

Geology and coastal processes of Eurasian Arctic Marginal Seas

**Daria Ryabchuk, Evgeniy Petrov,
Vladimir Zhamoida, Pavel Rekant**

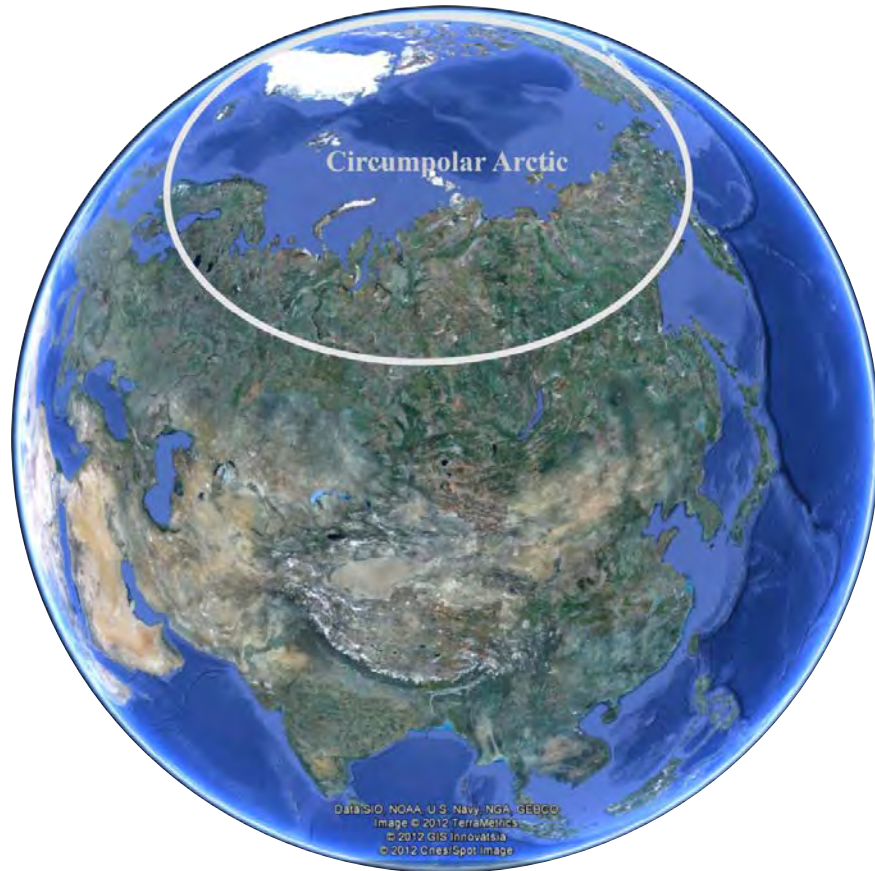
A.P.Karpinsky Russian Research Geological Institute (VSEGEI)

Evgeniy Gusev

VNIIOkeangeologia



Geology and coastal processes of Eurasian Arctic Marginal Seas



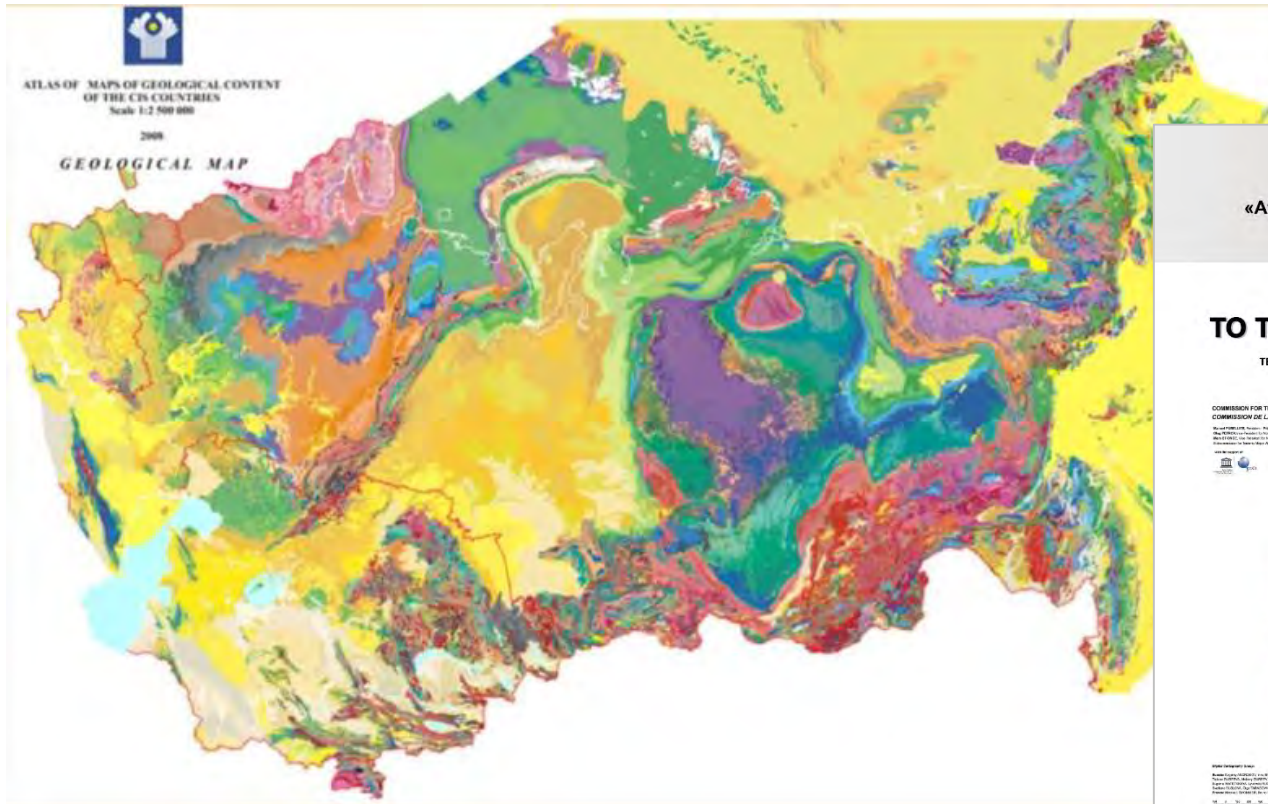
Barents Sea	1 424 000 км², shoreline - 6645 km (5930 km – islands)
White Sea	90 800 км² shoreline – 3215 km (120 km – islands)
Kara Sea	893 400 км² shoreline - 6025 km (3765 km – islands)
Laptev Sea	672 000 км² shoreline 3880 km, 2020 km – islands

East Siberian Sea - 944 600 км², shoreline - 3145 km (1945 km – islands)

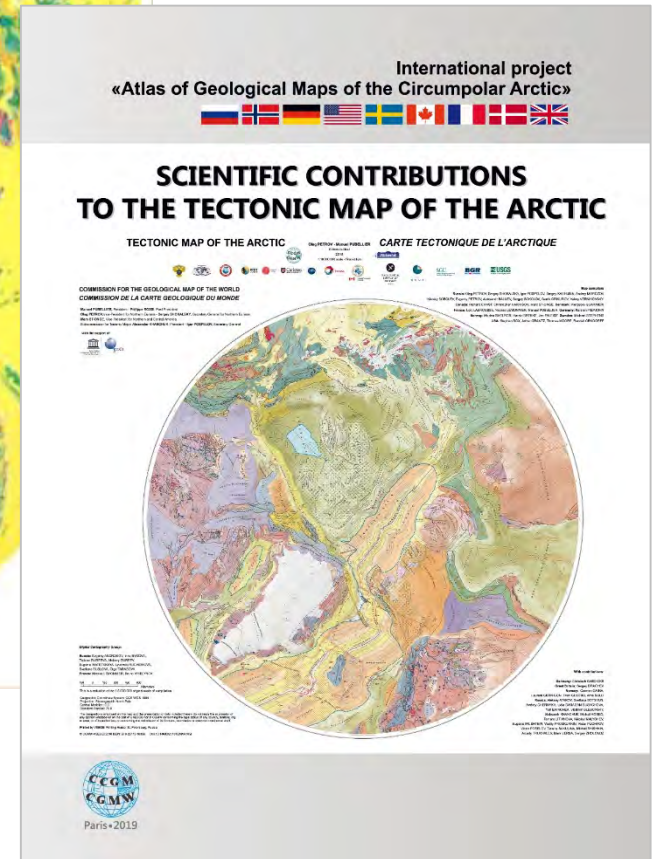
Chukchi Sea - 595 000 км², shoreline - 1300 km (405 km – islands)



Geology and coastal processes of Eurasian Arctic Marginal Seas



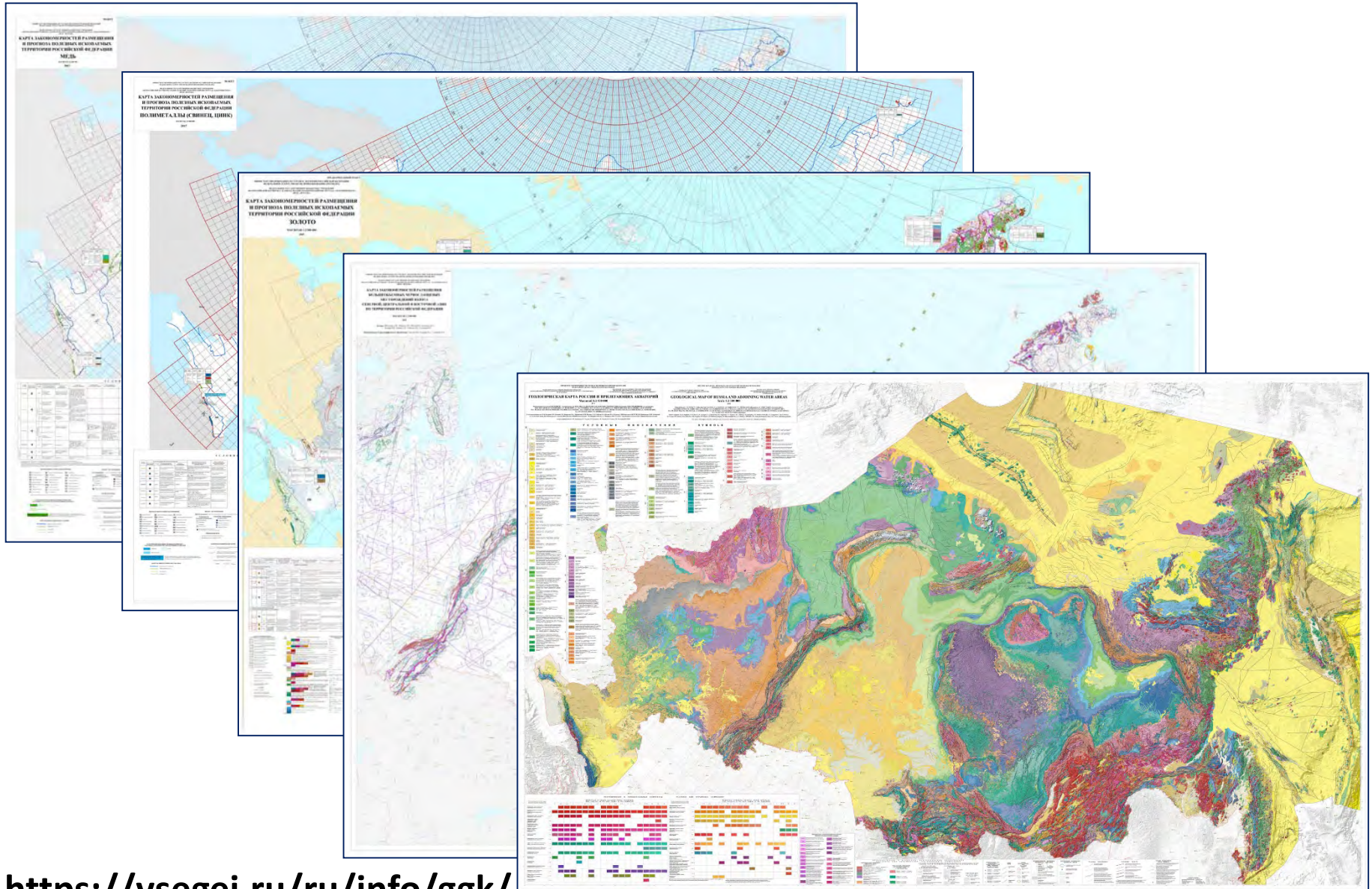
Huge area differ in geology, tectonics, geological history



“Eurasian Marginal Seas – Past and Future”

- 1. Available data about Quaternary geology, geomorphology and coastal processes of Eurasian Arctic Marginal Seas**
- 2. Disputable questions, unsolved problems and possible project outcomes**

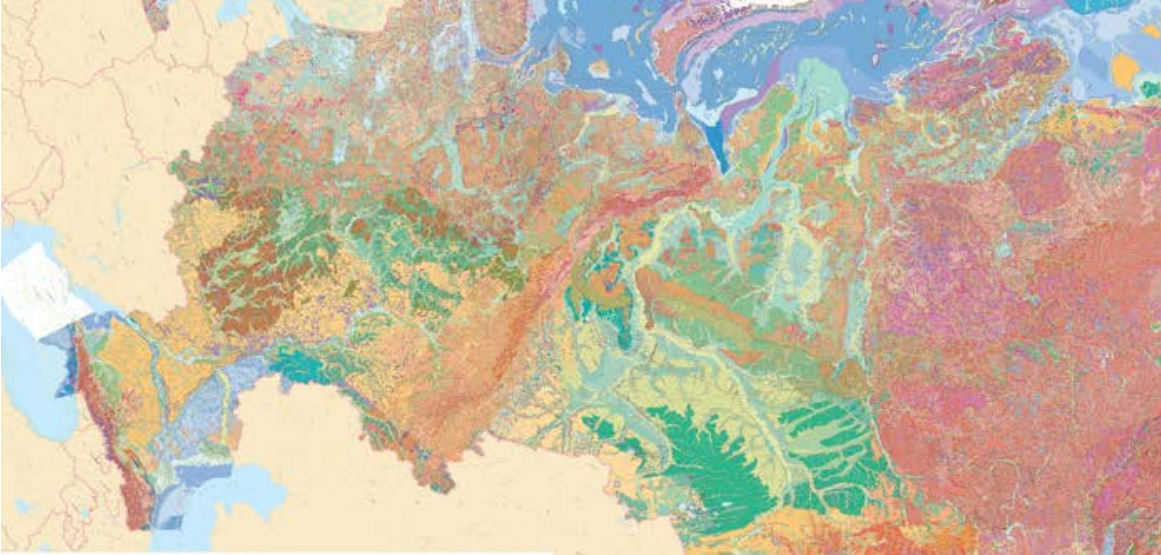
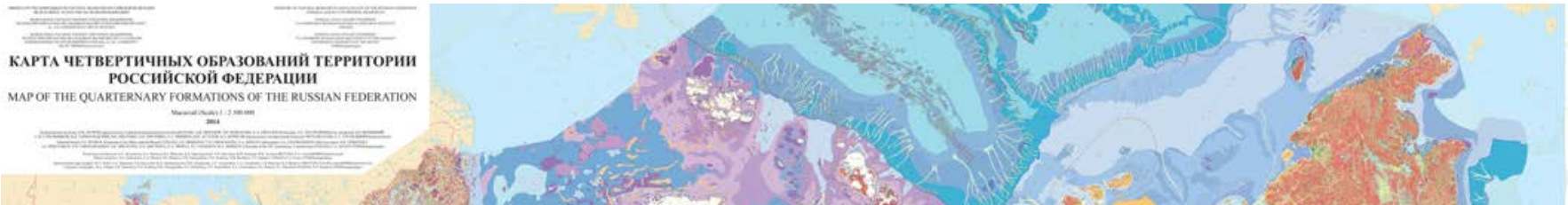
Multiscale State Geological Mapping (1:2.5M, 1:1M, 1:200000)



<https://vsegei.ru/ru/info/ggk/>



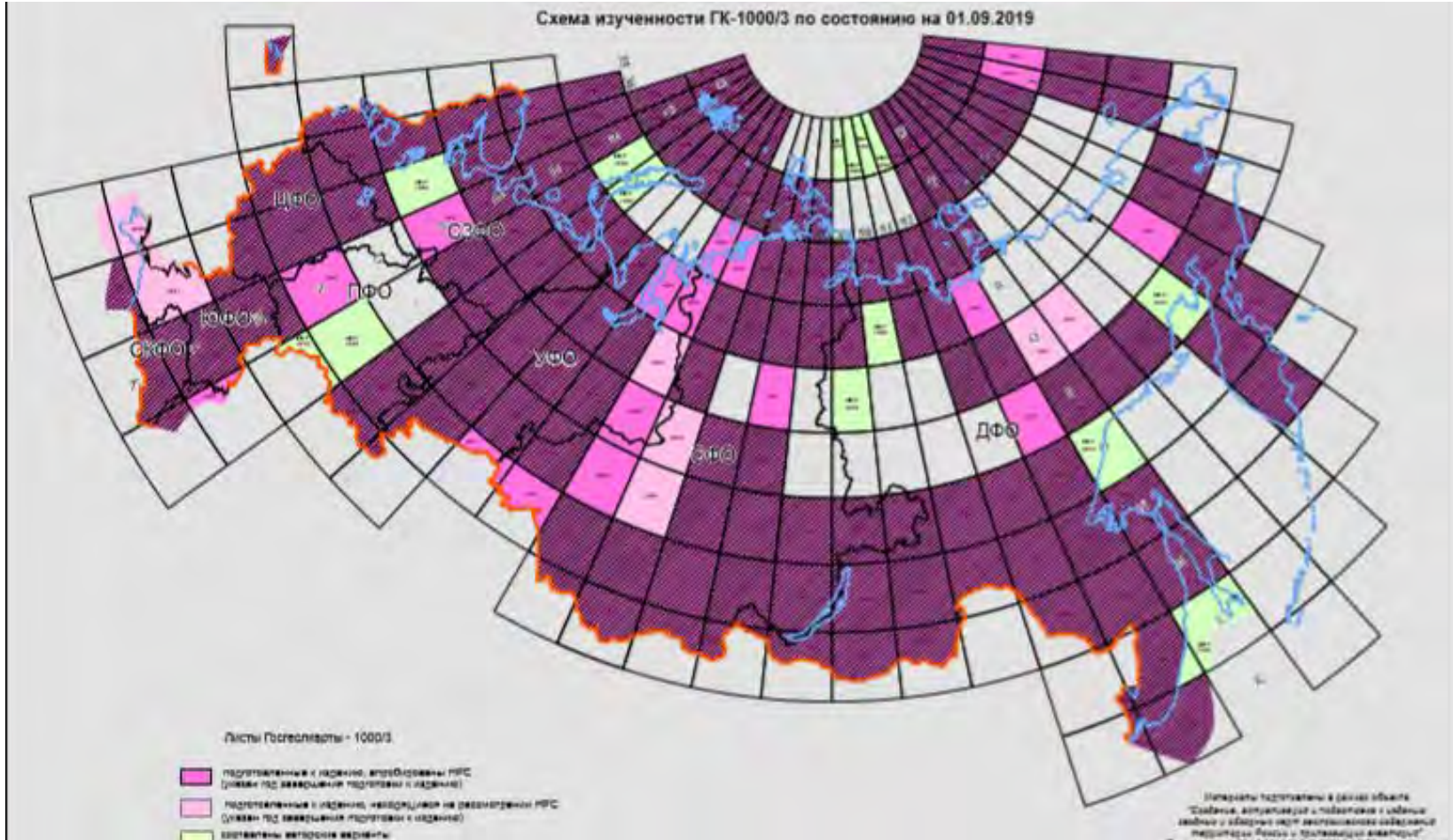
Seamless Map of Quaternary Geology 1 : 2.5M



Global stratigraphical scale (ICS, 2004-2009)		Международная палеомагнитная шкала (Episodes, 2008 Pillans B., Gibbard P., 2012)	Морские изотопные ярусы (2008-2012)
System	Series	Хрон	Стадии и их возраст
Subseries, stages		Полярность	
Holocene	0,01	Субхрон, событие, млн. лет	1
			2
			3
			4
			5
			6
			7
0,13		0,12 Блейк	
0,04 Лашамп			

Система	Серия	Подсерия	Этап	Возраст (млн лет)	Субсерия	Этап	Возраст (млн лет)
Четвертичный	Плейстоцен	Гравий	1	0,01	1	0,01	0,01
			2	0,01	2	0,01	0,01
			3	0,01	3	0,01	0,01
			4	0,01	4	0,01	0,01
			5	0,01	5	0,01	0,01
			6	0,01	6	0,01	0,01
			7	0,01	7	0,01	0,01
			8	0,01	8	0,01	0,01
			9	0,01	9	0,01	0,01
			10	0,01	10	0,01	0,01
Четвертичный	Гравий	Гравий	11	0,01	11	0,01	0,01
			12	0,01	12	0,01	0,01
			13	0,01	13	0,01	0,01
			14	0,01	14	0,01	0,01
			15	0,01	15	0,01	0,01
			16	0,01	16	0,01	0,01
			17	0,01	17	0,01	0,01
			18	0,01	18	0,01	0,01
			19	0,01	19	0,01	0,01
			20	0,01	20	0,01	0,01
Четвертичный	Гравий	Гравий	21	0,01	21	0,01	0,01
			22	0,01	22	0,01	0,01
			23	0,01	23	0,01	0,01
			24	0,01	24	0,01	0,01
			25	0,01	25	0,01	0,01
			26	0,01	26	0,01	0,01
			27	0,01	27	0,01	0,01
			28	0,01	28	0,01	0,01
			29	0,01	29	0,01	0,01
			30	0,01	30	0,01	0,01
Четвертичный	Гравий	Гравий	31	0,01	31	0,01	0,01
			32	0,01	32	0,01	0,01
			33	0,01	33	0,01	0,01
			34	0,01	34	0,01	0,01
			35	0,01	35	0,01	0,01
			36	0,01	36	0,01	0,01
			37	0,01	37	0,01	0,01
			38	0,01	38	0,01	0,01
			39	0,01	39	0,01	0,01
			40	0,01	40	0,01	0,01
Четвертичный	Гравий	Гравий	41	0,01	41	0,01	0,01
			42	0,01	42	0,01	0,01
			43	0,01	43	0,01	0,01
			44	0,01	44	0,01	0,01
			45	0,01	45	0,01	0,01
			46	0,01	46	0,01	0,01
			47	0,01	47	0,01	0,01
			48	0,01	48	0,01	0,01
			49	0,01	49	0,01	0,01
			50	0,01	50	0,01	0,01
Четвертичный	Гравий	Гравий	51	0,01	51	0,01	0,01
			52	0,01	52	0,01	0,01
			53	0,01	53	0,01	0,01
			54	0,01	54	0,01	0,01
			55	0,01	55	0,01	0,01
			56	0,01	56	0,01	0,01
			57	0,01	57	0,01	0,01
			58	0,01	58	0,01	0,01
			59	0,01	59	0,01	0,01
			60	0,01	60	0,01	0,01
Четвертичный	Гравий	Гравий	61	0,01	61	0,01	0,01
			62	0,01	62	0,01	0,01
			63	0,01	63	0,01	0,01
			64	0,01	64	0,01	0,01
			65	0,01	65	0,01	0,01
			66	0,01	66	0,01	0,01
			67	0,01	67	0,01	0,01
			68	0,01	68	0,01	0,01
			69	0,01	69	0,01	0,01
			70	0,01	70	0,01	0,01
Четвертичный	Гравий	Гравий	71	0,01	71	0,01	0,01
			72	0,01	72	0,01	0,01
			73	0,01	73	0,01	0,01
			74	0,01	74	0,01	0,01
			75	0,01	75	0,01	0,01
			76	0,01	76	0,01	0,01
			77	0,01	77	0,01	0,01
			78	0,01	78	0,01	0,01
			79	0,01	79	0,01	0,01
			80	0,01	80	0,01	0,01
Четвертичный	Гравий	Гравий	81	0,01	81	0,01	0,01
			82	0,01	82	0,01	0,01
			83	0,01	83	0,01	0,01
			84	0,01	84	0,01	0,01
			85	0,01	85	0,01	0,01
			86	0,01	86	0,01	0,01
			87	0,01	87	0,01	0,01
			88	0,01	88	0,01	0,01
			89	0,01	89	0,01	0,01
			90	0,01	90	0,01	0,01
Четвертичный	Гравий	Гравий	91	0,01	91	0,01	0,01
			92	0,01	92	0,01	0,01
			93	0,01	93	0,01	0,01
			94	0,01	94	0,01	0,01
			95	0,01	95	0,01	0,01
			96	0,01	96	0,01	0,01
			97	0,01	97	0,01	0,01
			98	0,01	98	0,01	0,01
			99	0,01	99	0,01	0,01
			100	0,01	100	0,01	0,01

Geological mapping of 1:M scale will be completed by 2024



Geological Map (preQuaternary deposits)
Quaternary Deposits
Environmental geological

Sea-bed substrate
Mineral Resources



**Ministry of Natural Resources and Environment
Federal Agency on Mineral Recourses**

State geological mapping:

VNII Okeangeologiya (St.Petersburg)

VSEGEI (St.Petersburg)

Marine Arctic Geological Expedition MAGE (Murmansk)

Polar Marine Geological Expedition PMGE (Lomonosov)

SevMorgeo (St.Petersburg)

Scientific Research:

Russian Academy of Science

**P.P.Shirshov Institute of Oceanology (Moscow, with branches in Kaliningrad,
St.Petersburg, Gelendzhik, Arkhangelsk),**

Moscow University

Geological Institute RAS

Hydrometeorological survey:

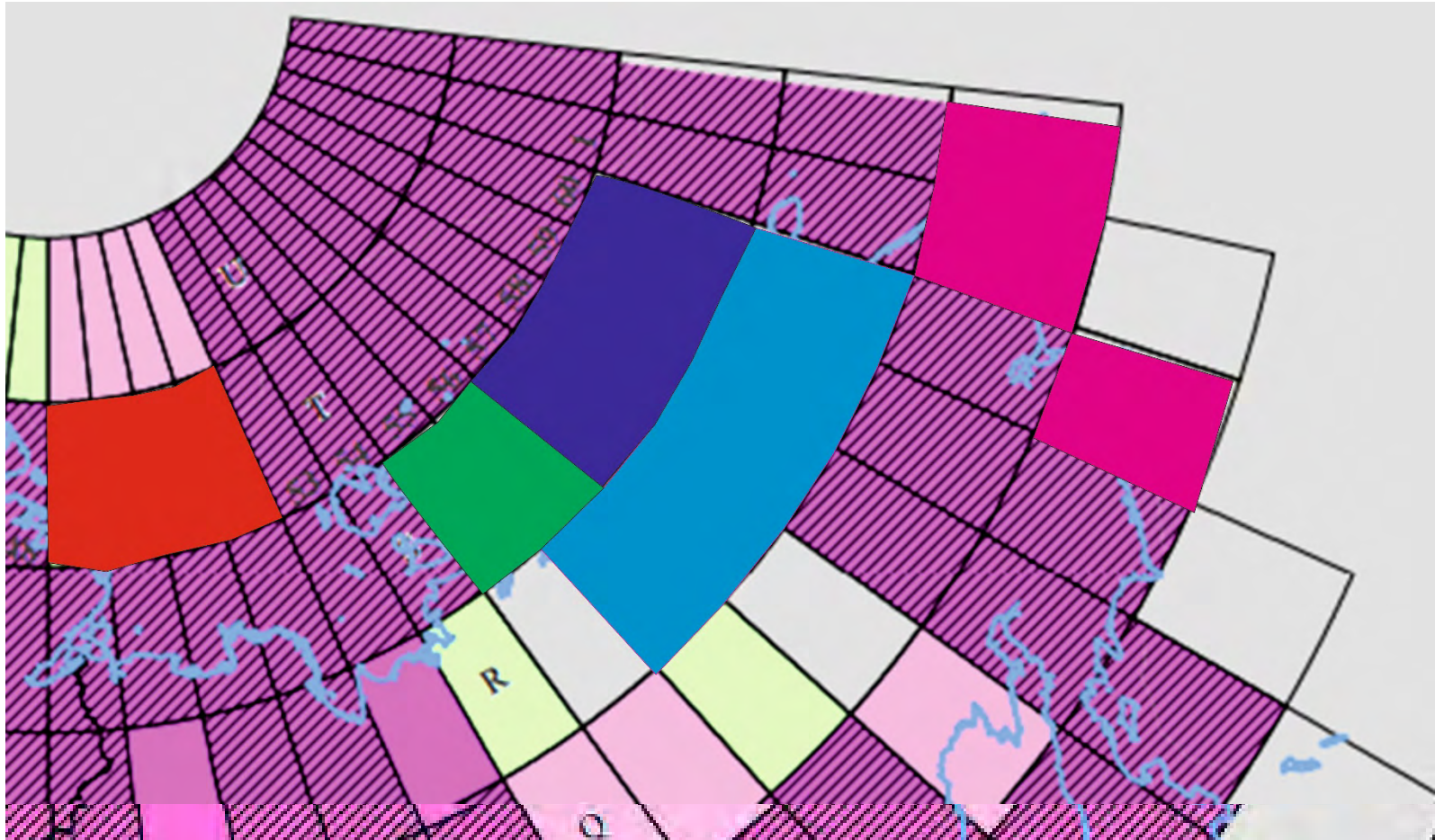
Arctic and Antarctic Research Institute (St. Petersburg)



Всероссийский научно-исследовательский
геологический институт им. А.П. Карпинского



Geological mapping of 1:M scale will be completed by 2024



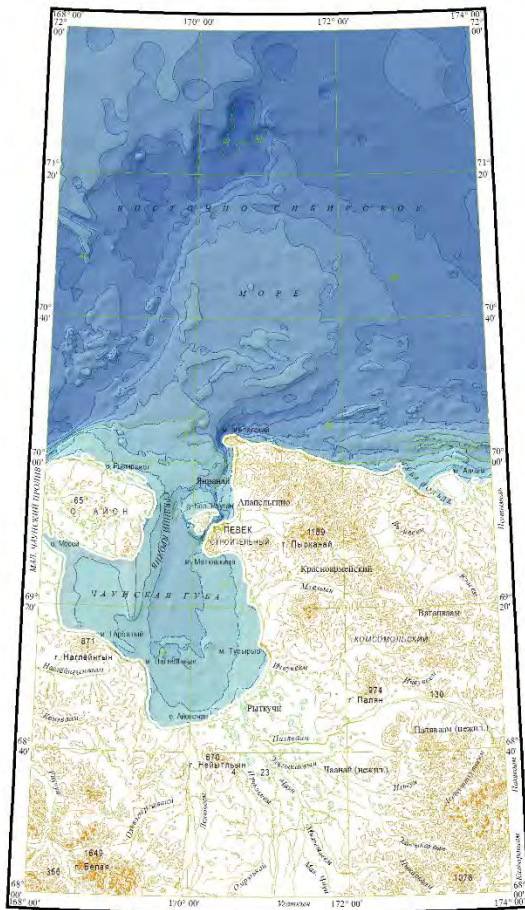
- | | | | |
|--|--------------------------------------|---|-----------------------------------|
|  | R56-60 - VSEGEI, 2018-2020 |  | S55-56 - VSEGEI, 2019-2021 |
|  | T49-53 - VNIIO, 2019-2021 |  | S57-60 - VNIIO, 2020-2022 |
|  | P60, Q1-2 - VSEGEI, 2020-2022 | | |

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ масштаб 1 : 1 000 000

Третье поколение
ЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ СЕРИЯ

КАРТА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ (авторский вариант)

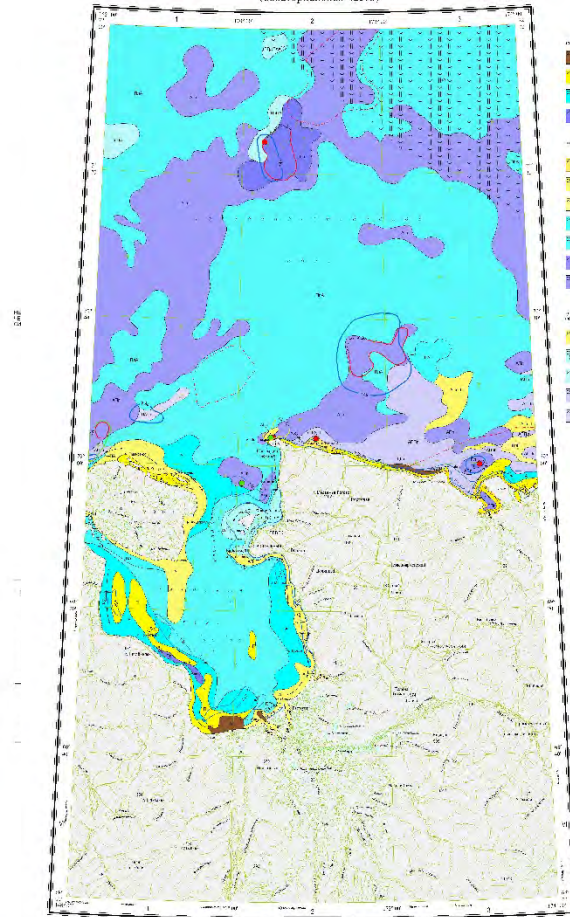
Батиметрическая схема
Масштаб 1 : 2 500 000



ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ масштаб 1 : 1 000 000

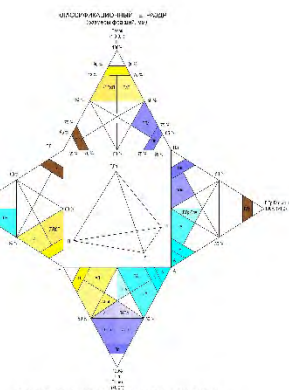
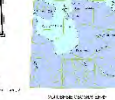
Третье поколение
ЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ СЕРИЯ

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ПОВЕРХНОСТИ ДНА АКВАТОРИИ (авторский вариант)
(экваториальная часть) R-59 (Лавин)



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Legend for the lithological map, including symbols for geological units, depths, and other features. It includes a table with symbols and their corresponding geological descriptions.



Картосоставитель А. С. Сидорова
Литологическая карта составлена на основе данных геологических исследований, выполненных в 1970-1980 гг. в рамках программы работ по изучению геологии и гидрогеологии акватории Северного Ледовитого океана.
Содержит данные о геологическом строении дна акватории.
Надпись: Москва, издательство ГЕОЦЕНТР, 1987.
Составитель: А. С. Сидорова

Картосоставитель А. С. Сидорова
Литологическая карта составлена на основе данных геологических исследований, выполненных в 1970-1980 гг. в рамках программы работ по изучению геологии и гидрогеологии акватории Северного Ледовитого океана.
Содержит данные о геологическом строении дна акватории.
Надпись: Москва, издательство ГЕОЦЕНТР, 1987.
Составитель: А. С. Сидорова

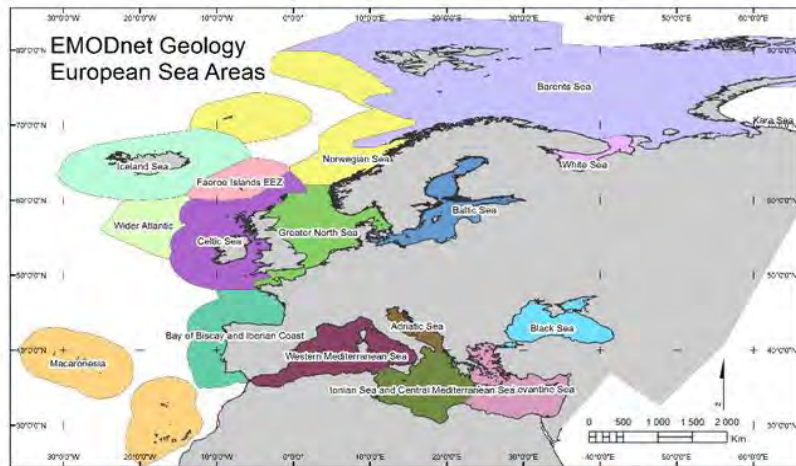
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
200 м

Table with 2 columns: 'ИЗДАТЕЛЬСТВО' (Publisher) and 'КАРТА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ (авторский вариант) ЛАВТИН R-59 (Шельф) (экваториальная часть)'. It includes details about the map's scale, author, and publisher.

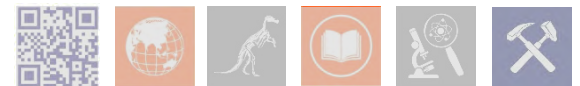


EMODnet – geology project

- WP. Geological data specification and sourcing
- WP. Sea-floor geology
- WP. Sea-bed substrate
- WP. Coastal behaviour
- WP. Geological events and probabilities
- WP. Minerals
- WP. Data management, web portal and services



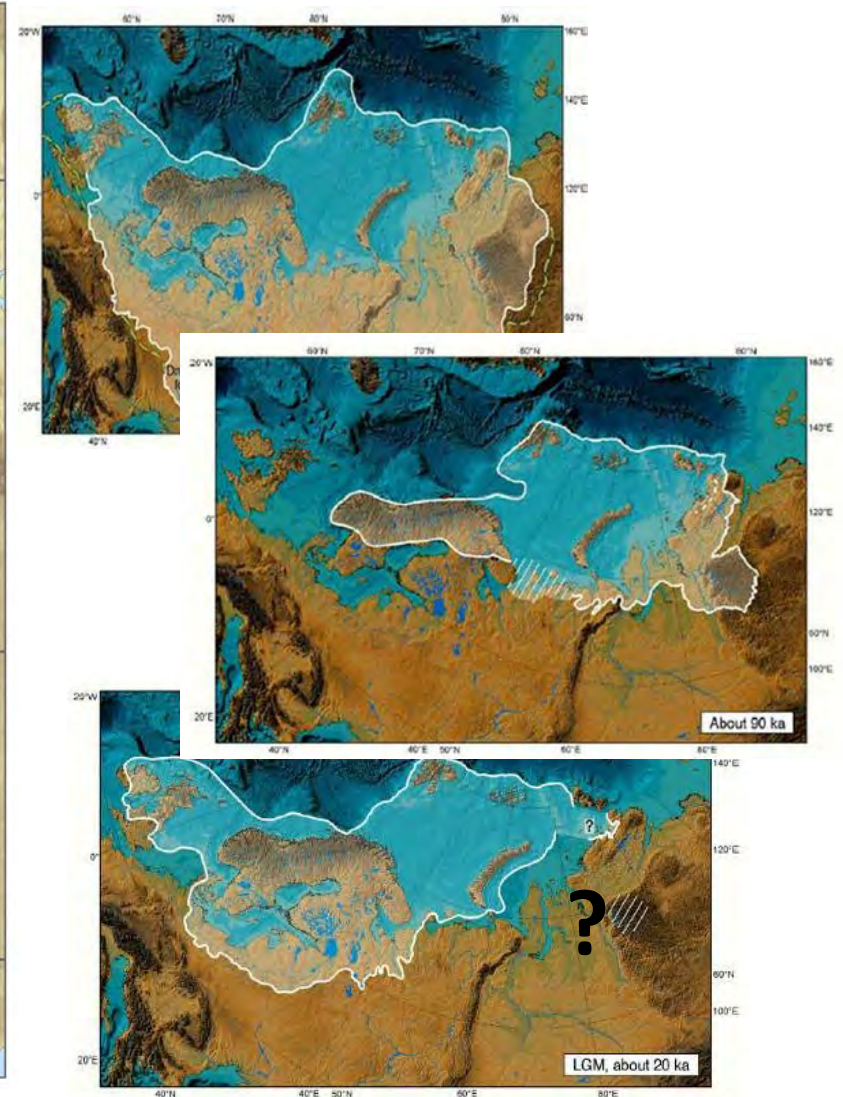
Data: European Sea areas VLIZ (2014), MSFD Areas v1.
 Coastline: EEA, upload 4th July 2013.
 Both datasets modified in EMODnet geology based on seabed substrate data (e.g. Faeroe EEZ, Wider Atlantic Sea included in sea areas)
 Coordinates: WGS84

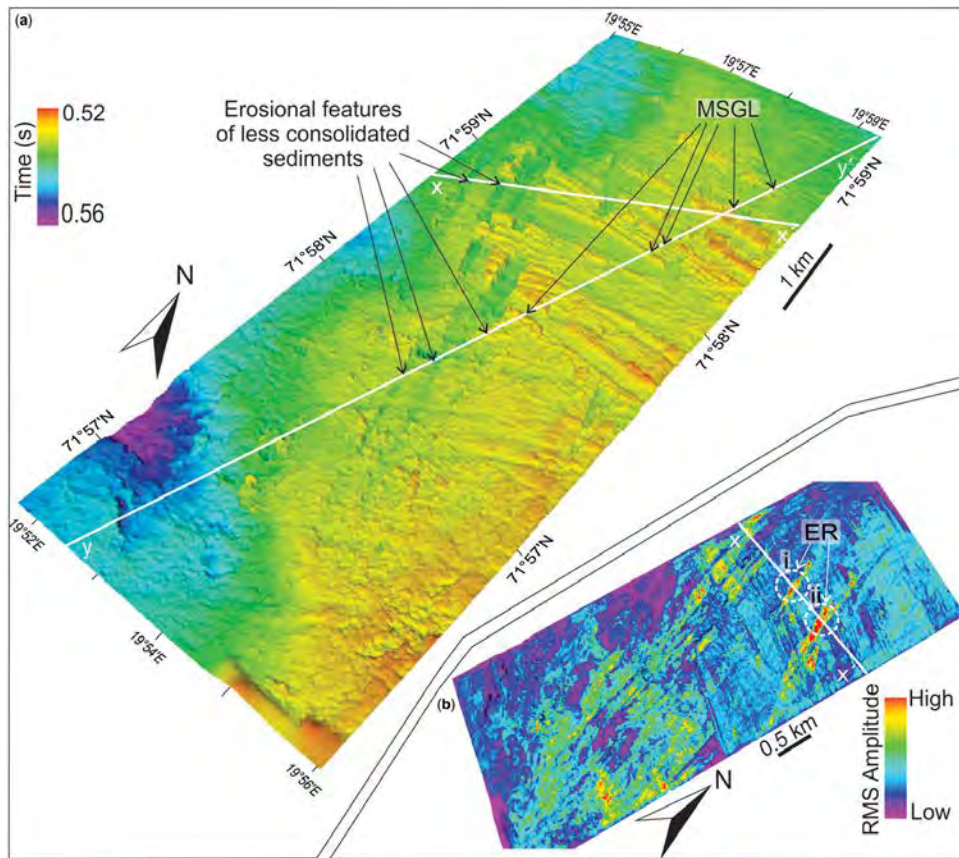


Research questions: ice-sheets extent and deglaciation

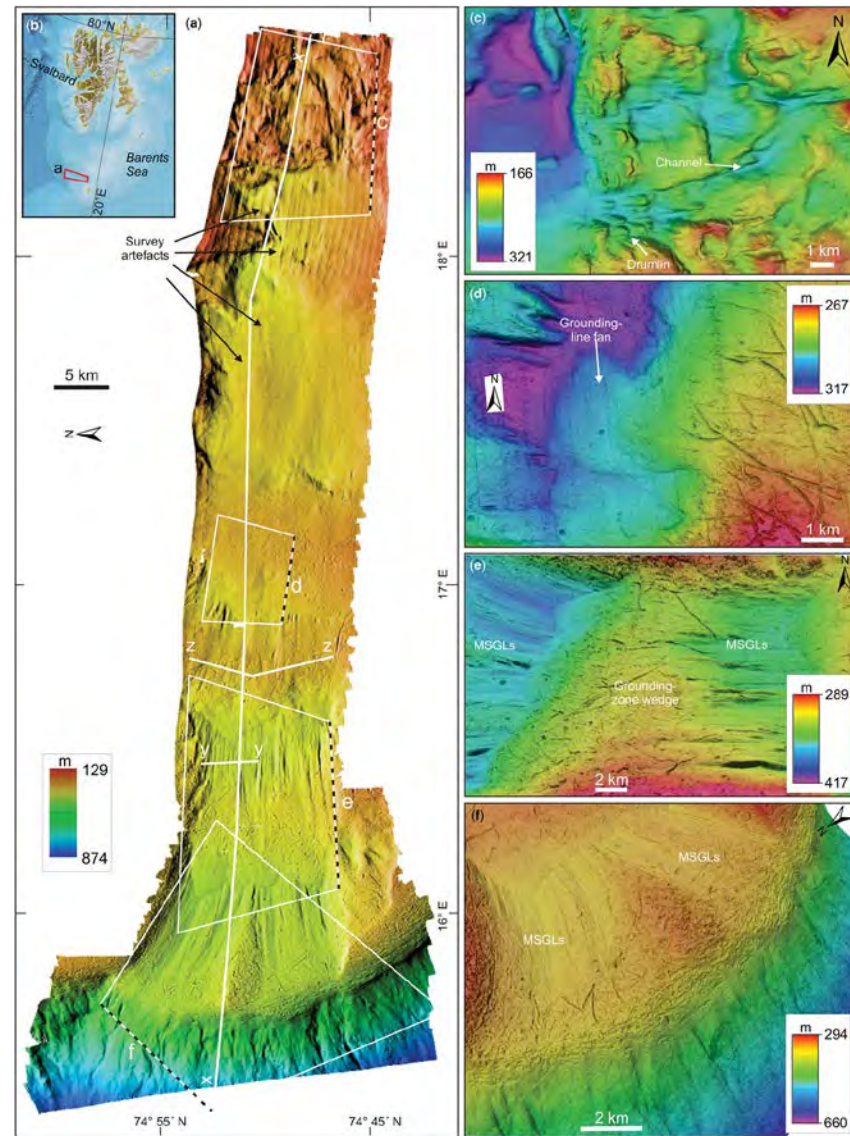


Hughes et al., 2016





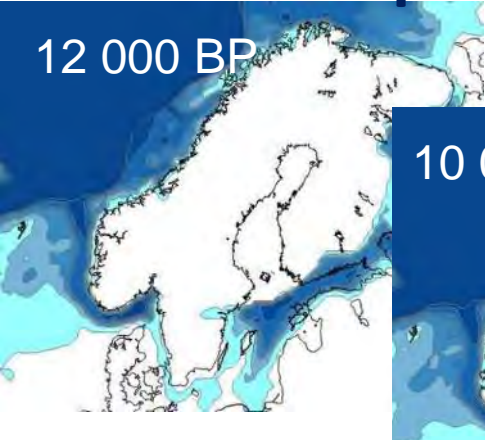
Buried subglacial landforms in the SW Barents Sea imaged using high-resolution P-Cable seismic data.



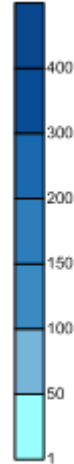
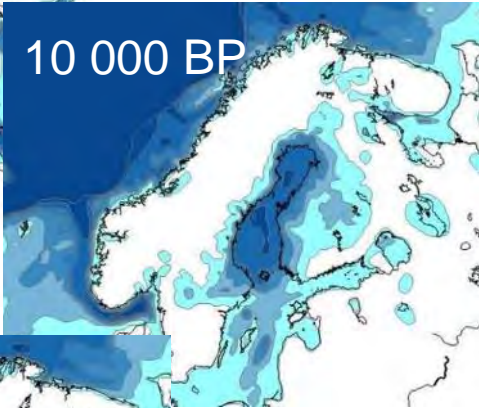
Multibeam swath bathymetry from Kveithola Trough, western Barents Sea. (a) Swath-bathymetric image showing trough geomorphology.

Research questions: ice-sheets extent and deglaciation

12 000 BP



10 000 BP



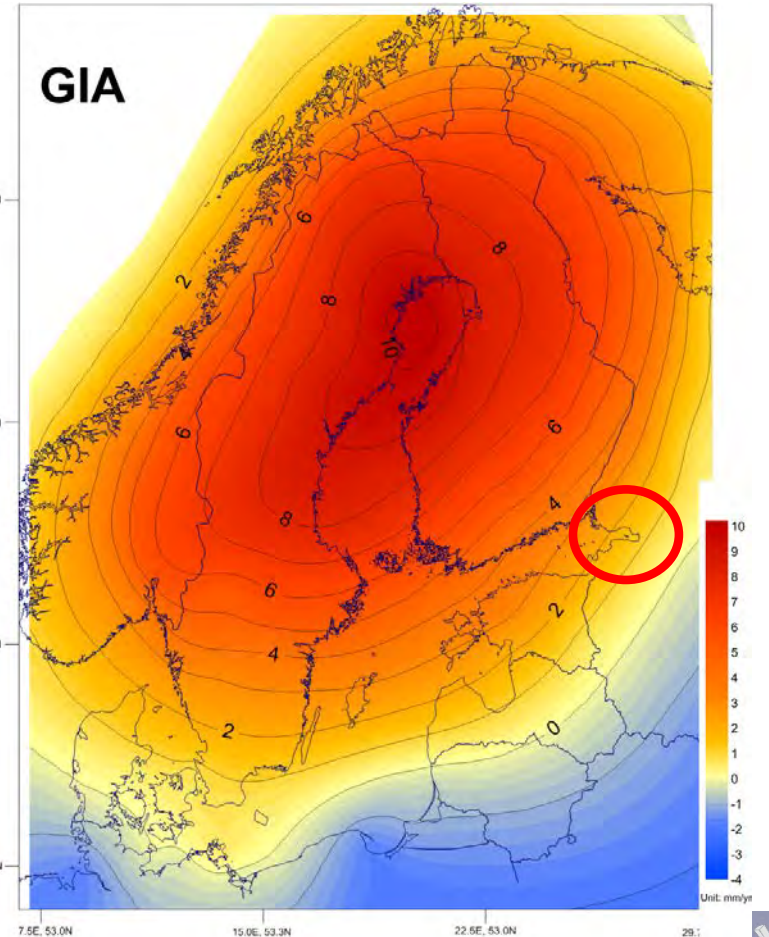
9 000 BP



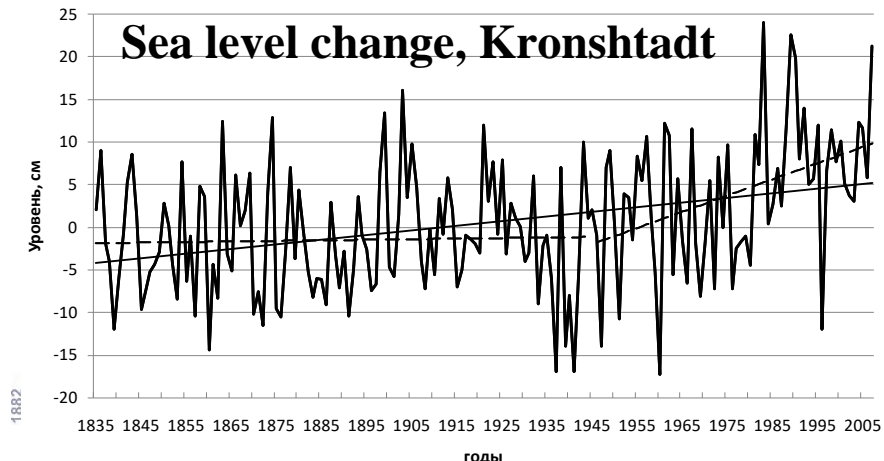
Amantov,
Fjeldskaar, 2011

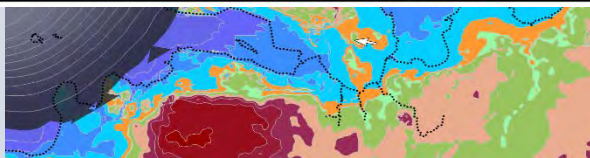
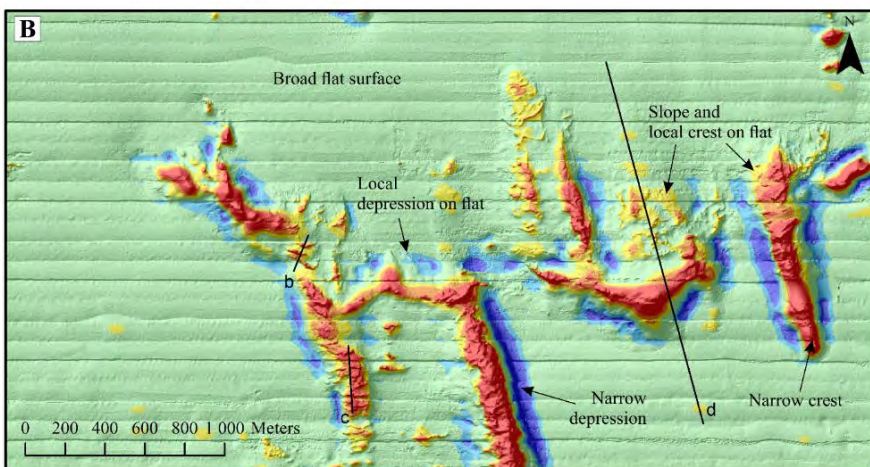
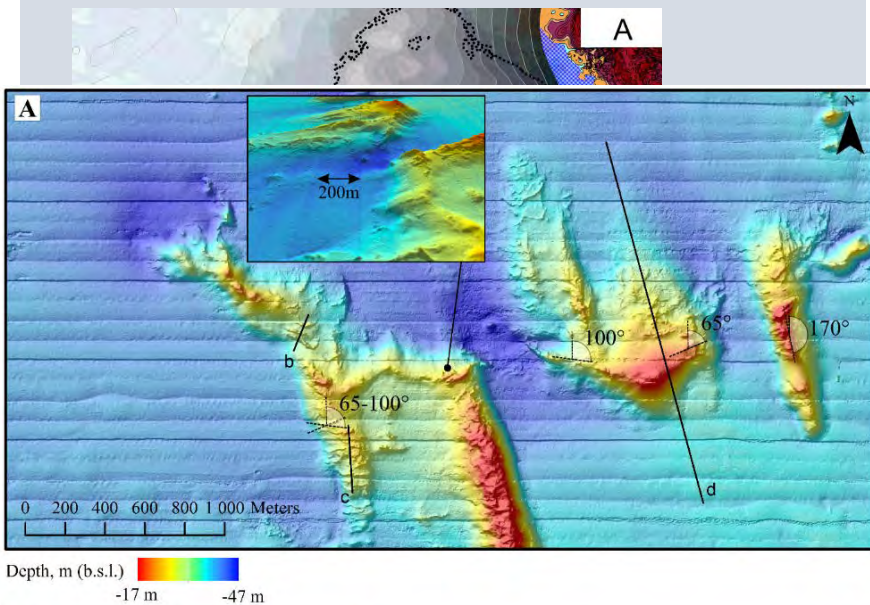
Eastern Gulf of Finland

Harff, 2017



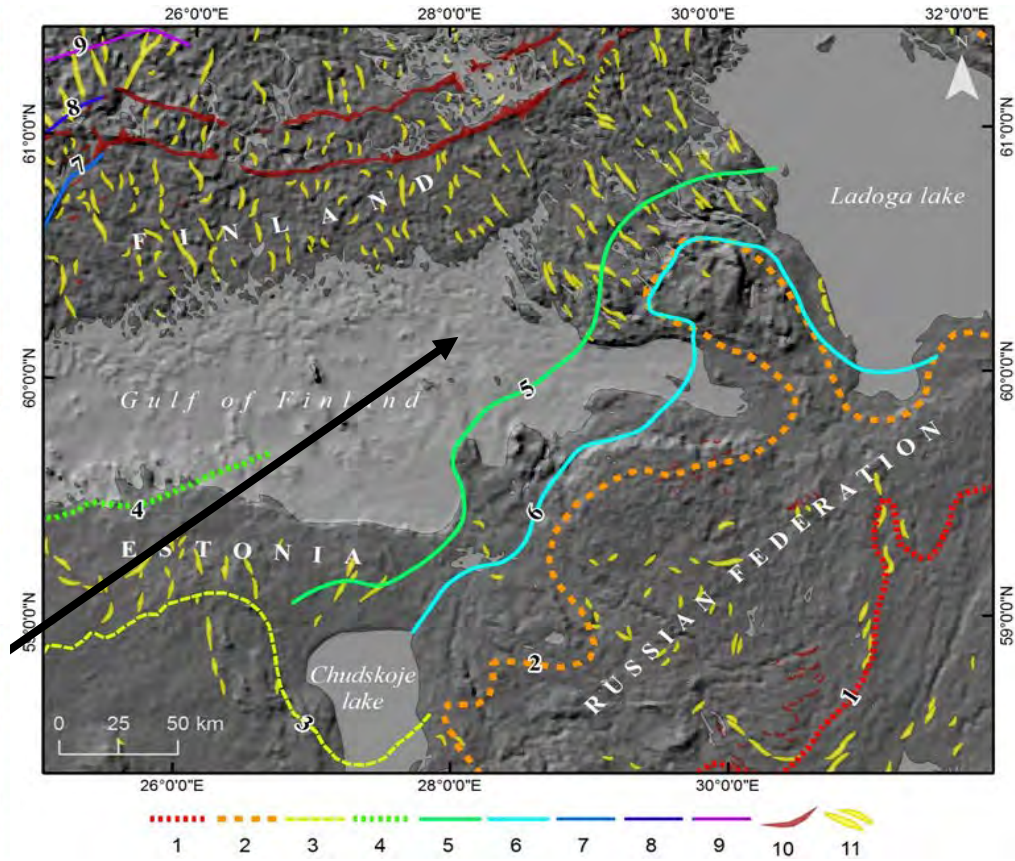
Sea level change, Kronshtadt





Amantov, Amantova, 2017

Salpausselkä I (12.25-11.5 ka BP (Saarnisto & Saarinen 2001; Hang 2003; Kalm 2006; Subetto 2009; Hang & Kohv 2013))

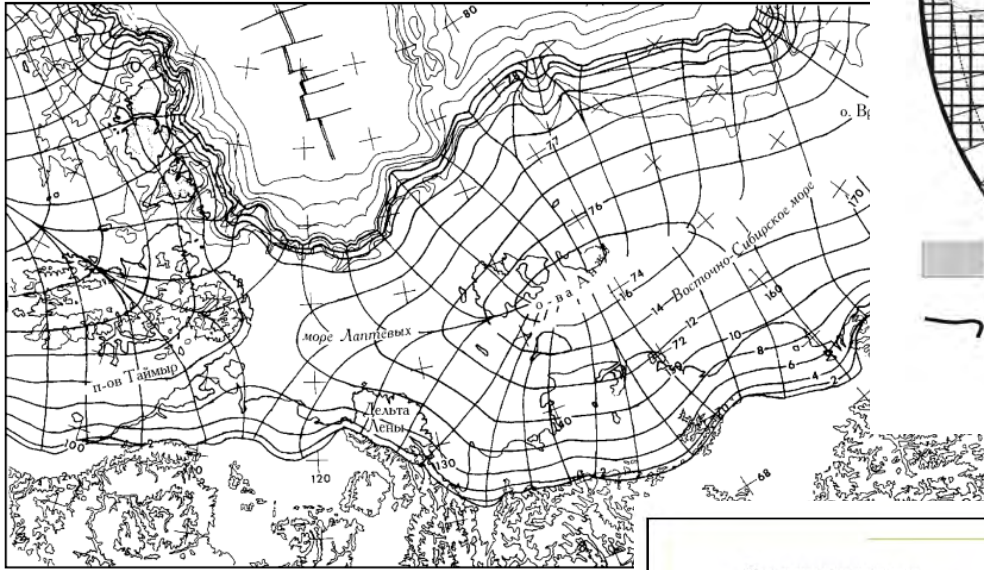


13.3-13.5 ka BP (Vassiljev et al., 2013) or 12.7 ka BP (Vassiljev et al., 2011)

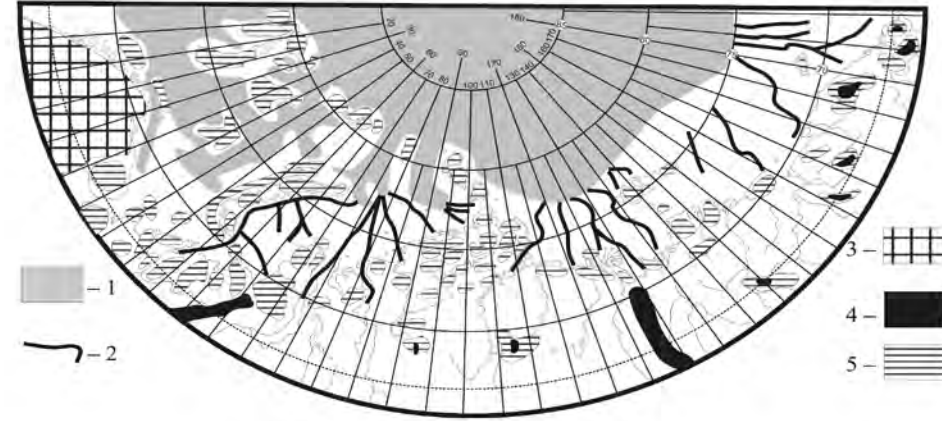
14.5 ka BP or 13.8-13.3 ka BP (Kalm 2006; Vassiljev et al., 2011; Vassiljev et al., 2013)



Research questions: ice-sheets extent and deglaciation



Hughes, 1998
Grosswald, 2009

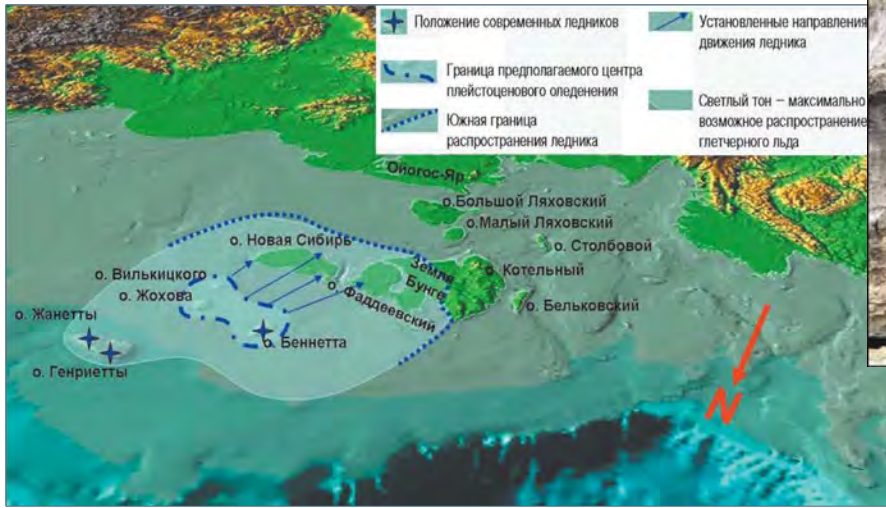


Bolshiyarov, 2004-2011

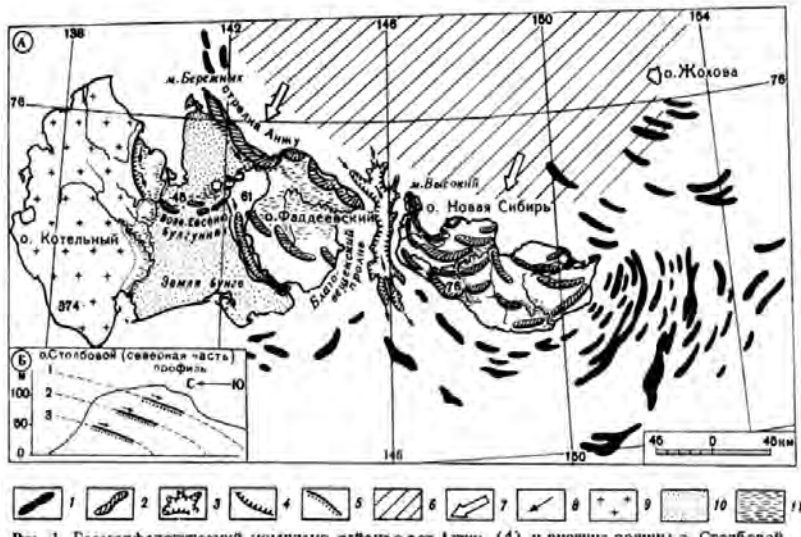
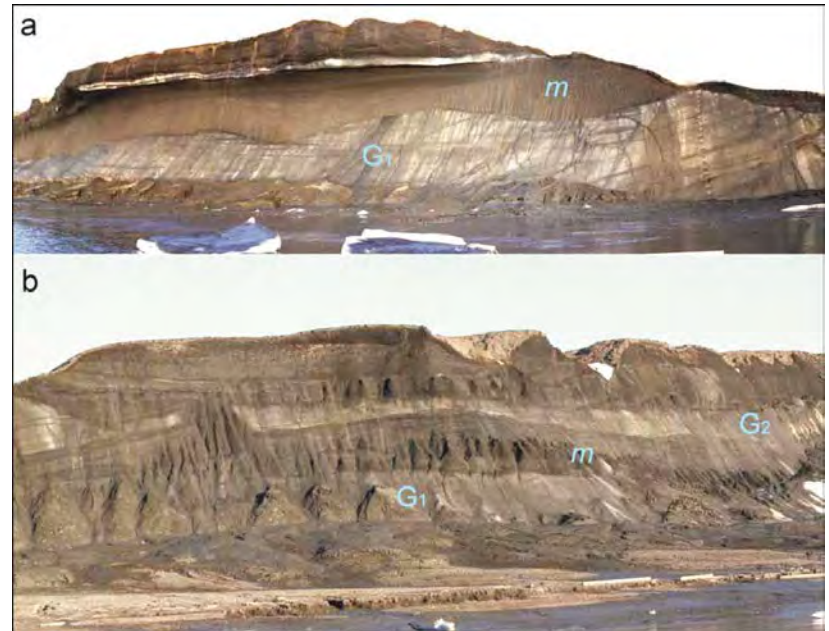


Zastrozhnov (VSEGEI), 2020

Novaya Sibir' Island



Basylian, Nikolsky, 2007



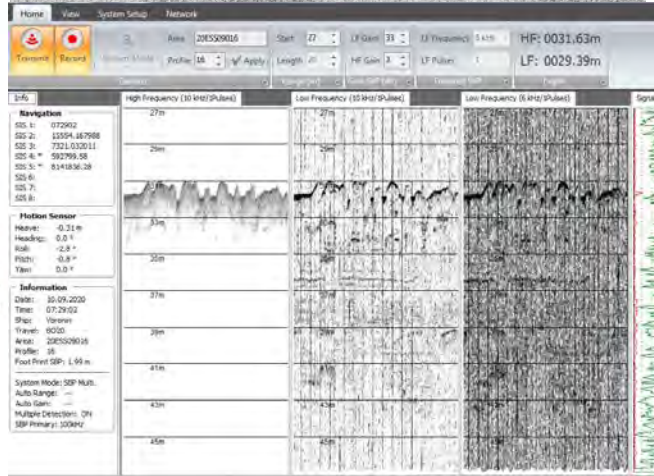
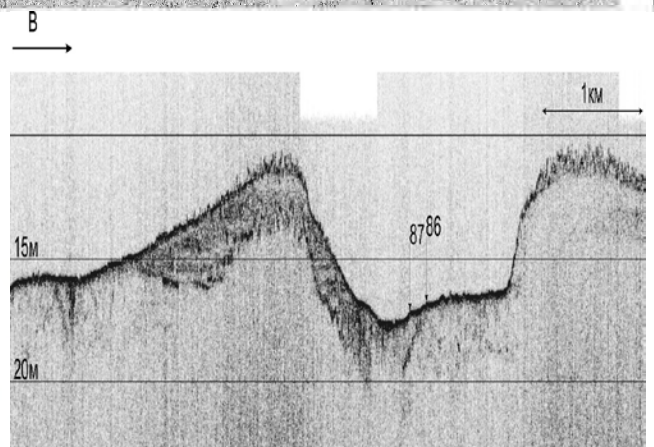
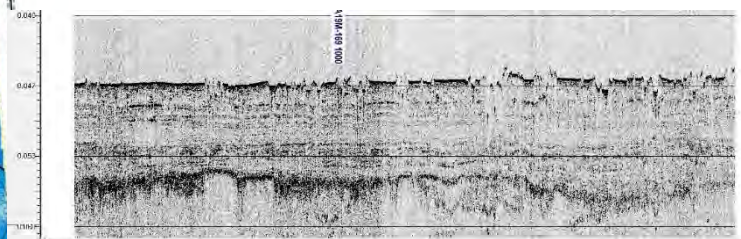
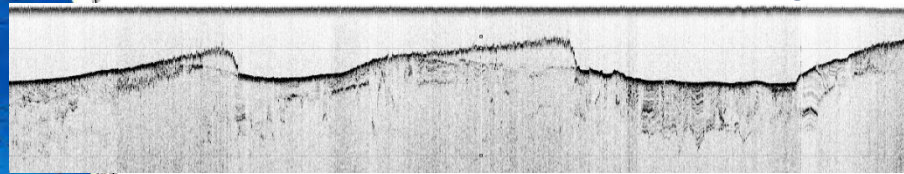
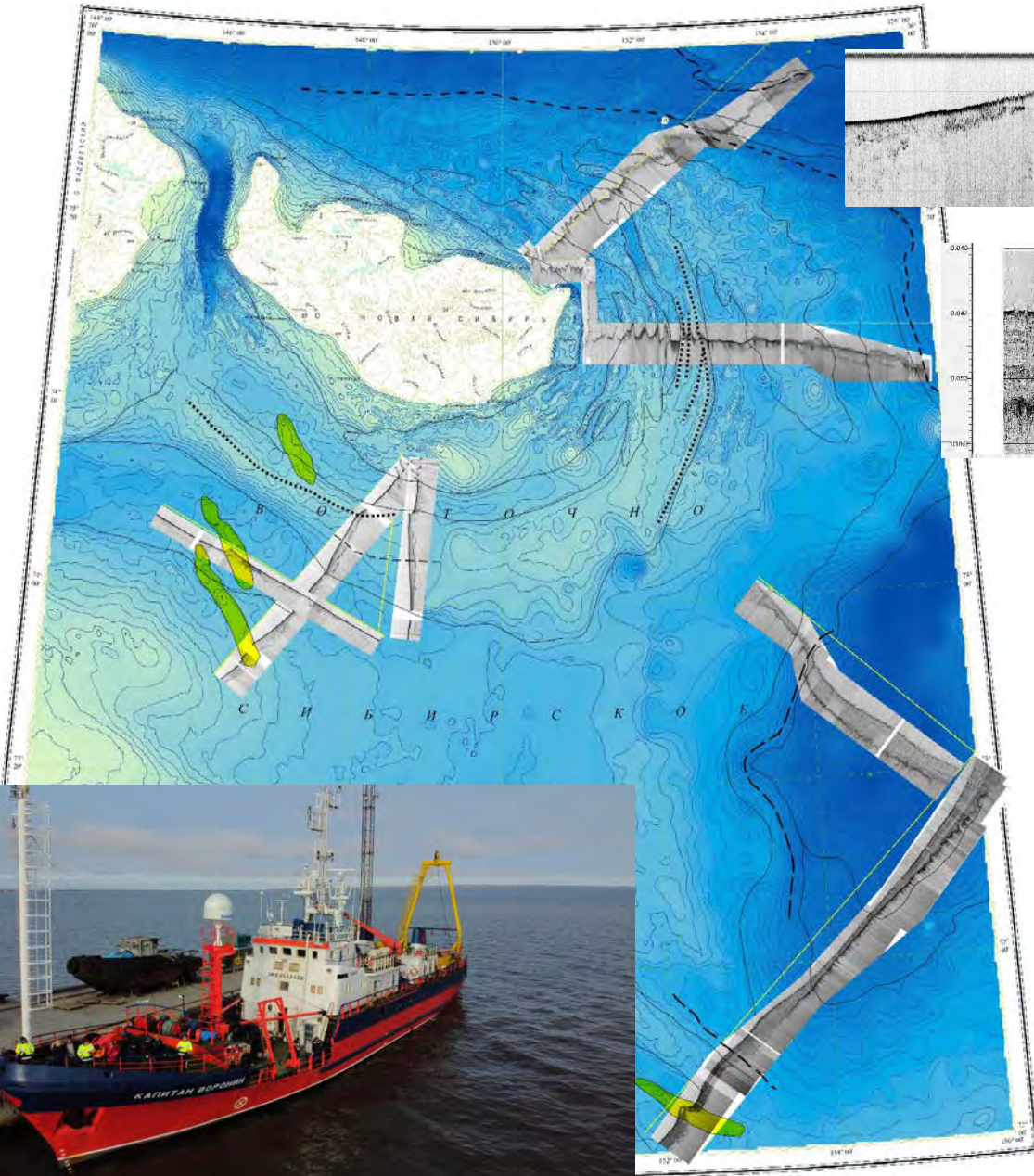
Nikiforov, 1985



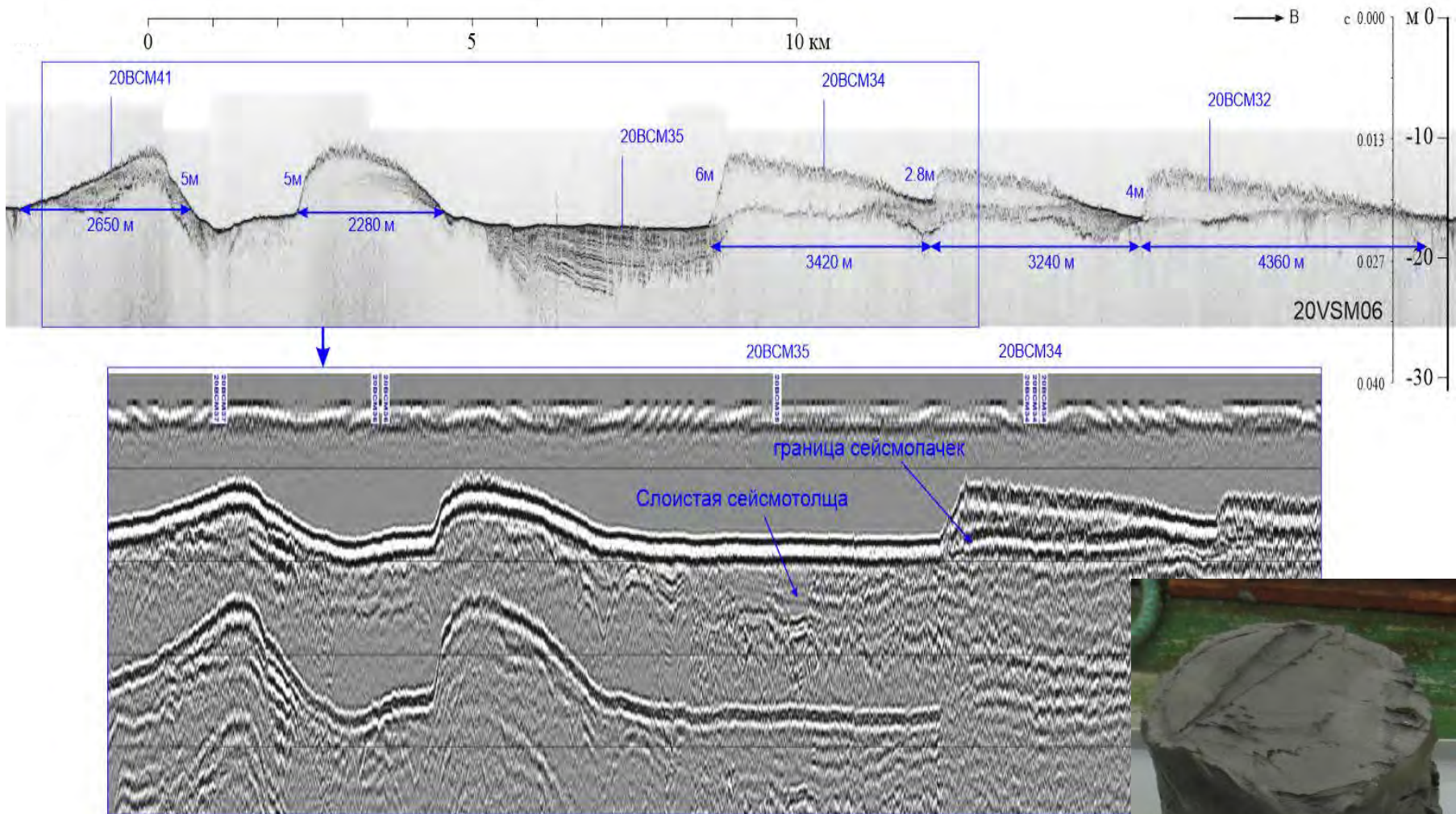
Tumskoy, 2009



S-55.56

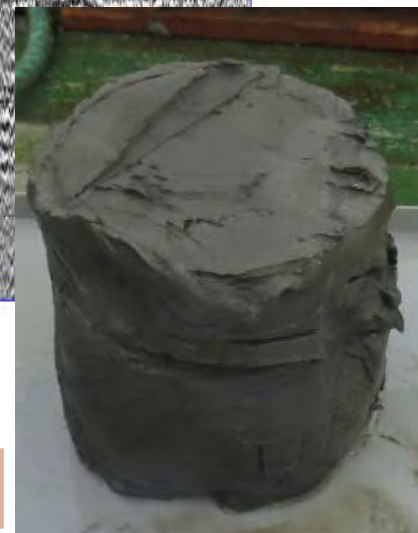


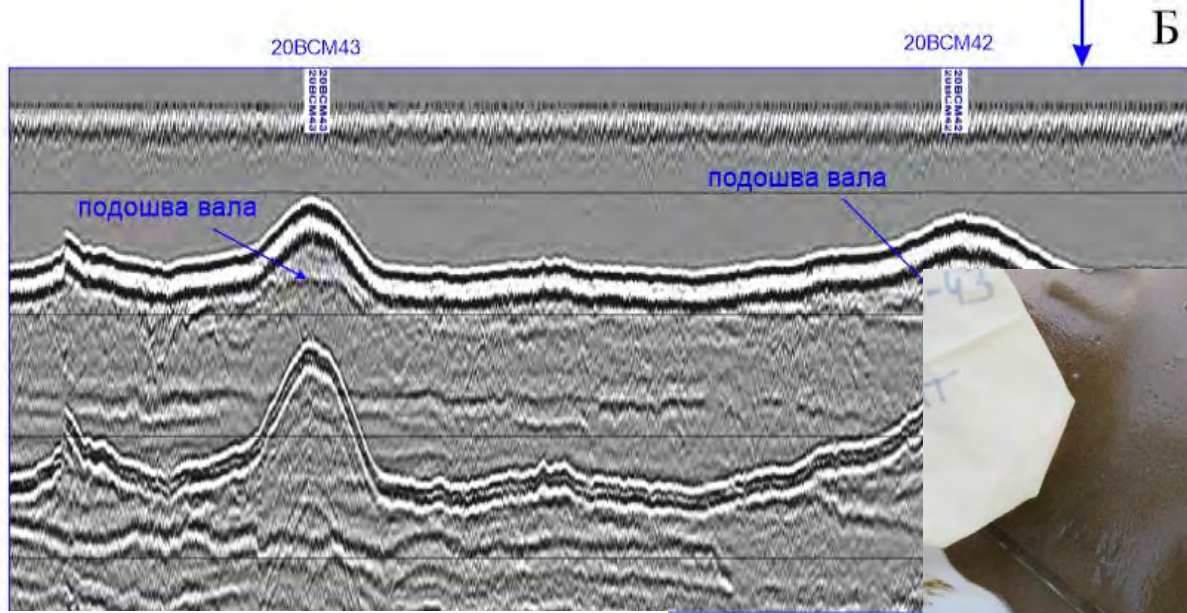
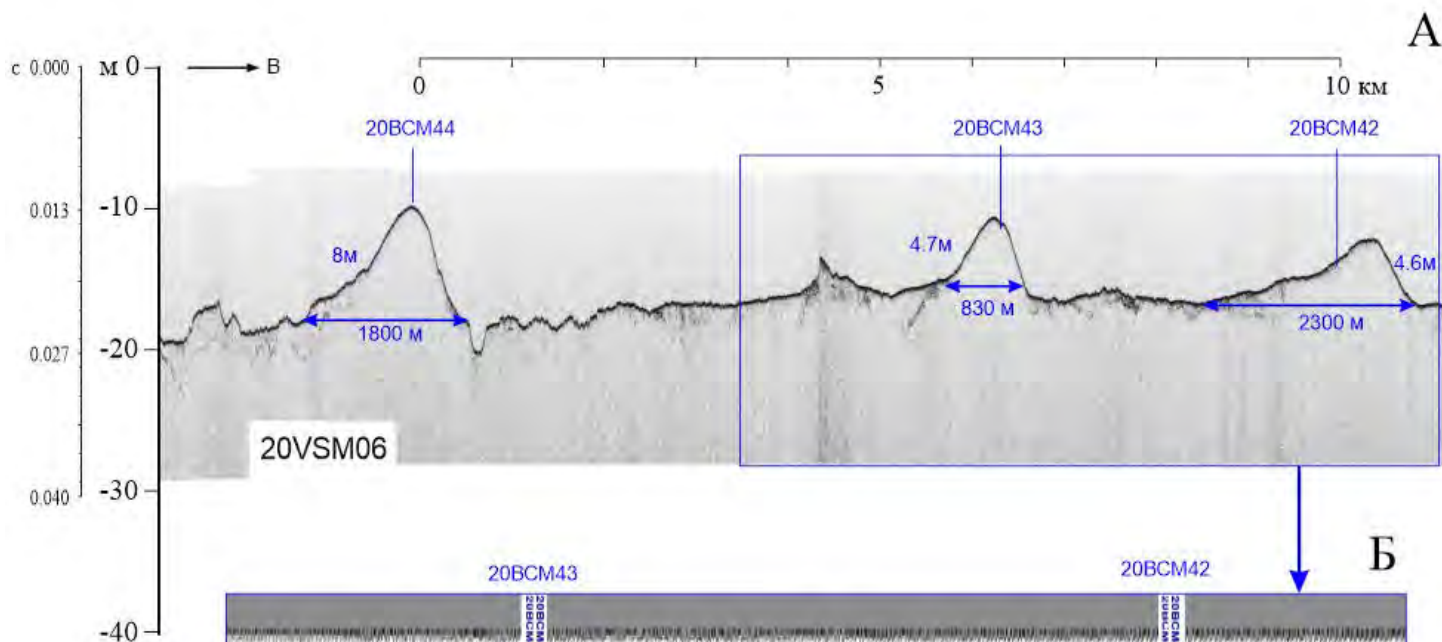
R/V "Capitan Voronin" (Moscow University)
Cruise leader Igor Neevin (VSEGEI)



**Interpretation by Alexander Sergeev,
Leonid Budanov**

**Dense clay (core depth 50-
50 cm), site 20-BCM-32**

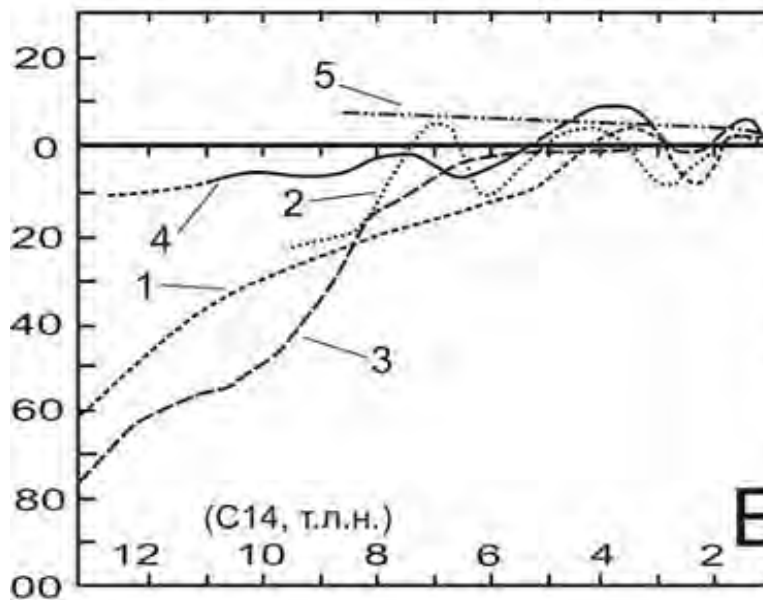




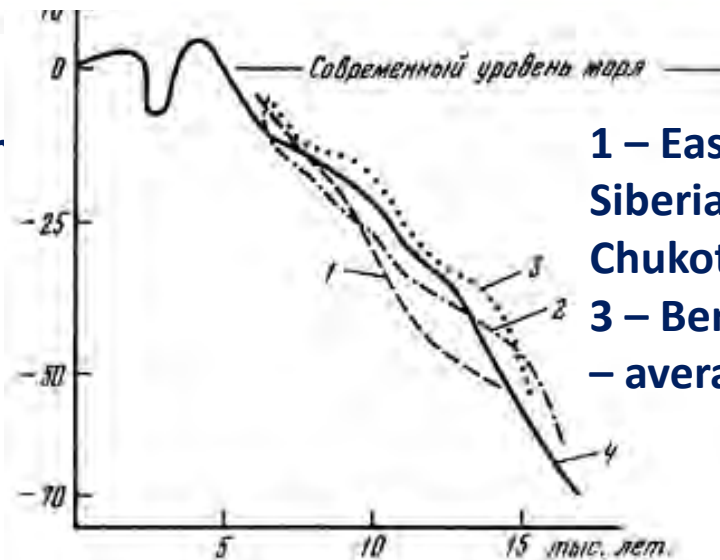
Interpretation by Alexander Sergeev,
Leonid Budanov

Box-corer, site 20-BCM-43

Research questions: Holocene sea-level change



1 – seas of the Eastern Arctic and Bering Strait (Дегтяренко и др., 1982); 2 – Eastern Siberian Sea (Селиванов, 1995); 3 – Laptev Sea (Bauch et al., 2001); 4 – Eastern Siberian Sea (near Zhokhov Island) (Анисимов и др., 2009); 5 – south-eastern part of Bunge Land (Anisimov et al., 2014).



1 – Eastern Siberian Sea; 2 – Chukotskiye Sea; 3 – Bering Sea; 4 – average

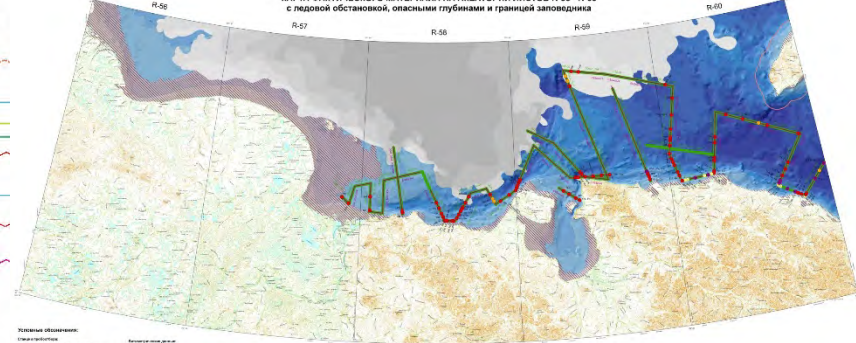
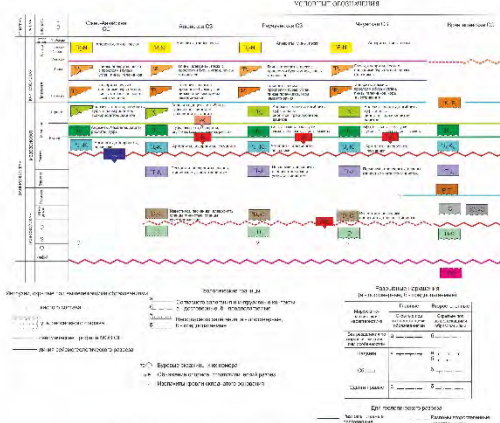
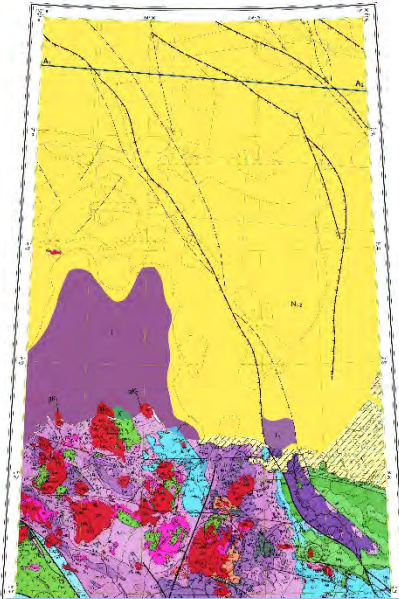
State Geological Map 1:1000000, Sheets R56-R60 Eastern Siberian Sea (2018-2020, VSEGEI)

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ масштаба 1:1 000 000
(третье издание)
С. ПЕТЕРБУРГ, 2020

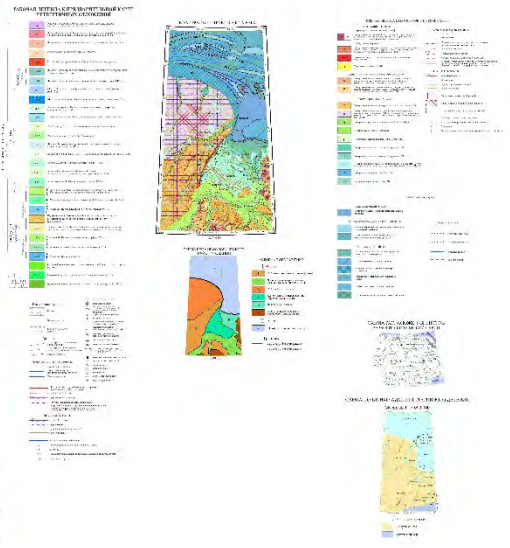
АКТУАЛИЗИРОВАННАЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДОКВЕТЕРИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ЛИСТА R-58

Приложение 2
Лист 3

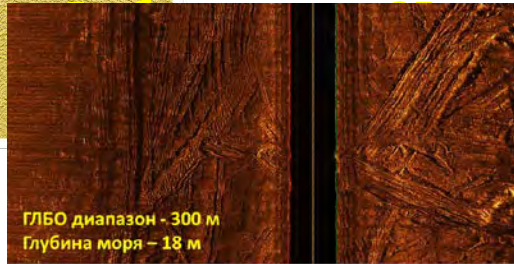
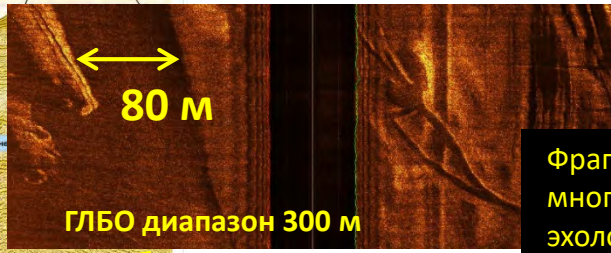
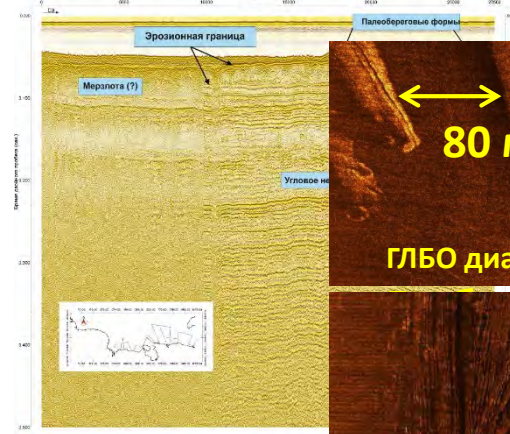
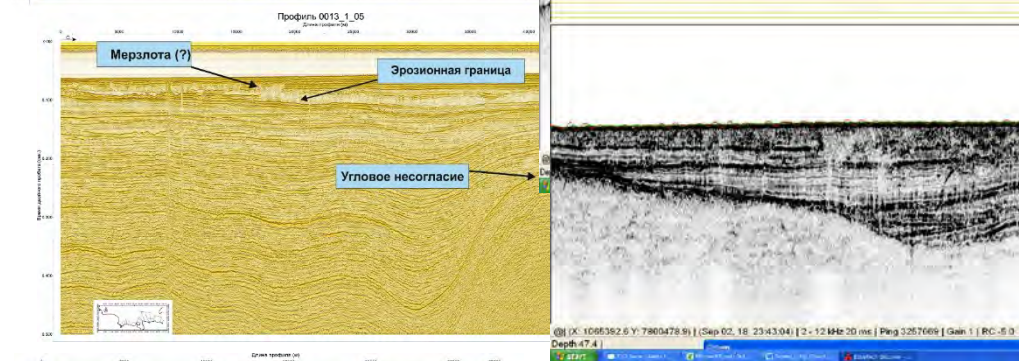
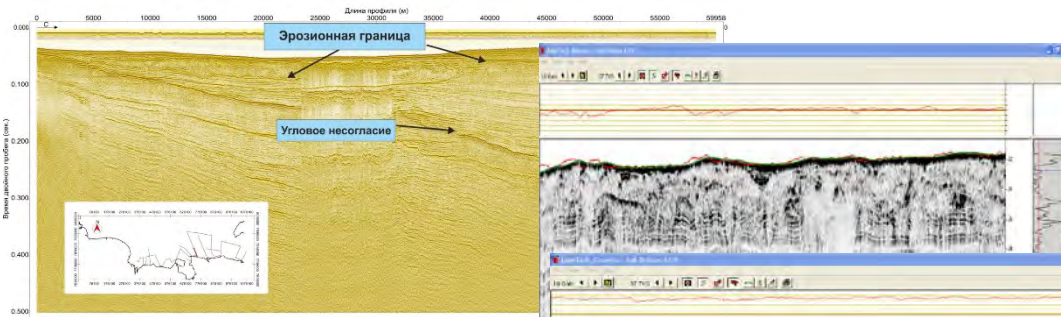
КАРТА ФАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА АКВАТОРИИ ЛИСТОВ R-56 - R-60
с ледовой обстановкой, опасными глубинами и границей заполюдника



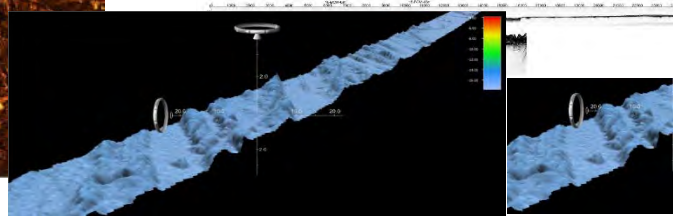
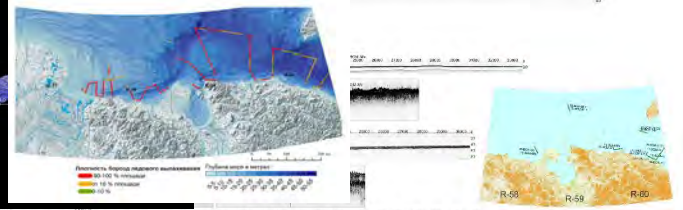
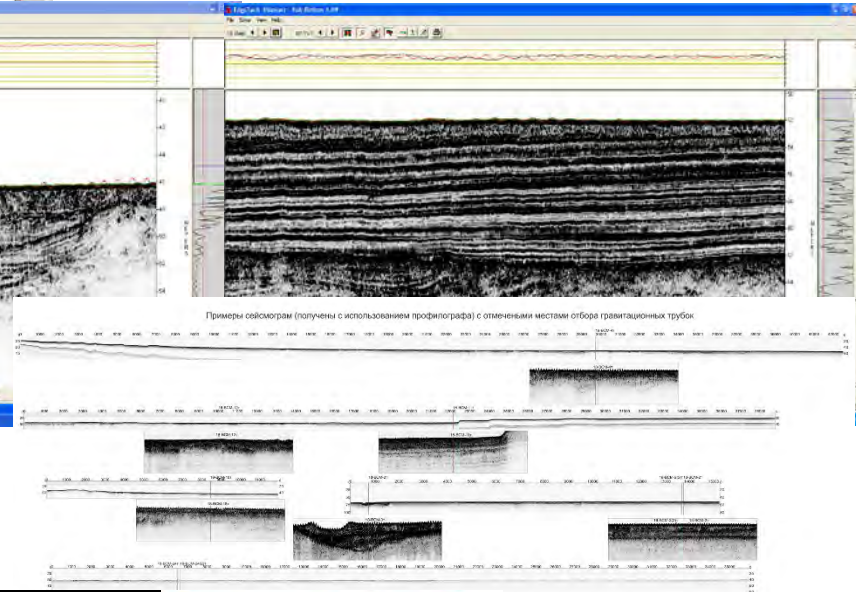
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ масштаба 1:1 000 000
(третье издание)
С. ПЕТЕРБУРГ, 2020



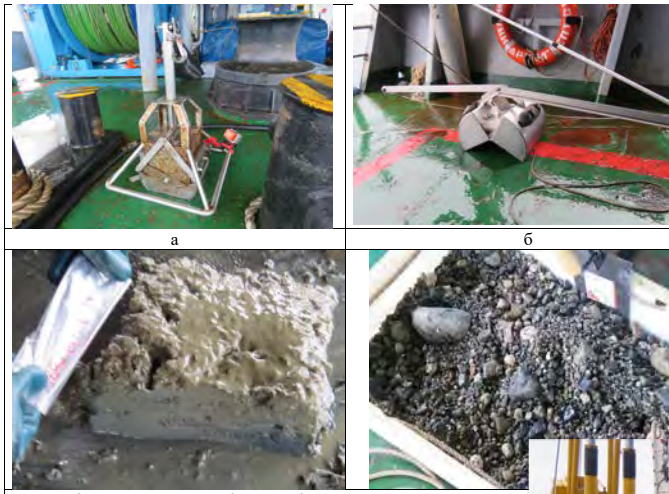
2200 km of SBP, SSS and MB



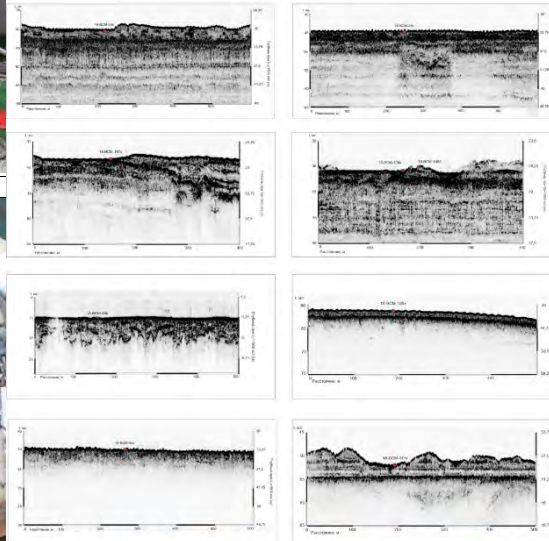
Фрагменты записей
многолучевого
эхолотирования



10 cores (up to 2.5 m) 130 surface sampling sites



Отображение точек донного пробоотбора на фрагментах акустических разрезов



179,941
69,7744
51,4

и. 0-2 см - песчано-глинистый алевроит, буровато-серый, текучий. Нижний контакт поstepенный, скала однородная, единичные зерна гравия в слое и раковины двустворок. 2-10 см - глинистый алевроит (роглина), серый до черного, окраска пятнистая, мягкопластичный (суглинок). Осадок комковатый, урбированный, со следами ползания червей. Встречены единичные створки раковин до 3 см и зерна вы. Без запаха.

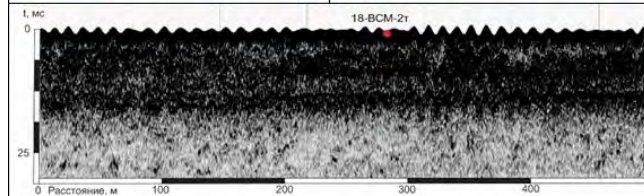
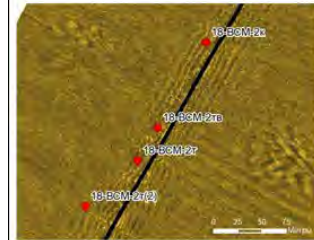
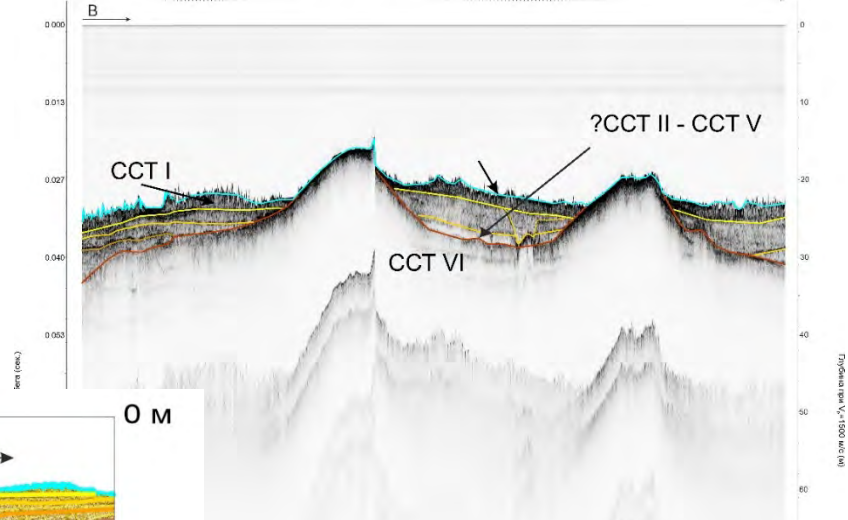
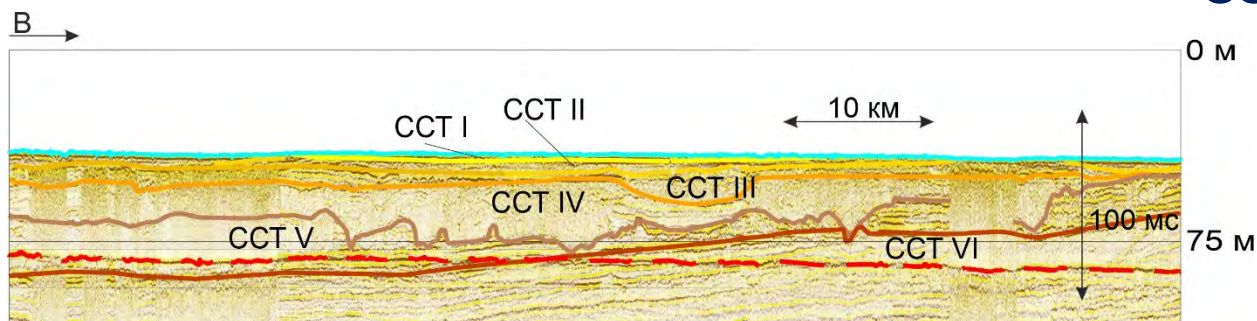
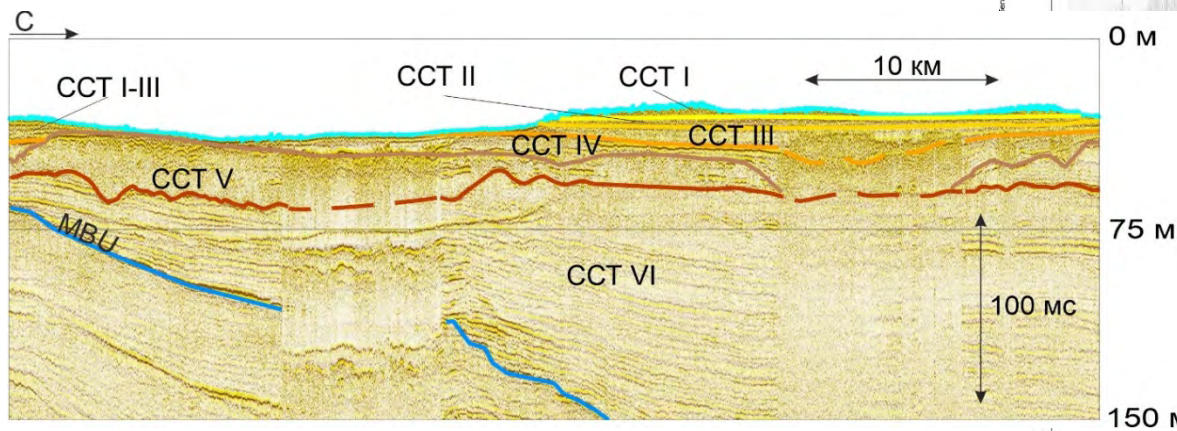


Рис. 30.

Eastern Siberian Sea

Samples of acoustic-seismic profiles



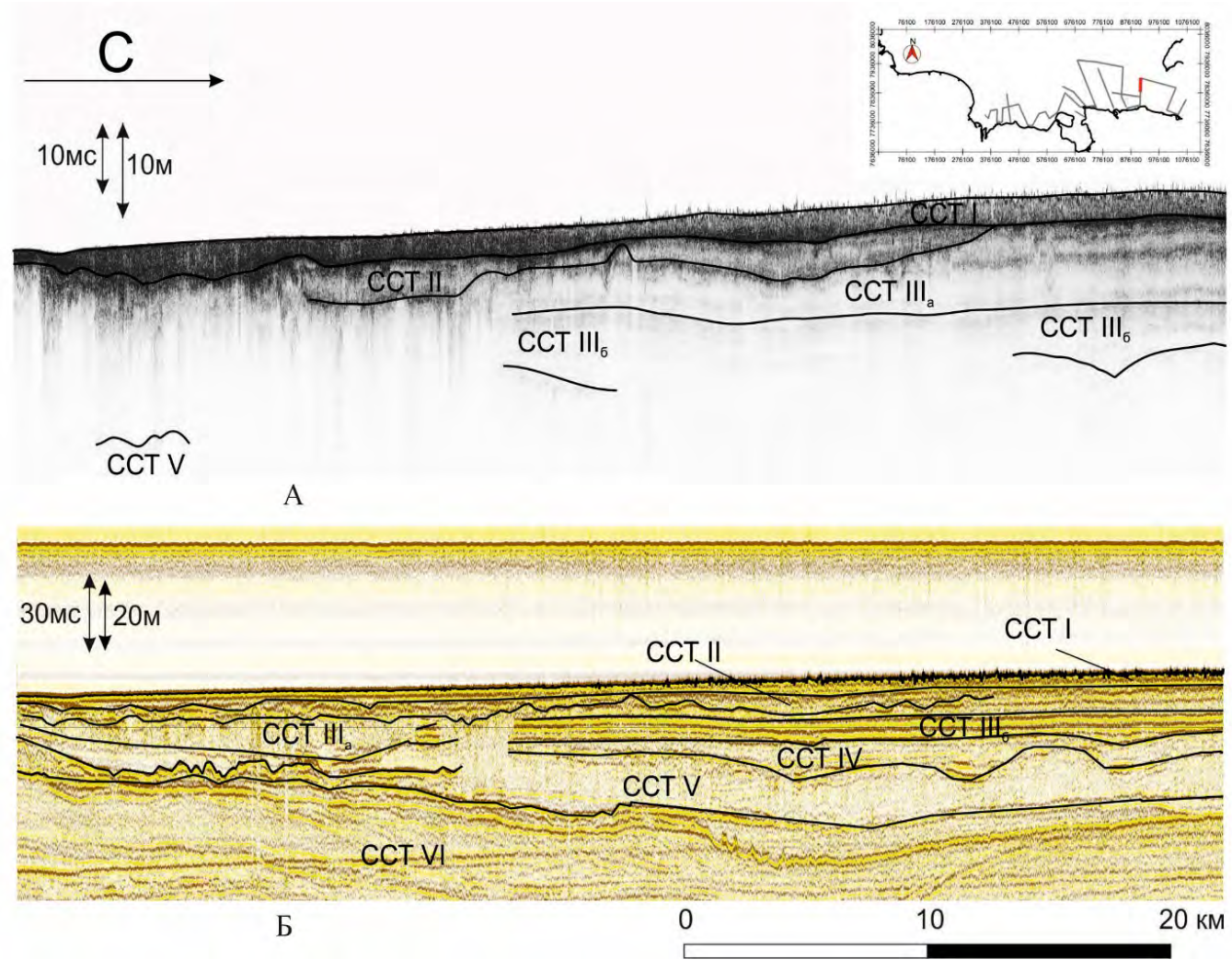
CCT VI- Ng-Pliocene
**CCT V – Pliocene-
 Calabrian (up to MIS 20)**
CCT IV – MIS19-MIS6

Interpretation by Leonid Budanov,
 Alexander Sergeev, Vladimir Zhamoida

Eastern Siberian Sea

Samples of
acoustic-seismic
profiles

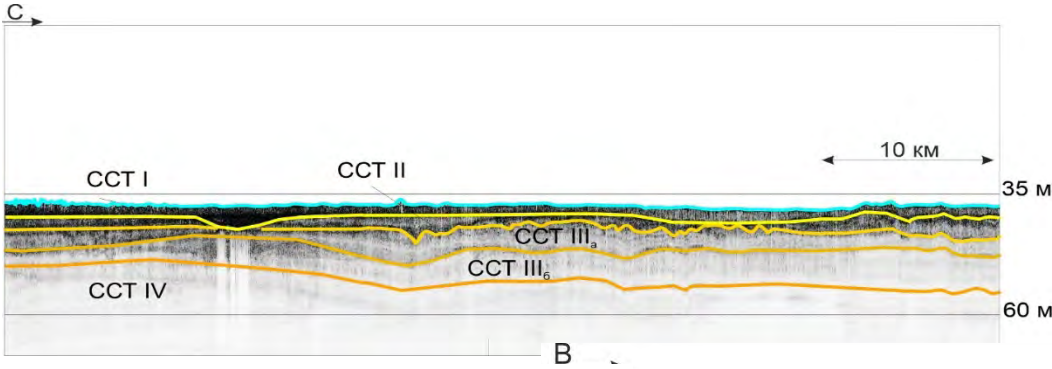
CCT IIIb – MIS 5
hyathus – MIS 4
CCT IIIa – MIS 3



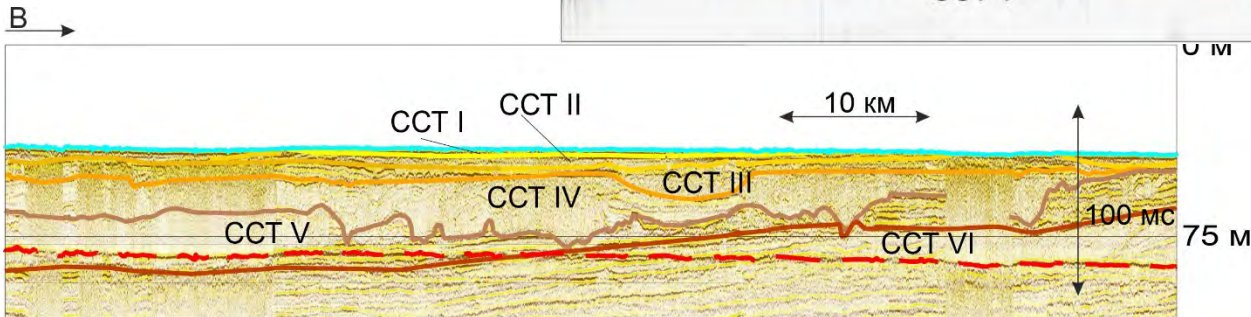
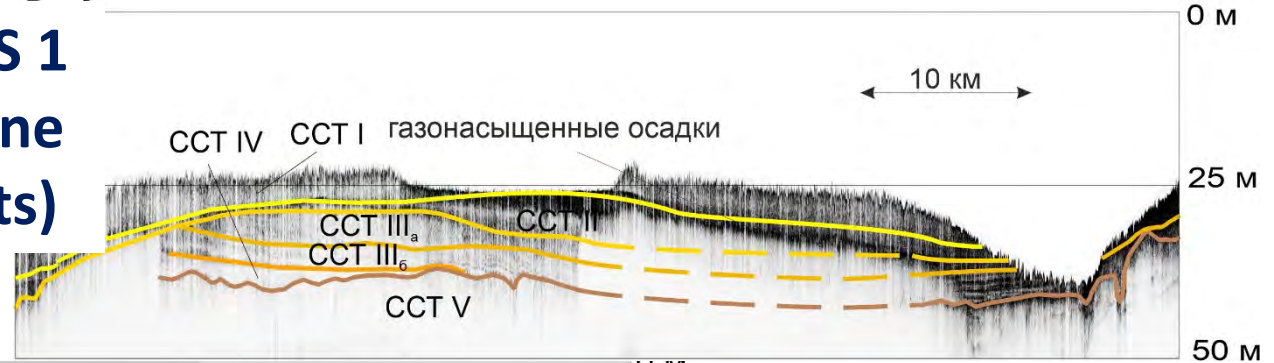
Interpretation by Leonid Budanov,
Alexander Sergeev, Vladimir Zhamoida

Eastern Siberian Sea

Samples of acoustic-seismic profiles



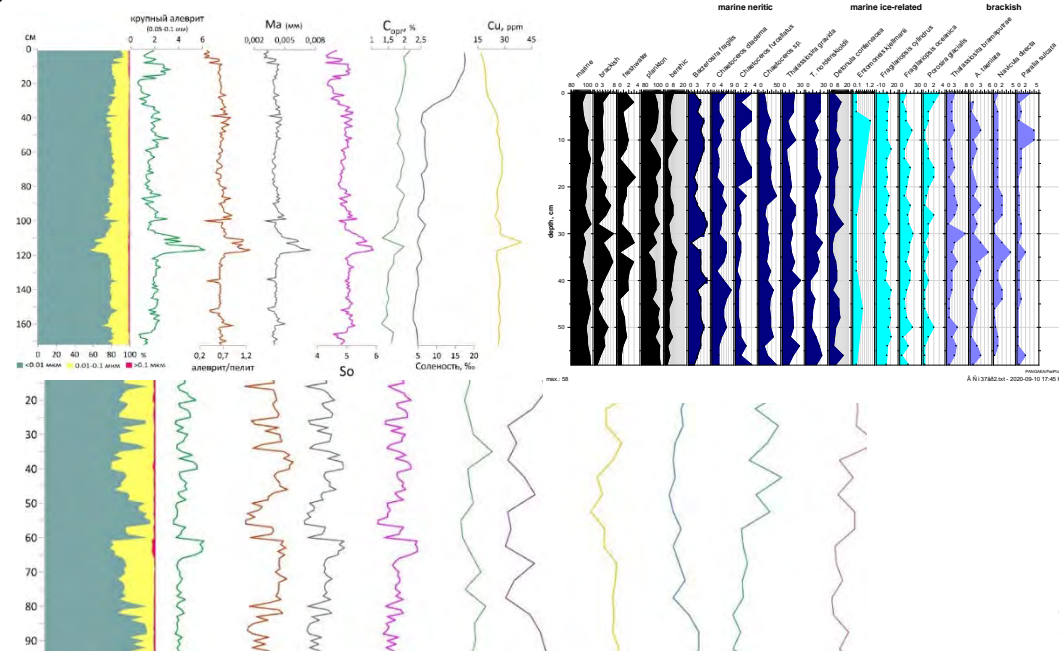
CCT II – MIS 2 – MIS 1
**CCT I – MIS 1 (marine
Holocene sediments)**



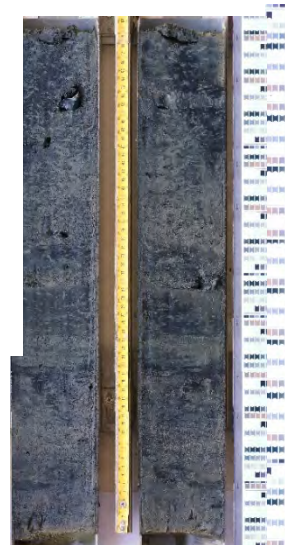
**Interpretation by Leonid Budanov,
Alexander Sergeev, Vladimir Zhamoida**

Sediment cores

18-BCM-3



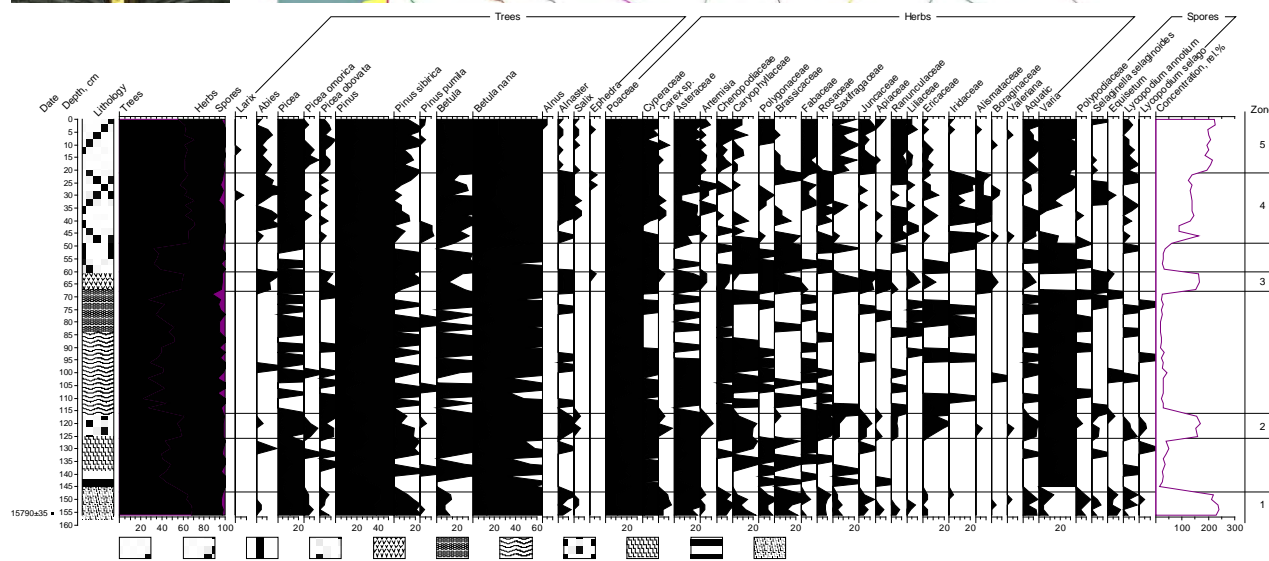
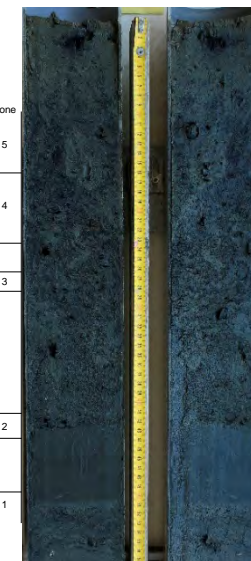
18-BCM-37



18-BCM-96



18-BCM-12

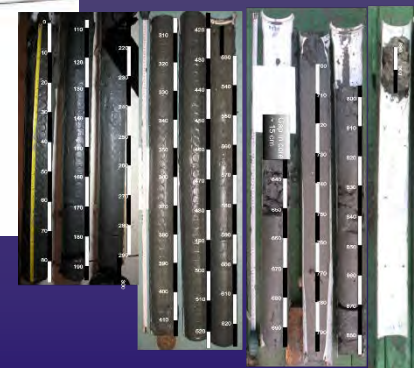
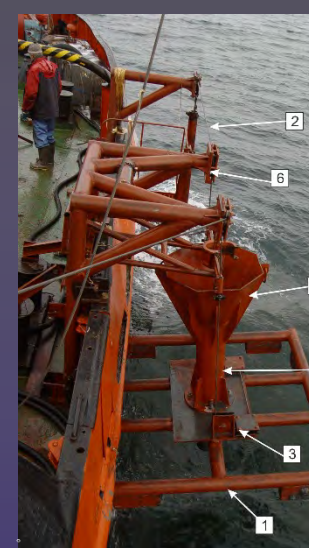
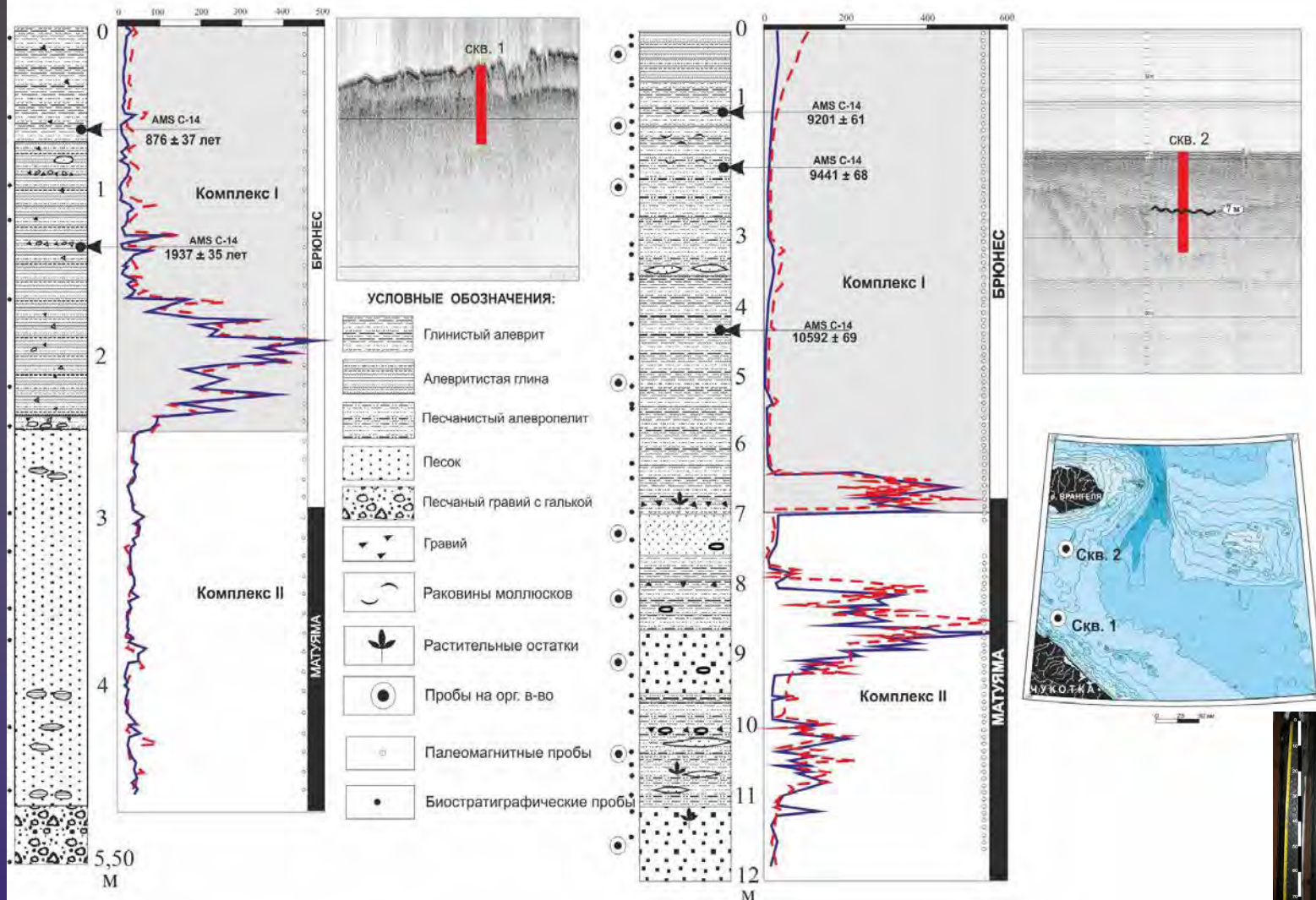




Shallow boreholes in Chukchi Sea.

СКВ. 1

СКВ. 2



Coastal processes. Barents Sea (Kola Penninsula)

Norway



Teriberka Bay



Main features of Russian Arctic coasts development

- coastal erosion in the main source of sediment material;
- sea-ice blocked wave impact during 6 months or longer;
- floating ice can cause temporary accretion processes;
- freezing of beach sediments can protect coast from active erosion;
- permafrost in unconsolidated sediments leads to very fast denudation caused by thermal erosion;
- high development of barrier costs (very changeable).

Ice-free period

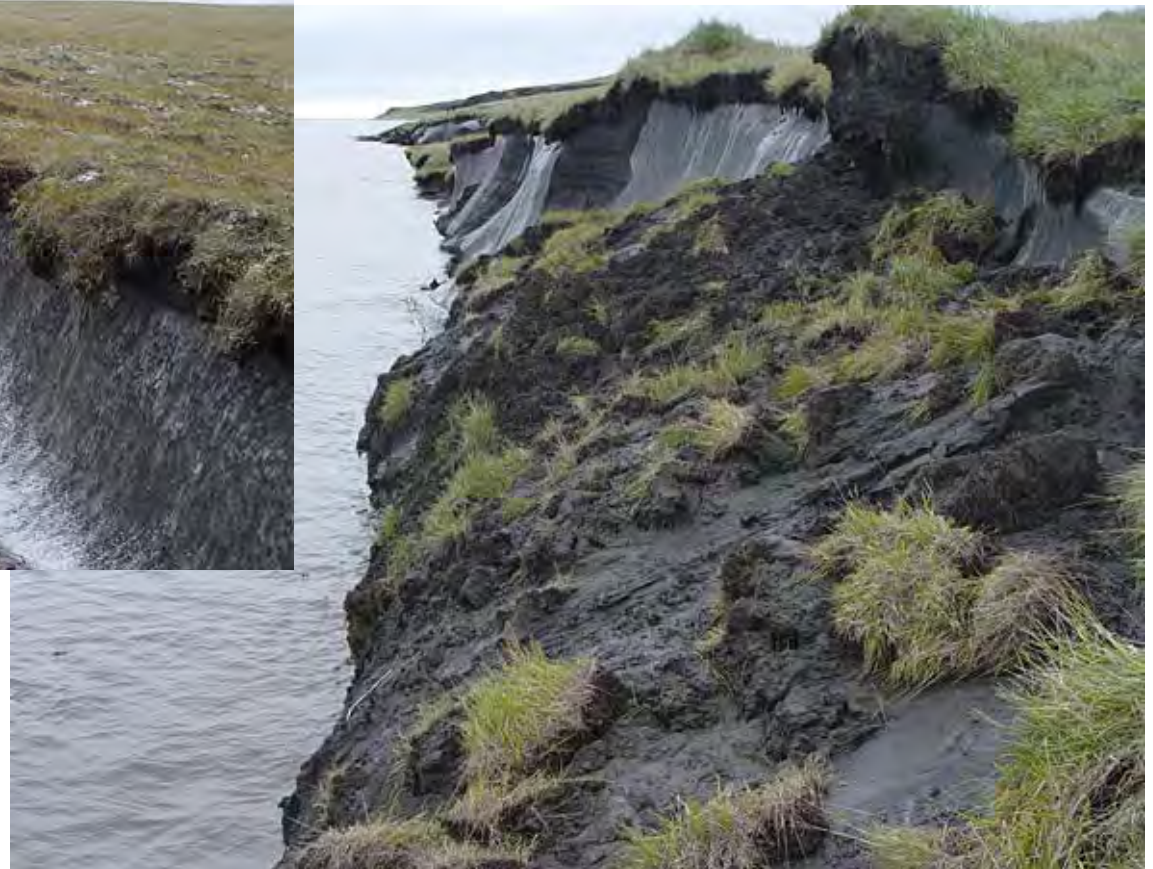
White Sea	June-November (6)
Barents Sea	July-October (4)
Kara Sea	July-September (3)
Laptev Sea	July-September (3)
East-Siberian Sea	August-September (2)
Chukchi Sea	June-October (5)



Thermal erosion erosion of unconsolidated permafrost rocks



Up to 10-30 m/year



Barents Sea

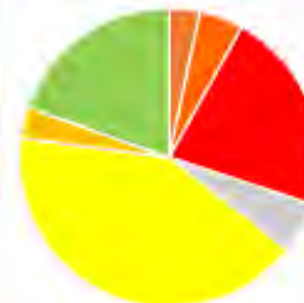
White Sea

Kara Sea

Laptev Sea

Eastern Siberian

Chukchi Sea



1	Primary coasts (fjords and other rock coasts)
2	Erosion of sedimentary rocks (cliff coasts)
3	Active erosion of unconsolidated sediments
4	Thermal erosion (eroding permafrost coasts)
5	Stable marine deposition/erosion coasts
6	Marine deposition (sand and gravel beaches, spits, bars)
7	Lagoon coasts
8	Delta coasts

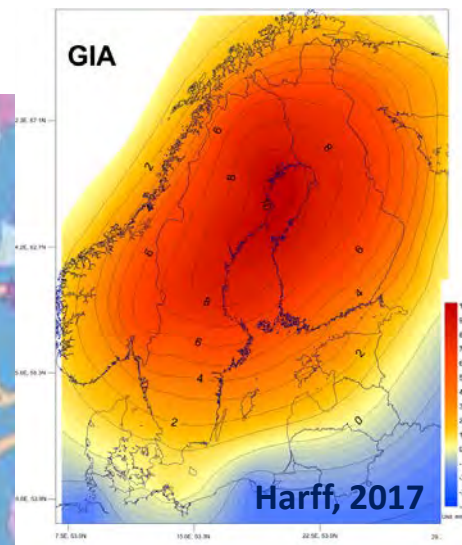


Barents and White Seas

Barents Sea



White Sea



Barents Sea

Rates of coast retreat:

Kanin Peninsula: up to 2 m/year (Suzdalsky, 1974; Gorbatsky, 1970; Are, 1980)

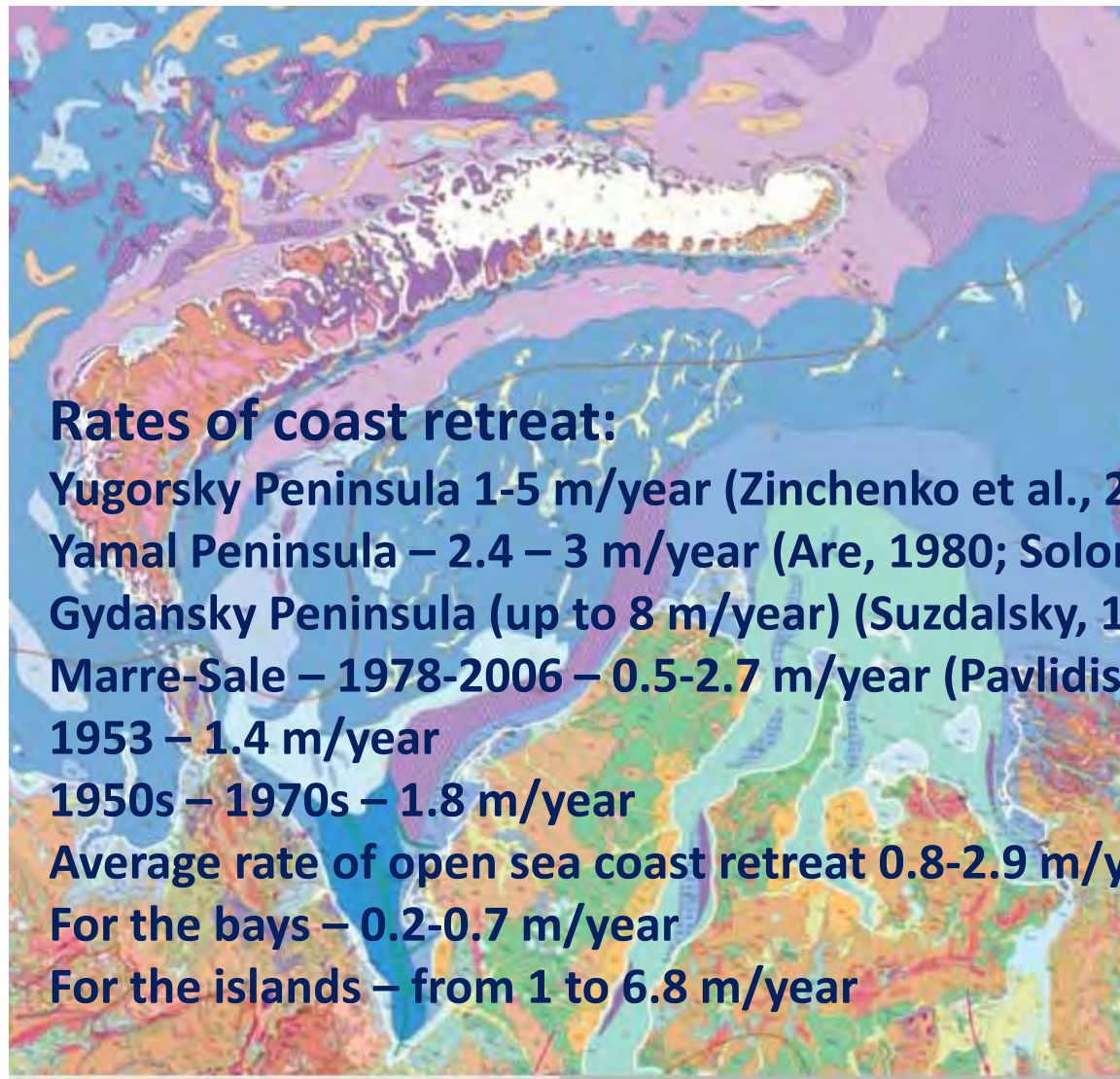
Cheshskaya Bay (eastern coast) - 1.5-3 m/year.

Pechrskaya Bay (between Pesyakov isl. and Medinsky Zavorot Peninsula) - 0.5 – 2.5 m/year (Ogorodov, 2004).

Ice coasts of Victoria Isl. - 5-6 m/year (Kaplin et al., 1991).



Kara Sea



Rates of coast retreat:

Yugorsky Peninsula 1-5 m/year (Zinchenko et al., 2007)

Yamal Peninsula – 2.4 – 3 m/year (Are, 1980; Solomatin et al., 1998).

Gydansky Peninsula (up to 8 m/year) (Suzdalsky, 1974).

Marre-Sale – 1978-2006 – 0.5-2.7 m/year (Pavlidis et al., 2007). 1946-

1953 – 1.4 m/year

1950s – 1970s – 1.8 m/year

Average rate of open sea coast retreat 0.8-2.9 m/year

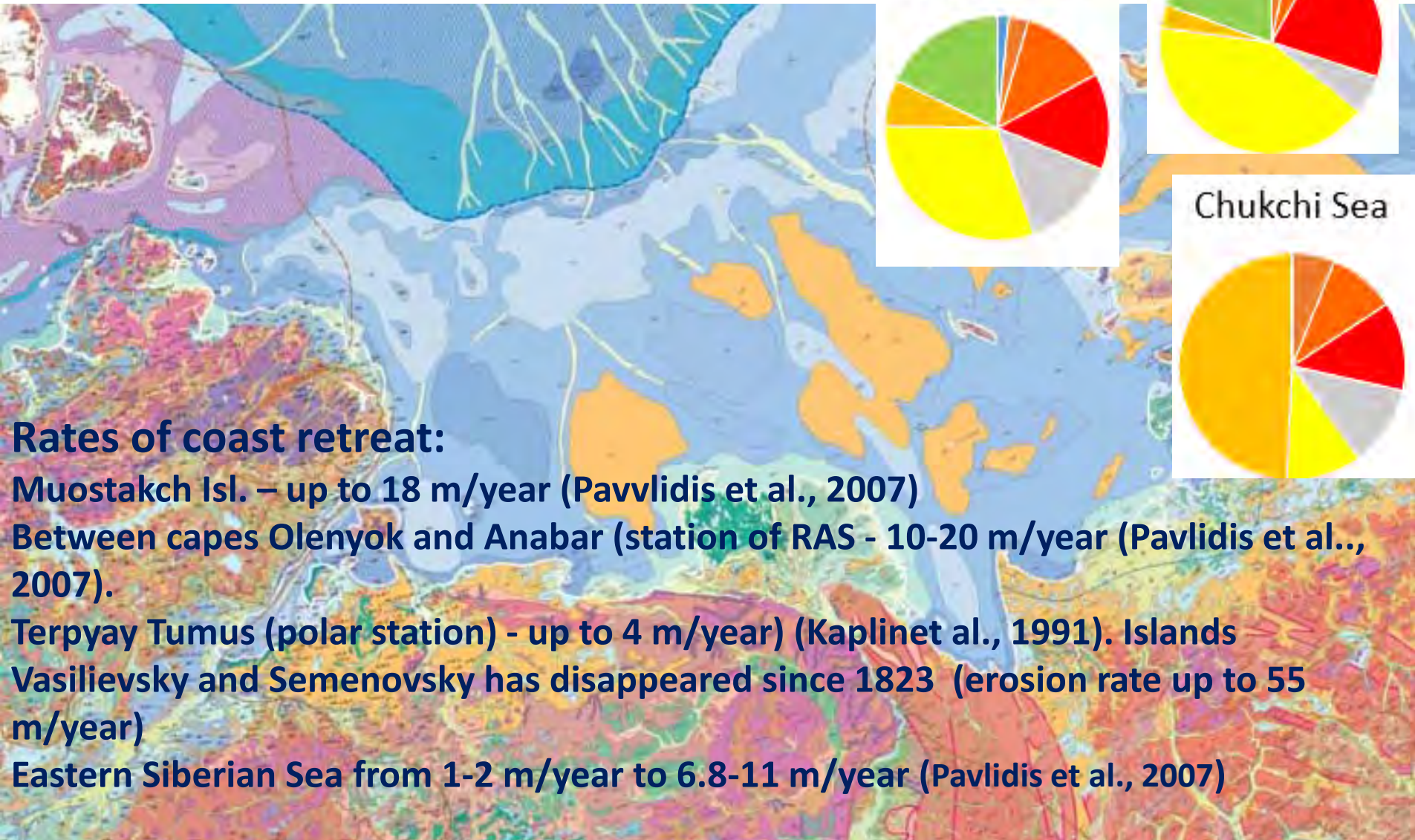
For the bays – 0.2-0.7 m/year

For the islands – from 1 to 6.8 m/year

Kara Sea



Laptev Sea and Eastern Siberian Seas Chukchi (Chutotskoye) Sea



Rates of coast retreat:

Muostakch Isl. – up to 18 m/year (Pavvlidis et al., 2007)

Between capes Olenyok and Anabar (station of RAS - 10-20 m/year (Pavlidis et al., 2007)).

Terpyay Tumus (polar station) - up to 4 m/year) (Kaplinet al., 1991). Islands Vasilievsky and Semenovskiy has disappeared since 1823 (erosion rate up to 55 m/year)

Eastern Siberian Sea from 1-2 m/year to 6.8-11 m/year (Pavlidis et al., 2007)

According to mathematical modeling (Leontyev, 2002; Pavlidis et al., 2007) during next 100 year Arctic coasts of Russia can retreated:

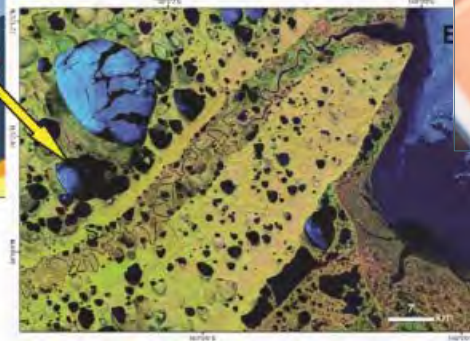
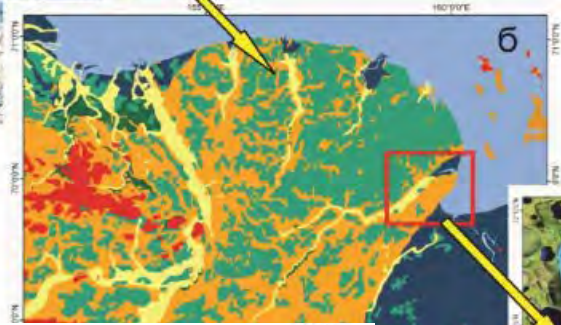
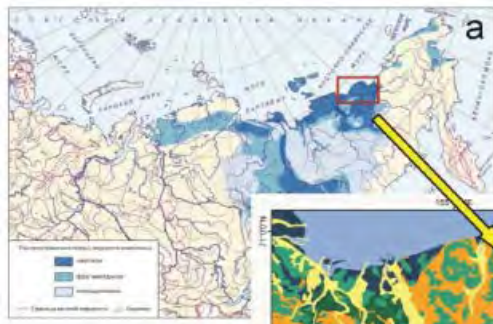
Eastern Barents sea – shoreline retreat up to 500 m (low coasts); up to 200 m (4-6 m high coastal terrace); 60-80 m (8-10 m high terrace)

Kara Sea – increasing of ice free time period by 4 months per year. Erosion rate will increase, coastal line retreat will locally reach from 50 m (for high coasts) to 80 m (for low coasts).

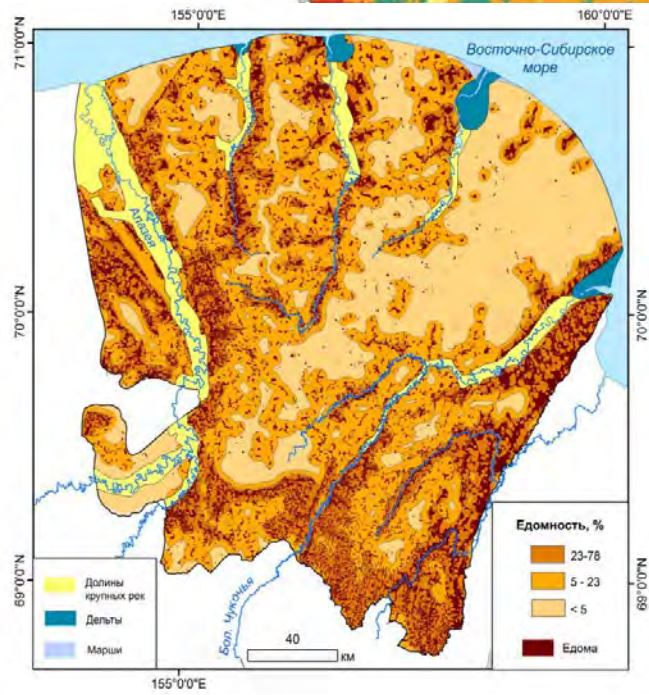
Eastern Siberian Sea - shoreline retreat up to 100 m to 200 m



Veremeeva, 2017



Basylian et al., 2007



Eurasian Marginal Seas – Past and Future

Background for the project. Russian Baltic and Arctic

Past

1. A huge amount of available information (e.g. different scale geological maps)
2. Many knowledge gaps, a lot of discussions and open questions (climate change e.g. sea-level change, glaciations/interstadials)
3. Scientific research of Quaternary stratigraphy in Eastern Arctic is needed
4. Broad-scale view and modeling can help to solve some problems

Future

1. Coasts of Eurasian Arctic Seas suffer from erosion and very sensitive to climate change
2. Modeling and prognosis of future development is a very important task





“Eurasian Marginal Seas –
Past and Future”
project is a great idea

We hope for future cooperation

Thank you for attention!