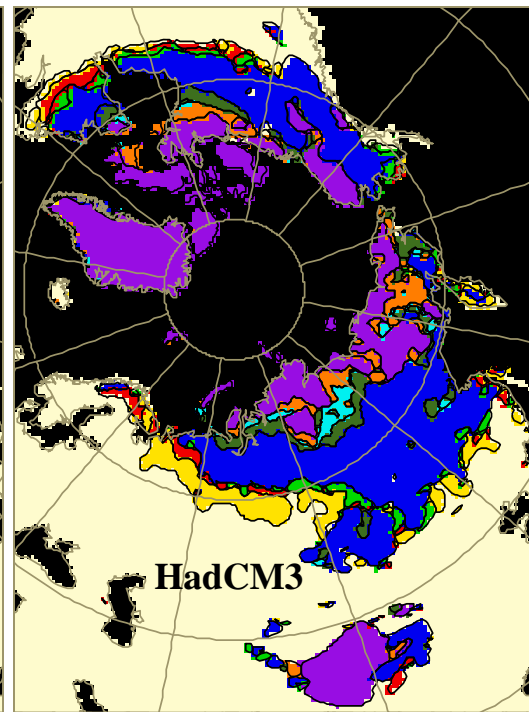
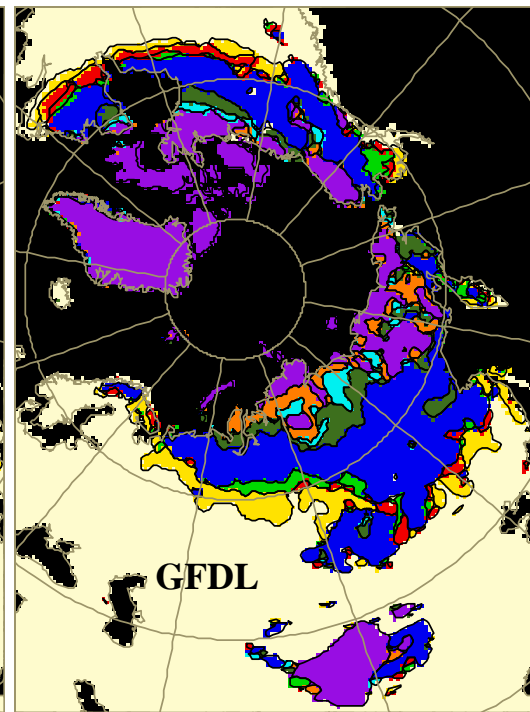
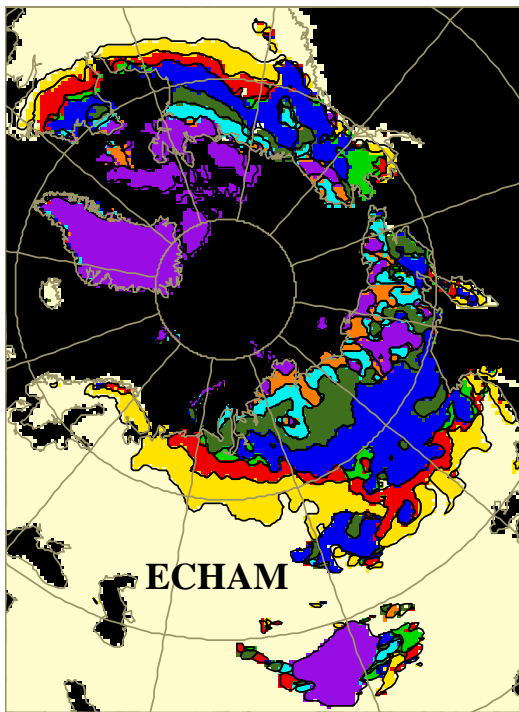
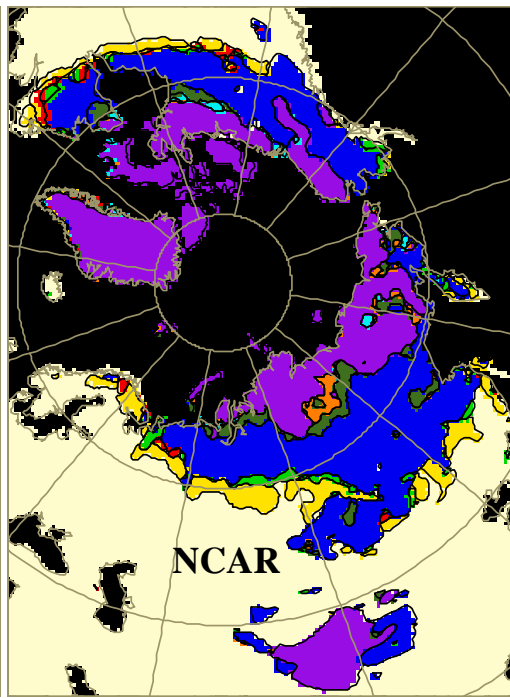
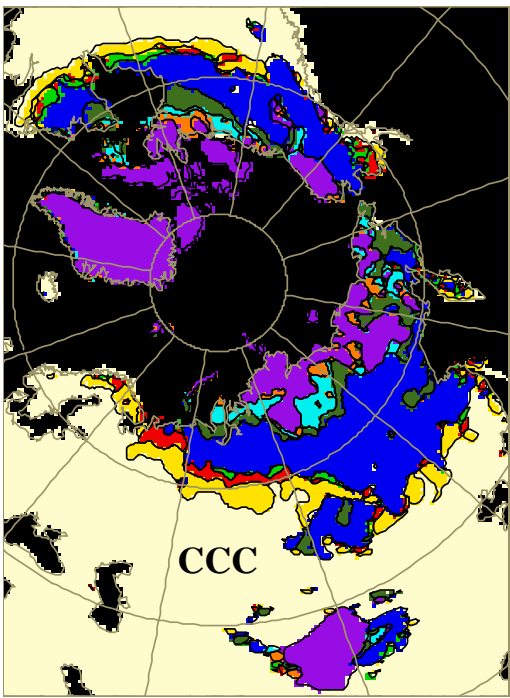
Современные изменения температуры многолетнемерзлых пород (ММП) по данным измерений (IPCC, 2007)

Регион	Глубина, м	Период	ΔТ ММП, °С	Источник
США				
Арктическое побережье Аляски	~1	1910's–1980's	2-4	Lachenbruch and Marshall, 1986
Арктическое побережье Аляски	20	1983–2003	2–3	Osterkamp, 2005
Континентальная Аляска	20	1983–2003	0.5–1.5	Osterkamp, 2005
Канада				
Alert, Nunavut	15	1995–2000	0.8	Smith S. L. et al., 2003
Northern Mackenzie Valley	20-30	1990–2002	0.3-0.8	Smith S. L. et al., 2005
Central Mackenzie Valley	10–20	Mid-1980s–2003	0.5	Smith S. L. et al., 2005
Southern Mackenzie Valley	~20	Mid-1980s–2003	0	–Haeberli and Burn, 2002
Northern Quebec	10	Late 1980s-mid-1990s	<–1	Allard et al., 1995
Northern Quebec	10	1996–2001	1.0	DesJarlais, 2004.
Lake Hazen	2.5	1994–2000	1.0	Broll et al., 2003
Iqaluit, Eastern Canadian Arctic	5	1993–2000	2.0	Smith S. et al., 2005
Россия				
Восточная Сибирь	1.6–3.2	1960–2002	~1.3	Walsh et al., 2005
Север Западной Сибири	10	1980–1990	0.3–0.7	Pavlov, 1996
Север ЕТР, Зона сплошных ММП	6	1973–1992	1.6–2.8	Pavlov, 1996
ЕТР, прерывистые ММП	6	1970–1995	1.2–2.8	Oberman and Mazhitova, 2001
Зап.Европа				
Juvvasshoe, Southern Norway	~3	Past 30–40 years	0.5-1.0	Isaksen et al., 2001
Janssonhaugen, Svalbard	~2	Past 60–80 years	1-2	Isaksen et al., 2001
Murtel-Corvatsch	11.5	1987–2001	1.0	Vonder Muhll et al., 2004
Китай				
Tibetan Plateau	~10	1970's–1990's	0.2-0.5	Zhao et al., 2004
Qinghai-Xizang Highway	3–5	1995–2002	Up to 0.5	Wu and Liu, 2003; Zhao et al., 2004
Tianshan Mountains	16-20	1973–2002	0.2–0.4	Qiu et al., 2000; Zhao et al., 2004
Da Hinggan Mountains, Northeastern China	~2	1978–1991	0.7–1.5	Zhou et al., 1996

Динамика распространения вечной мерзлоты



- 2 – сокращение островной зоны к 2030
- 3 – сокращение островной зоны к 2050
- 4 – сокращение островной зоны к 2080
- 5 – устойчивая зона прерывистой мерзлоты
- 6 – сокращение сплошной мерзлоты к 2030
- 7 – сокращение сплошной мерзлоты к 2050
- 8 – сокращение сплошной мерзлоты к 2080
- 9 – устойчивая область сплошной мерзлоты



Влияние таяния вечной мерзлоты на инфраструктуру

Город	Здания в опасном состоянии
Норильск	10%
Тикси	22%
Дудинка	55%
Диксон	35%
Певек, Амдерма	50%
Чита	60%
Воркута	80%

(Анисимов и Белолуцкая, 2002)



П. Черский, июнь 2002 г.
Фото В. Романовского

Якутск, июль 2006 г.



ΔT_s	Уменьшение несущей способности фундаментов, %	
	домов	Опор трубопроводов
0.5	5	10
1.0	15	20
1.5	20	30
2.0	50	60

(Хрусталева, 2005)

Индекс геокриологической опасности для инженерных сооружений, обусловленной таянием вечной мерзлоты, I_g

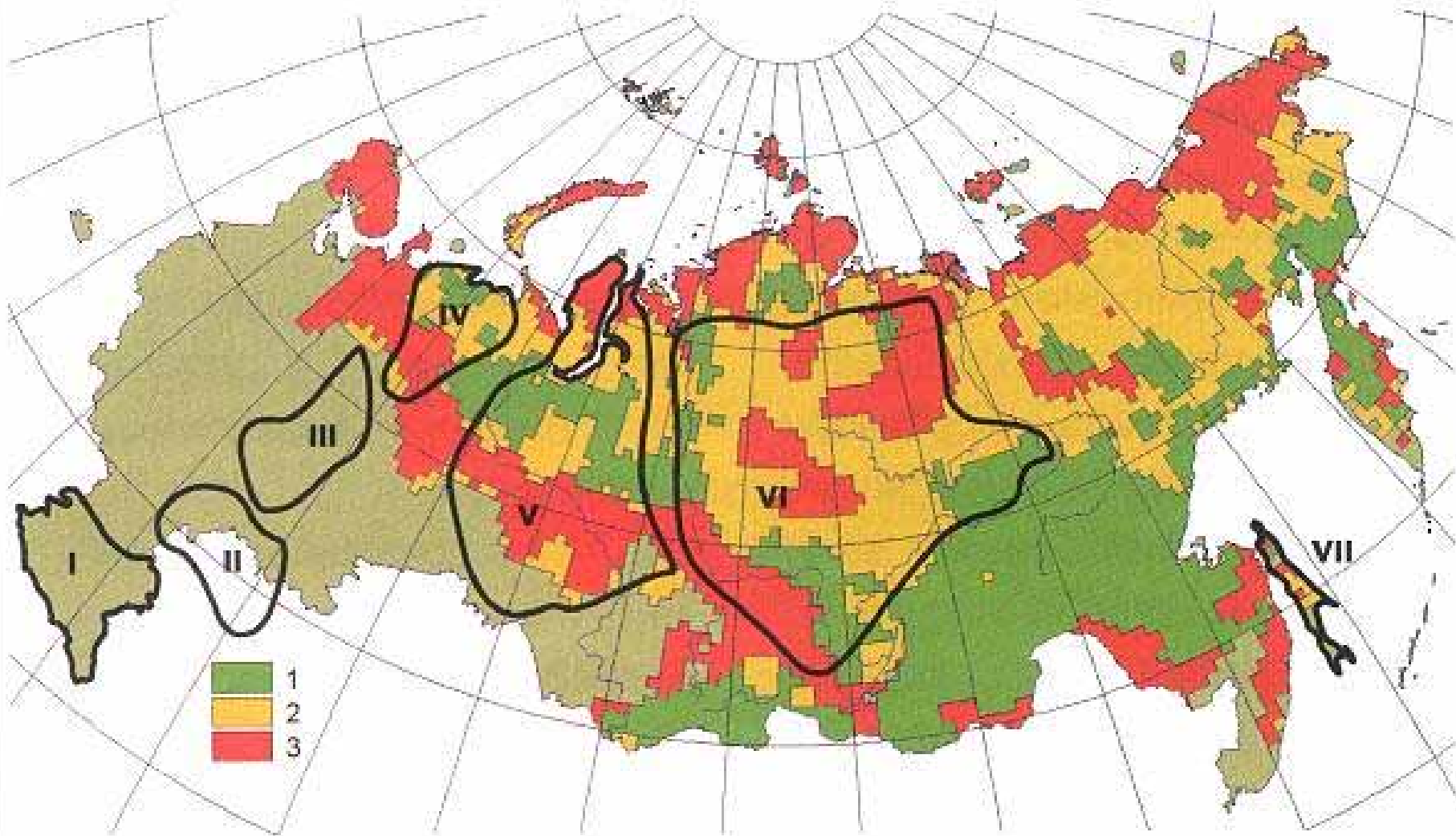
$$I_g = k \cdot (1 + S) \cdot (z_2 - z_1) \cdot C_w / z_1$$

Z_1 – максимальная глубина сезонного протаивания для современного (индекс 1) и прогнозируемого на будущее (индекс 2) климата,

C_w - объемное содержание льда в грунте,

S - соленость грунта,

K - постоянный нормирующий коэффициент.



Районы низкого (1), умеренного (2) и высокого (3) риска повреждения сооружений, построенных на вечной мерзлоте. В расчете использован климатический сценарий модели GFDL для середины 21 века. Контуры на карте показывают основные нефтегазоносные провинции с развитой инженерной инфраструктурой.

(Анисимов и Лавров, 2004)

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- Площадь морских льдов в Арктике сократилась с 7,5 млн. км² в 1970-х до 5,5 млн. км² к 2005 г. (в 2007 г. – 4,3 млн. км²), что уже вызвало изменения в экосистемах, ареале ряда животных и повлияло на условия жизни человека.
- Произошло заметное сокращение площади полярных ледников, некоторые малые ледники исчезли, что вызвало локальные ухудшения условий водообеспеченности.
- Снежный период и продолжительность ледостава сократились в среднем на 2 недели с 1970х годов.
- Возник новый вид природных опасностей, связанных с таянием вечной мерзлоты и угрозой повреждения стоящих на ней сооружений.
- В потенциально опасных районах криолитозоны России располагаются многие города и поселки, объекты ТЭК, Билибинская атомная станция, а также протяженные участки магистральных трубопроводов.
- Для создания эффективной системы предупреждения неблагоприятных ситуаций необходим систематический мониторинг климата и природной среды в Арктике.