

**“КРИОЛИТОЗОНА: СОВРЕМЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ, УСТОЙЧИВОСТЬ И ДИНАМИКА.
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕНЕЗА”**

Институт криосферы земли СО РАН

В.П.Мельников, Д.С.Дроздов, Г.В.Малкова,

**Permafrost:
contemporary state,
stability and dynamics.
Technogenic influence**

Earth Cryosphere Institute SB RAS

Melnikov V.P., Drozdov D.S., Malkova G.V.,

Цель работы:

МПГ

LCLUC

Изучить особенности формирования, строения и эволюции криолитозоны как криогенного ресурса континентальных регионов и прибрежно-шельфовых полярных областей

The basic task:

To study the features of forming, structure and evolution of cryolithozone as on-shore and off-shore cryogenic resource of polar regions

Subtasks:

- Geocryological structure and cryogenic features;
- Continental and submarine permafrost forming and evolution;
- Natural and technogenic cryogenic processes;
 - Contemporary climate and sea hydrodynamics changing in Arctic regions;
 - Permafrost monitoring (including coastal permafrost);
 - Developing of GIS-oriented graphical models (maps);
 - Development of the new techniques of the permafrost research.

Основные направления исследования

- ☐ Климатическая характеристика и гидродинамика Арктических областей;
- ☐ Эволюция ландшафтной структуры и поверхностных покровов;
- ☐ Геокриологическое строение и особенности криогенеза;
- ☐ Криогенные физико-геологические процессы;
- ☐ Мониторинг динамики прибрежно-шельфовой криолитозоны;
- ☐ Условия и закономерности формирования и эволюции континентальной и субаквальной мерзлоты;
- ☐ Разработка ГИС - ориентированных картографических моделей;
- ☐ Развитие новых методов исследования криолитозоны.

Project 90: Arctic Circumpolar Coastal Observatory Network (ACCO-Net)
Eol 391 "Coastal cryolithozone of the Russian Arctic (COCRA)"

Project 50: Permafrost Observatory Project: Thermal State of Permafrost. Eol 799 Thermal State of Permafrost in Russia: The Contribution to an International Network of Permafrost Observatories (INPO)

Программы: Президиума РАН № 16 и ОНЗ РАН № 14

1. On-shore permafrost

- Фоновые климатические параметры и их влияние на геокриологические характеристики суши
- Basic climatic parameters and their influence beyond the on-shore geocryological characteristics
 - Параметры мерзлоты
 - Characteristics of Permafrost

2. Криолитозона прибрежно-шельфовой области и береговой зоны

2. Off-shore and coastal permafrost

- Гидродинамика моря и активизация береговых процессов
 - Sea hydrodynamics and the activity of coast processes
 - Условия существования субаквальной мерзлоты
 - Condition for existences of the sub-sea permafrost

3. ГИС: все виды приложений

3. GIS: all kinds of applications

Eol 391 "Coastal cryolithozone of the Russian Arctic (COCRA)"

Project 50: Permafrost Observatory Project: Thermal State of Permafrost. Eol 799 Thermal State of Permafrost in Russia: The Contribution to an International Network of Permafrost Observatories (INPO)

Циркумполярная карта многолетнемерзлых пород и грунтовых льдов

Российскую часть карты составили: Е.С.Мельников, К.А.Кондратьева, Г.Ф.Гравис, Л.А.Конченко, Л.Н.Крицук, С.Ф.Хруцкий. 199

■ **Получение и накопление геокриологических данных** (процессы, подземные льды, свойства грунтов).

■ **Корреляция геокриологических характеристик с параметрами среды** (гидросфера, атмосфера, т.д.)

■ **Геосистемный подход** (ландшафтно-геоморфологический)

■ **ГИС, базы данных**

According to a geographical location of on-shore subsurface and sub-glacial permafrost and off-shore sub-shelf permafrost. Only sea-ice-free ground can be found outside cryolithozone.

Cryolithozone occupies 2/3 of the territory of Russian. In the cryolithozone the subsurface soils and rocks are partially or completely characterized by negative

GIS: all kinds of applications

LCLUC

• **3. ГИС: все виды приложений**

• **GIS: all kinds of applications**

• **Геосистемный подход – Geosystem approach**

• **Уровни генерализации – Level of Generalization**

– **Глобальный – Global**

– **Региональный – Regional**

– **Локальный – Local**

– **Элементарный (пообъектный) – Elementary**

ГИС и работы

пообъектного уровня

Циркумполярная карта многолетнемерзлых пород и грунтовых льдов

Российскую часть карты составили: Е.С.Мельников, К.А.Кондратьева, Г.Ф.Гравис, Л.А.Конченко, Л.Н.Крицук, С.Ф.Хру

GIS: all kinds of applications

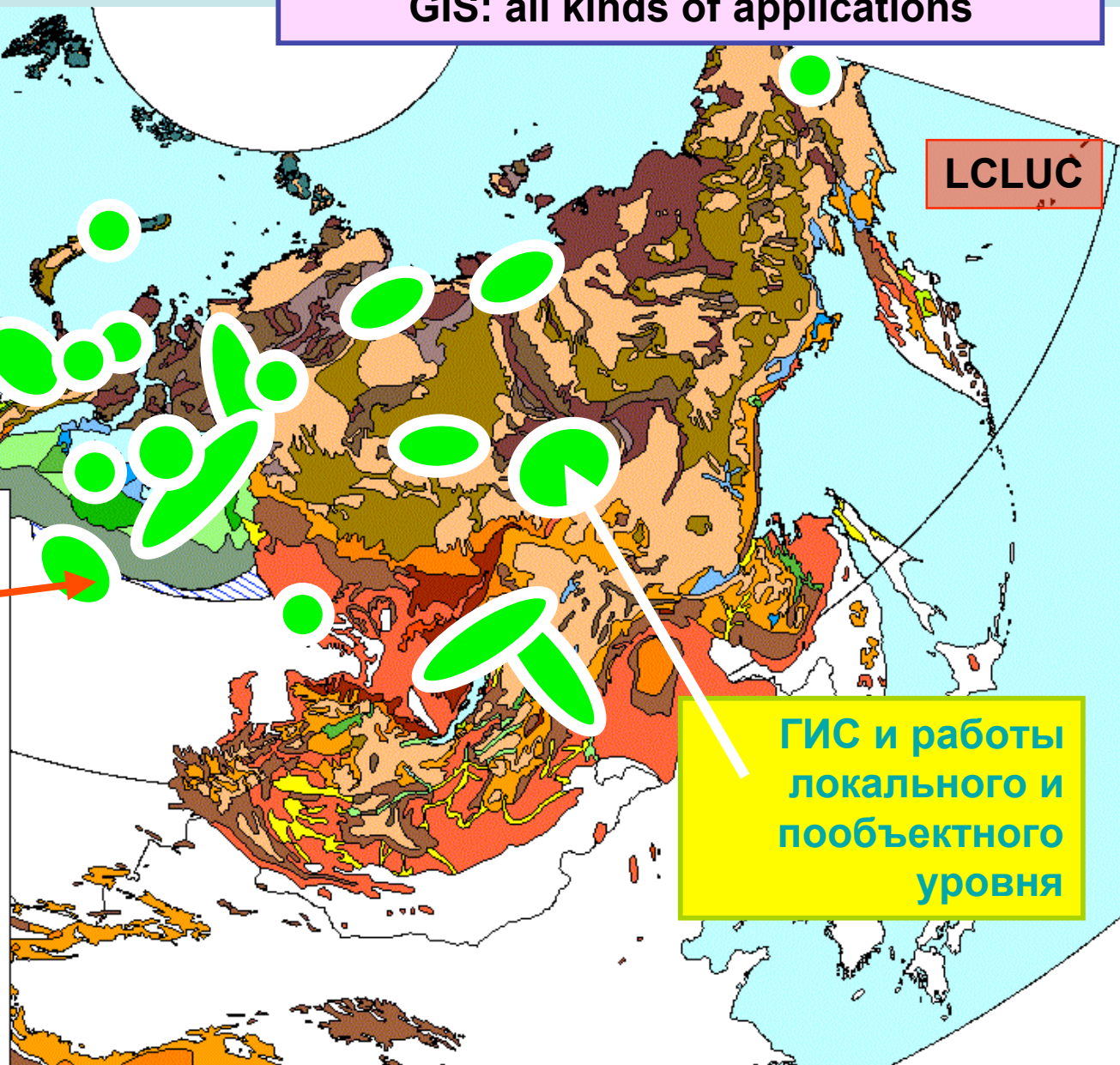
МПГ

LCLUC

Local and
Elementary GIS,
researches and
data-bases

ГИС и работы
локального и
пообъектного
уровня

	<i>Chf</i>		<i>Dhr</i>
	<i>Cmf</i>		<i>Dir</i>
	<i>Chf</i>		<i>Shr</i>
	<i>Dhf</i>		<i>Slr</i>
	<i>Dmf</i>		<i>Ihr</i>
	<i>Dlf</i>		<i>Ilr</i>
	<i>Shf</i>		glacier
	<i>Smf</i>		relict
	<i>Slf</i>		lake
	<i>lhf</i>		ocean/inland seas
	<i>lmf</i>		land
	<i>lhf</i>		No Data



Циркумполярная карта многолетнемерзлых пород и грунтовых льдов

Российскую часть карты составили: Е.С.Мельников, К.А.Кондратьева, Г.Ф.Гравис, Л.А.Конченко, Л.Н.Крицук, С.Ф.Хру

GIS: all kinds of applications

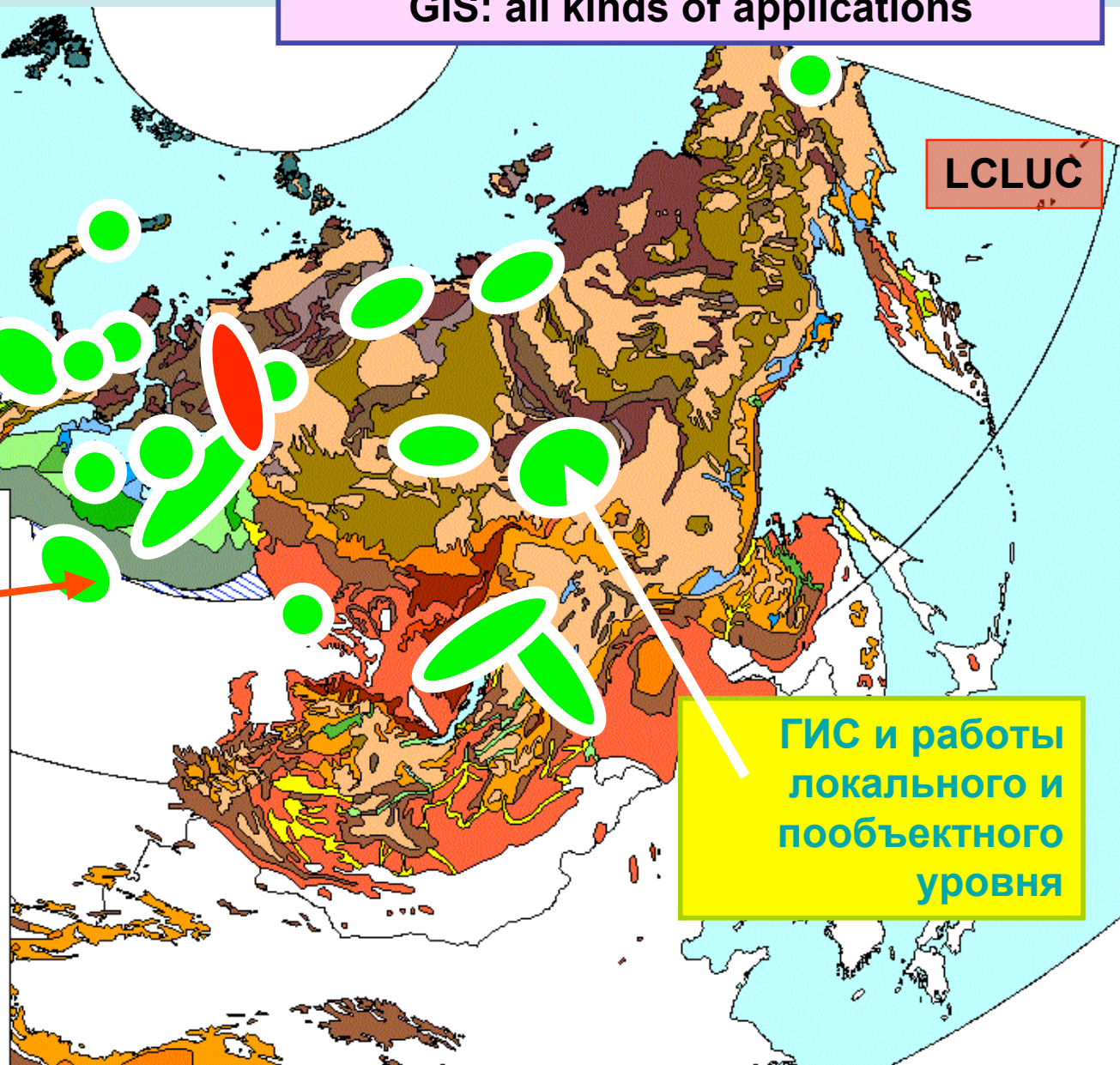
МПГ

LCLUC

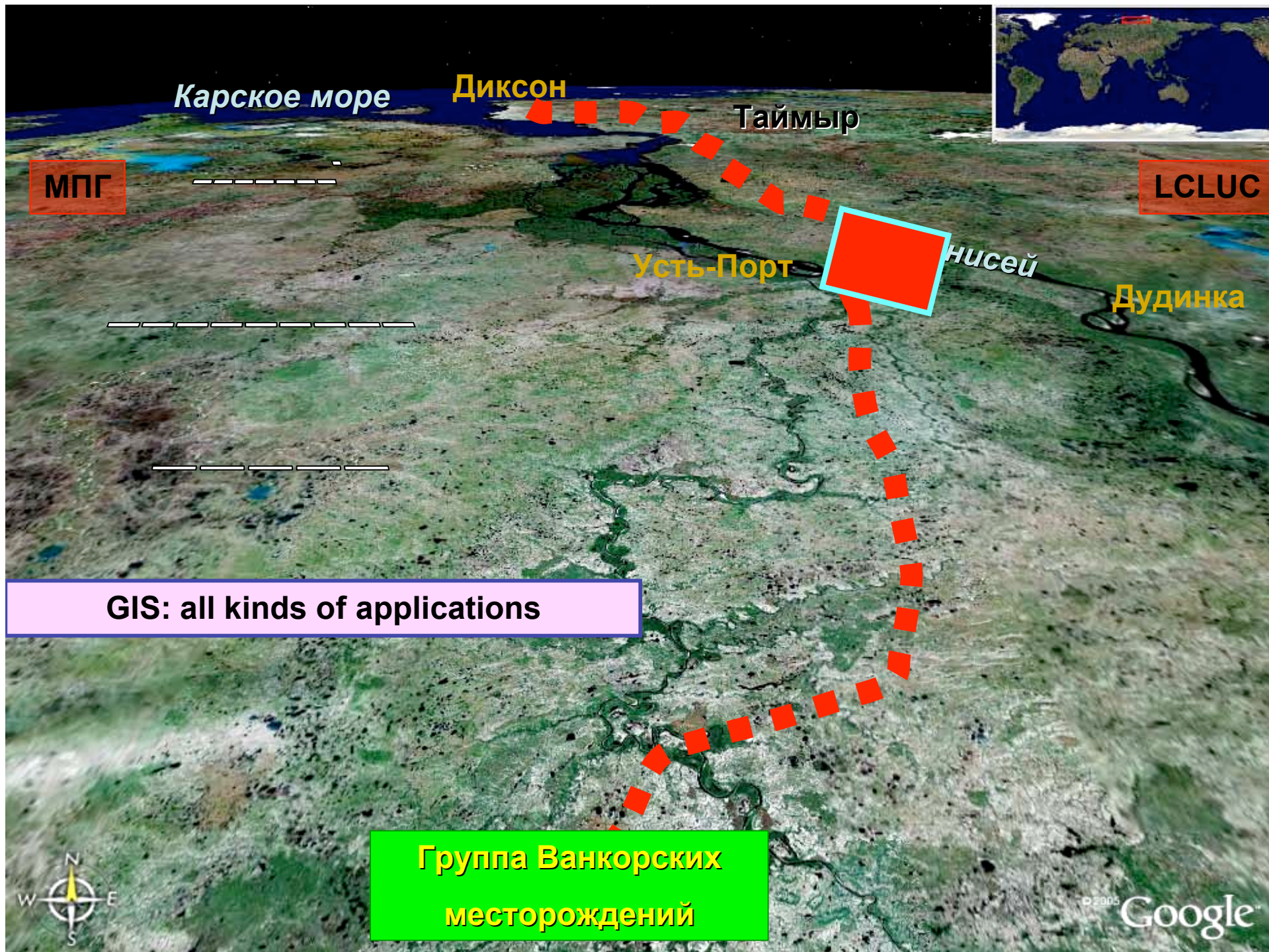
Local and
Elementary GIS,
researches and
data-bases

ГИС и работы
локального и
пообъектного
уровня

	<i>Chf</i>		<i>Dhr</i>
	<i>Cmf</i>		<i>Dir</i>
	<i>Chf</i>		<i>Shr</i>
	<i>Dhf</i>		<i>Slr</i>
	<i>Dmf</i>		<i>Ihr</i>
	<i>Dlf</i>		<i>Ilr</i>
	<i>Shf</i>		<i>glacier</i>
	<i>Smf</i>		<i>relict</i>
	<i>Slf</i>		<i>lake</i>
	<i>lhf</i>		<i>ocean/inland seas</i>
	<i>lmf</i>		<i>land</i>
	<i>lhf</i>		<i>No Data</i>





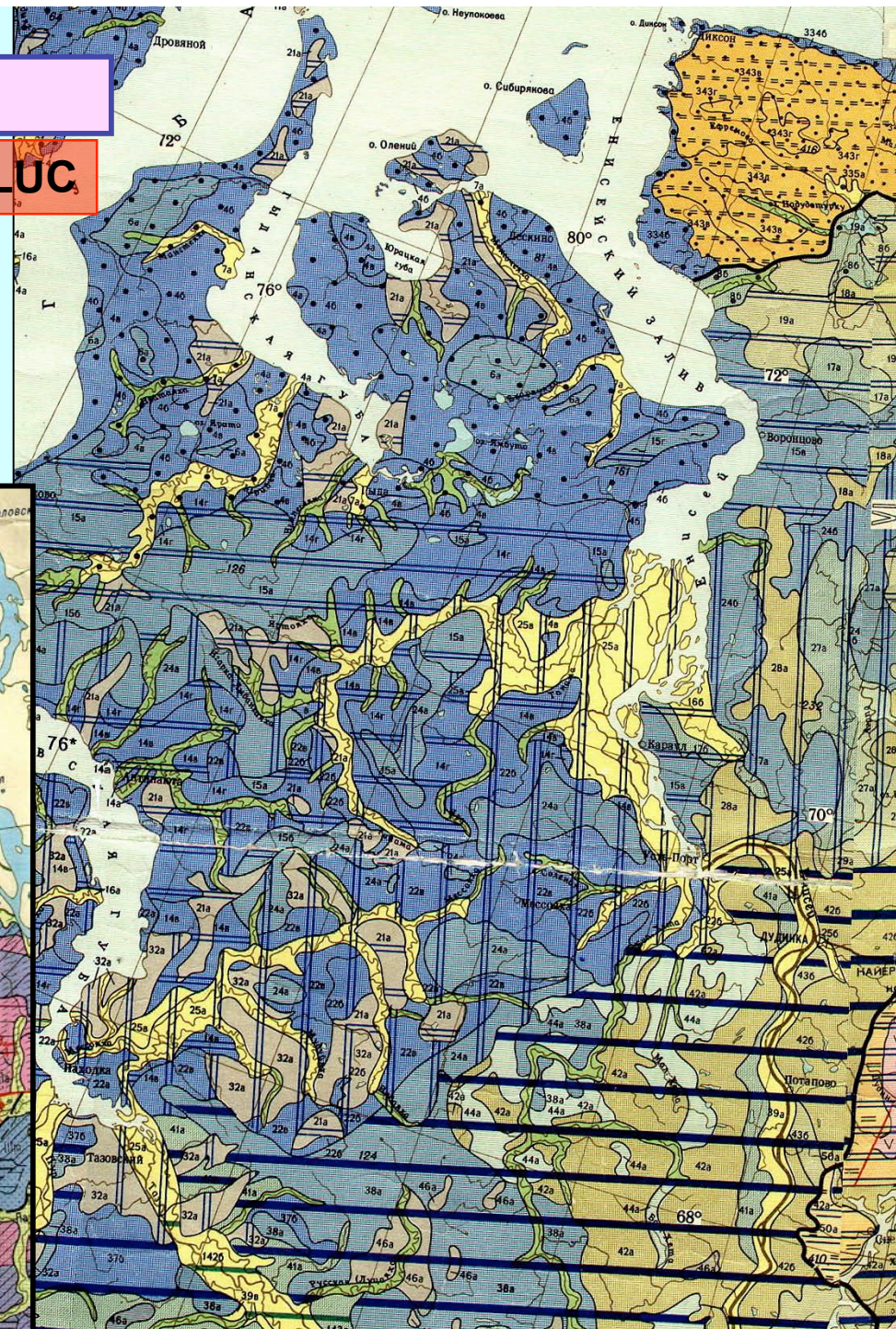
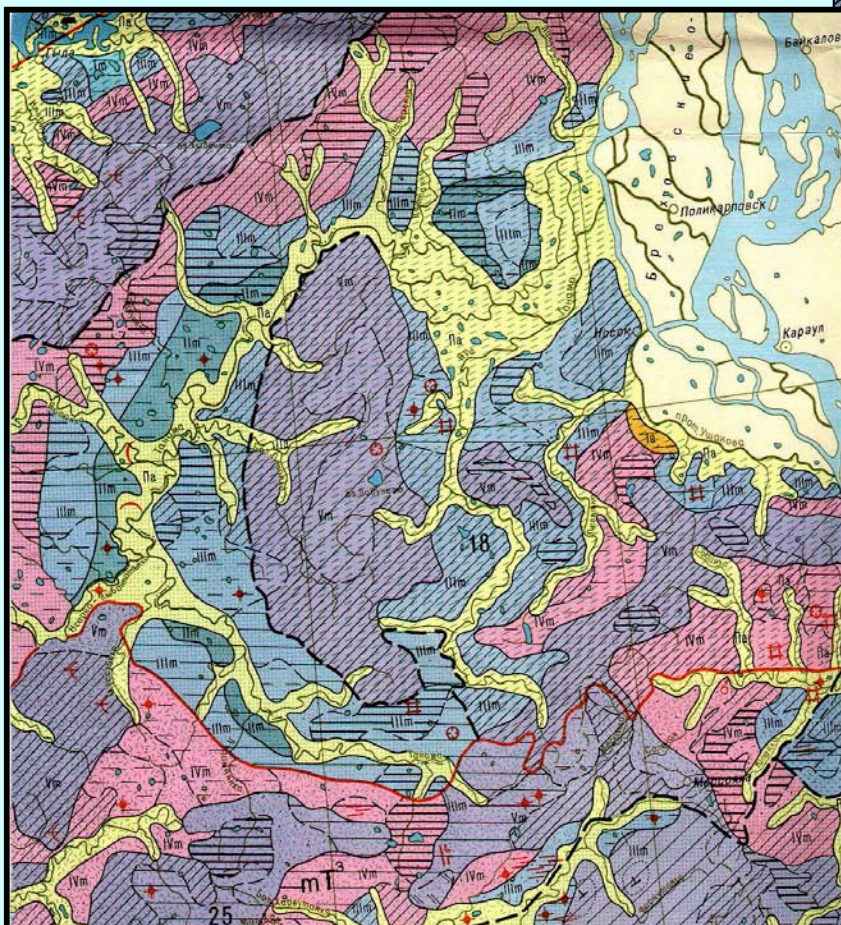


GIS: all kinds of applications

МПГ

LCLUC

Ландшафтные карты
разных лет и масштабов
(1:500 000 ...
1:2 500 000)



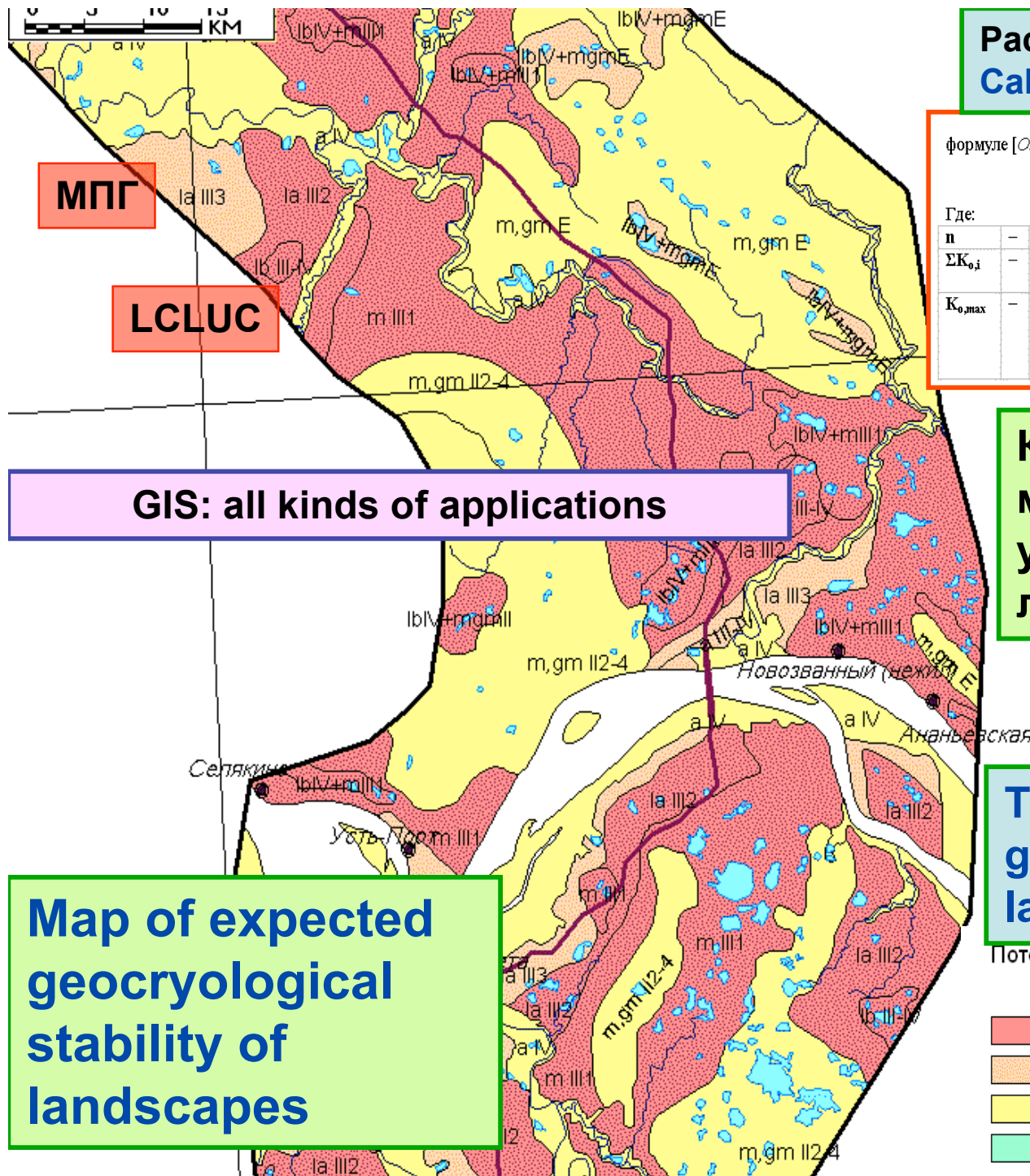
GIS: all kinds of applications

МПГ

LCLUC

Ландшафтные карты
разных лет и масштабов
(1:500 000 ...
1:2 500 000)





Расчет ранга устойчивости – Calculation of the stability rate

Суммарный показатель сложности I_0 рассчитывается по формуле [Отчет ВСЕГИНГЕО, 1996, Шеко А.И., Царев П.В., Дроздов Д.С.]:

$$I_0 = K_{0,\max} + [(\sum K_{0,i} - K_{0,\max}) / (n - 1) - 1],$$

Где:

n	– количество рассматриваемых компонентов природны условий;
$\sum K_{0,i}$	– арифметическая сумма коэффициентов сложности по n компонентам природных условий;
$K_{0,\max}$	– максимальное для контура ПТК значение коэффициента сложности из n рассматриваемых компонент (если одинаковые максимальные значения для контура ПТК получены по нескольким компонентам условий, то берется максимальное из них).

GIS: all kinds of applications

Карта потенциальной
мерзлотной
устойчивости
ландшафтов

Map of expected
geocryological
stability of
landscapes

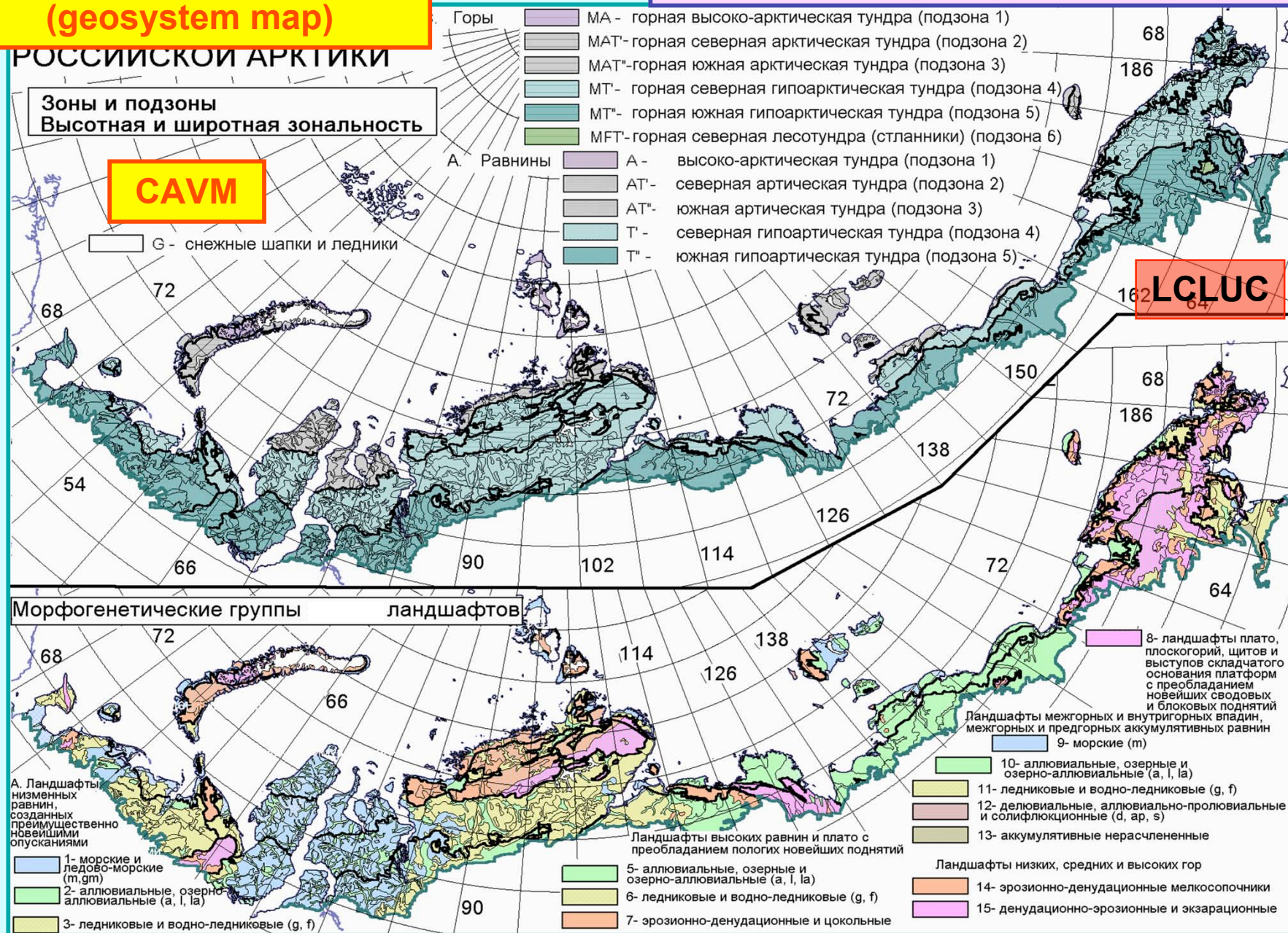
The rate of expected
geocryological stability of
landscapes

Потенциальная мерзлотная устойчивость ландшафтов
в полосе трассы магистрального трубопровода

- крайне неустойчивые
- неустойчивые
- относительно устойчивые
- устойчивые

Landscape map (geosystem map)

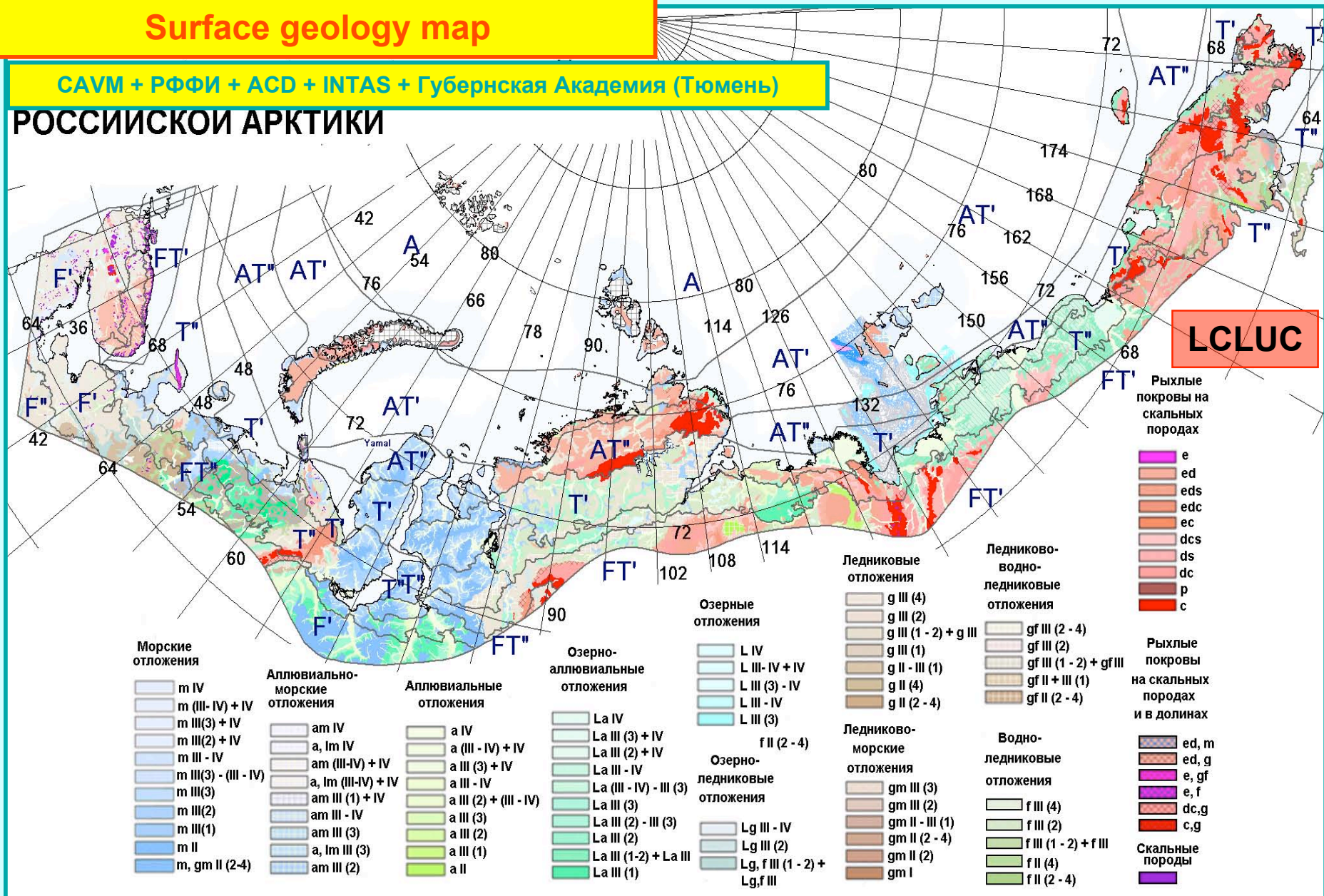
GIS: all kinds of applications



Surface geology map

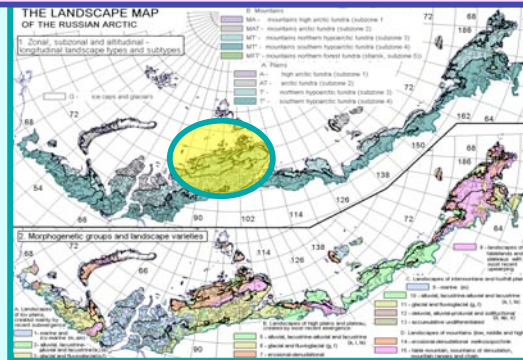
CAVM + РФФИ + ACD + INTAS + Губернская Академия (Тюмень)

РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

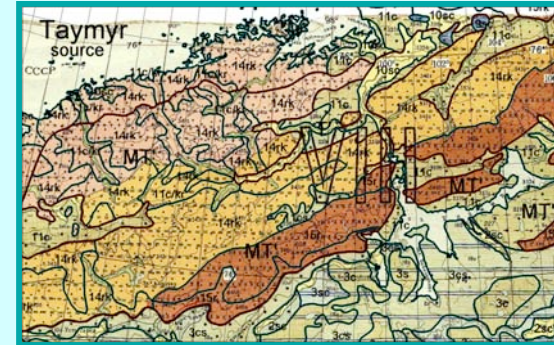


GIS: all kinds of applications

GIS: all kinds of applications

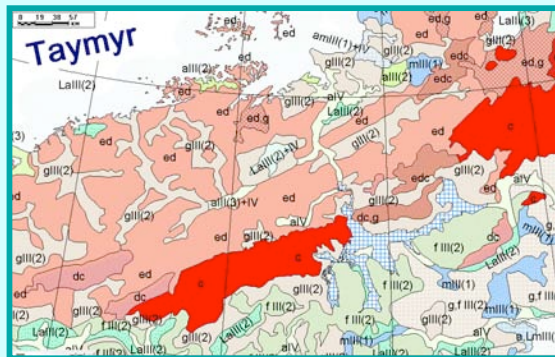


Построение модели геокриосистем (Таймыр)



Основной источник – ландшафтная карта СССР

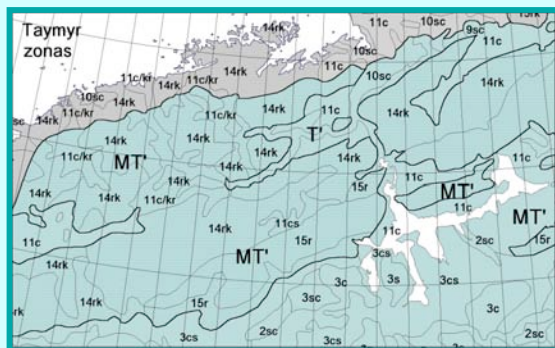
LCLUC



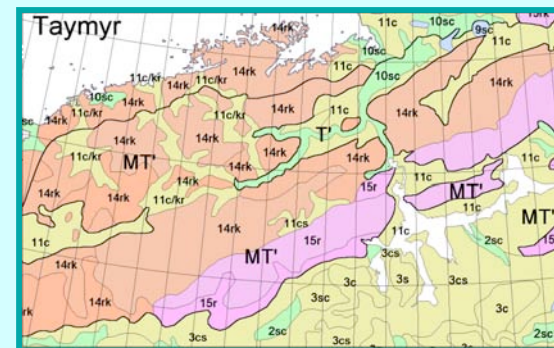
Основной источник – карта четвертичных отложений СССР



Средство корректировки границ – обработанный космоснимок



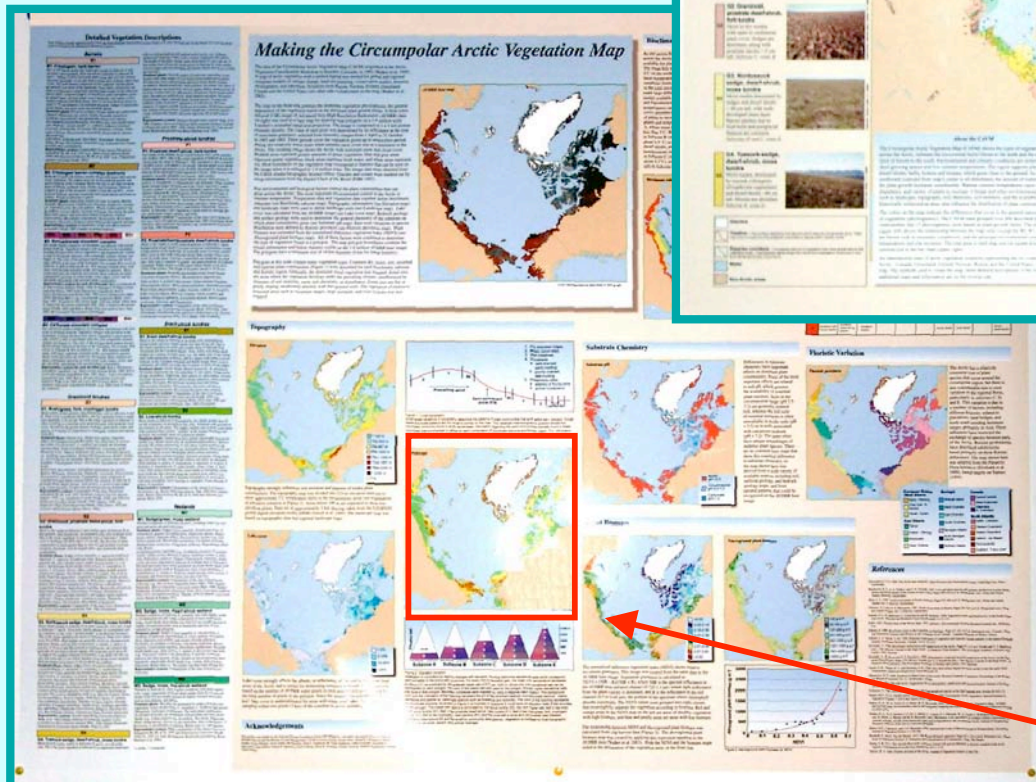
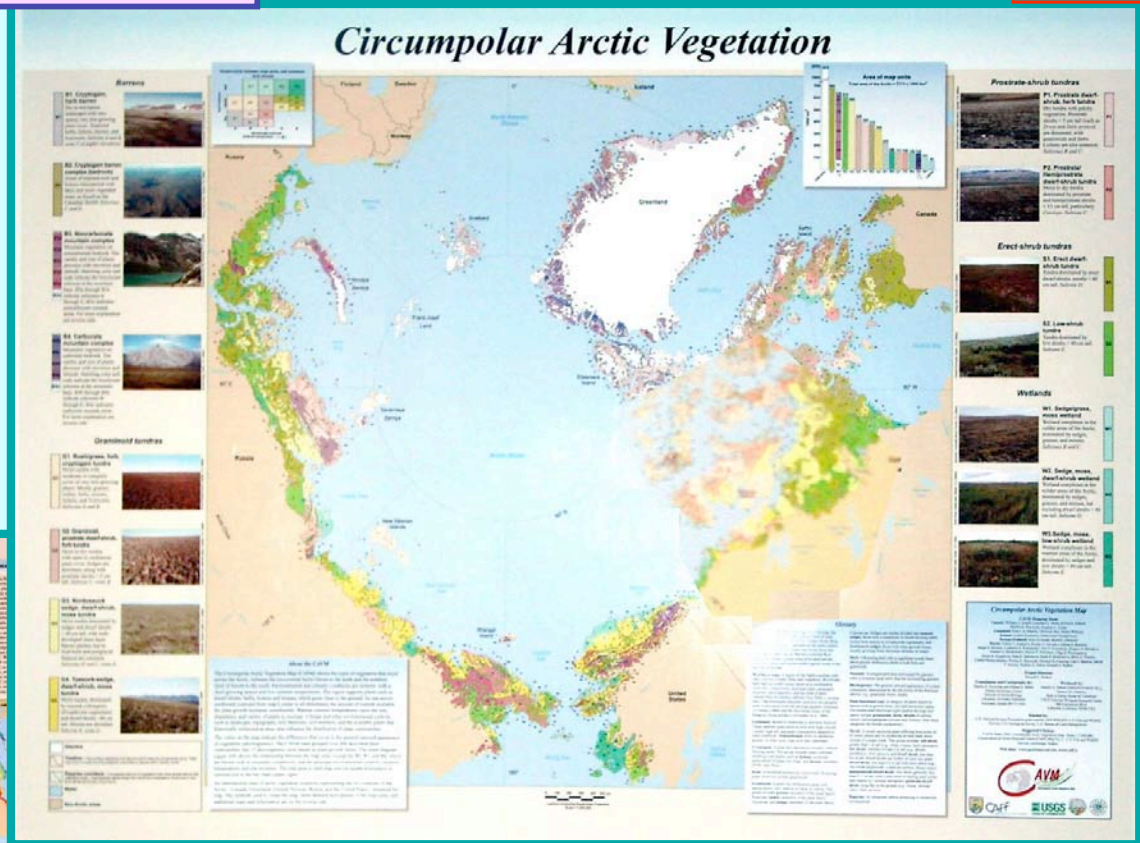
Карта геокриосистем (зоны и подзоны)



Карта геокриосистем (группы ландшафтов)

CAVM + РФФИ + ACD + INTAS + Губернская Академия (Тюмень)

Циркумполярная
карта
растительности
к северу от
границы леса



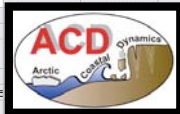
CAVM

Руководитель
проекта:
Donald A. Walker

Участники
проекта:
Гренландия
Исландия
Канада
Норвегия
Россия
США

Карта геосистем –
geosystem (landscape) map

A		B		C		D		E		F			
1	ACD Coastal Classification of the Kara Sea												
2	field	entry options											
3	primary contact person	provide name and email: Alexander Vasiliev											
4	regional sea	Chukchi Sea=CS, East Siberian Sea=ESS, Laptev Sea=LS, Kara Sea=KS, Barents Sea=BS, Greenland										KS	
5	segment (length, km)											21.1	12.2
6	segment_name	text field										Tezovskaya	kaya gu
7	segment_no	number										36+87	89
8	segment_start_lat	decimal degrees (4 decimals)										3266	3267
9	segment_start_long	decimal degrees (4 decimals)										68.9254	68.8861
10	segment_end_lat	decimal degrees (4 decimals)										75.8617	75.4047
11	segment_end_long	decimal degrees (4 decimals)										68.8861	68.8086
12	segment_comment	yes=y or no=n (to be added if islands are included in the onshore (direction landward from the sea))										75.4047	74.9133
13	onshore	delta=d, lowland(<10m)=l, upland(10-500m)=u										L+FP	L+FP
14	backshore	(upper part of the active beach above the normal reach of the tides (high cliff=c, slope=s, flat=f, ridged/terraced=r, in meters										d	d
15	backshore_elevation	lithified=l, unlithified=u										f	f
16	backshore_material_1	mud-dominated=m, sand-dominated=s, gravel-dominated=g, diatom=d, organic=o, mixtures= e.g. mg, sg										2.5	2.5
17	backshore_material_2	text to be added if backshore_form=r or										u	u
18	shore	(strip of ground bordering the sea which is alternately exposed, or covered by beach=b, shore terrace=t, cliff=c, complicated=x										s	s
19	shore_form	fringing=f, barrier=b, spit=s (to be filled if lithified=l, unlithified=u										b	b
20	shore_material_1	mud-dominated=m, sand-dominated=s, gravel-dominated=g, diatom=d, organic=o, mixtures= e.g. mg, sg										u	u
21	shore_material_2	text to be added if shore_form = x										u	u
22	general											sm	sm
23	ground_ice_1	low(2-20)=l, medium(20-50)=m, high(>50)=h										l	l
24	ground_ice_2	in % total volume of shoreline (best guess)										20	20
25	ground_ice_comment	text to be added if ground ice template was filled out in meter/year (erosion=minus, accumulation=plus)										no data	no data
26	change_rate												-0.3 no data

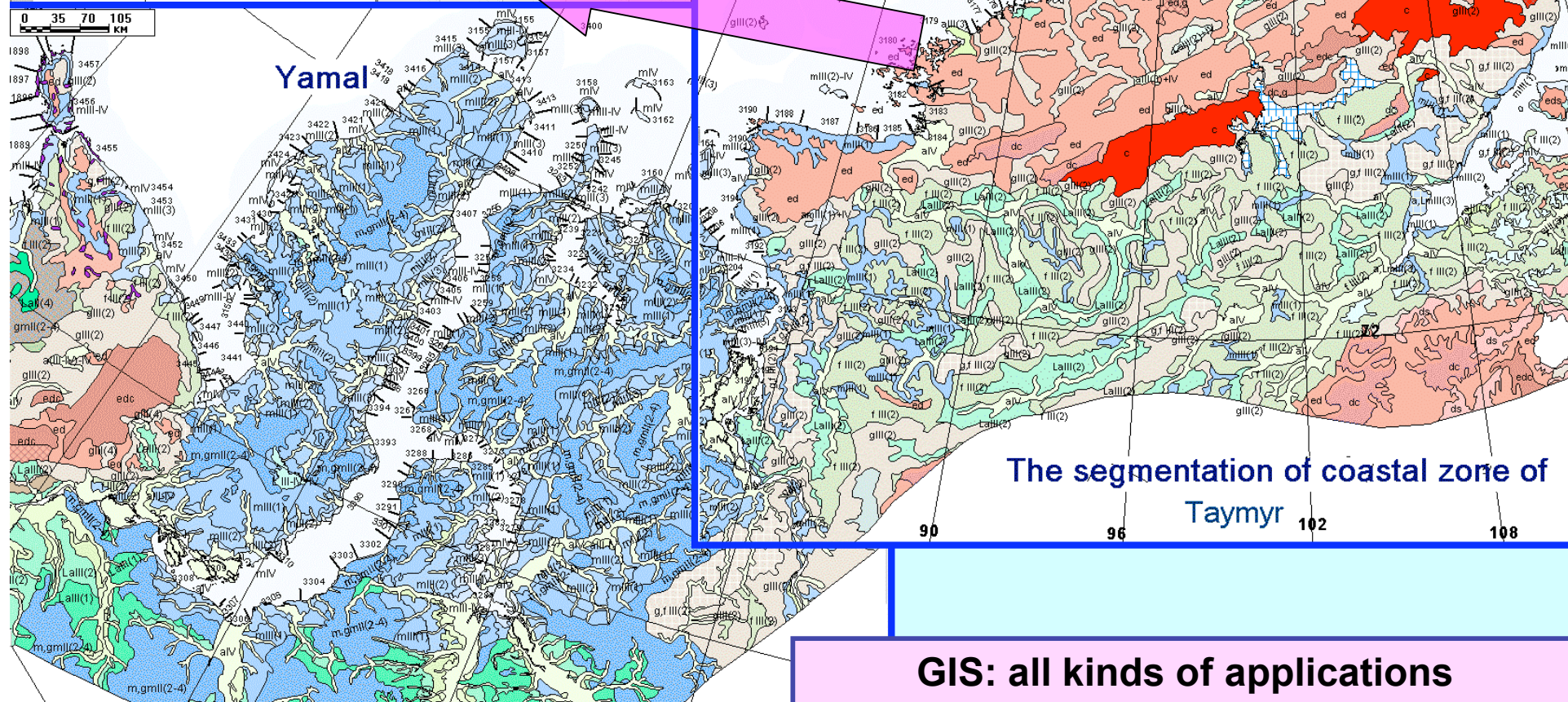


МПГ

Ландшафтная карта Российской Арктики Landscape map of Russian Arctic

LCLUC

Earth Cryosphere Institute, SD, RAS
ИКС СО РАН



GIS: all kinds of applications

Карта динамических типов берегов (Карское море)

МПГ

LCLU

GIS: all kinds of applica

Legend

Coasts – берега:

- Accumulative** – аккумулятивные
- Stable** – стабильные
- Thermoerosion** – термоэрозийные
- Erosion** – абразионные
- Glaciers** - глетчеры.

Coasts – берега:

Accumulative – аккумулятивные

Stabile – стабильные

Thermoerosion – термоэрозия

Erosion – абразионные

Glaciers - глетчеры.

1. On-shore permafrost

- 1.1. Фоновые климатические параметры и их влияние на геокриологические характеристики суши
 - Basic climatic parameters and their influence beyond the on-shore geocryological characteristics
 - 1.1.1. Общие климатические тренды и геокриологические условия Российской Арктики
 - General climatic trends and the geocryological conditions of the Russian Arctic
 - 1.1.2. Метеорологические параметры и характеристика мерзлоты на суше
 - Meteorological parameters and the characteristic of on-shore permafrost

Общие климатические тренды General climatic trends

Карта повышений температуры воздуха
относительно нормы

1.1.1. Общие климатические тренды и геокриологические условия Российской Арктики General climatic trends and the geocryological conditions of the Russian Arctic

МПГ

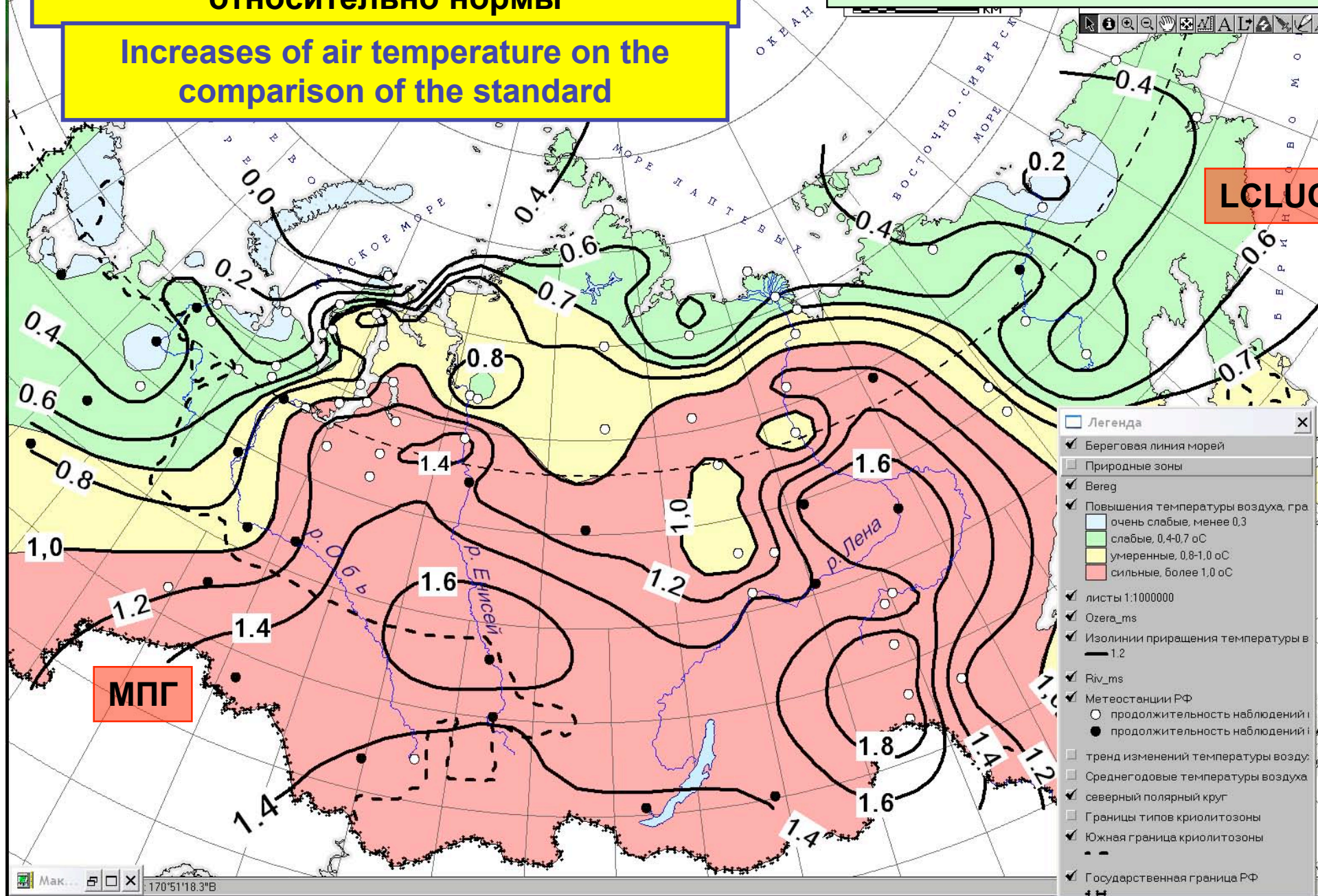
LCLUC

- ☒ Riv_ms
- ☒ Метеостанции РФ
 - ☐ продолжительность наблюдений
 - ☒ продолжительность наблюдений
- ☐ тренд изменений температуры воздуха
- ☐ Среднегодовые температуры воздуха
- ☒ северный полярный круг
- ☐ Границы типов криолитозоны
- ☒ Южная граница криолитозоны
- ☒ Государственная граница РФ

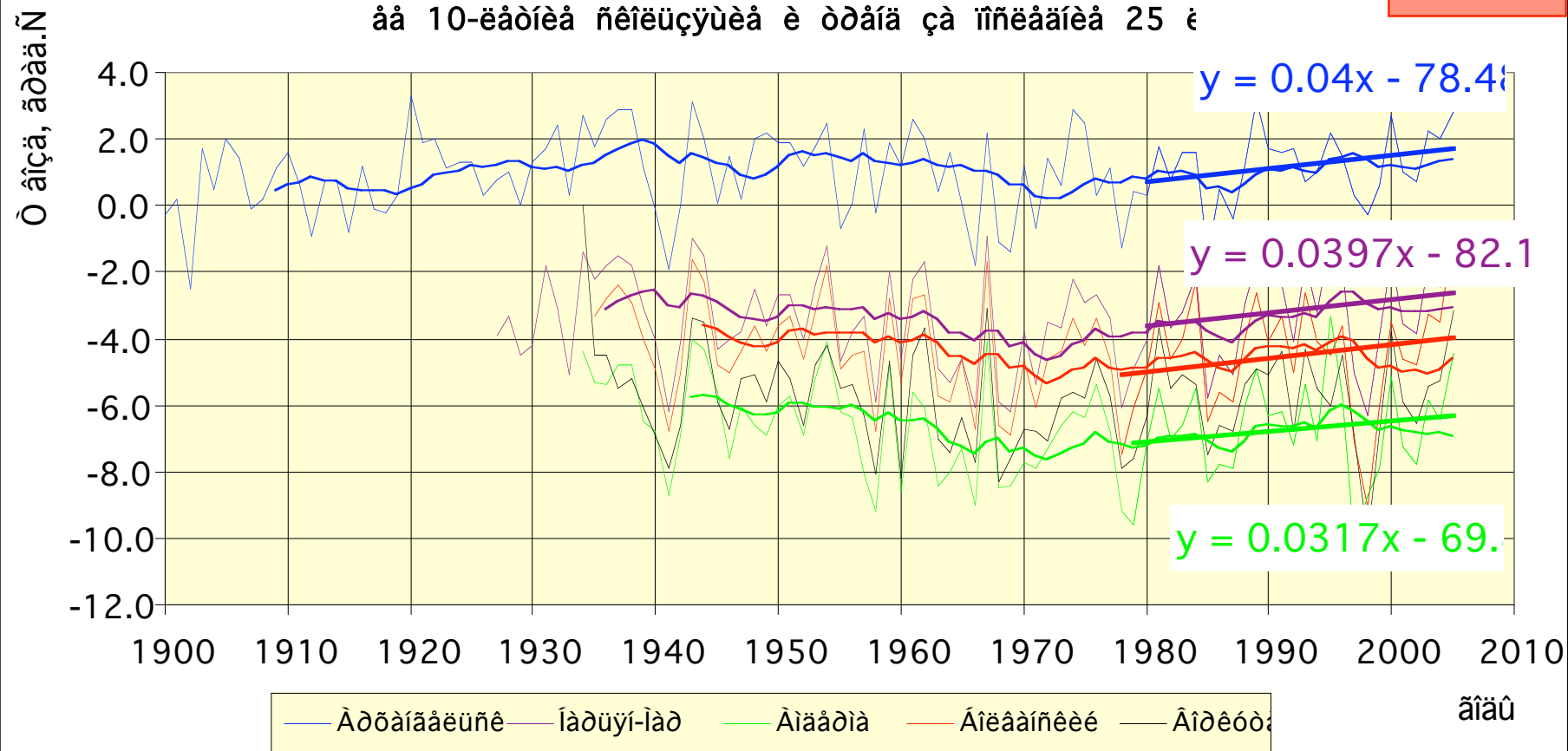
Карта повышений температуры воздуха относительно нормы

Increases of air temperature on the
comparison of the standard

Общие климатические тренды General climatic trends



Όαδàèòàδ èçìáíáíèÿ ñδàáíááíáíáíé δάííàδàòóδù áíçáóð
 áá 10-èáðíèà ñêíèüçÿùèà è òðáíä çà íñèääíèà 25 è

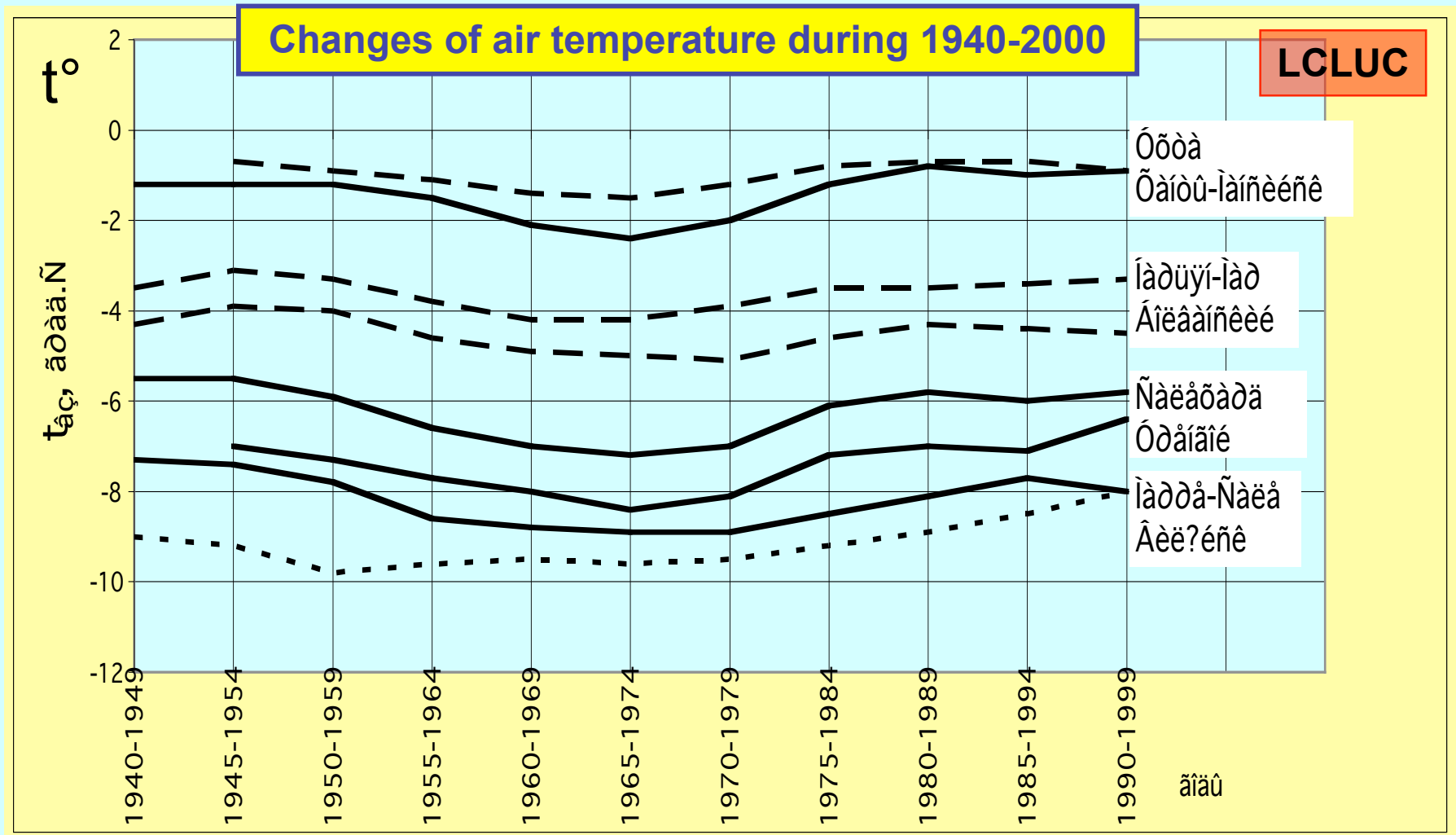


В Европейской части России изменение среднегодовой температуры воздуха на протяжении 20 века имело ритмический характер с циклом около 50 лет и амплитудой колебания температуры около 2 °С.

В последнюю четверть века средний тренд потепления составил 0,03-0,04°/год

МПГ

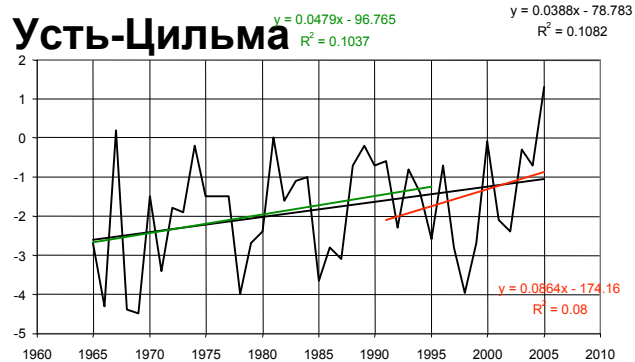
Десятилетние скользящие среднегодовой температуры воздуха



Аналогичный циклический характер изменения среднегодовой температуры воздуха мы видим и в других районах криолитозоны России

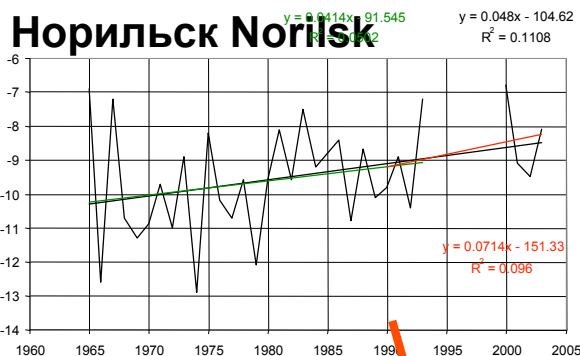
Общие климатические тренды General climatic trends

Усть-Цильма

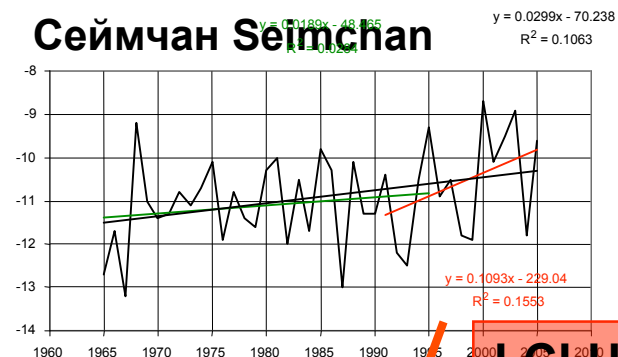


МПГ

Норильск Norilsk

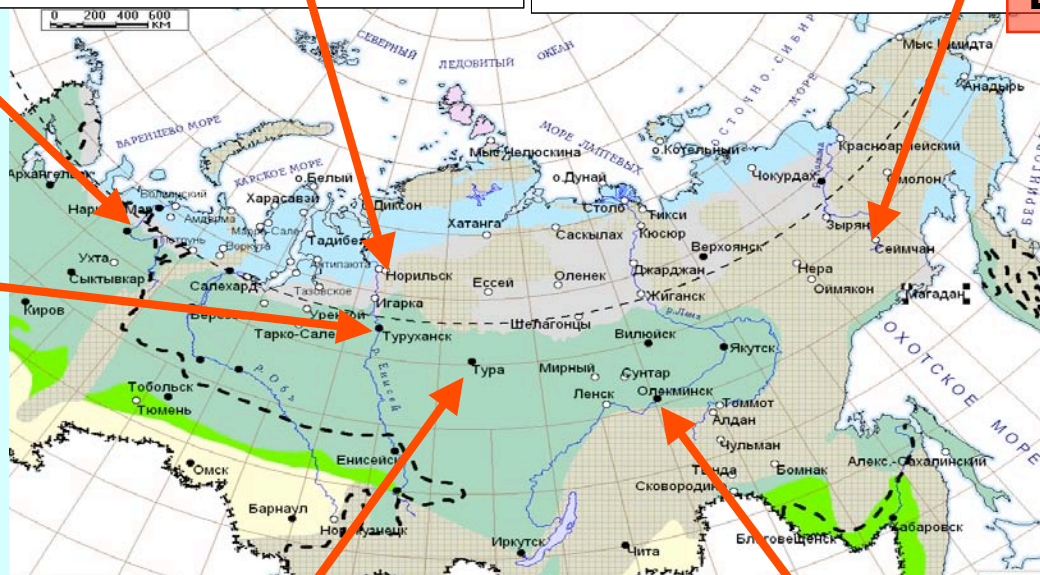
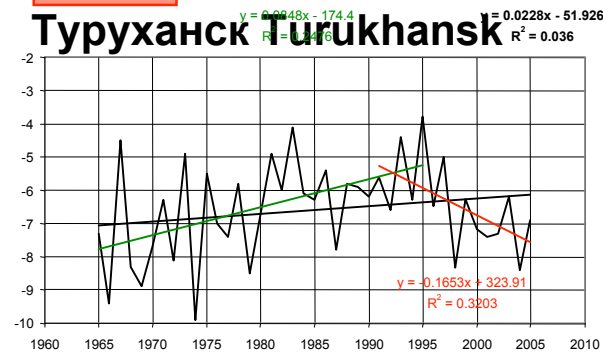


Сеймчан Seimchan



ЛСЛУ

Туруханск Turukhansk

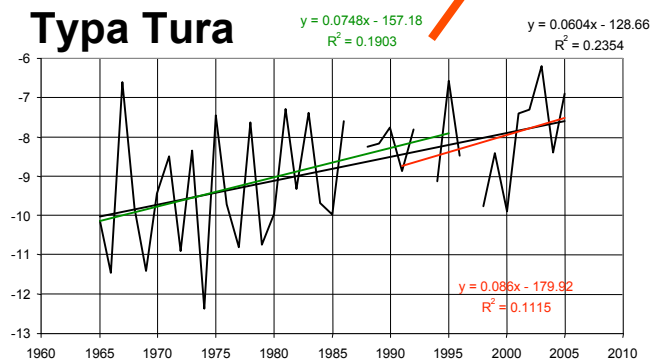


Тренды изменения
среднегодовой
температуры воздуха
за различные периоды

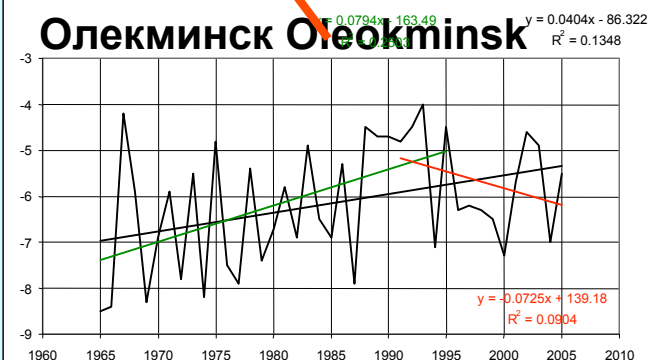
Air temperature trends

- 1965 -- 1995 гг
- 1990 -- 2005 гг
- 1965 -- 2005 гг

Тура Tura



Олекминск Olekminsk



2005 год

Общие климатические тренды General climatic trends

Среднегодовые тренды изменения температуры воздуха, рассчитанные относительно «нормы» (1951-1980 гг) для 2000 и 2005 годов.
Видно как смещается в плане расположение очагов потепления.
Из одного главного крупного очага потепления в Забайкалье и юге Сибири образовалось четыре не столь великих:

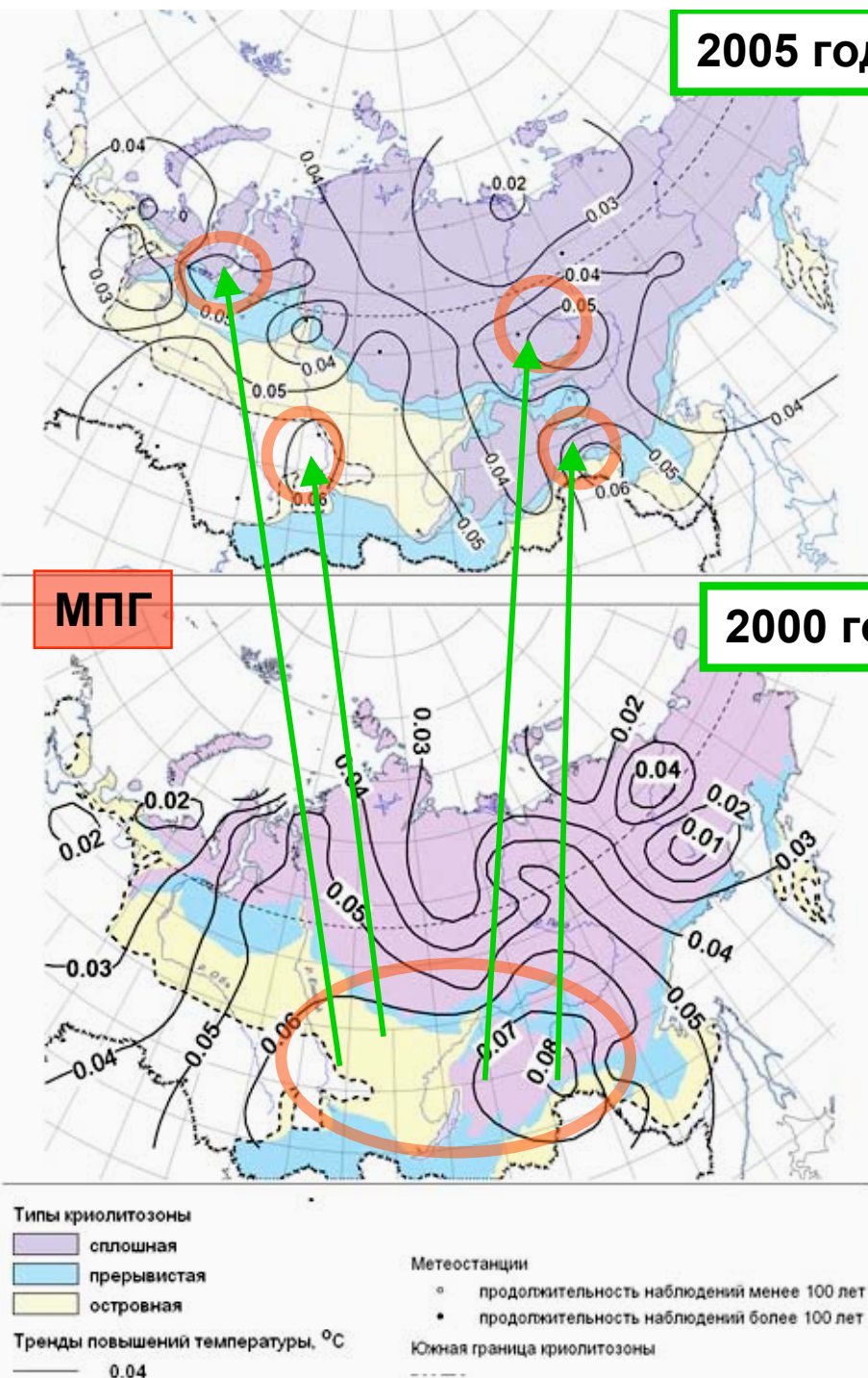
- в центре Западной Сибири,
- в верховьях Енисея,
- в Якутии и
- в Приамурье.

LCLUC

По-прежнему, наиболее стабильная климатическая обстановка складывается на Дальнем Востоке и в Европейской части России. Здесь сохраняются наиболее низкие

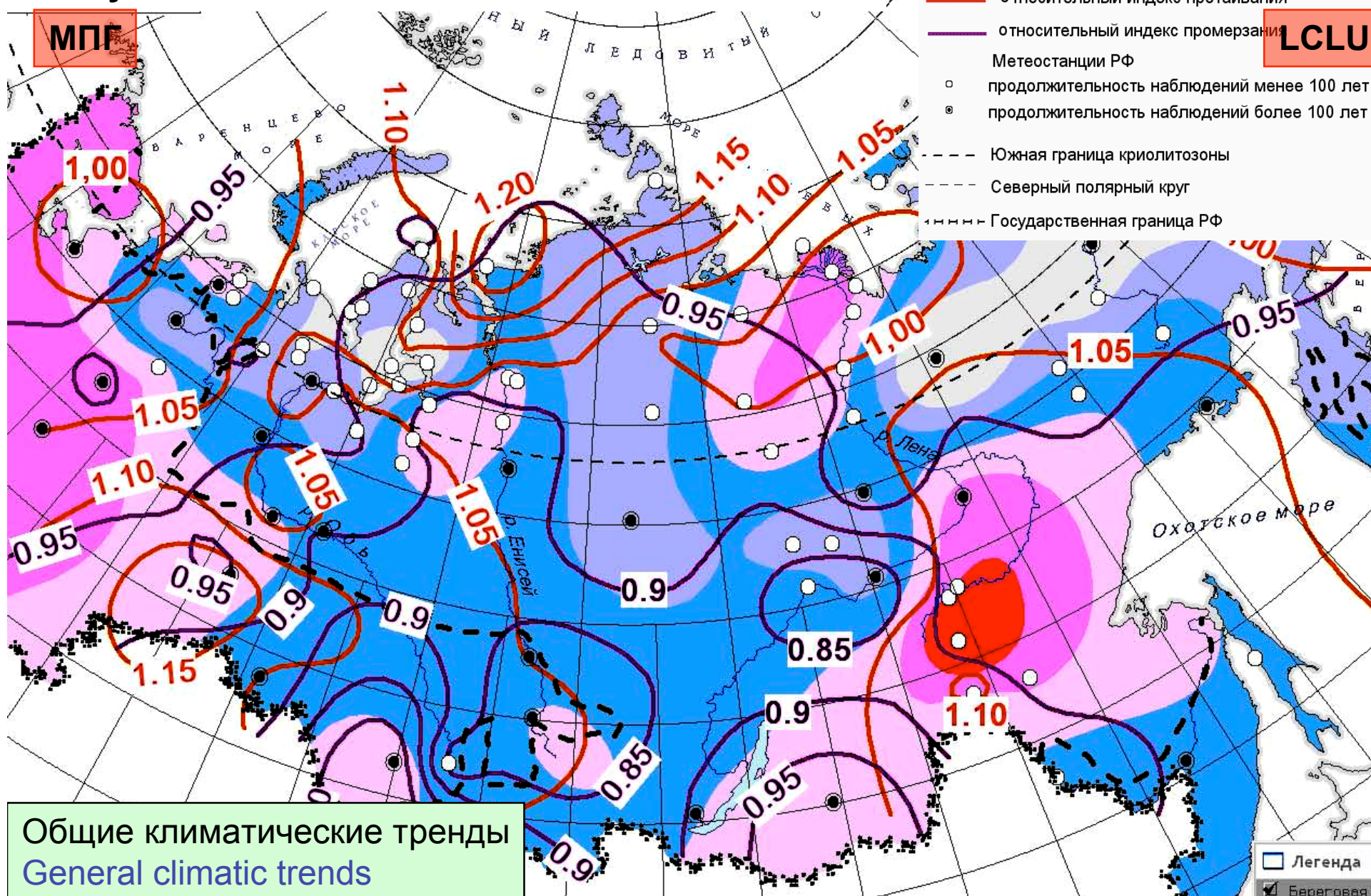
МПГ

2000 год



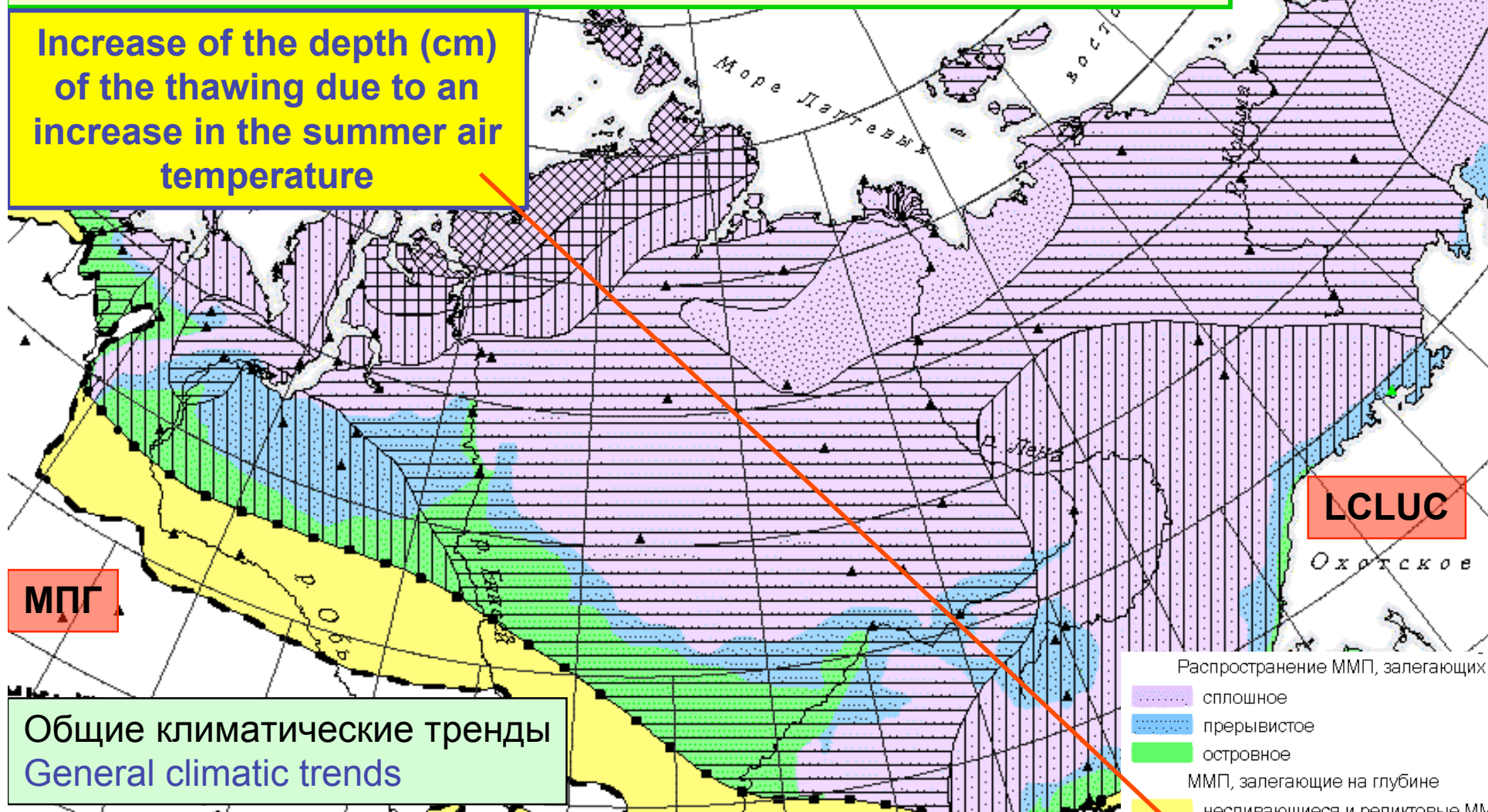
Permafrost	Climatic norm conditions		Climatic warming conditions	
	S, km2	%	S, km2	%
continuous	7 000 000	40	6 000 000	35
discontinuous	1 800 000	11	1 700 000	10
sporadic+isolated patches	2 000 000	12	1 200 000	7
residual thaw layer+relict	500 000	3	2 400 000	14
area of cryolithozone	11 300 000	66	11 300 000	66
outside of cryolithozone	5 700 000	34	5 700 000	34
area of RUSSIA	17 000 000	100	17 000 000	100

Карта изменения индексов протаивания и промерзания и уменьшения континентальности климата

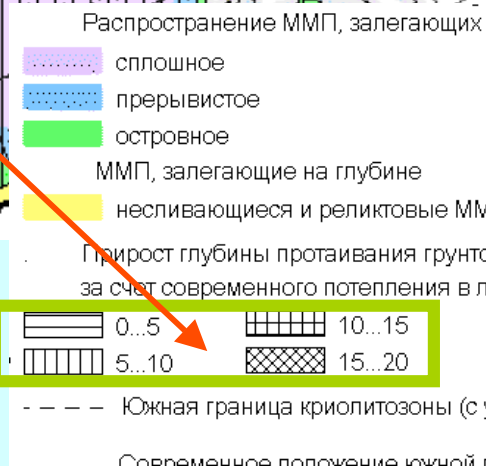


Потенциальный прирост глубины сезонного протаивания (в %) за счет повышения температуры воздуха в летний период

Increase of the depth (cm) of the thawing due to an increase in the summer air temperature

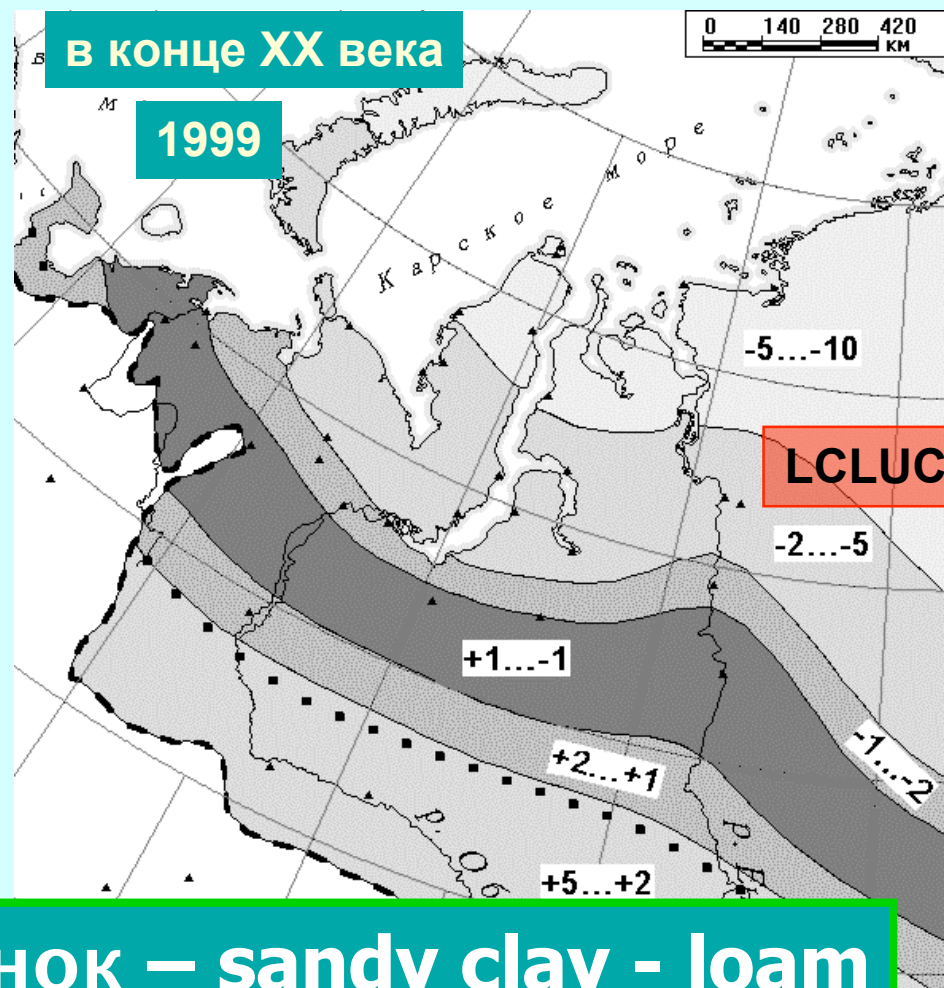
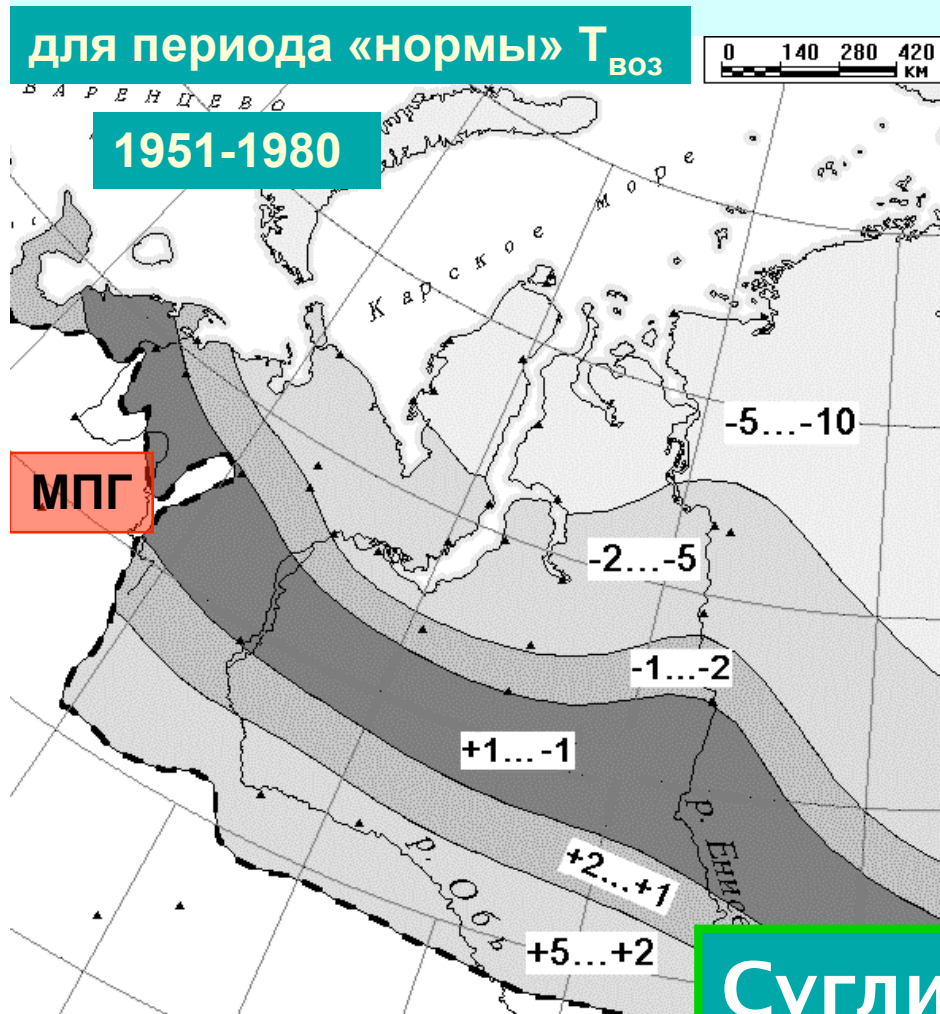


• Наиболее благоприятные условия для увеличения глубины сезонного протаивания за счет климатических изменений складываются на севера Гыданского полуострова и на Таймыре.



Среднегодовая температура грунтов на подошве деятельного слоя, сложенного суглинком

Общие климатические тренды
General climatic trends



Суглинок – sandy clay - loam

Average annual ground temperature at
the bottom of the active layer

Карта проявления геокриологических
опасностей за счет потепления климата

МПГ

Geocryological risks due
to the warming up of the
climate

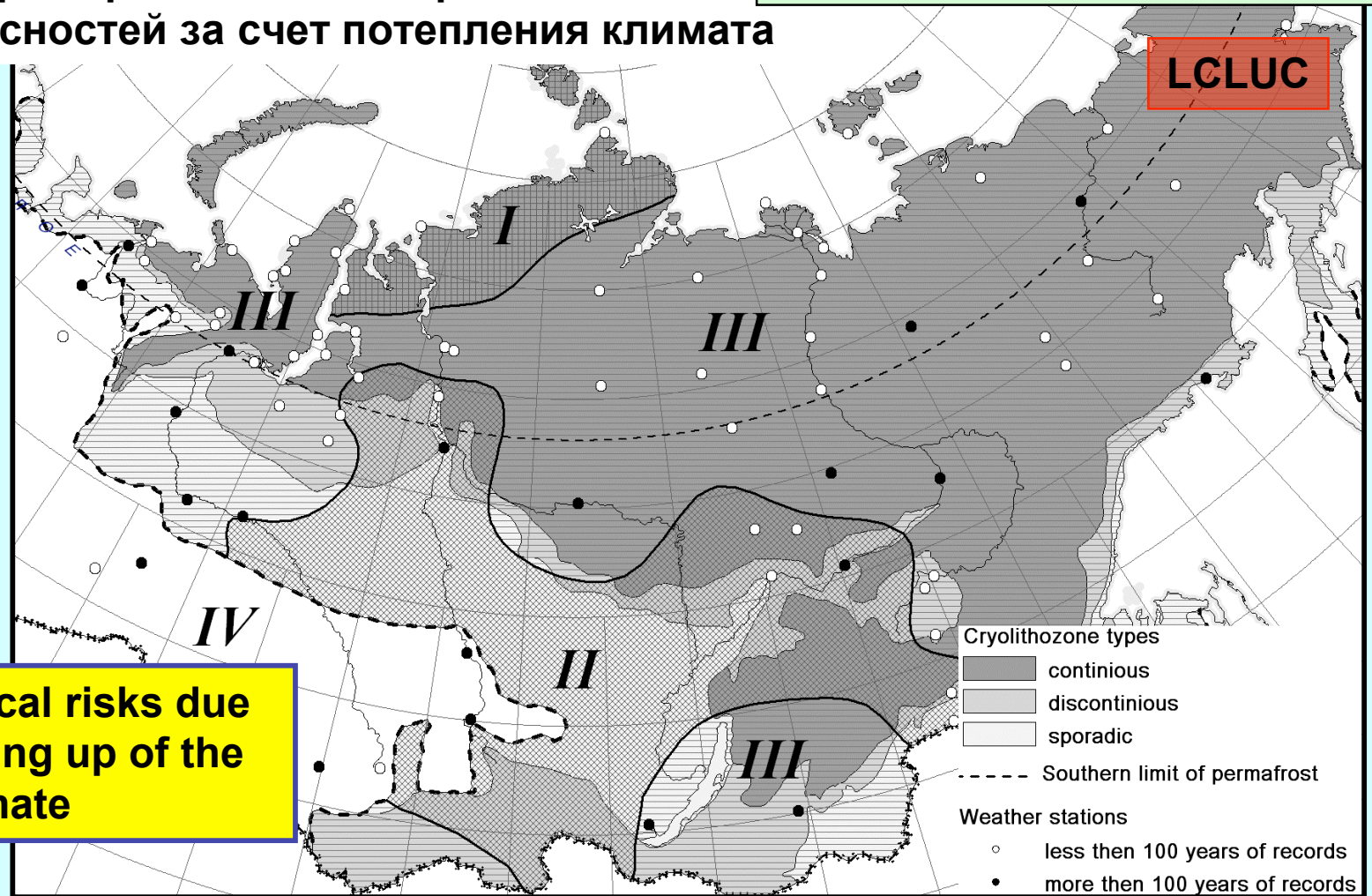


Fig. 1 Map of potential geocryological hazards following climatic warming

(Areas of the geocryological hazards: **I** - increase of seasonal thawing, activation of thermokarst, thermoabrasion, solifluction, cryogenic sliding; **II** - activation of frost heave and icing formation; **III** - areas with the certain stabilization of geocryological conditions; **IV** - non permafrost area)

МПГ

Метеорологические параметры и характеристика мерзлоты
Meteorological parameters and characteristic of permafrost

Западный Ямал – Western Yamal

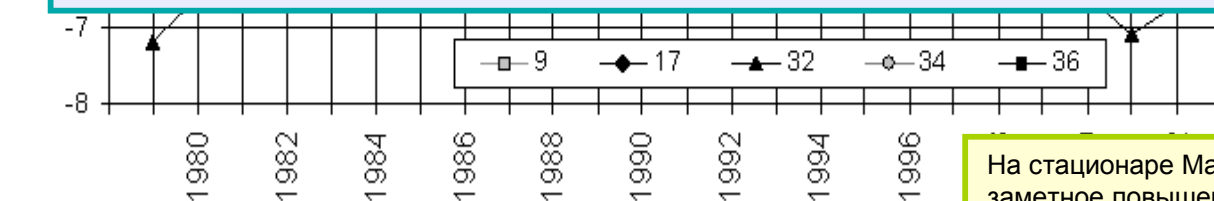
LCLUC

Марре-Сале
Marre-Sale

Температура воздуха

а

- Метеорологические параметры и характеристика мерзлоты (метеорологические и геокриологические наблюдения)
- Meteorological parameters and characteristic of on-shore permafrost, monitoring

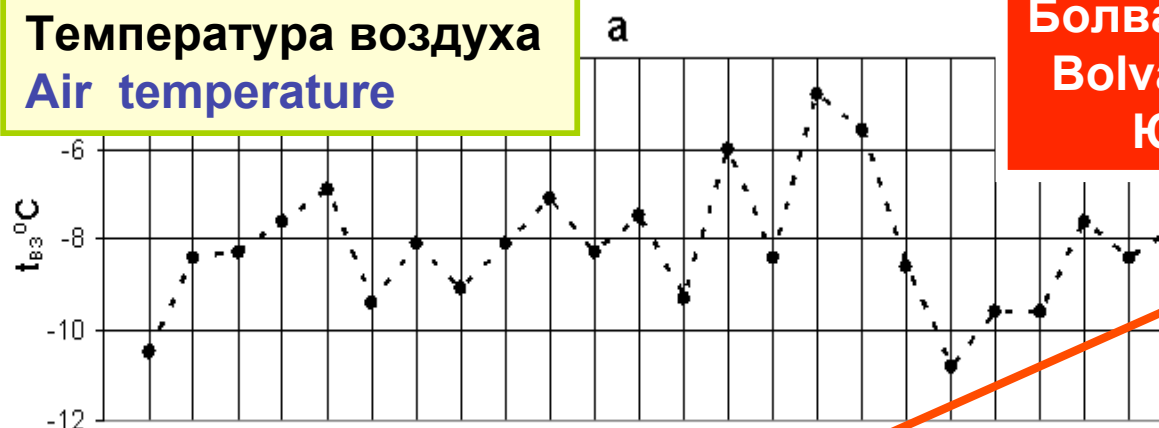


Центральная тундра – Central Tundra

На стационаре Марре-Сале (Западный Ямал) прослеживалось заметное повышение среднегодовой температуры грунтов на глубине 10 м за 1978-1995 гг., которое в различных ландшафтных условиях оценивается в 0,1-1°C. С 1996 г. преобладает тенденция к понижению температуры грунтов

Западный Ямал – Western Yamal

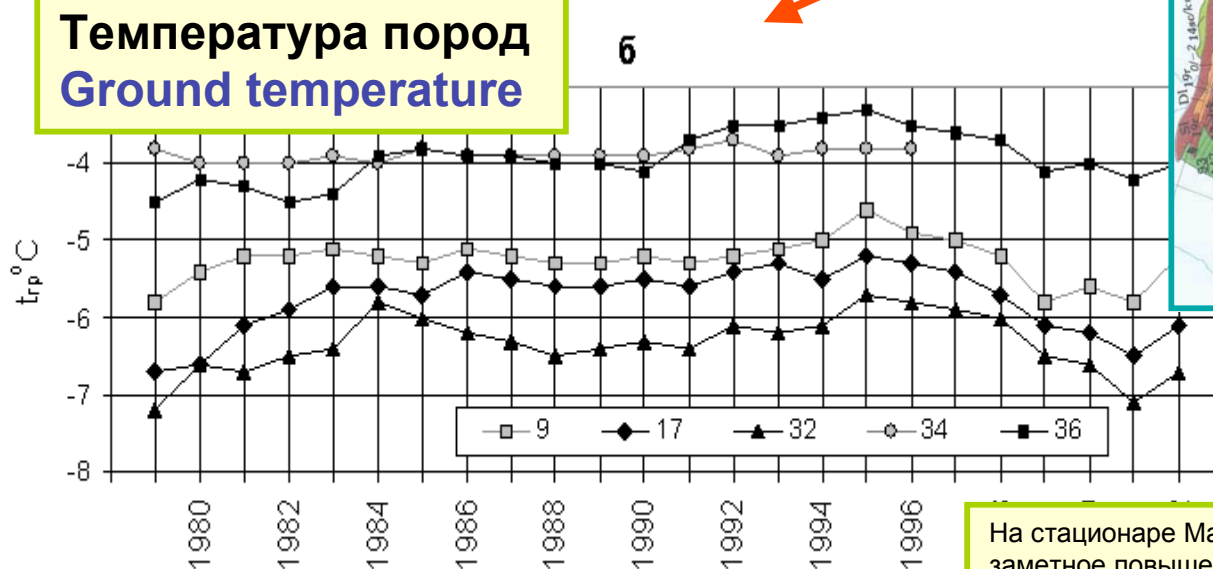
Температура воздуха
 Air temperature



Болванский
 Bolvanskii
 ЮТ

Марре-Сале
 Marre-Sale
 ЦТ

Температура пород
 Ground temperature

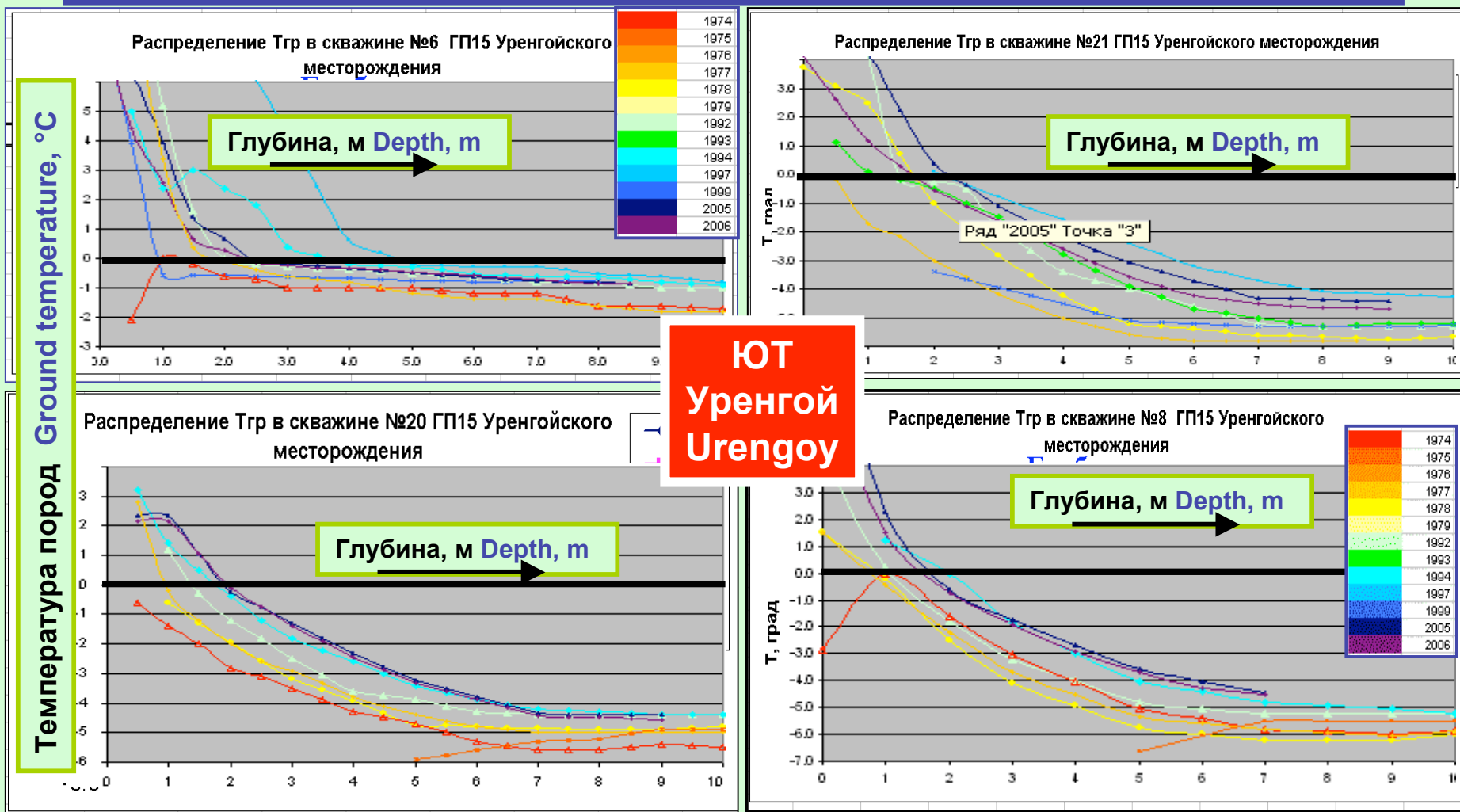


Надым
 Nadym
 СЛ

ЮТ
 Уренгой
 Urengoy
 ЮЛТ

Центральная тундра – Central Tundra

На стационаре Марре-Сале (Западный Ямал) прослеживалось заметное повышение среднегодовой температуры грунтов на глубине 10 м за 1978-1995 гг., которое в различных ландшафтных условиях оценивается в 0,1-1°C. С 1996 г. преобладает тенденция к понижению температуры грунтов

Температурные наблюдения в скважинах на режимных площадках
(Уренгойское месторождение, 1974-2006 гг.)

МПГ

Метеорологические параметры и характеристика мерзлоты Meteorological parameters and characteristic of permafrost

Температуры в режимных скважинах (Южная тундра, Уренгойское м-ние, 1974-2007 гг.)

LCLUC

0 °C

Температура пород Ground temperature, °C

Landscape zone: Southern tundra



Высокие кустарники на крутом склоне

- b/h 15-03 (9m) - tundra with peat
- b/h 15-06 (8.5m) - bushes on the slope
- b/y 15-08 (7m) - boggy tundra
- b/h 15-20 (9m) - typical tundra
- b/h 15-21 (9m) - typical tundra

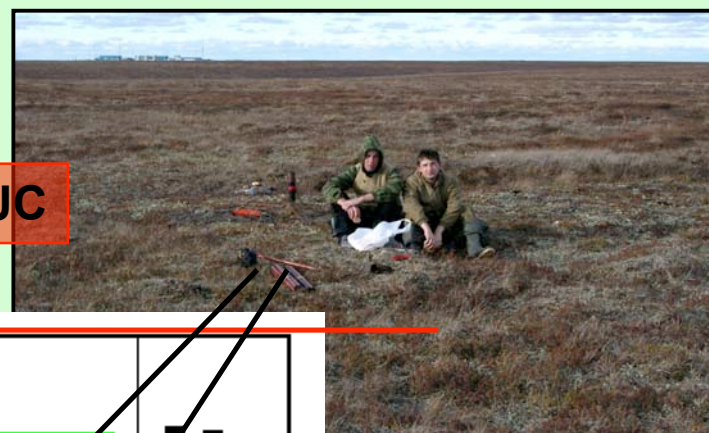
Типичная водораздельная тундра, местами с мочажинами

Тундра с торфом на речной террасе

ЮТ
Уренгой
Urengoy

Область построения диаграммы

1972 1976 1988 1992 1996 2000
Years



Метеорологические параметры и характеристика мерзлоты Meteorological parameters and characteristic of permafrost

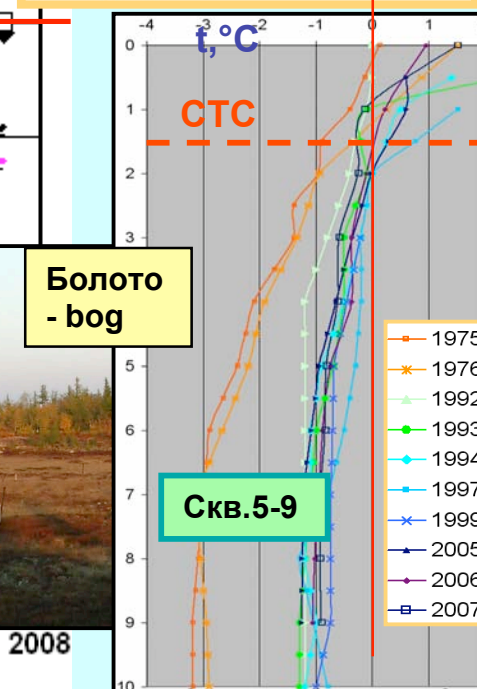
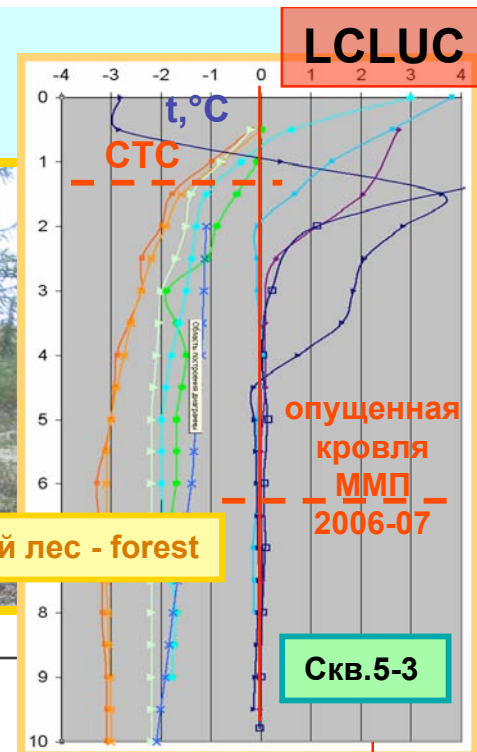
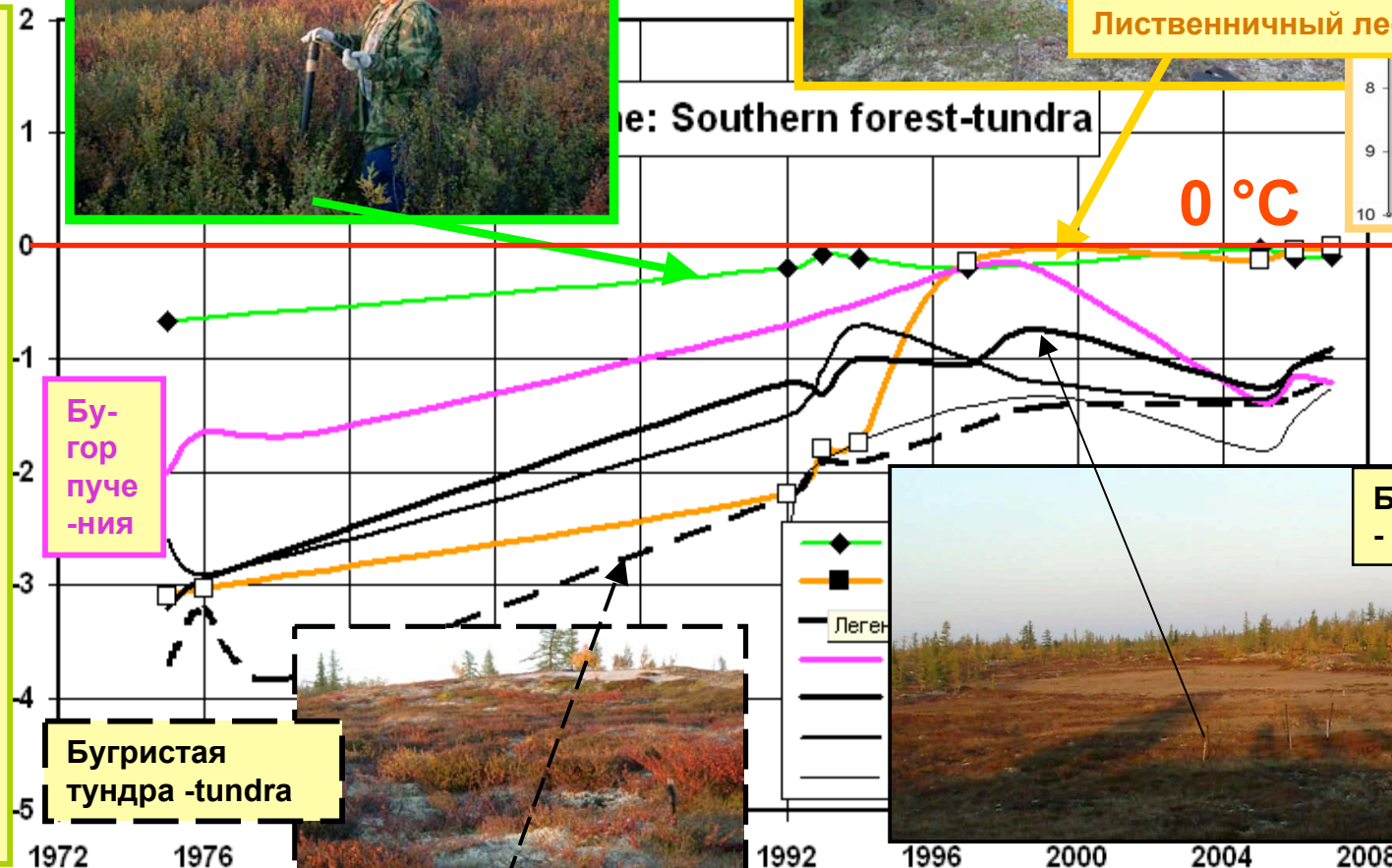
Температуры в режимных скважинах
(Южная лесотундра, Уренгойское м-ние,
1974-2007 гг.)

Высокие
кустарники
(ерники) - bush

Уренгой
ЮЛТ

Лиственничный лес - forest

Температура пород Ground temperature, °C



МПГ

Метеорологические параметры и характеристика мерзлоты
Meteorological parameters and characteristic of permafrost

Nadym town -- г.Надым

LCLUC

Температура пород
Ground temperature

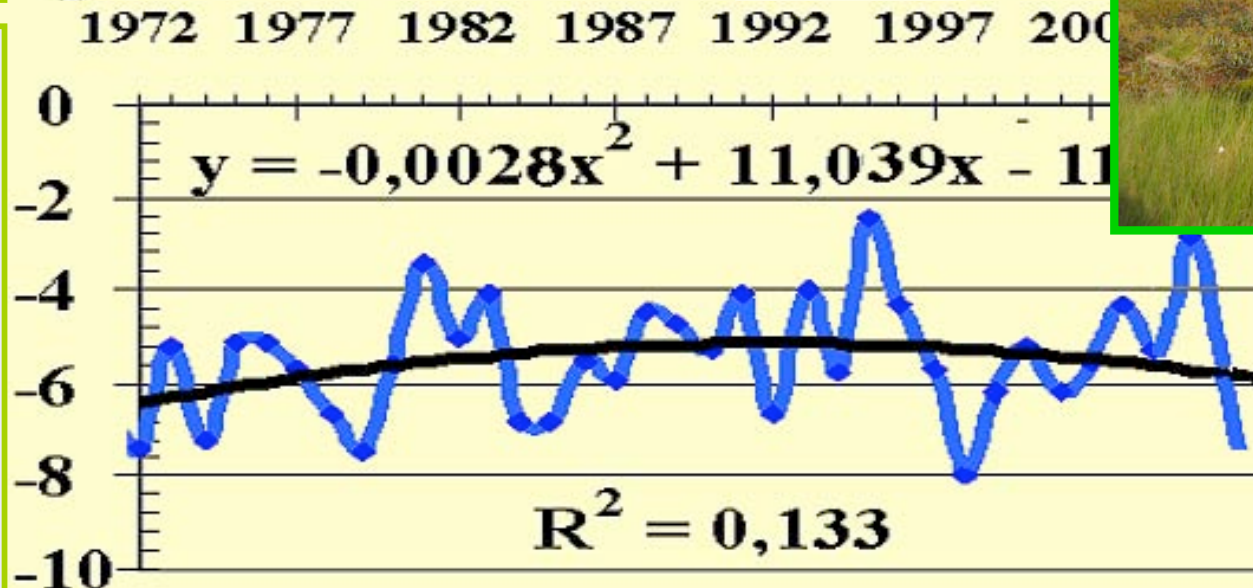


N.G.Moskalenko
Н.Г.Москаленко

Надым
Nadym
СЛ



Температура воздуха
Air temperature



Крупнобугристый
торфяник –
Palsa peatland

- 1.2. Параметры мерзлоты. Наблюдения и режим (геокриологические параметры)

1. On-shore permafrost

- 1.2. Параметры мерзлоты. Наблюдения и режим (геокриологические параметры)

■ Characteristics of Permafrost

- 1.2.1. Геокриологическое строение, особенности криогенеза
- Geocryological structure, the special feature of cryogenesis
- 1.2.2. Экзогенные геологические процессы
- Exogenous geological processes

- Геокриологическое строение, особенности криогенеза
- Geocryological structure, the special feature of cryogenesis

МПГ

LCLUC



Very important part of the researches is the study of geocryological structure and cryogenic conditions at marine sediments. Micro- and the macro- structure are considered

Очень важное место занимает изучение геокриологического строения и условий криогенеза прибрежно-морских отложений. Исследования проводятся на микро и макроуровне

Pleistocene dislocations. Sand & clay. Yenisey mouth

Верхнеплейстоценовые песчано-глинистые отложения. Низовья Енисея, правый берег

~20 м

Геокриологическая экспедиция в прибрежной части
Карского моря – Югорский полуостров: мониторинг
динамики берегов и строение термоцирков в районе
распространения пластовых льдов. М.О. Лейбман,
Е.А.Слагода, О.Л.Опокина, 2007



Разрез западного борта термоцирка «Первая
Песчаная». Погребенный бугор пучения над
кровлей частично протаявшего пласта льда.
Криотектоника: трещины сжатия и отседания,
зоны скольжения, термоабразионные блоки
обрушения, «фонтаны» выдавливания талого
тиксотропного грунта, выполняющие
погребенную термоэрозионную ложбину.

a



МПГ

LCLUC

08 / 2006

Устье Енисея,
The Yenisey Mouth

(a) пологоволнистая равнина,
(b) полигонально-жильные льды,
(c) «оседание» берегового уступа при вытаивании
пластовых льдов и сильно льдистых грунтов
(a) Rolling plain,
(b) polygonal- vein ices,
(c) “settling” of the coast ledge during the thawing out of
stratified ices and icy ground

b



c



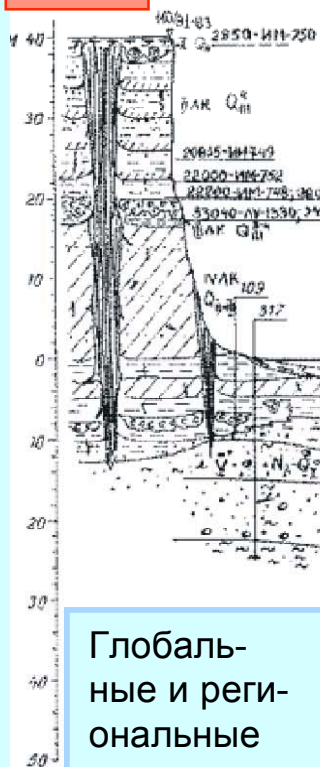
Гидродинамика моря и активизация береговых процессов
Sea hydrodynamics and the activity of coast processes

Е.А.Слагода. Реконструкция криогенеза в отложениях позднего

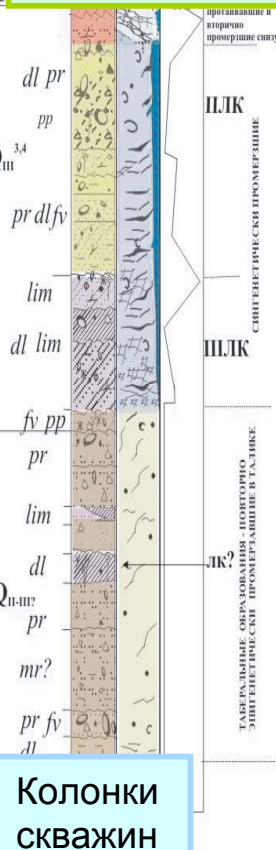
Геокриологическое строение, особенности криогенеза Geocryological structure, the special feature of cryogenesis

МПГ

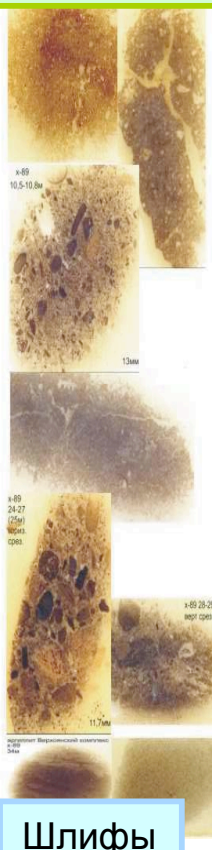
Последовательность и непрерывность анализа
микроморфологической характеристики отложений
при выявлении криогенных элементов микростроения



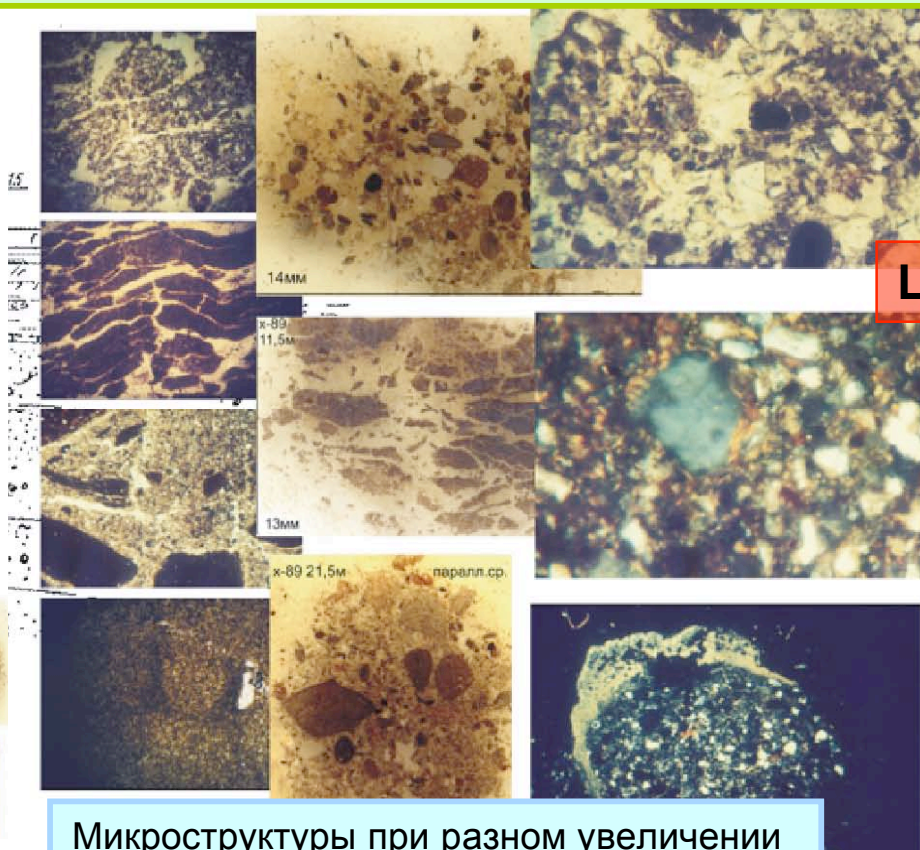
Глобальные и региональные стратиграфические схемы, опорные разрезы



Колонки скважин



Шлифы



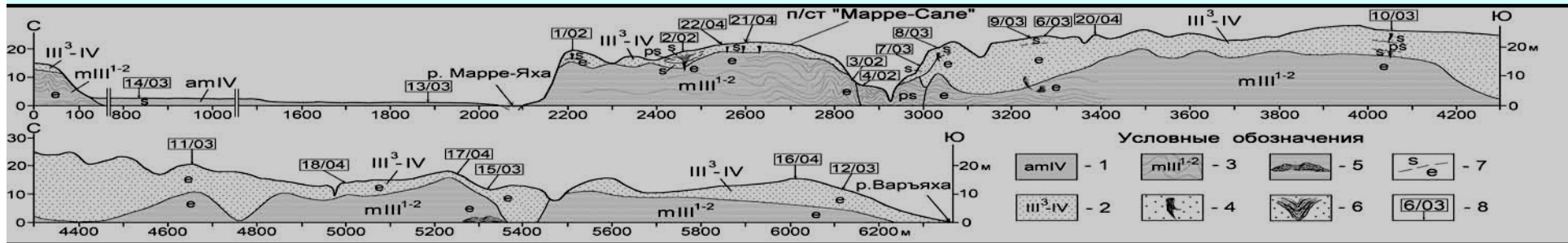
Микроструктуры при разном увеличении

LCL

На территории Сибири и РФ в целом отсутствуют участки, где приповерхностные толщи не относились бы к современной криосфере или палеокриосфере. Преобладают микроморфологические характеристики синкриогенного типа

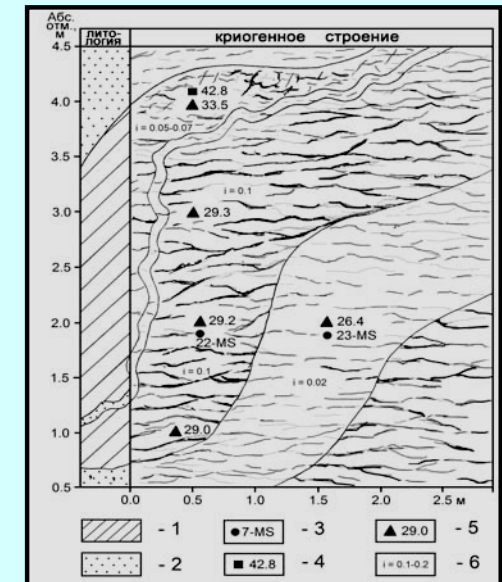
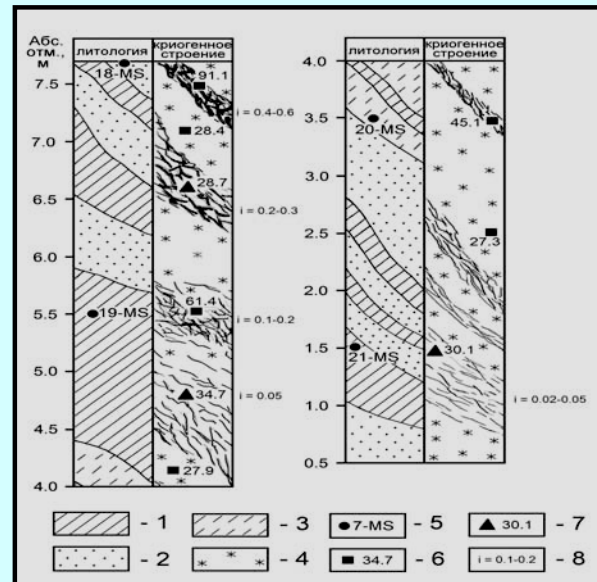
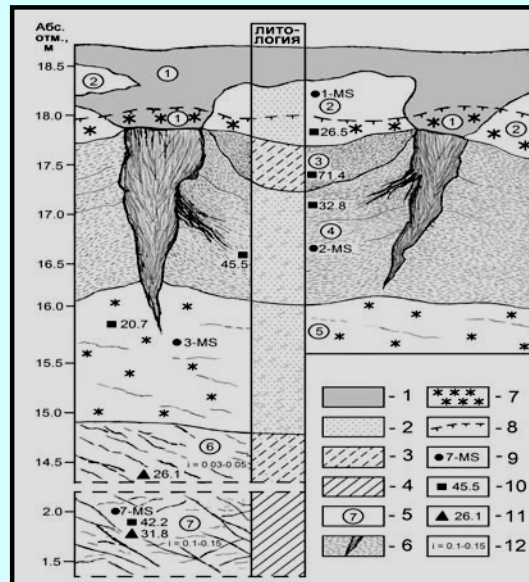
Геокриологическое строение, особенности криогенеза
Geocryological structure, the special feature of cryogenesis

Строение береговых отложений, Западный Ямал

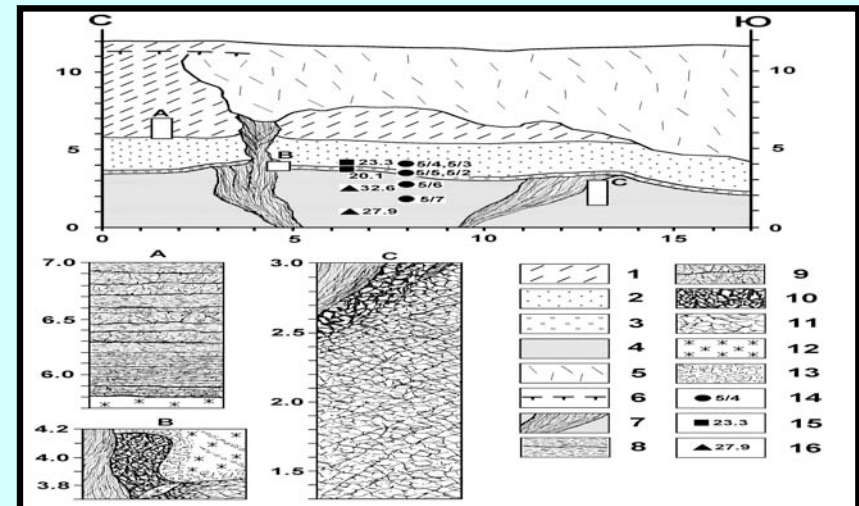
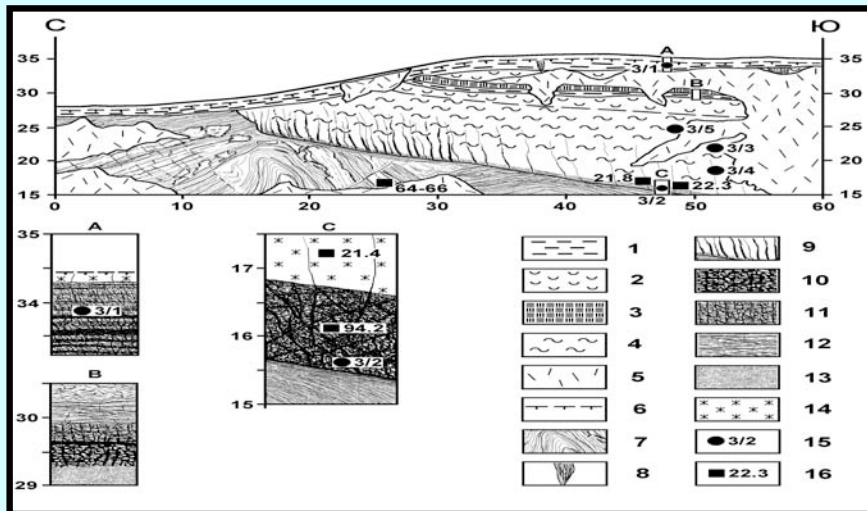
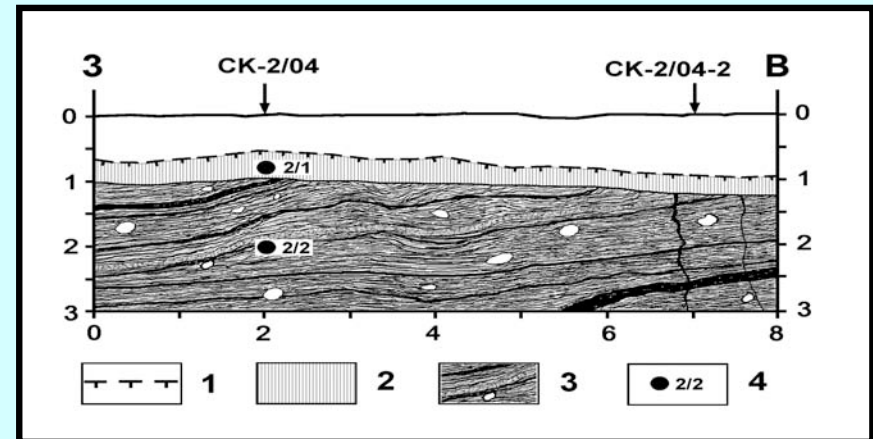
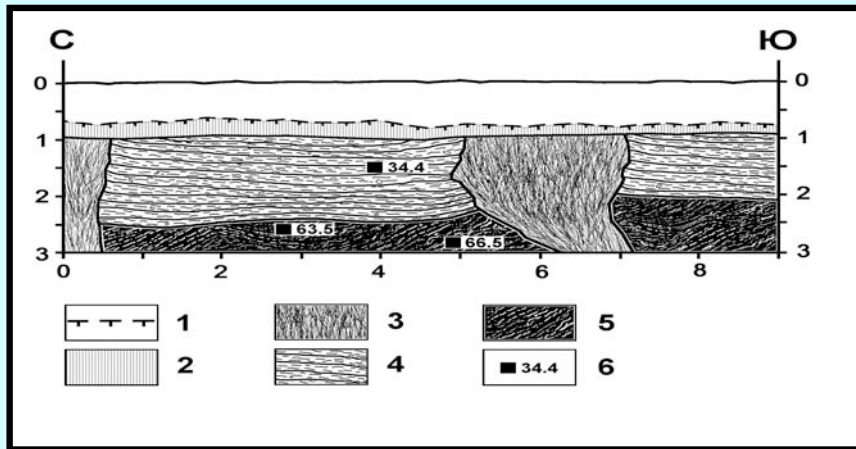


МПК Типы криогенного строения

LCLU



Типы криогенного строения, Западный Таймыр



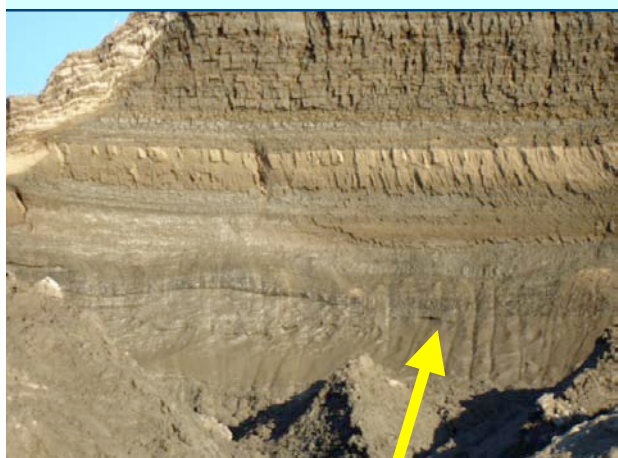
**Наземная геокриологическая экспедиция в прибрежной части
Карского моря – Югорский полуостров (динамика берегов и строение
термоцирков в районе распространения пластовых льдов полигон
«Шпиндлер», 2007 г.)**



Верхний пласт льда
в стенке
термоцирка
«Шпиндлер»
отмытый дождем
(мощность -4-6 м)



Термоцирк в береговых уступах по двум пластам
льда с конусом выноса на морском пляже



Нижний пласт льда (2, 5 м) в береговых
уступах; решетчатые и линзовидно-слоистые
криотекстуры ритмично-слоистых песков.



Грязевые микровулканы на морском пляже
в зоне разгрузки конуса выноса

- 1.2.2. Экзогенные геологические процессы
- Exogenous geological processes



1.2.2. Экзогенные геологические процессы

Exogenous geological processes

Экзогенные геологические процессы

Exogenous geological processes

The area with similar changes in permafrost and cryogenic geological processes
The probably changes of permafrost and cryogenic geological processes
Perennial thawing of permafrost
to start with full coverage by 2020

- without significant changes of cryogenic geological processes
- with local activation of cryogenic geological processes
- with wide activation of cryogenic geological processes
- to start with full coverage by 2050
- without significant changes of cryogenic geological processes
- with local activation of cryogenic geological processes
- with wide activation of cryogenic geological processes
- to start with local coverage by 2050
- without significant changes of cryogenic geological processes
- with local activation of cryogenic geological processes
- with wide activation of cryogenic geological processes
- mainly no perennial thawing expected
- without significant changes of cryogenic geological processes
- with local activation of cryogenic geological processes
- with wide activation of cryogenic geological processes



Прогнозная карта оценки развития экзогенных геологических процессов в криолитозоне в 2006 г.

Экзогенные геологические процессы
Exogenous geological processes

МПГ

LCLUC

2006

Forecast map of activity of exogenous geological processes in cryolithozone in 2006.

Гравис Г.Ф.
Конченко Л.А.

Равнины – Plains

Плоскогорья – Plateaus

Горы – Mountains

Северный подтип
Northern subtype
Южный подтип
Southern subtype

Северный подтип
Northern subtype
Южный подтип
Southern subtype

Северный подтип
Northern subtype
Южный подтип
Southern subtype

Сильная активизация процессов
notable increase in the activity of the processes

Слабая активизация процессов
Insignificant increase in the activity of the processes

Н - низина; П - пойма; Р - равнина; С - солончаки; Е - торфяные болота; А - торфяные залежи; Т - тундра

2. Криолитозона прибрежно-шельфовой области и береговой зоны

2. Off-shore and coastal permafrost

Изменение продолжительности безледного периода во времени

МПГ

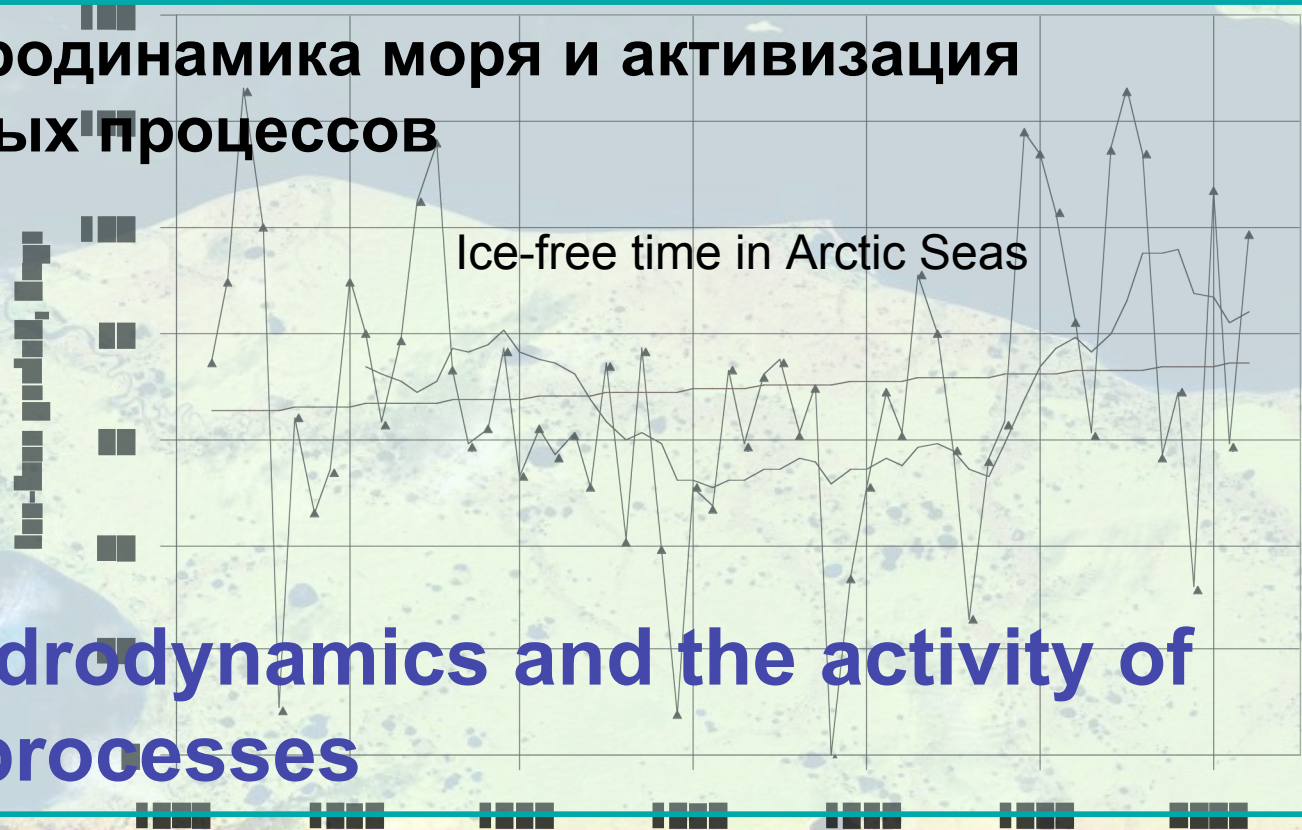
LCLUC

2. Криолитозона прибрежно-шельфовой области и береговой зоны

2. Off-shore and coastal permafrost

– 2.1. Гидродинамика моря и активизация береговых процессов

– Sea hydrodynamics and the activity of coast processes



Гидродинамика моря и активизация береговых процессов
Sea hydrodynamics and the activity of coast processes

МПГ

LCLUC



05-1998

05-1999

05-2000

05-2001

05-2002

05-2003

05-2004

05-2005

05-2006



07-1998

07-1999

07-2000

07-2001

07-2002

07-2003

07-2004

0

0

Ice concentration (Fetterer, F., and K. Knowles. 2002, updated 2006. *Sea ice index*. Boulder, CO: National Snow and Ice Data Center. Digital media, www.nsidc.org). Red star marks research site.

Decrease of the ice coverage on the Kara sea, resulting in activation of the wave action and respective coastal retreat.

Сокращение площади льда в Карском море в весенне-осенний период приводит к активизации волновой деятельности и увеличению скорости отступления берегов.

Гидродинамика моря и активизация береговых процессов

Sea hydrodynamics and the activity of coast processes

Влияние льдистости на отступление берегов. Марре-Сале, Западный Ямал

Ice content and sea coastal erosion

Гидродинамика моря и активизация береговых процессов
Sea hydrodynamics and the activity of coast processes

LCLUC

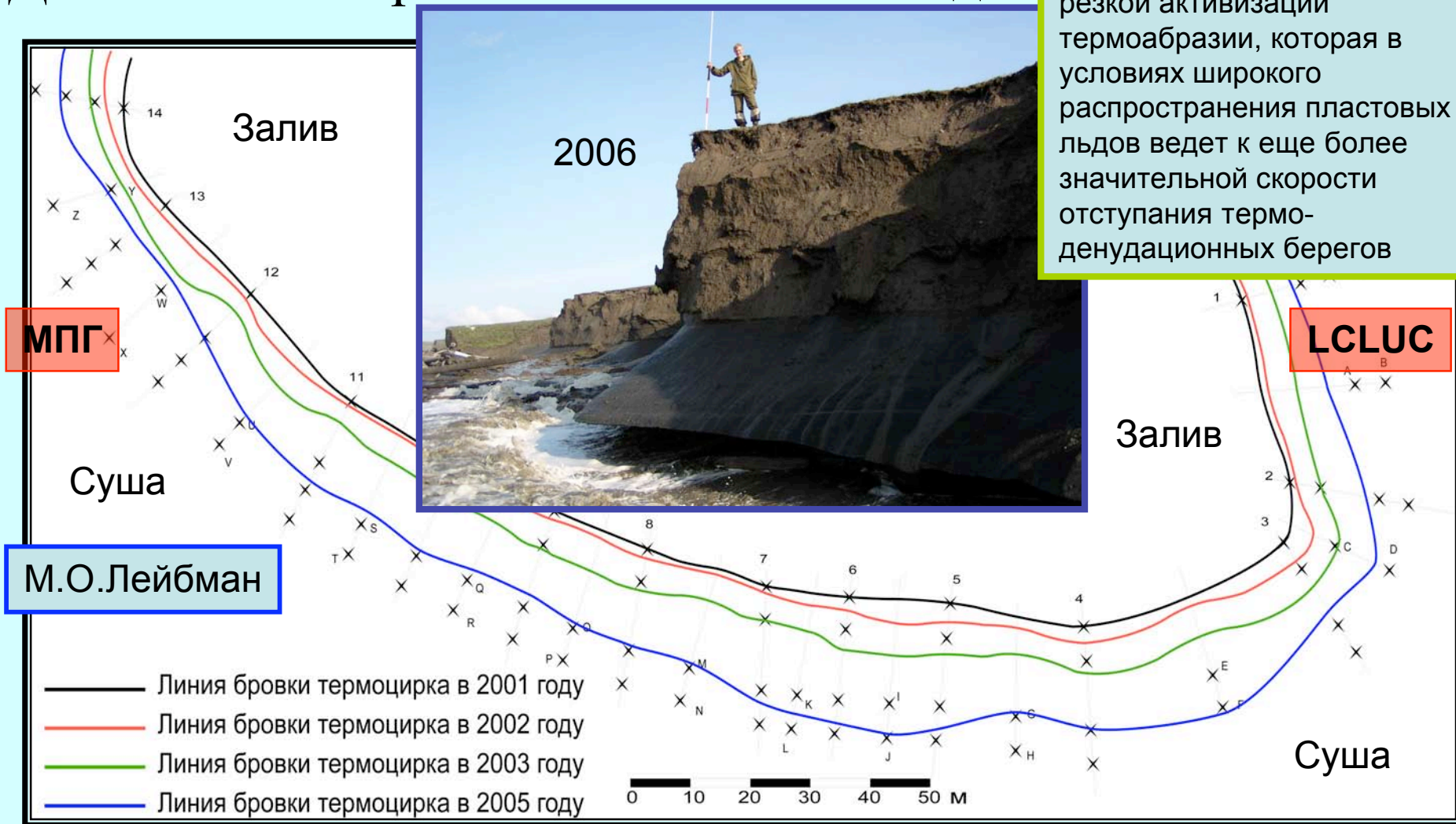
Retreat of the coast

Ice content



Динамика побережий с пластовым льдом

Снижение площади морского льда и активизации волновой деятельности привело к резкой активизации термоабразии, которая в условиях широкого распространения пластовых льдов ведет к еще более значительной скорости отступления термо-денудационных берегов



Сопоставлены различные методы исследования – дистанционные и наземные. Последние включают измерения по профилям и точную тахеометрическую съемку.

Мониторинг рельефа морского дна в прибрежной области

Sea bottom monitoring in coastal zone

МПГ

LCLUC

результаты мониторинга рельефа мелководной зоны, на основе которых была рассчитана доля термоабразии подводного склона в общем процессе разрушения берегов (около 20-30%).

Мыс Шпиндлера
Shpindler cape

Марре-Сале
Marre-Sale

О. Колгуев
Kolguev

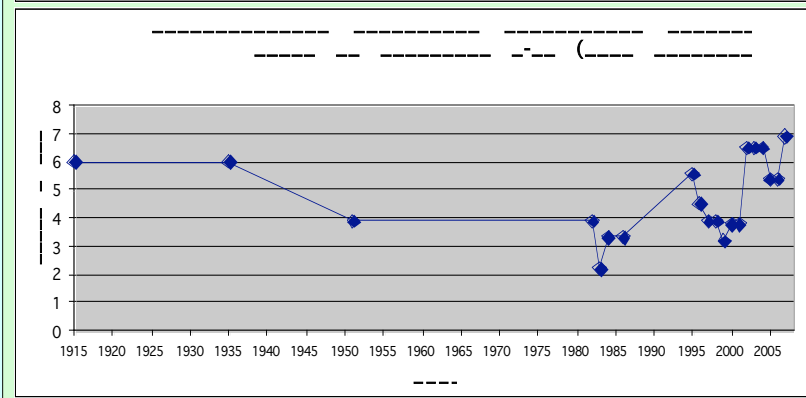
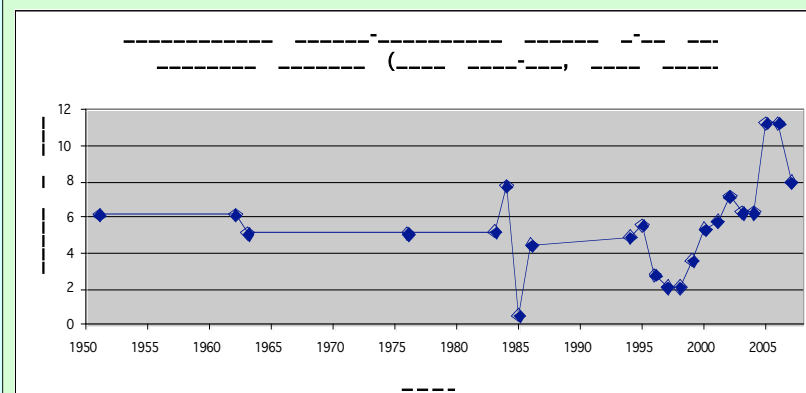
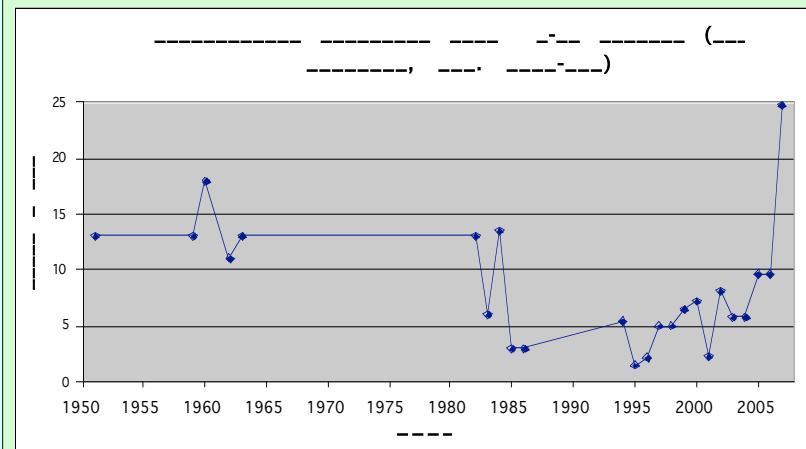
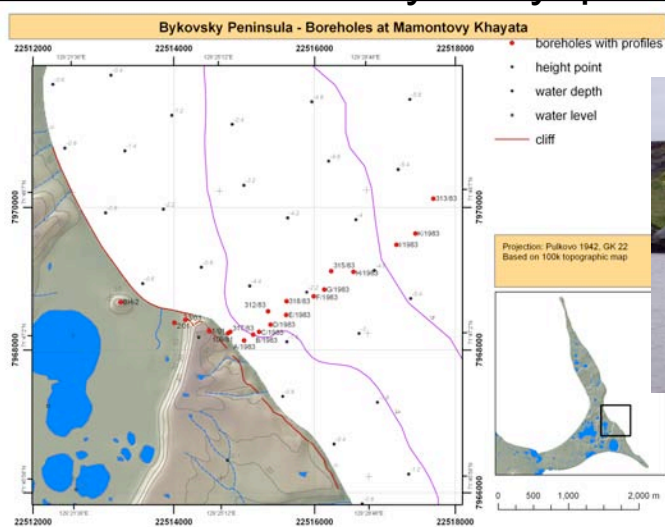
Гидродинамика моря и активизация береговых процессов
Sea hydrodynamics and the activity of coast processes



МПГ

LCLUC

Исследования подводного берегового склона в губе Буор-Хая



МПГ

Мониторинг отступления морских берегов

LCLUC

Monitoring of the sea shores retreat

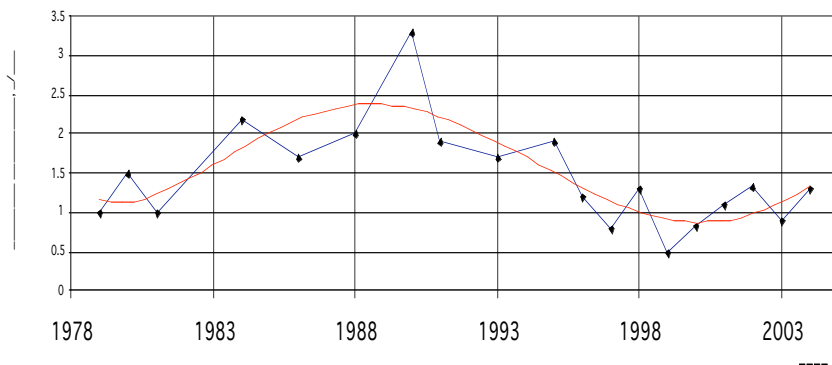
КИ

Западная Сибирь –
Western Siberia

Восточная Сибирь –
Eastern Siberia

1980

2000



Гидродинамика моря и активизация береговых процессов
Sea hydrodynamics and the activity of coast processes

1900

2000

EarthSat

©2003

Google

100%

Eye alt

20.90 mi

Российско-Германская экспедиция «Лена – пролив Дмитрия Лаптева 2007»

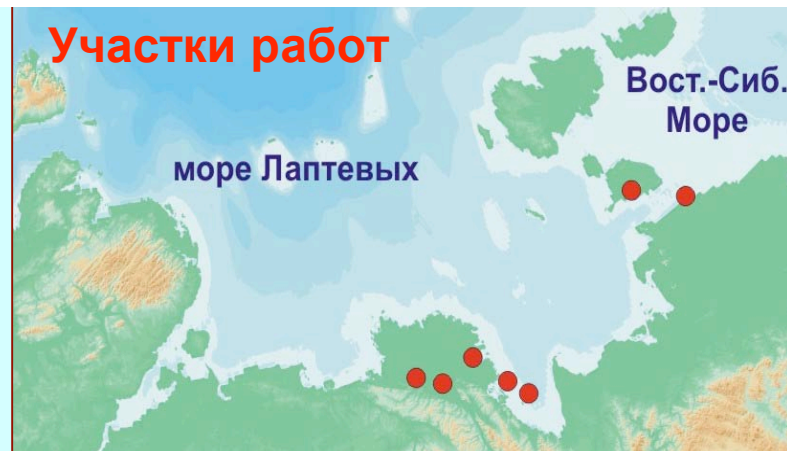
ИМЗ СО РАН, ААНИИ, МГУ, АВИ-Потсдам (29 участников)

Дельта Лены – залив Буор-Хая (море Лаптевых), о-в Большой Ляховский, Оягосский Яр, пролив Дм. Лаптева (Восточно-Сибирское море)

МПГ

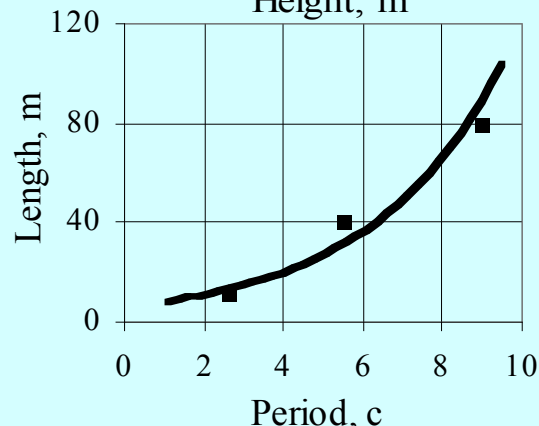
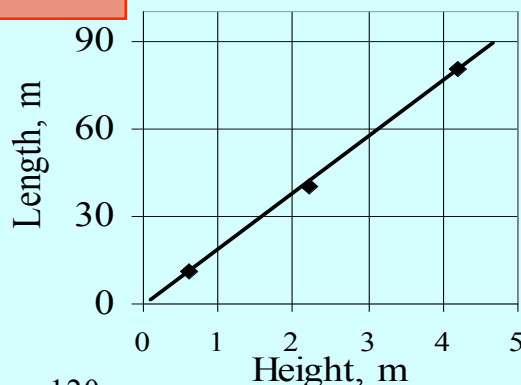
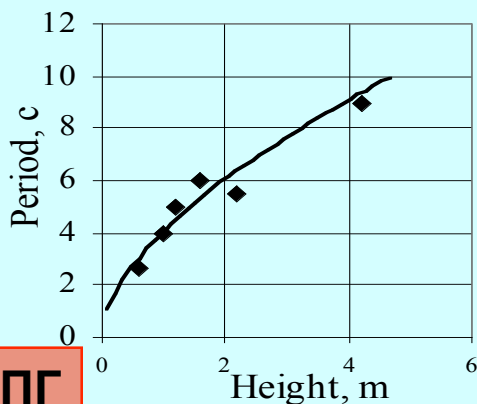
LCLUC

Геокриология, геоморфология, гидрология, палеогеография, биология, почвоведение, палеонтология, эмиссия газов

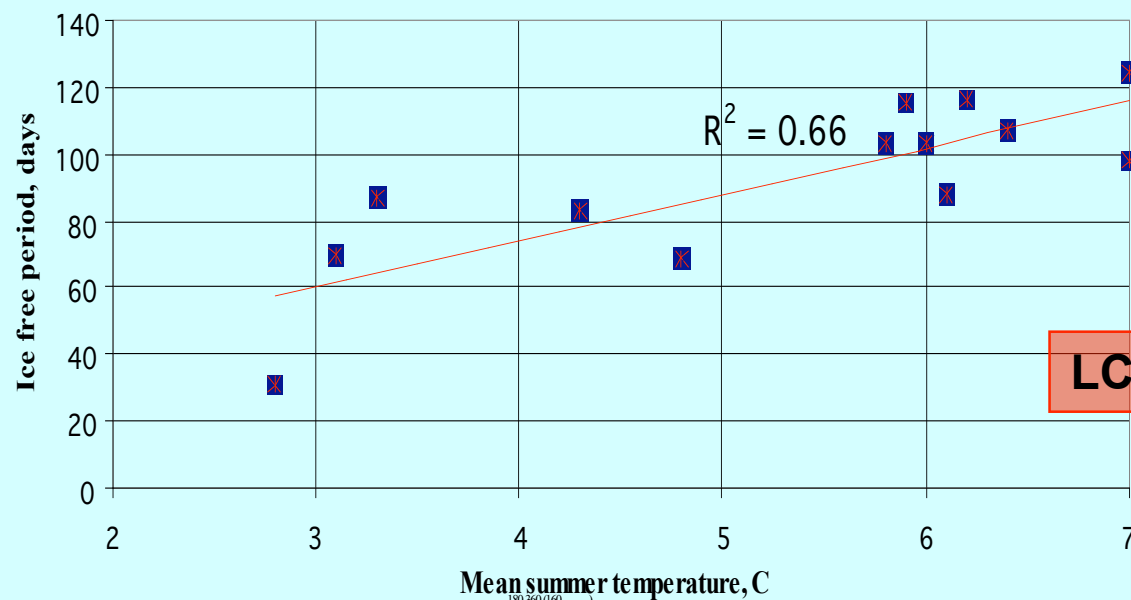


Параметры гидродинамики Карского моря

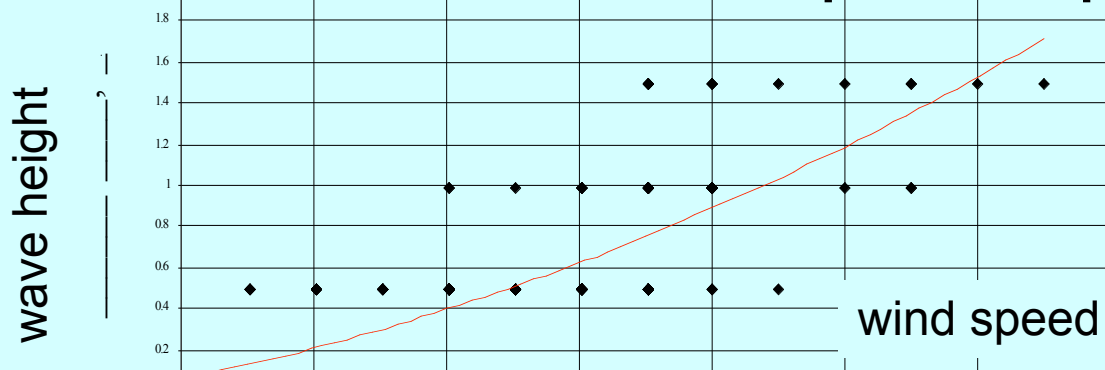
Высота, период и
длина волн



Связь продолжительности безледного периода
с среднелетней температурой воздуха



Связь высоты волн и скорости ветра



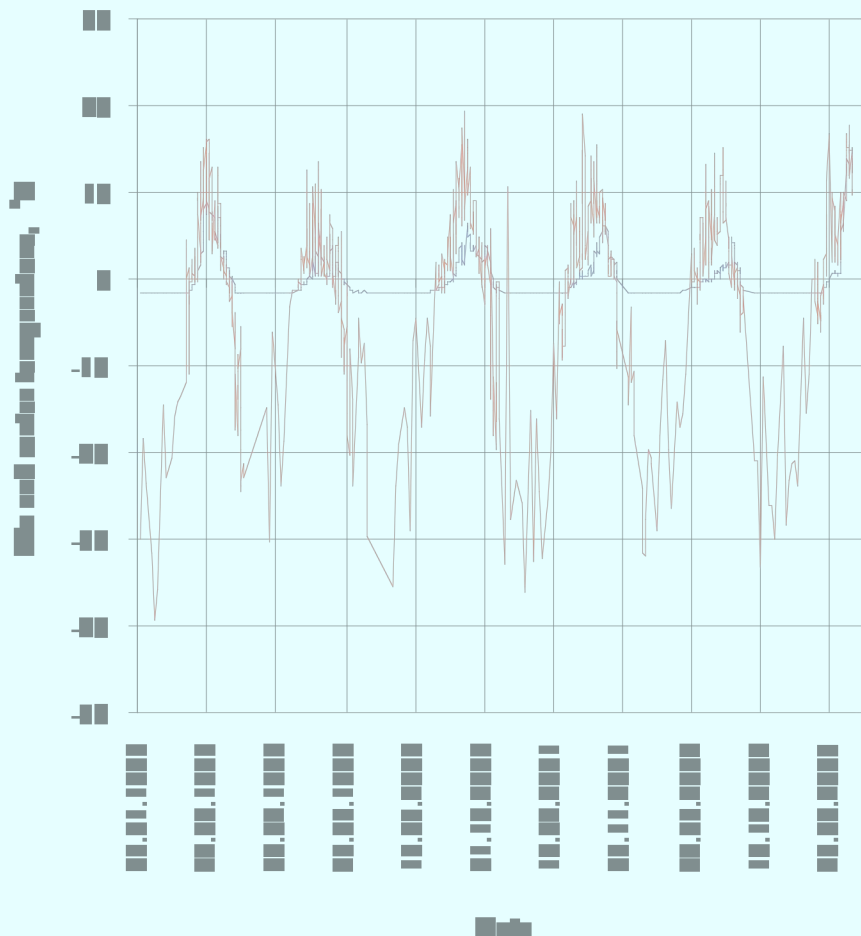
Гидродинамика моря и активизация береговых процессов
Sea hydrodynamics and the activity of coast processes

Температура и соленость морской воды (Марре-Сале)

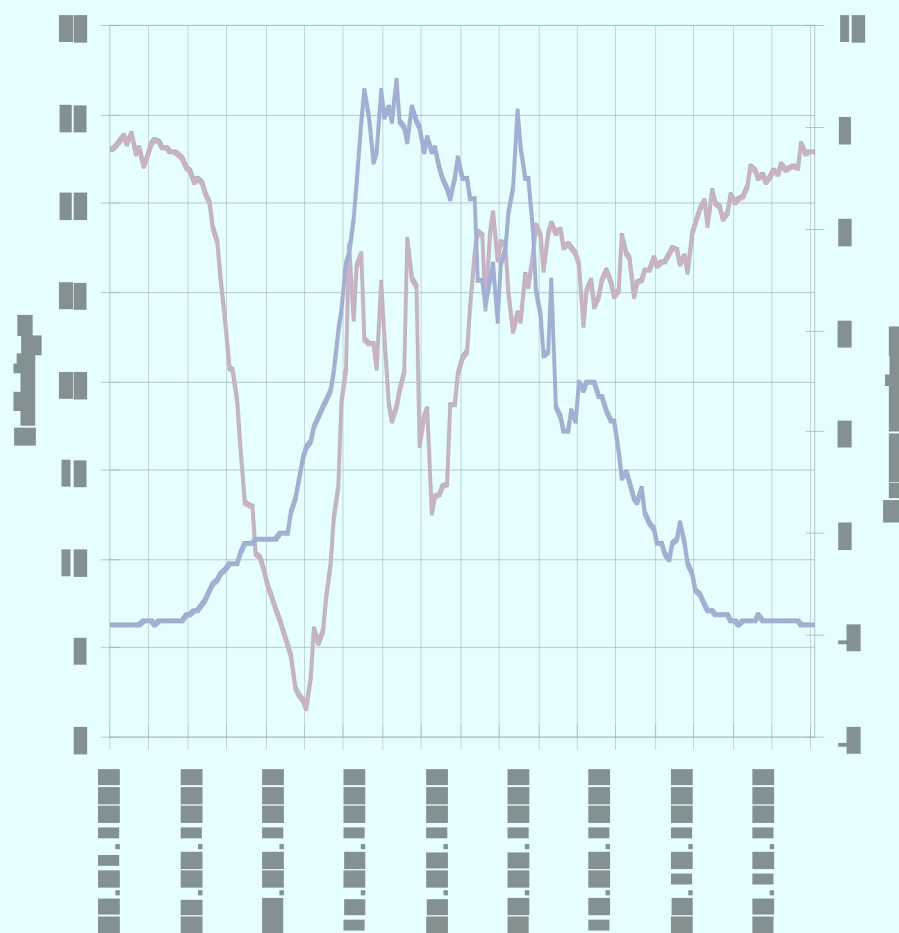
МПГ

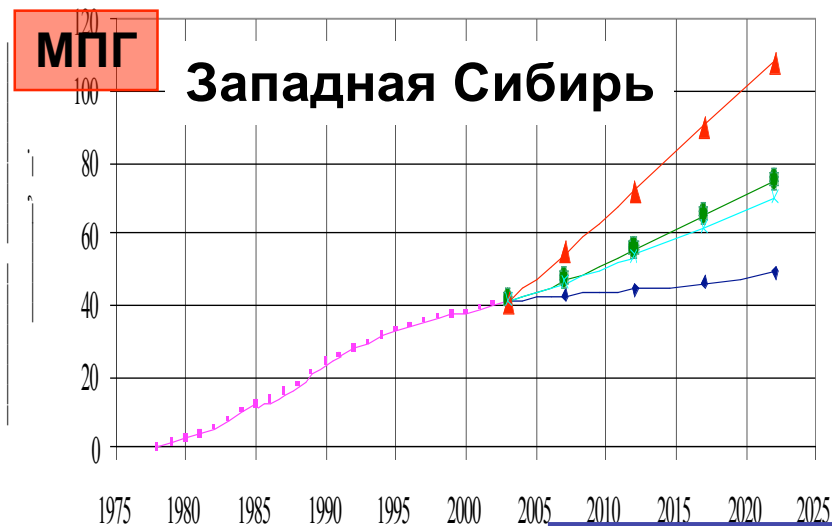
LCLUC

Изменение температуры воздуха
и морской воды во времени



Изменение температуры и солености
морской воды во времени. Годовой ход

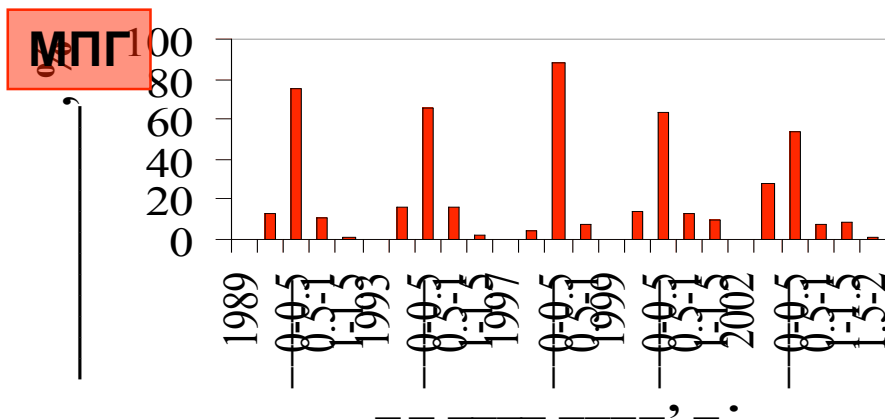




Гидродинамика моря и активизация береговых процессов Sea hydrodynamics and the activity of coast processes

Несмотря на потепление климата, в ближайшие десятилетия не ожидается существенной активизации процессов разрушения морских берегов как в западном, так и в восточном секторах Российской Арктики

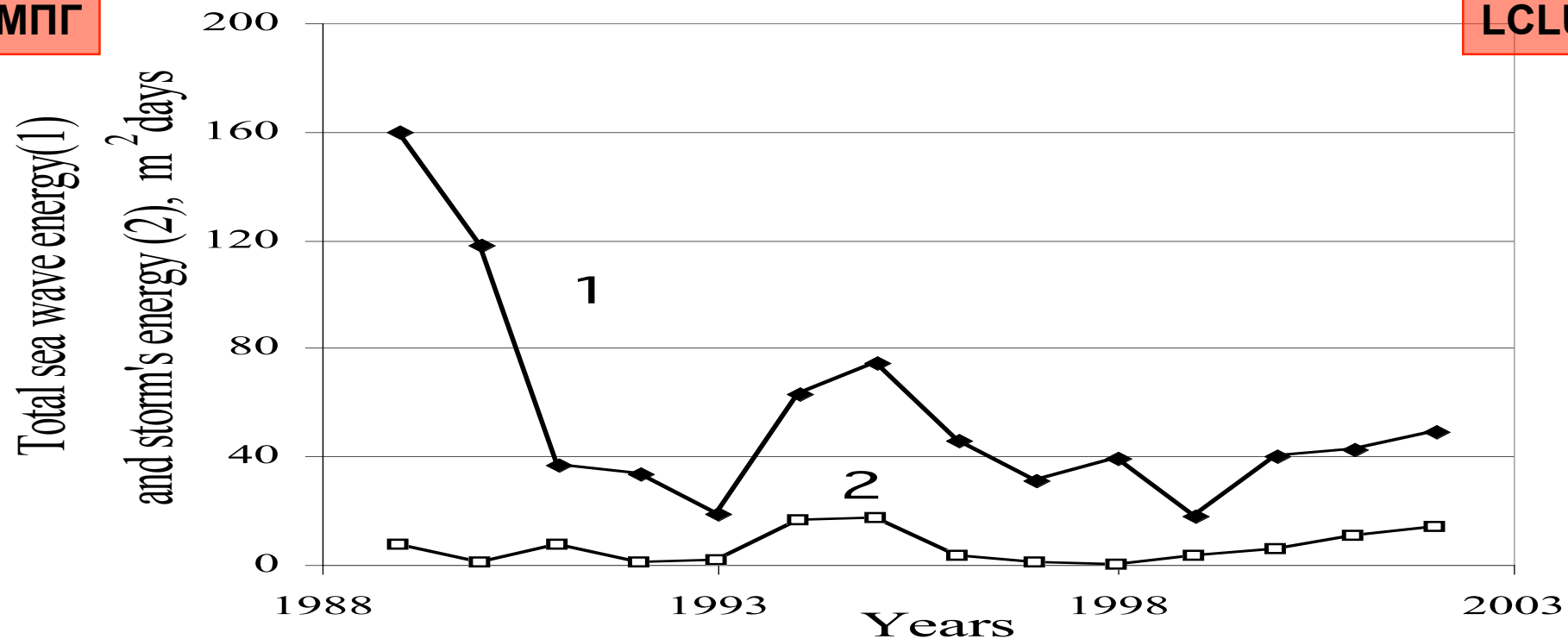
**Прогноз разрушения морских берегов
на ближайшие десятилетия**



Изменение общей и штормовой энергии волн во времени, Марре-Сале

МПГ

LCLUC

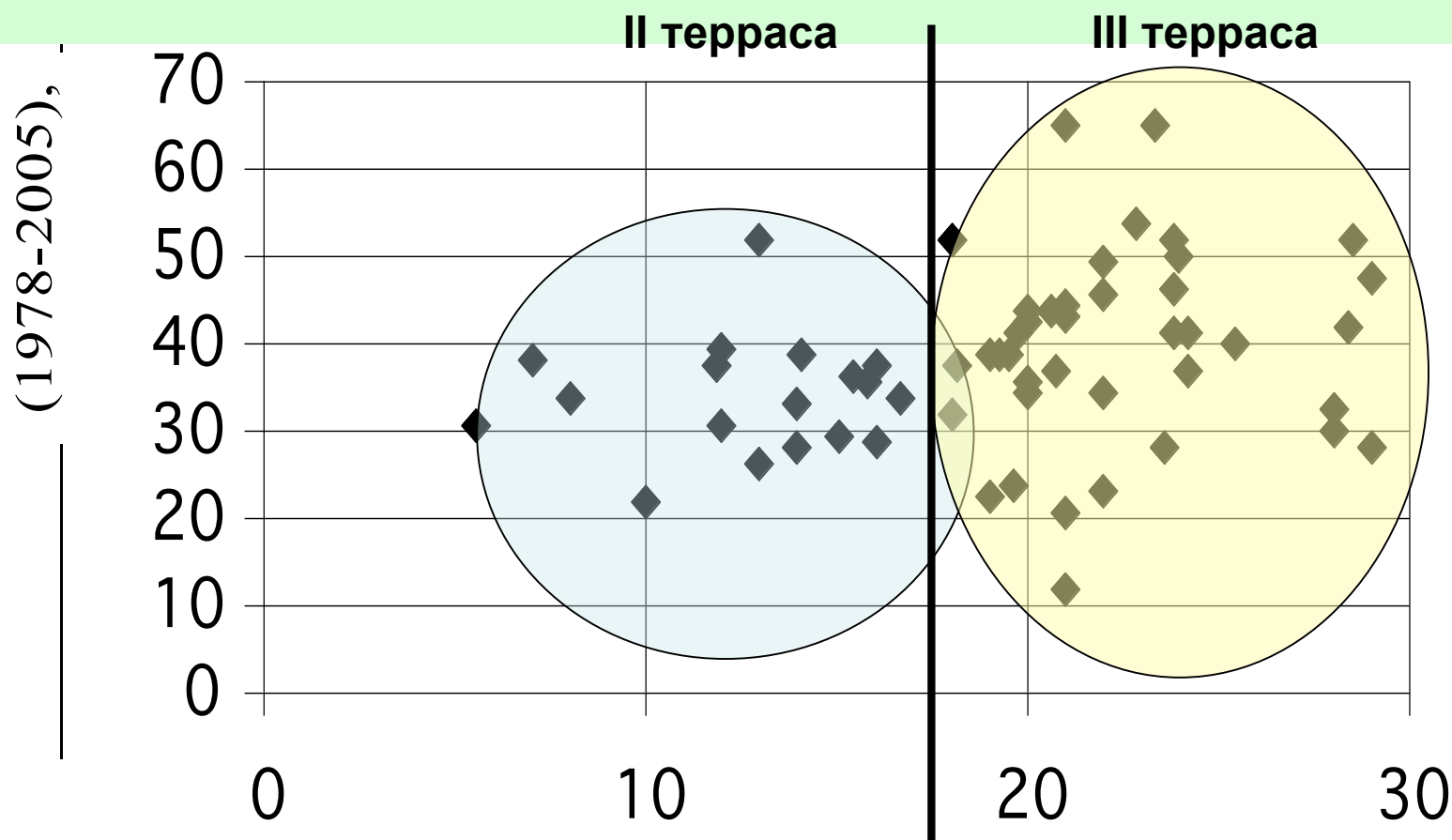


Гидродинамика моря и активизация береговых процессов
Sea hydrodynamics and the activity of coast processes

Влияние криогенного строения на динамику берегов. Марре-Сале, Западный Ямал

м.п.г

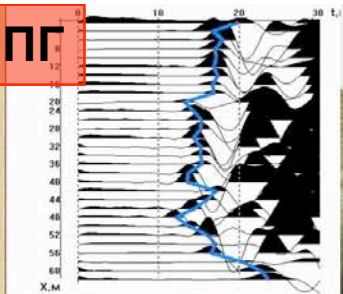
LCLUC



Гидродинамика моря и активизация береговых процессов
Sea hydrodynamics and the activity of coast processes

Средние величины отступления одинаковы, но изменчивость отступания на третьей террасе (ст. откл.-10,8 м.) выше, чем на второй (ст. откл.-8,0 м.) за счет включений внутригрунтовых льдов

МПГ



Wave pattern of the longitudinal waves in the active layer (profile 1) (Cape Bolvansky, 2002)

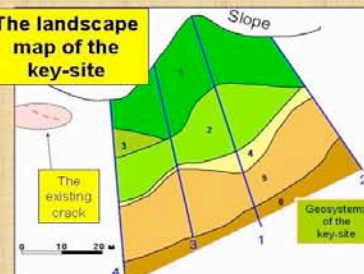


Stress-strain conditions and stability of the Arctic coastal slope: the assessment by use of seismic-service

A.G.Skvortsov

LCLUC

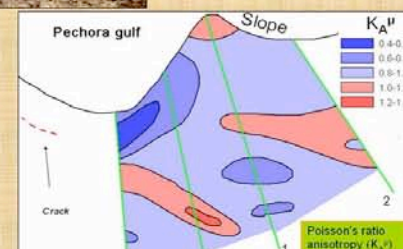
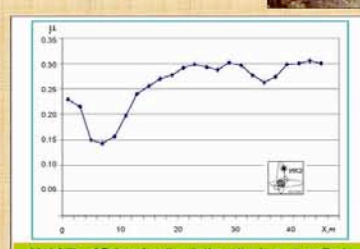
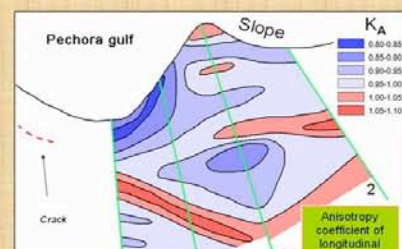
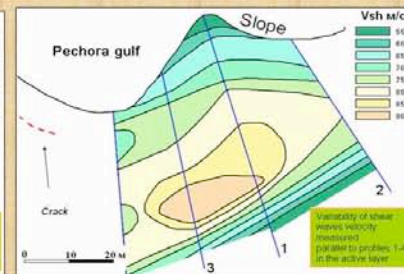
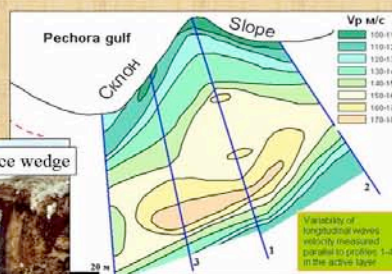
The landscape map of the key-site



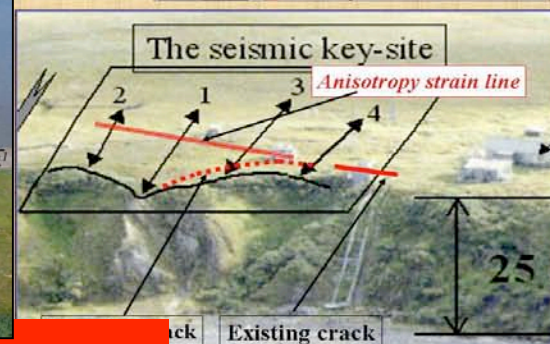
We have allocated 3 main types of soil deposits at the Bolvansky site: 1) mainly peaty; 2) mainly sandy; 3) mainly sandy-loamy and loamy.



The thick ice wedge



Общий план геофизической Площадки 2006-07 г



The assessment of stress-strain conditions and stability of coastal slope seismic logging

The reliable information on the stress-strain conditions of slope can be received on the basis of the data on compressional seismic wave velocity and their anisotropy in the seasonally thawed part of a geological section (1 m thickness layer).

The seismic researches held in September, 2002 at cape Bolvansky at the northern slope about 25 m in height allows to trace the weakened zone in the active layer. Nearby the seismic key-site a crack in soil is found as the prolongation of this weakened zone.

The development of discontinuity and cracks in frozen ground massif in the same zone is possible in the future. The assessment of seismic data on the frozen massif needs special processing because waves velocity in the frozen ground is 10 times higher than in thawed soil. Both influence of thawed soil is

Высокоразрешающая сейсморазведка

Гидродинамика моря и активизация береговых процессов
Sea hydrodynamics and the activity of coast processes

Условия существования субаквальной мерзлоты
Condition for existences of the sub-sea permafrost

2. Криолитозона
прибрежно-шельфовой
области и береговой зоны
2. Off-shore and coastal
permafrost

2.2. Условия существования субаквальной мерзлоты

Condition for existences of the sub-sea permafrost

МПГ

LCLUC

Очень важным направлением исследований является выявление условий существования субаквальной мерзлоты. Это ключевой вопрос, поскольку его решение позволяет фактически решить проблему оценки распространения субаквальной мерзлоты и позволяет также проводить моделирование процессов деградации и, наоборот, аградации мерзлоты в прибрежно-шельфовой области.

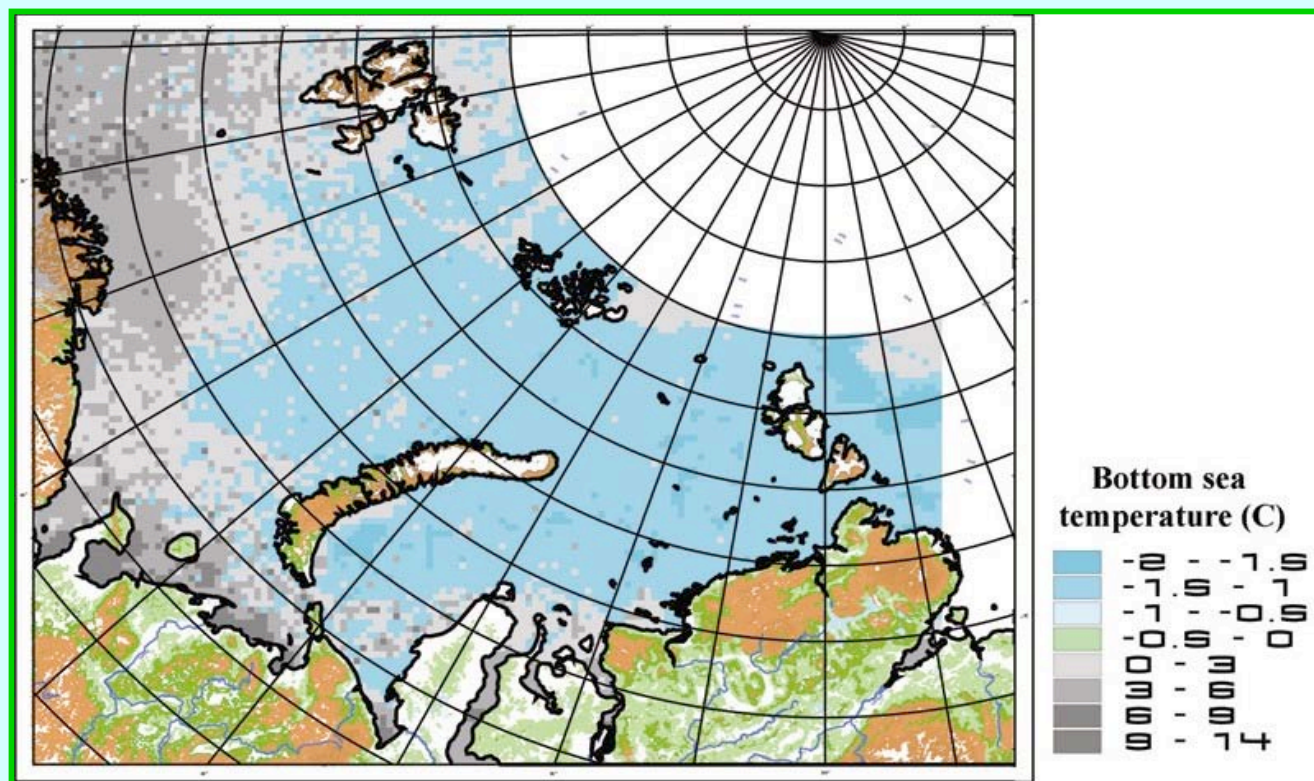
МПГ

Условия существования субаквальной мерзлоты
Condition for existences of the sub-sea permafrost

Рабочая версия карты температур морского дна
западного сектора Российской Арктики

LCLUC

New map of the sea bottom temperature. The western
sector of the Russian Arctic



Shirokov,
Vasiliev, 2007

Начаты работы по составлению электронных карт субаквальной мерзлоты на шельфе арктических морей России.
В качестве первого шага создана карта температур морского дна западного сектора Российской Арктики

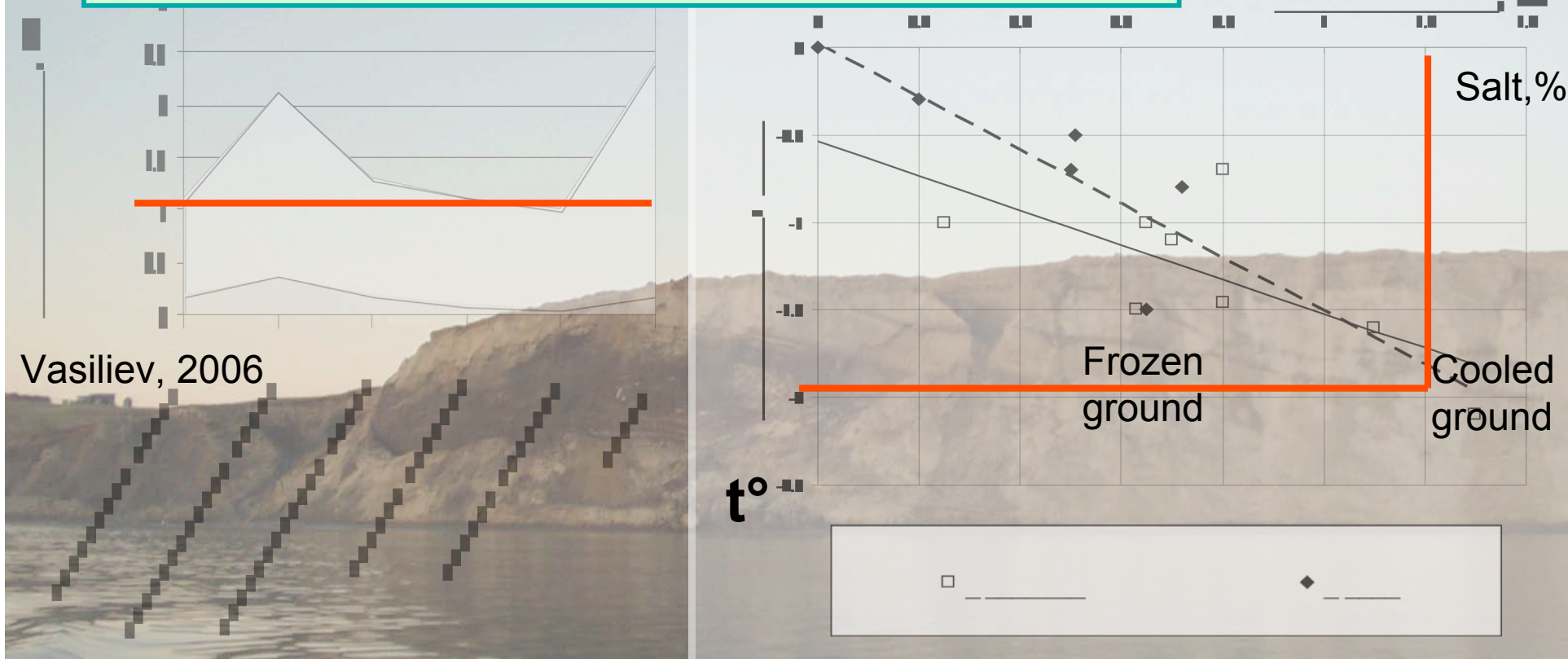
Побережье Карского моря
Kara sea

МПГ

Условия существования субаквальной мерзлоты
Condition for existences of the sub-sea permafrost

Условия замерзания засоленных пород Freezing of salty ground on the bottom

LCLUC



Важное следствие: при температуре придонной воды (и морского дна) $-1,8^{\circ}\text{C}$ породы с соленостью ниже 1.2% будут мерзлыми, а с соленостью выше 1.2% - охлажденными. **Возможно, это является главной причиной существования островной подводной мерзлоты.**

Профиль поверхности мерзлоты по данным бурения. Харасовей, Западный Ямал

мпг

LCUС

Приведен результат изучения залегания кровли мерзлоты в районе Харасовей, Западный Ямал. Как будто кровля мерзлоты снижается вполне закономерно и ожидаемо. Однако, всего в нескольких км к западу от этого профиля обнаружен массив мерзлоты, который по классическим представлениям никак не может там существовать

З

В

H₂O

Permafrost surface in the sea.
Western Yamal. Drilling data

t_{замерзания} (freezing)

Условия существования субаквальной мерзлоты
Condition for existences of the sub-sea permafrost

Профиль поверхности мерзлоты по данным бурения. Харасовей, Западный Ямал

мпг

LCUUC

Приведен результат изучения залегания кровли мерзлоты в районе Харасовей, Западный Ямал. Как будто кровля мерзлоты снижается вполне закономерно и ожидаемо. Однако, всего в нескольких км к западу от этого профиля обнаружен массив мерзлоты, который по классическим представлениям никак не может там существовать

З

В

H₂O



Permafrost surface in the sea.
Western Yamal. Drilling data

t_{замерзания} (freezing)

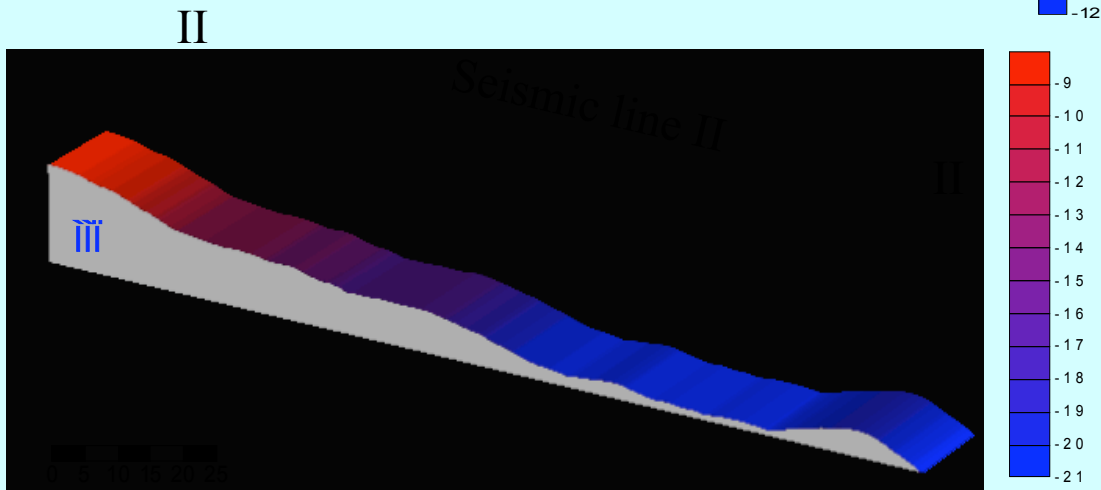
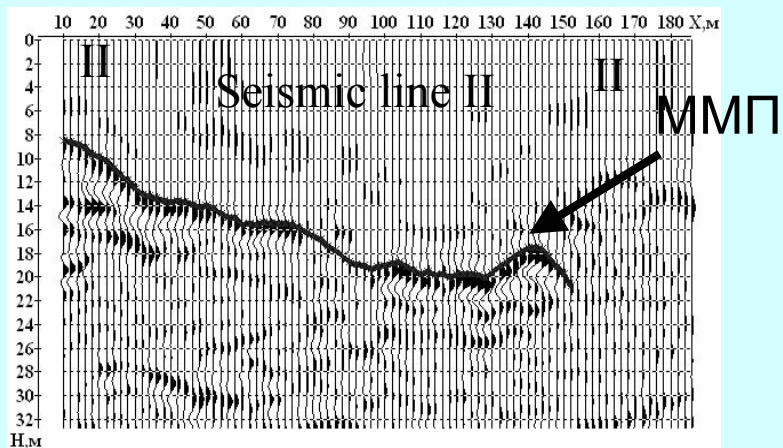
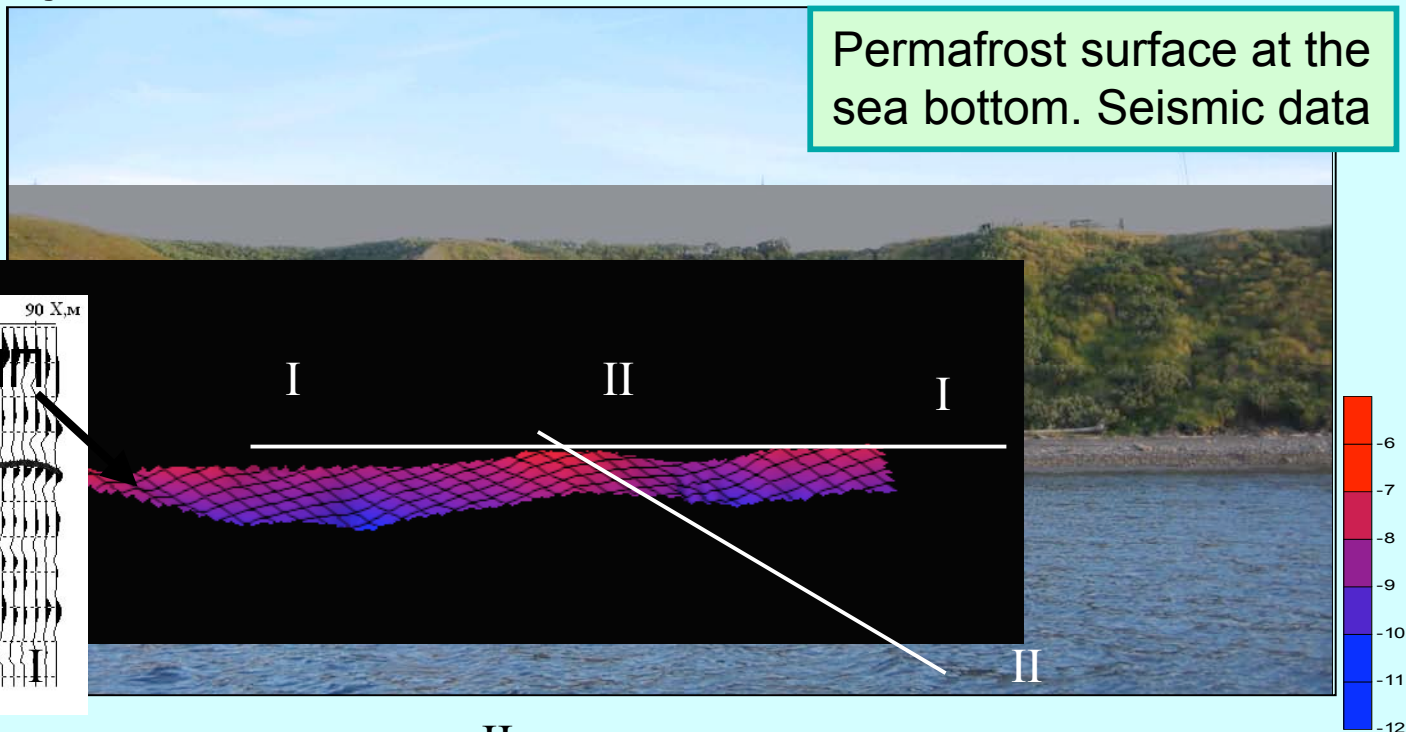
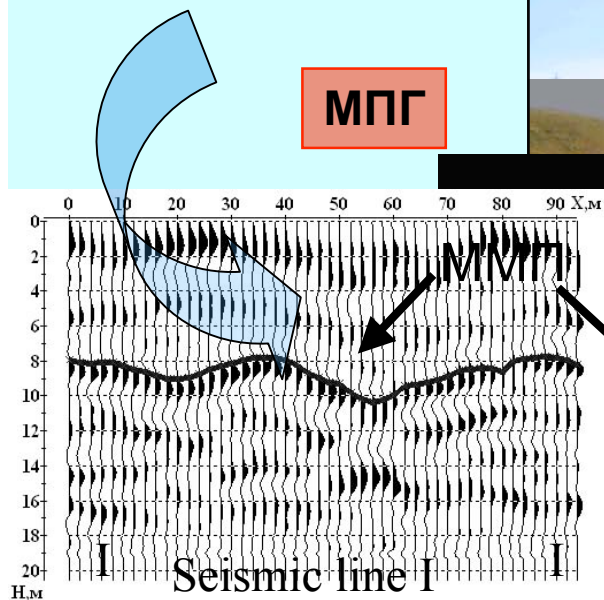
Условия существования субаквальной мерзлоты
Condition for existences of the sub-sea permafrost

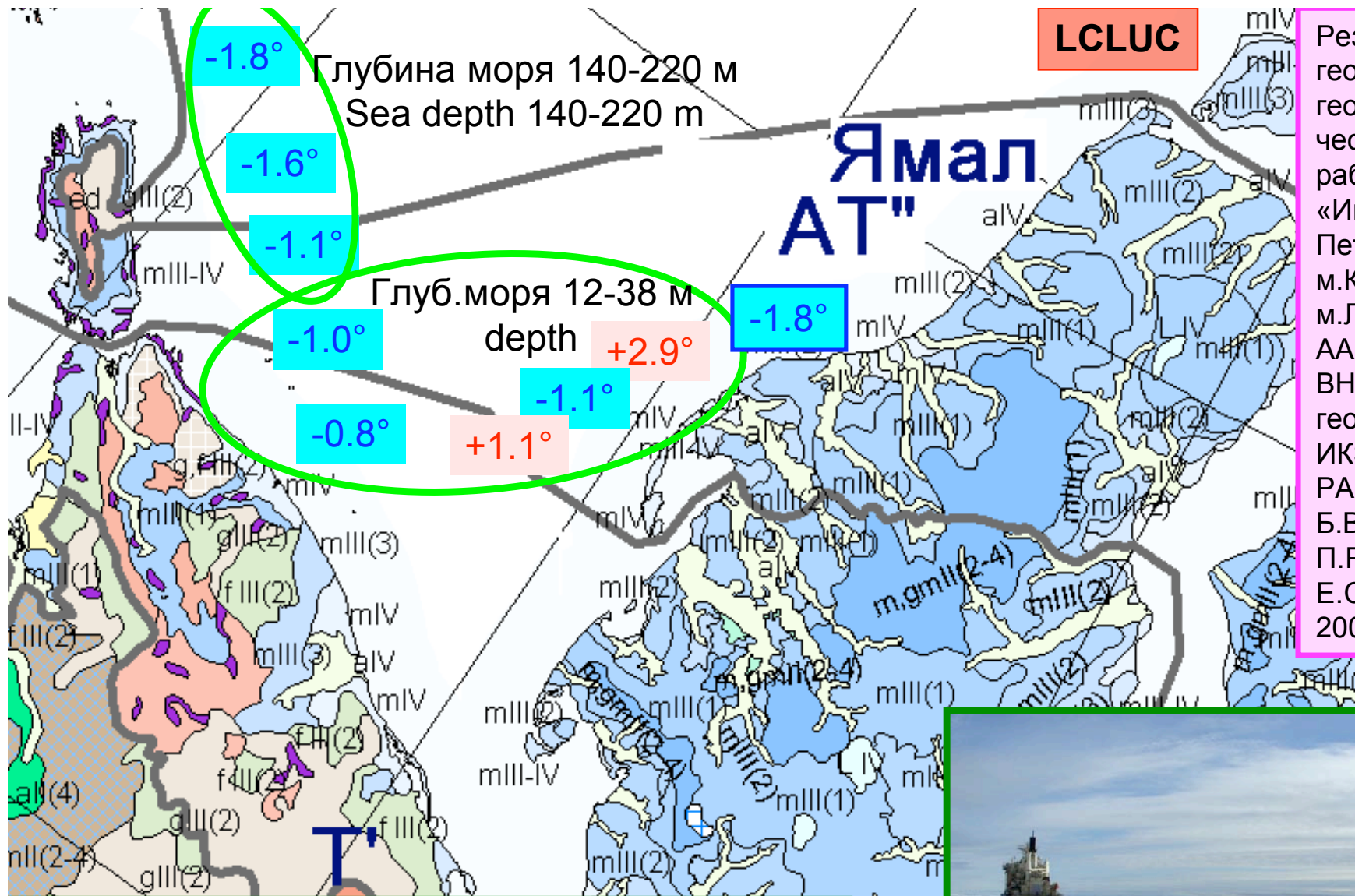
**Сейсмогеологические
разрезы по профилям
(по оси X – расстояние вдоль
и от берега, м; по оси Y –
глубина ММП, Н, м)**

**Условия существования субаквальной мерзлоты
Condition for existences of the sub-sea permafrost**

LCLUC Bolvanskii key-site, Skvortsov

Permafrost surface at the
sea bottom. Seismic data





LCLUC

Результаты геолого-геокриологических работ НИС «Иван Петров», м. Карское, м. Лаптевых. ААНИИ, ВНИИОкеан геология, ИКЗ СО РАН: Б.Ванштейн П.Рекант, Е.Слагода, 2007

Температура донных осадков (в верхних 10 см) – Bottom temperature

Условия существования субаквальной мерзлоты
Condition for existences of the sub-sea permafrost



Результаты геолого-геокриологических работ НИС «Иван Петров», м. Карское, м. Лаптевых.
ААНИИ, ВНИИОкеангеология, ИКЗ СО РАН:

AANII, Okeangeologia, ECI SB RAS



LCLUC



гл. 775 см



Посткриогенные
пустоты
эпикриогенных и
синкриогенных
отложений
Слагающие дно
м.Лаптевых
На глуб. моря 30м

Гл. 903см



Laptev sea, 30m depth, frozen bottom sediments

МПГ

LCLUC

Спасибо за внимание
Thanks for your attention

ИКЗ СО РАН, 2007

