

ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
Уральского отделения
Российской академии наук



АРКТИКА

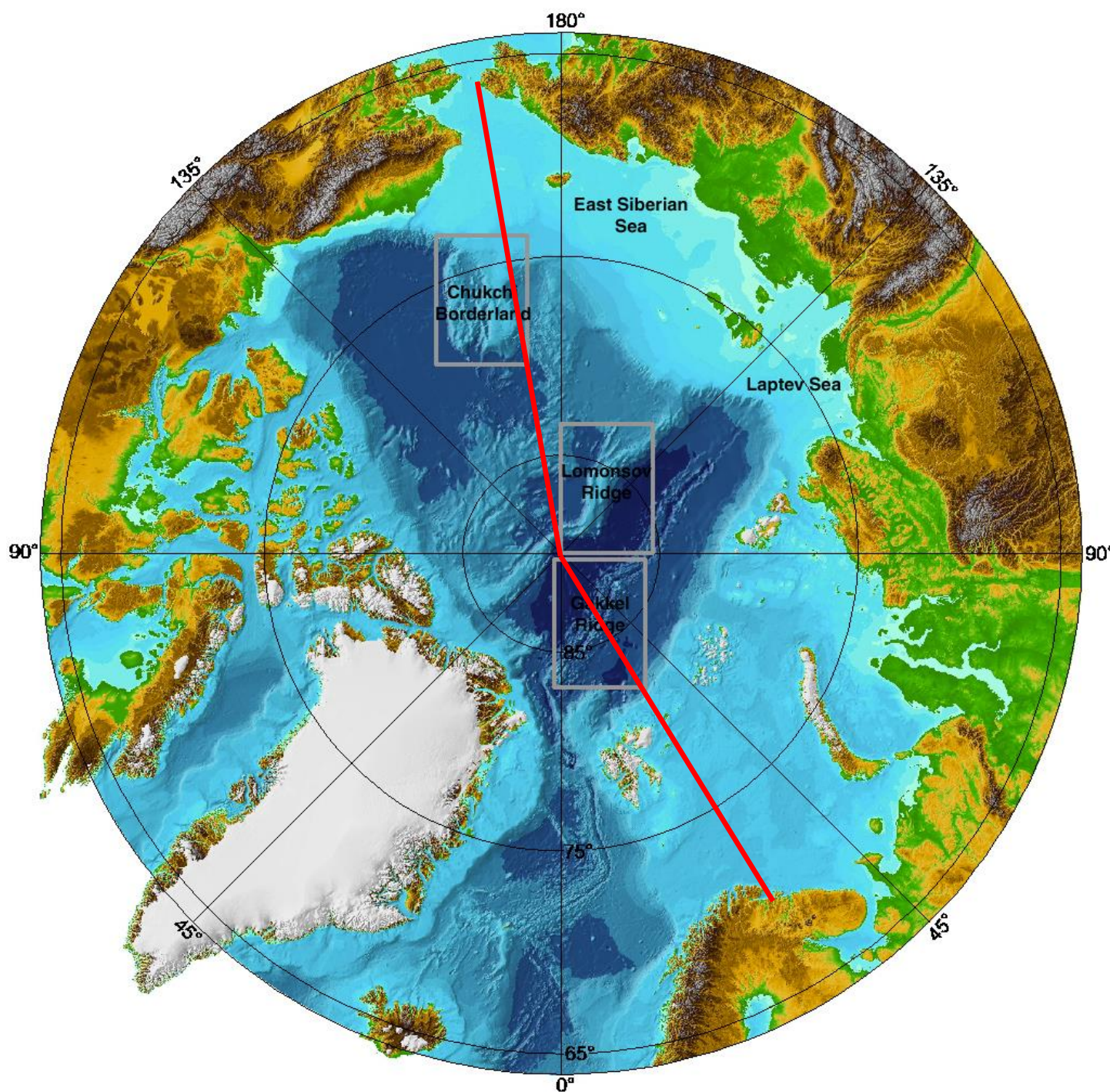
Геофизический мониторинг
опасных процессов

Андрей Федоров



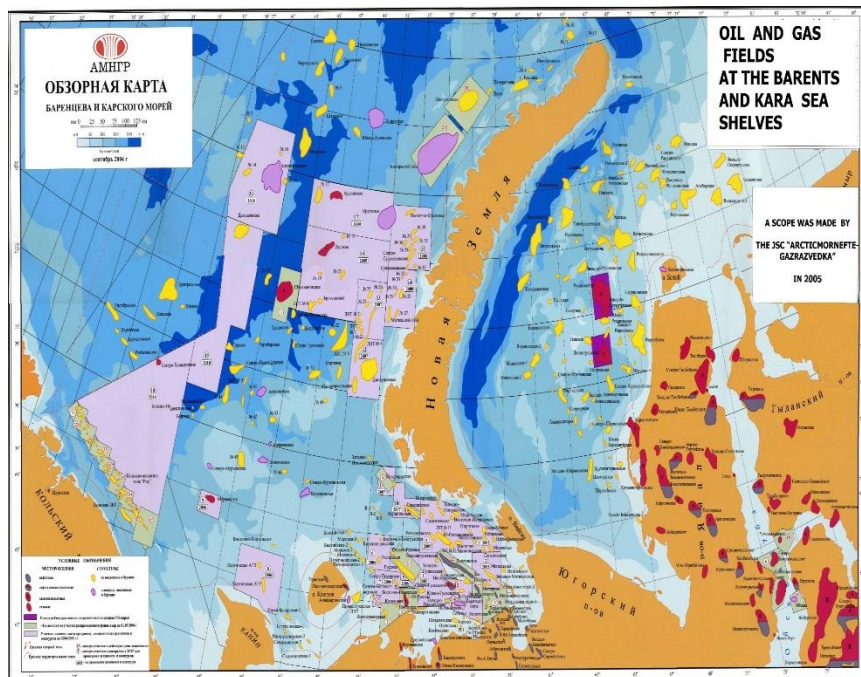
Единая геофизическая служба
Российской академии наук

XXVI Уральская молодежная научная школа по геофизике
Пермь, 17-21 марта 2025



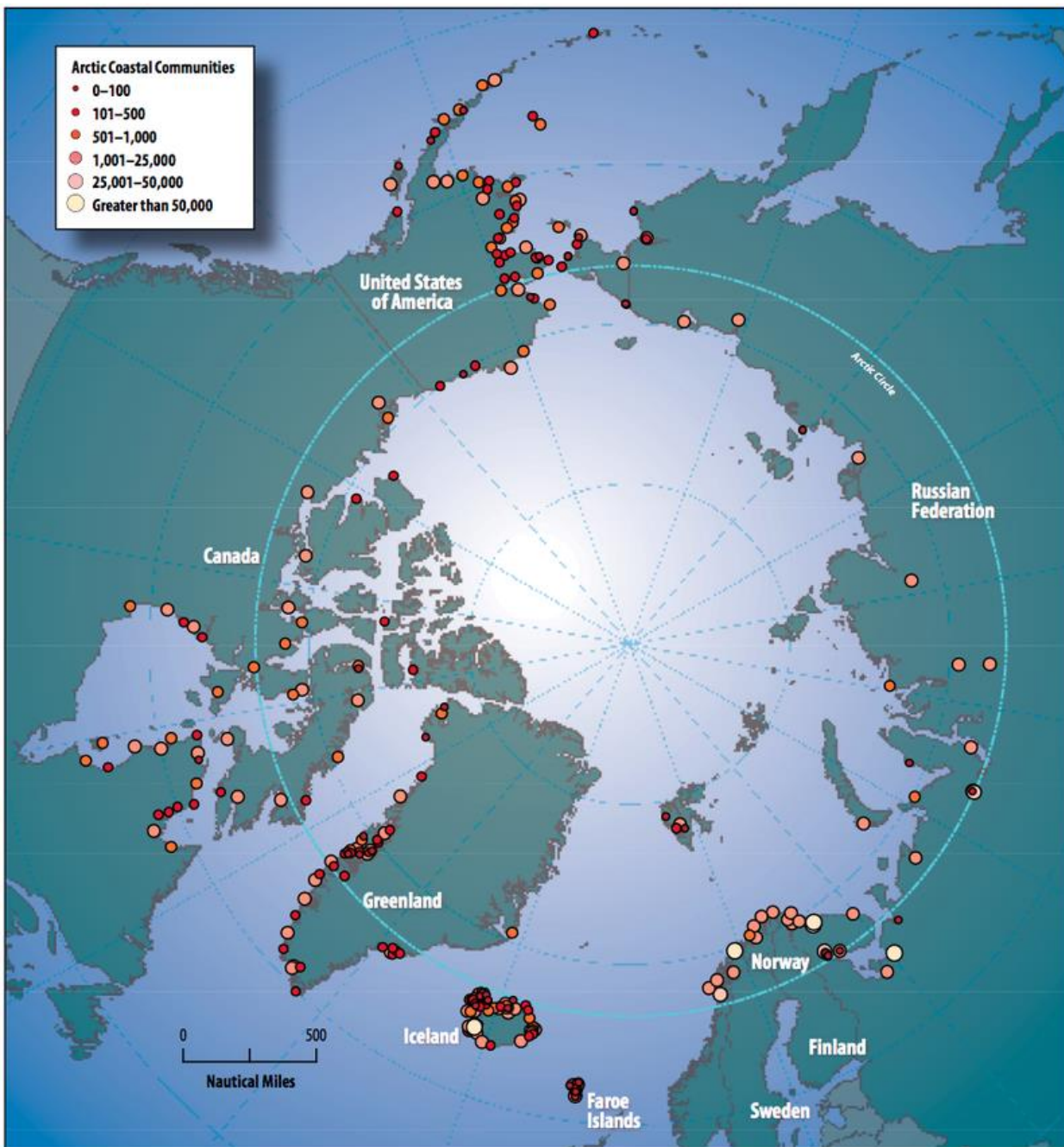
АРКТИКА:

- Площадь Арктической зоны ~ 27 млн км²
- Площадь суши АЗ РФ составляет 18% территории Российской Федерации
- Арктическое побережье - самая протяженная морская граница России - 19 724,1 км.
- Низкая плотность населения - 1-2 чел. на 10 км²;
- Уязвимая экосистема, крайне чувствительная к техногенному воздействию



В Арктике расположено около 22% мировых неразведанных ресурсов углеводородов, а это: 13% нефти, 30% природного газа, 20% газоконденсата. При этом 84% ресурсов находится на шельфе Северного Ледовитого океана и 16% – на сухопутной территории арктических государств.

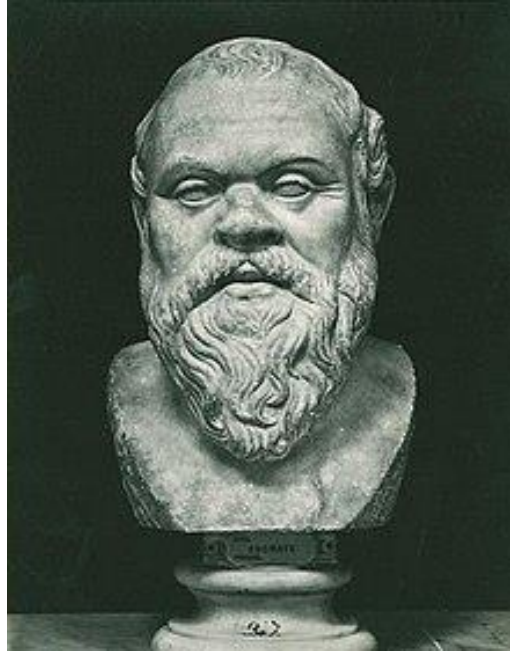




Населенные пункты в Арктике



Пос. Сабетта, п-ов Ямал



Сократ

«Я знаю, что ничего не знаю»

О каких природных опасностях в Арктике мы знаем ?

Айсберговая угроза

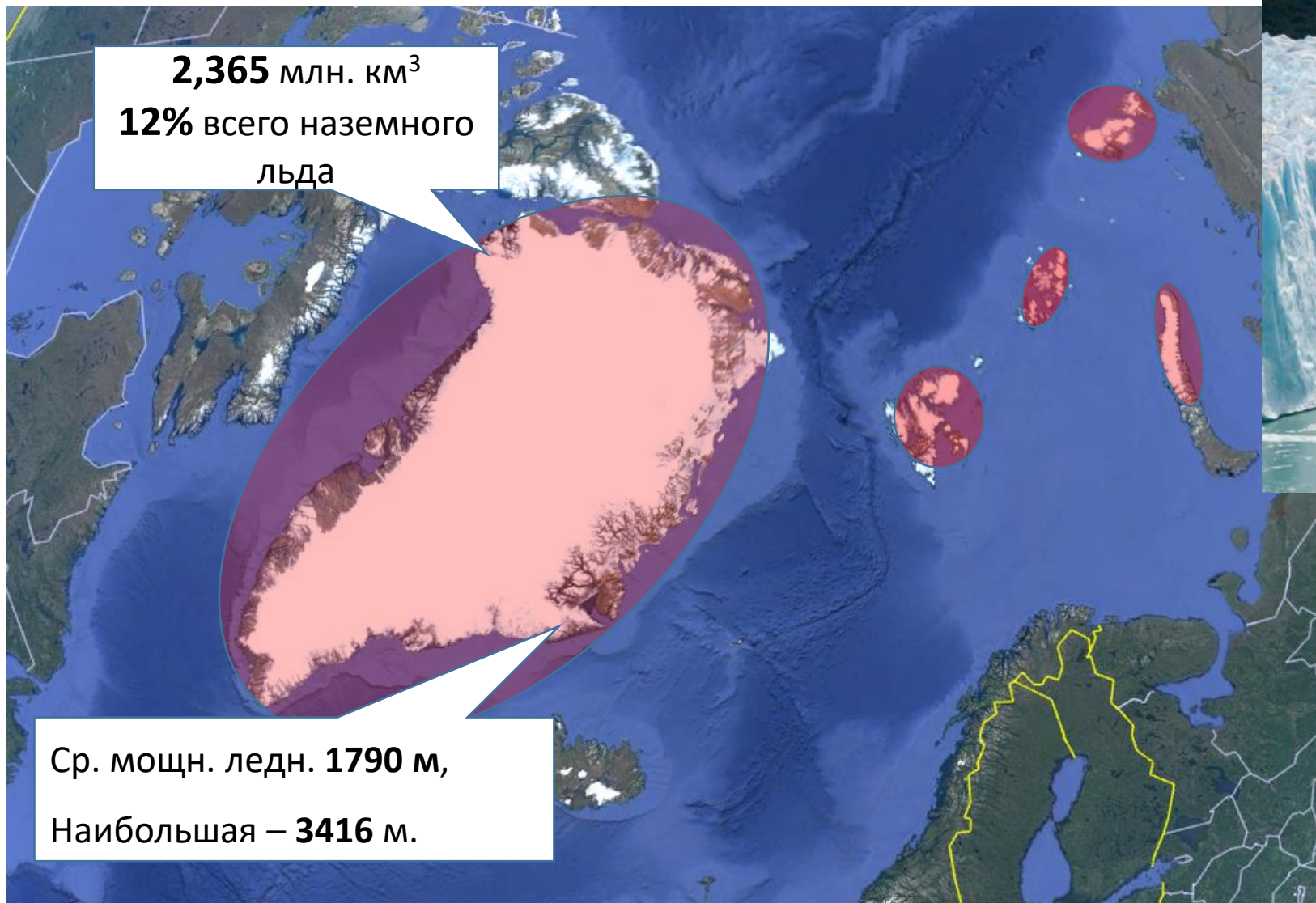


Айсберг, ставший причиной гибели
«Титаника» в 1912 г. был невелик –
всего 420 000 тонн



Размеры ледников в Арктике могут достигать десятков
миллионов тонн и площади больше сотни км²

Откуда берутся айсберги ?



Гренландия – главный производитель айсбергов в Арктике

Скорость движения ледников **5–7 км** в год и выше

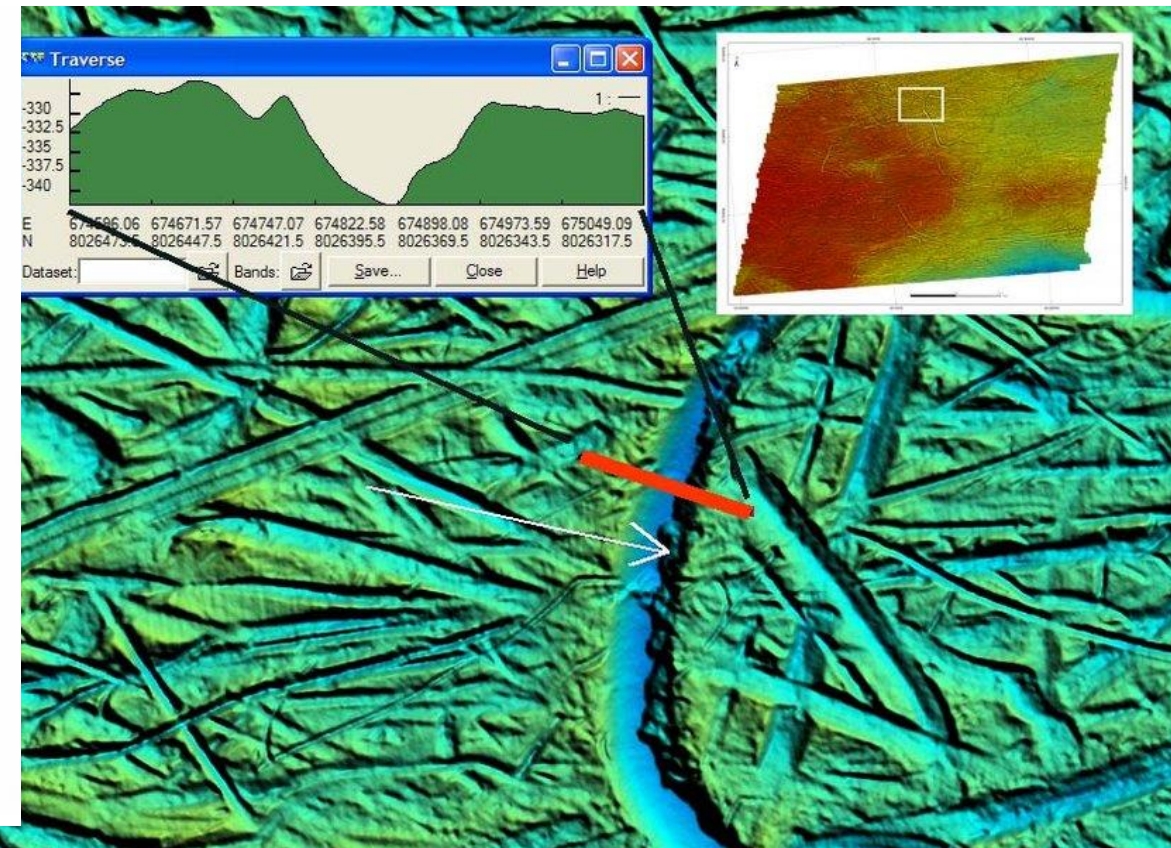
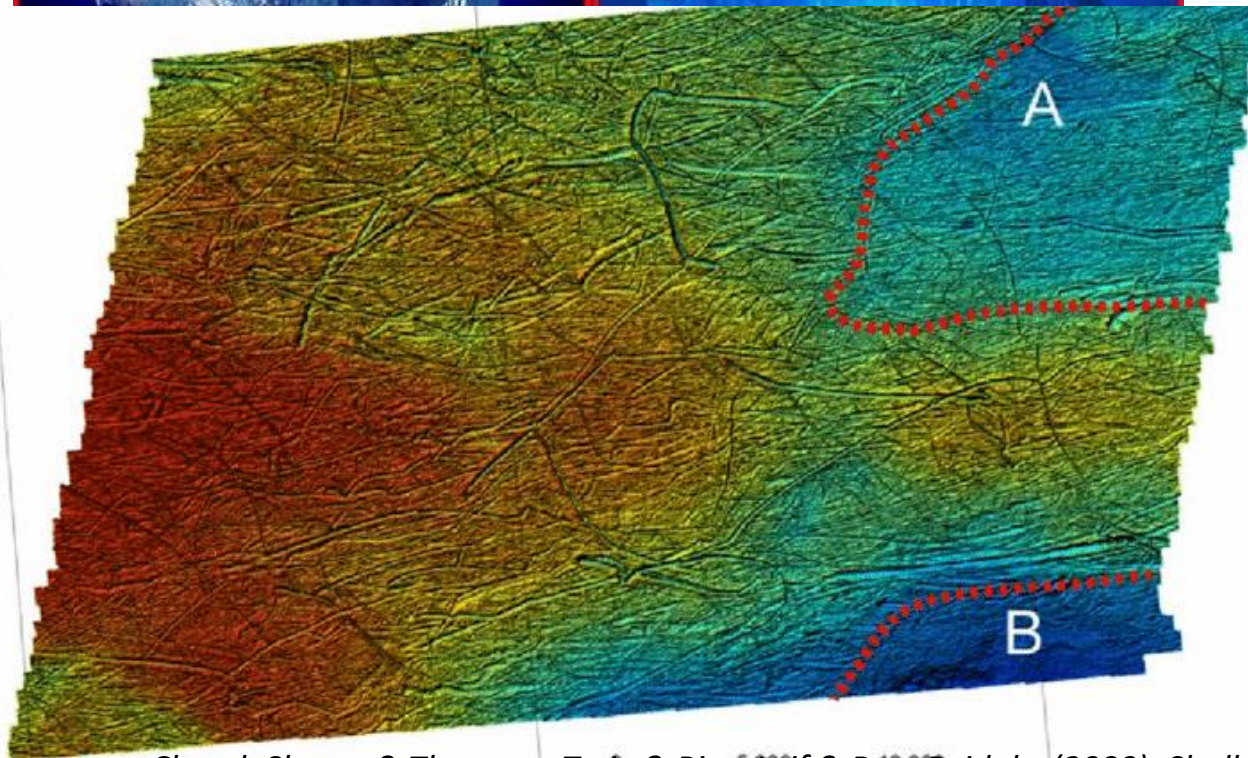
До **13–15 тыс.** айсбергов в год
Общим объёмом ~ 200 км³

АЙСБЕРГИ ОПАСНЫ НЕ ТОЛЬКО ДЛЯ СУДОВ И ПЛАТФОРМ, НО И ДЛЯ ПРИДОННЫХ СООРУЖЕНИЙ МОРСКИХ ПРОМЫСЛОВ



В вертикальном профиле айсбергов подводная часть («киль») в 6-9 раз превышает высоту надводной «горы»

Киль айсберга как плуг вспахивает морское дно

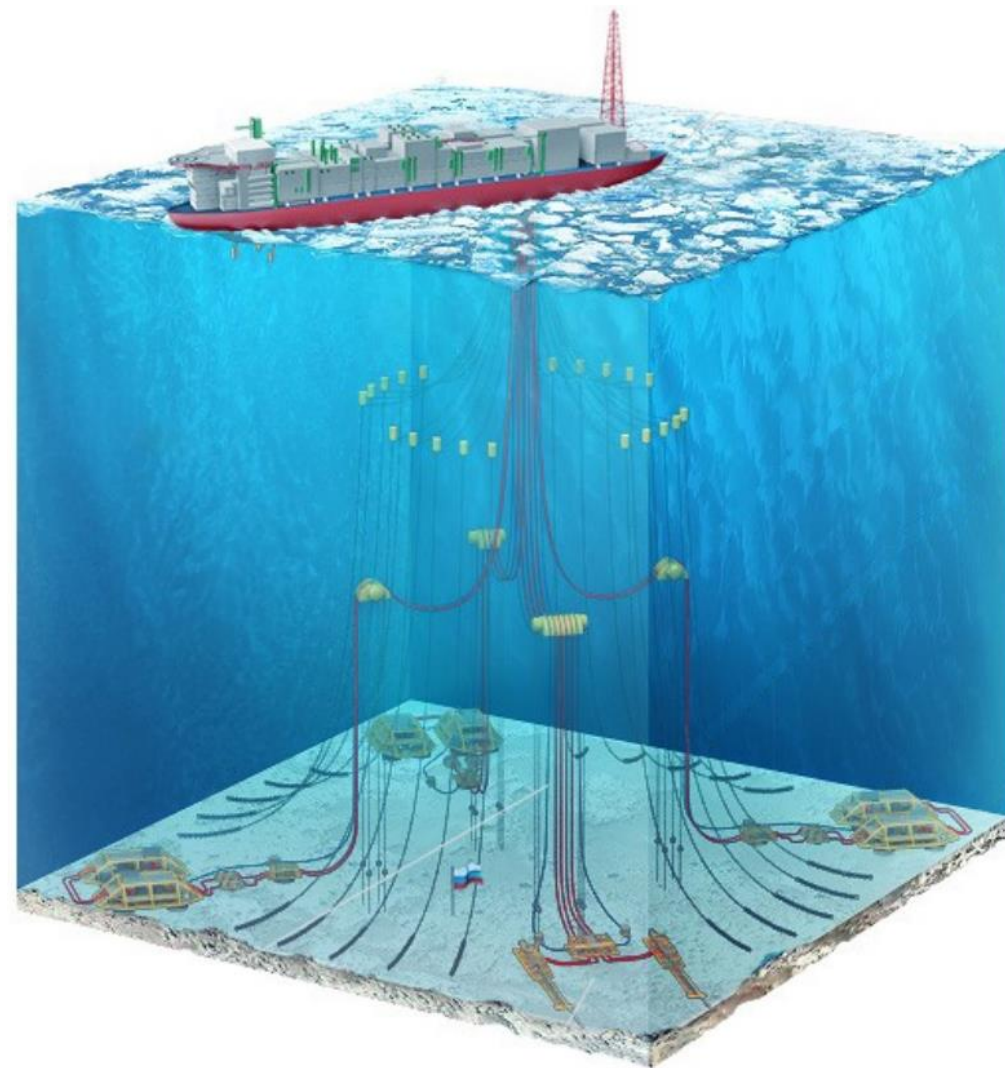


Chand, Shyam & Thorsnes, Terje & Rise, Leif & Børre Reidulv. (2009). Shallow Geology and seabed processes, western Barents Sea.

Классическая платформа Troll в Северном море

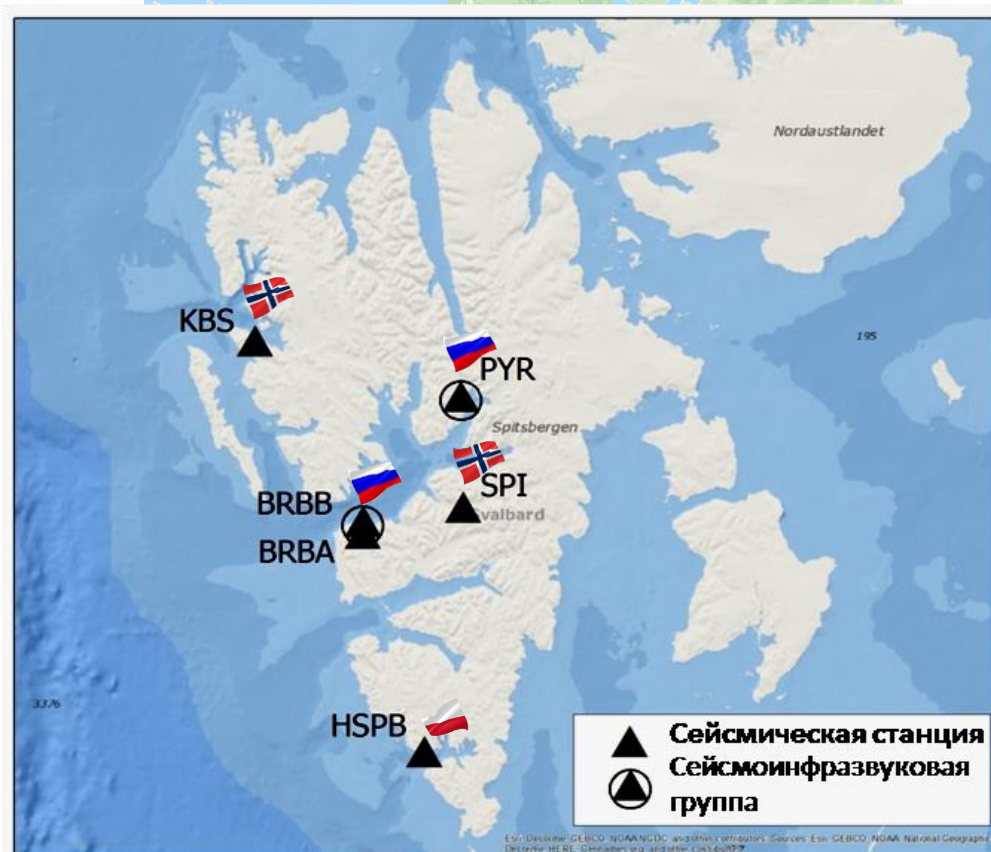


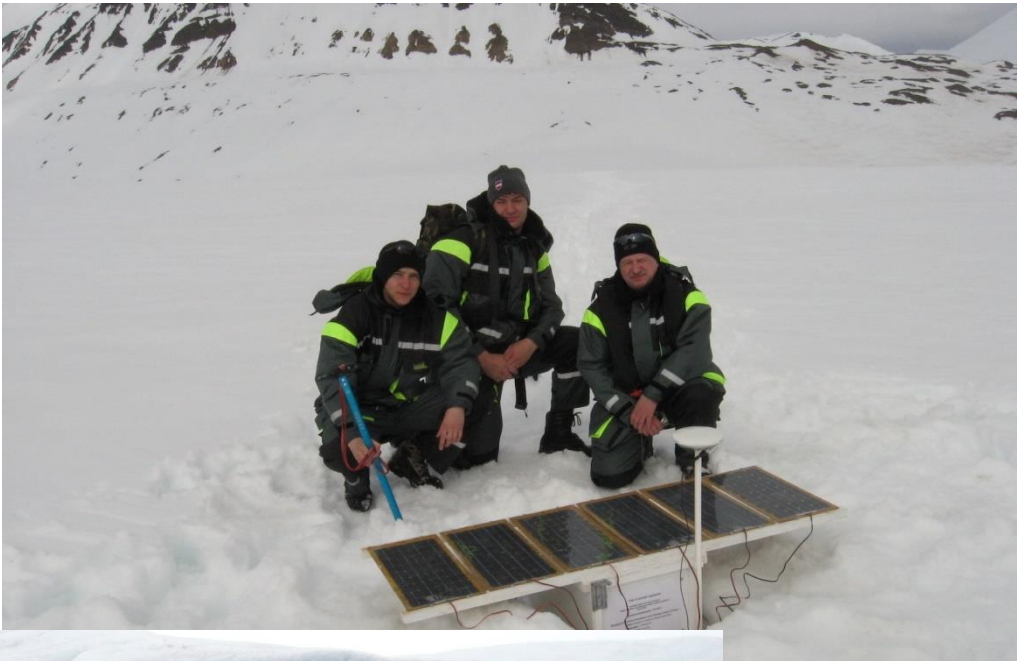
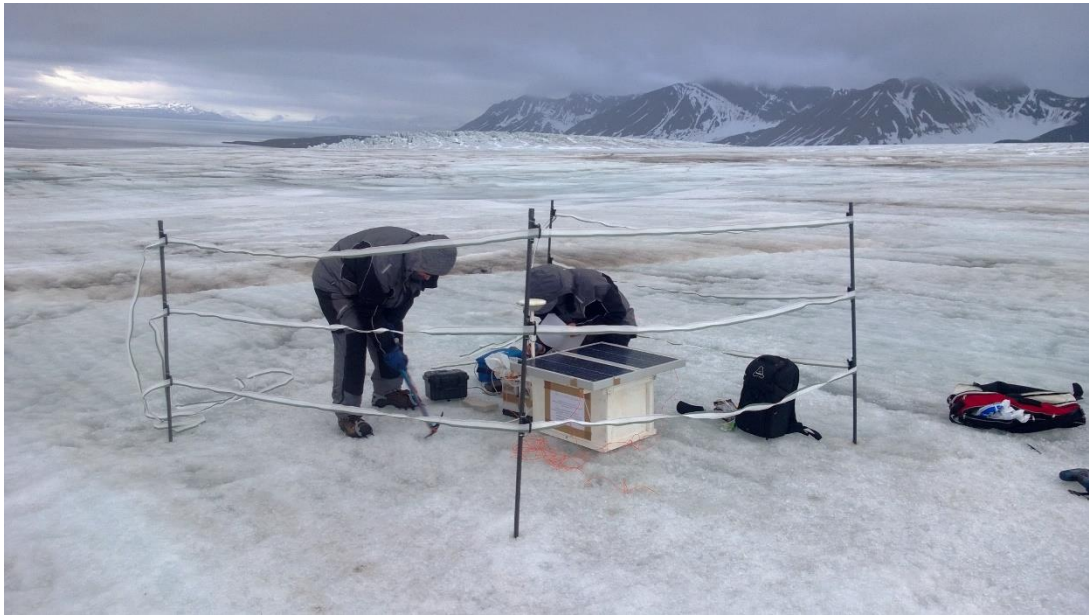
Проект плавучего завода по добыче и переработке газа на Штокмановском ГКМ



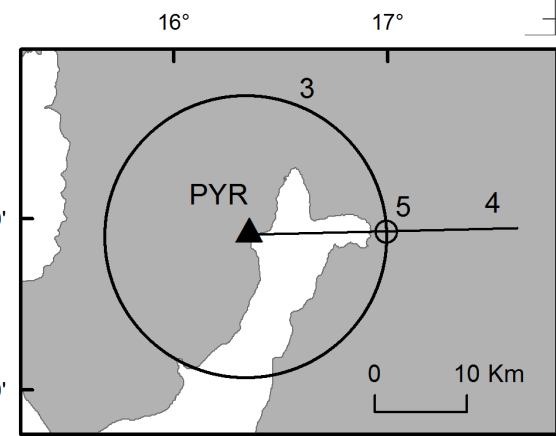
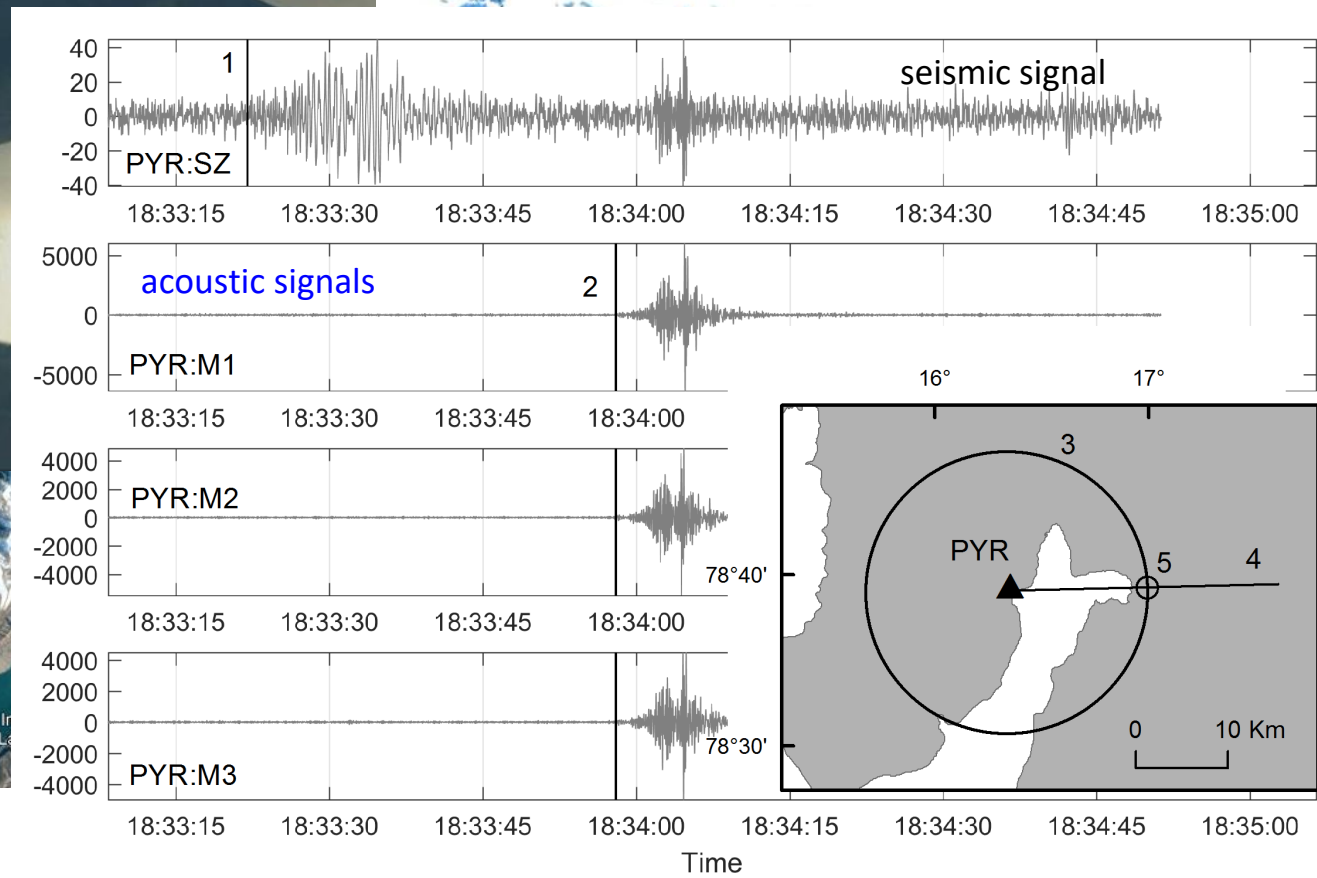
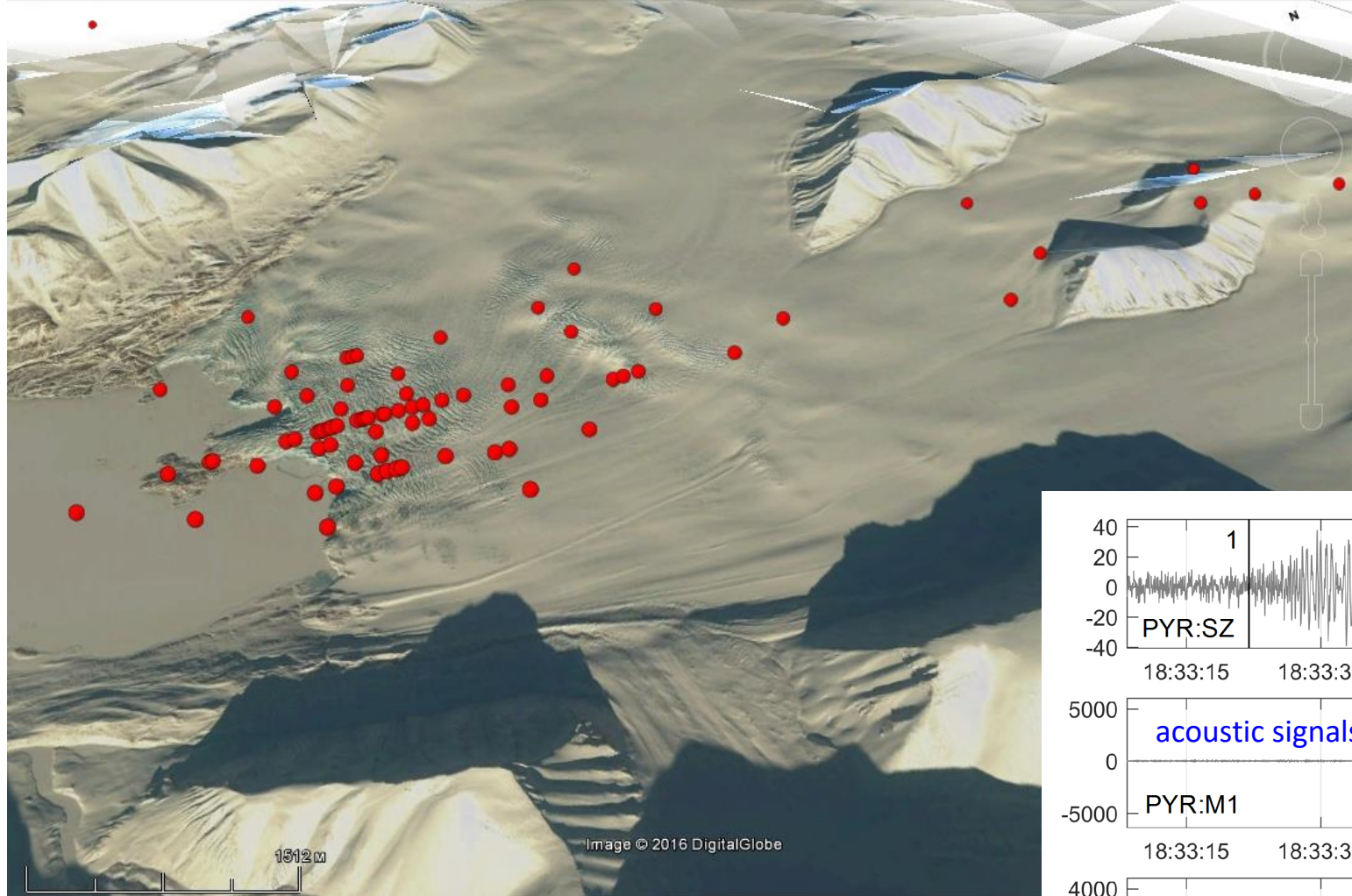


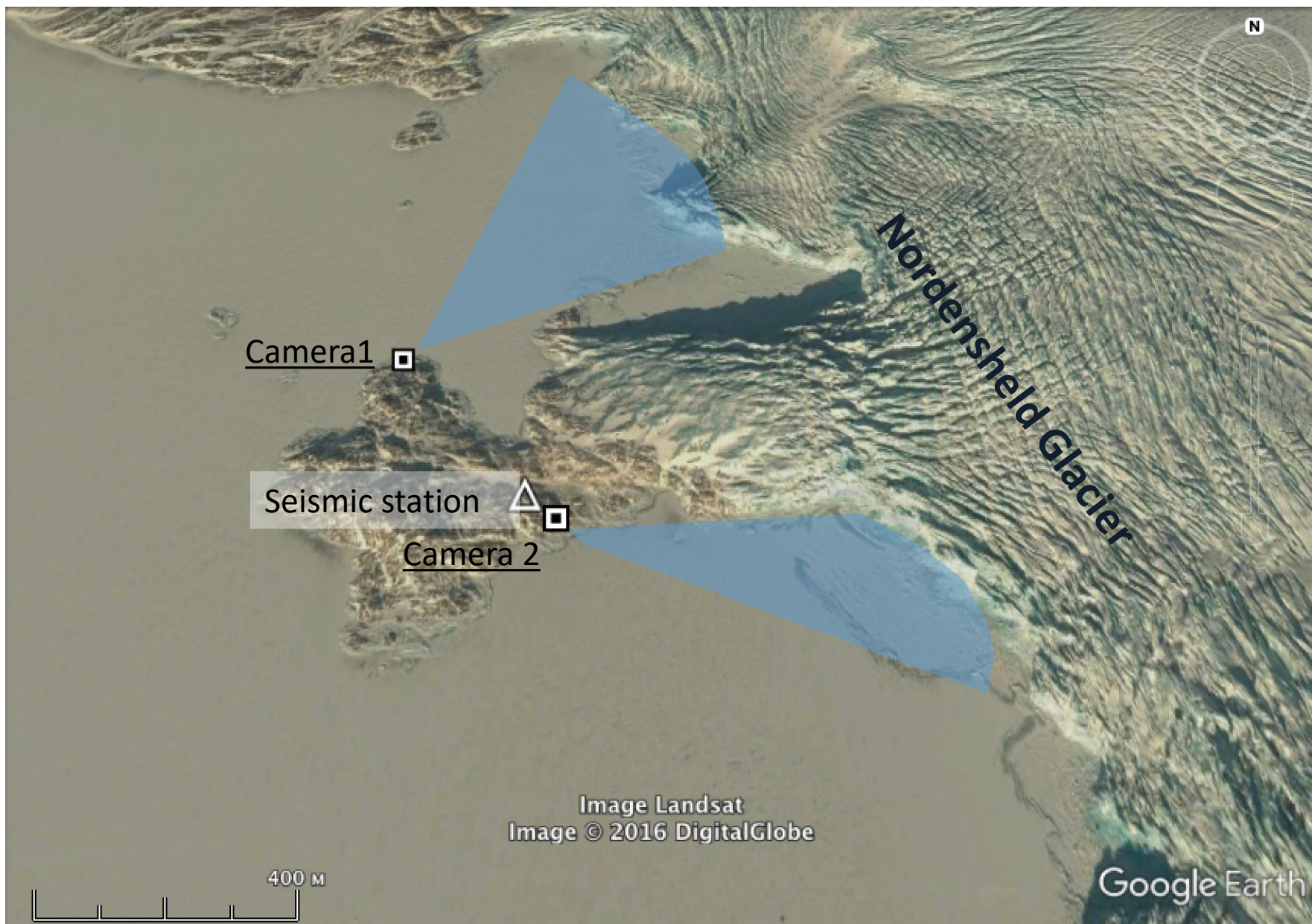
С 1982 года Единая геофизическая служба РАН ведет сейсмологические наблюдения на Шпицбергене





28.09.2013





Эксперимент по совместному синхронизированному наблюдению за процессами обрушения ледниковых стенок сейсмическими и инфразвуковыми станциями с видео фиксацией



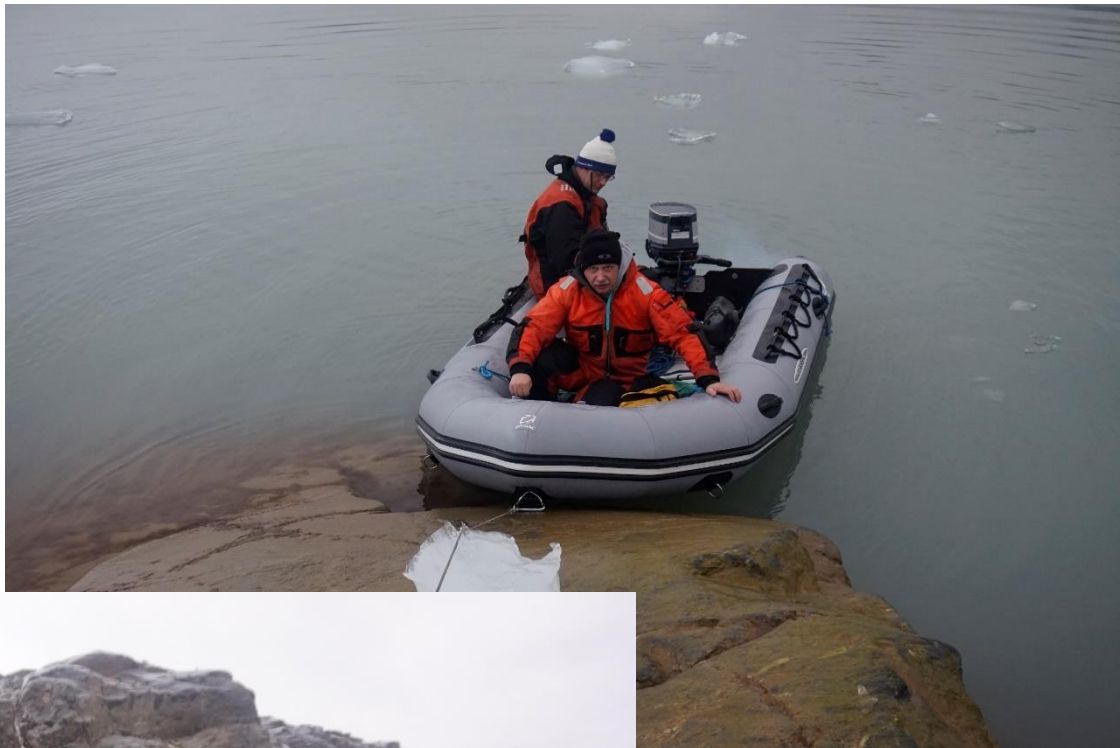
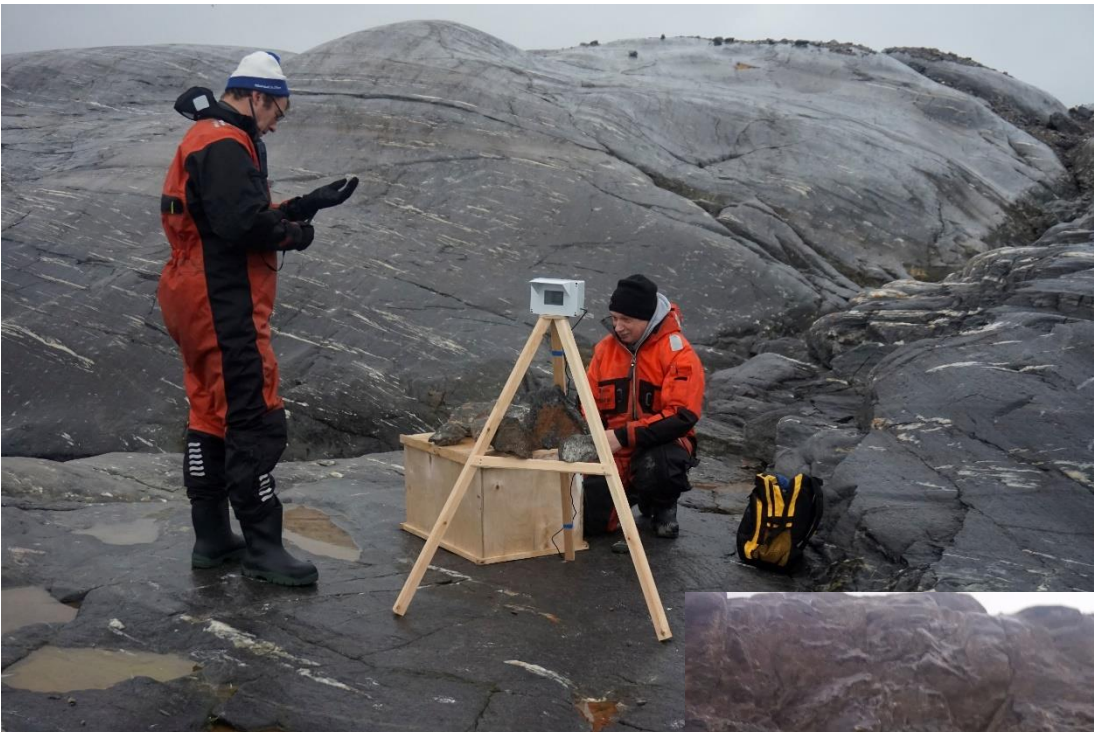
Видеокамера

Сейсмостанция

GPS-приемник

Аккумулятор







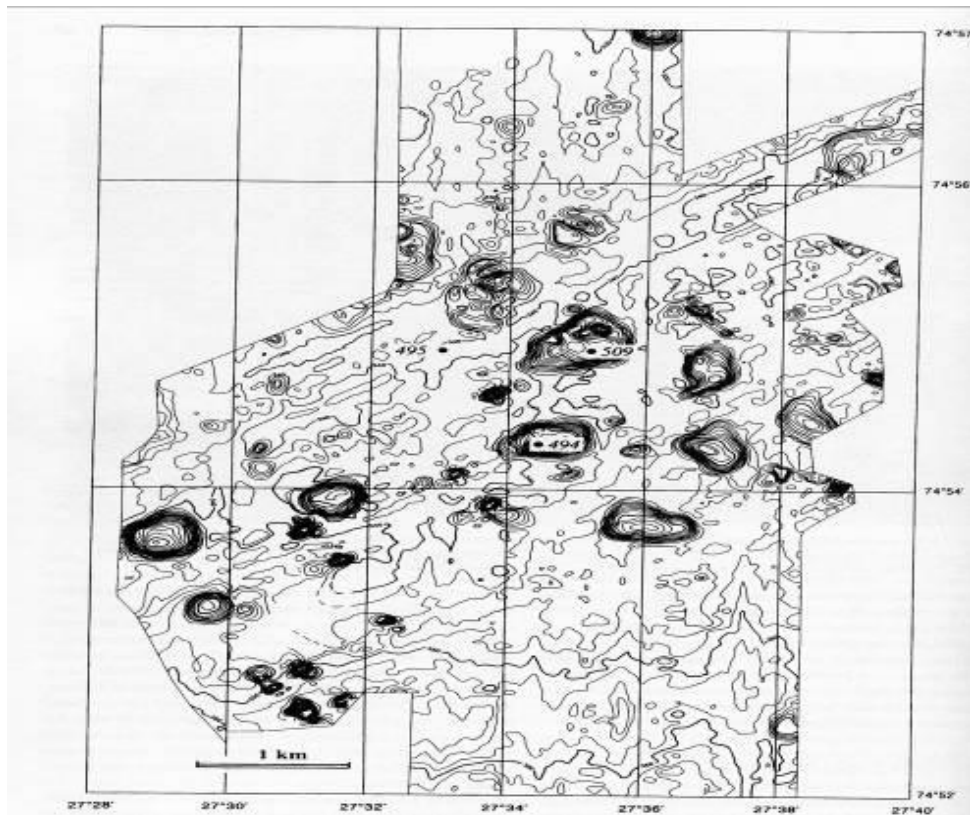




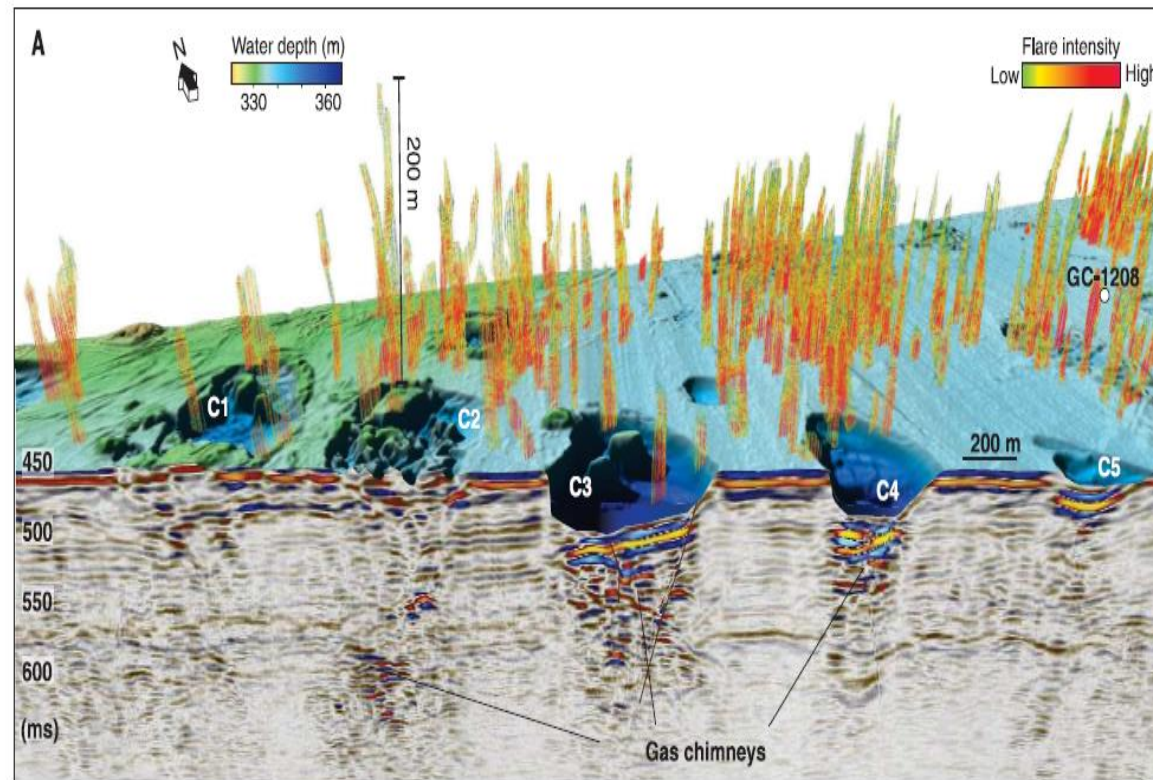
78.6524N 000km/h
016.9213E
18/08/2016
22:16:43

ВЗРЫВНАЯ ДЕГАЗАЦИЯ

СЛЕДЫ ВЗРЫВНЫХ ВЫБРОСОВ МЕТАНА

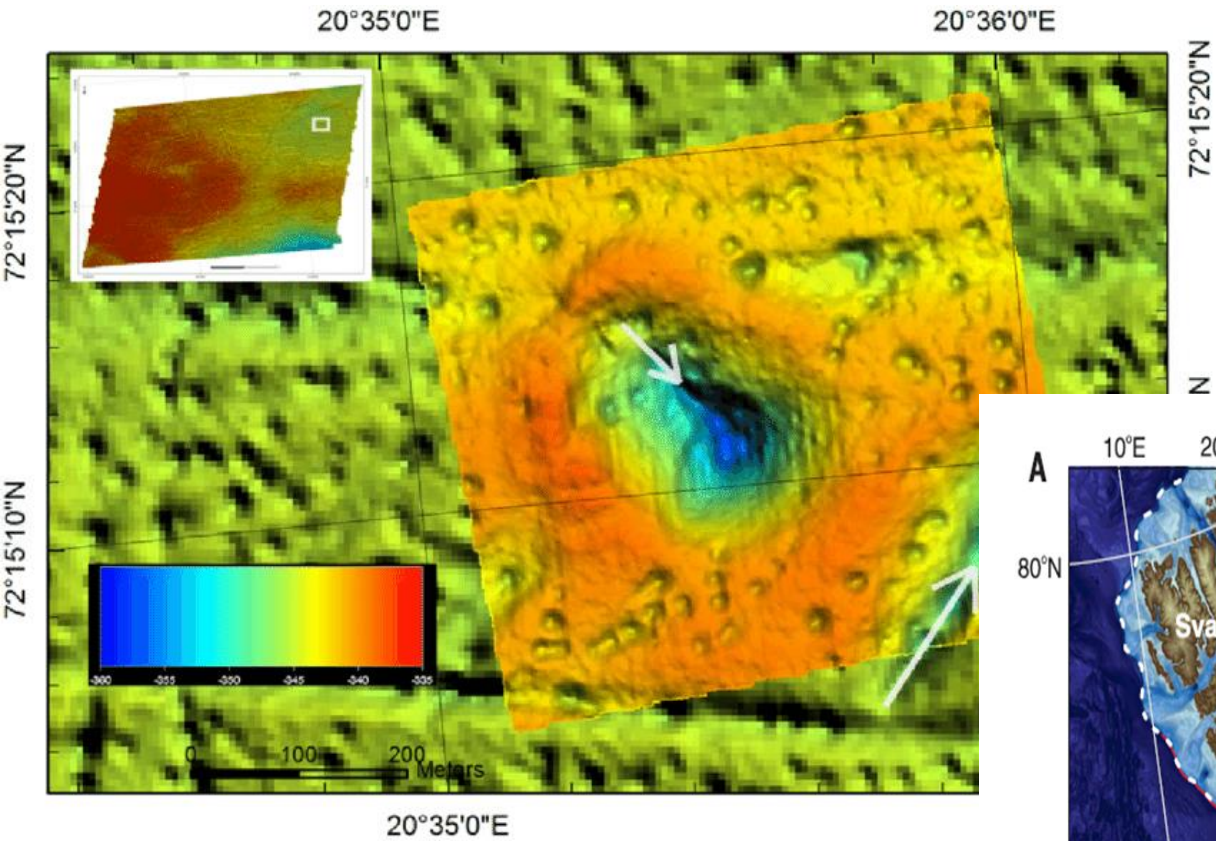


Это поле было выявлено в 1993-95 гг в Зюйдкапском желобе - более 100 кратеров до 1 км в поперечнике и до 50 м глубиной, объемы выбросов породных масс из них достигали 150 миллионов кубометров (Jud, Novland, 2007)

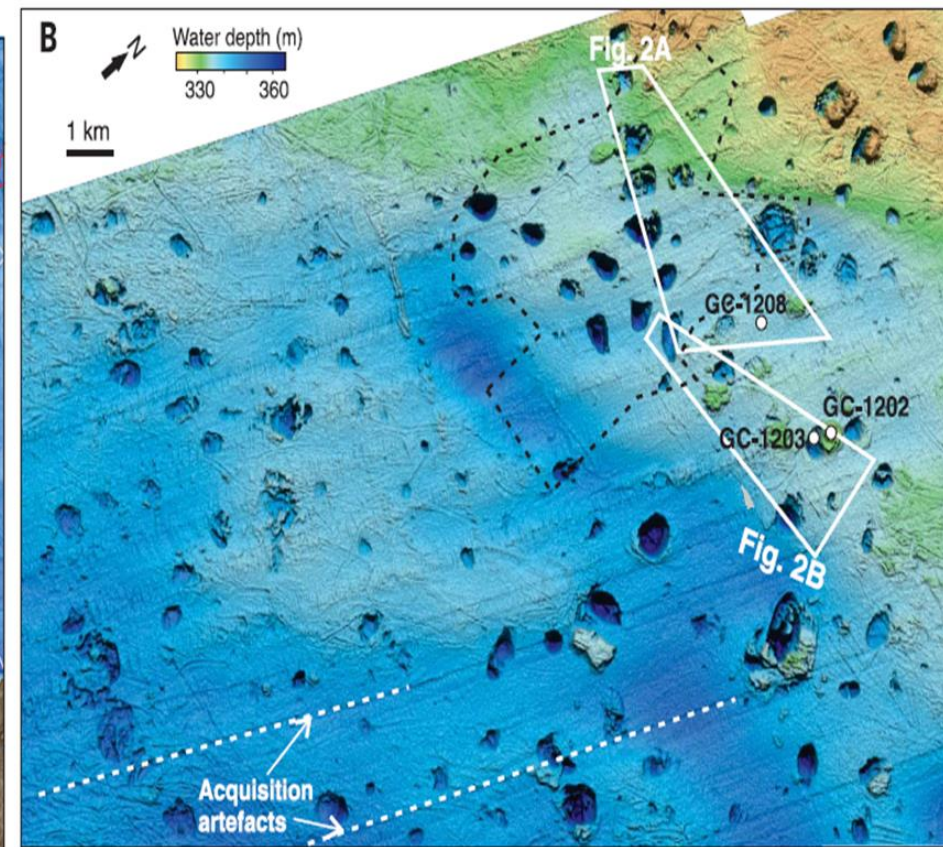
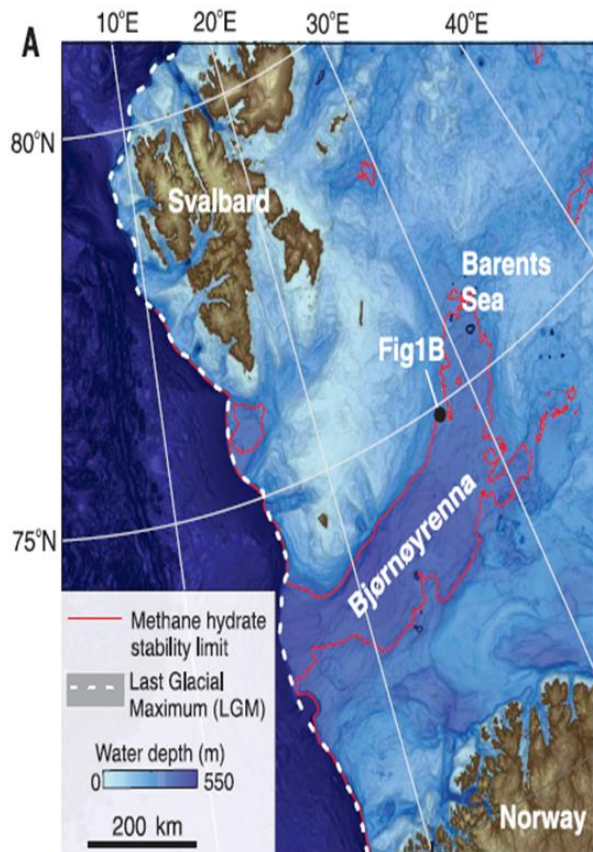


В 2016 г. детальные исследования Центра газогидратов АУН выявили время зарождения кратеров 12-15 тыс. лет назад и наличие под ними активных газоходов, поставляющих и в наши дни глубинный метан в зону устойчивости газогидратов у дна моря, что вызывает рост газогидратных пинго объемом более 1 млн кубометров

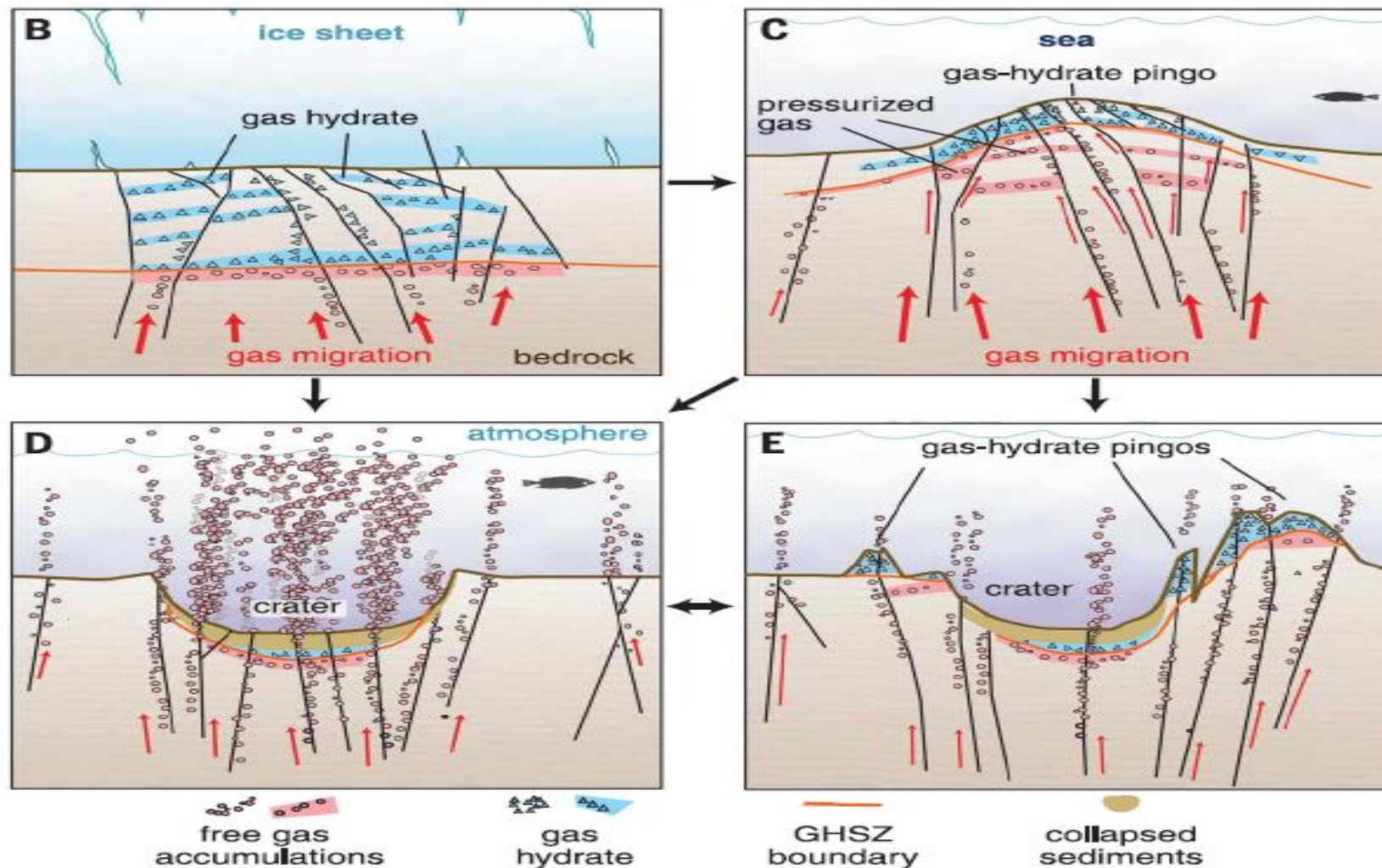
Загадочные воронки на дне арктических морей



Chand, Shyam & Thorsnes, Terje & Rise, Leif & Bøe, Reidulv. (2009). *Shallow Geology and seabed processes, western Barents Sea*.



Модель формирования малоглубинных залежей газогидратов метана, гигантских взрывных кратеров и активно дегазирующих пинго на шельфе Баренцевого моря (Andreassen et al., Science, v. 356, 2017)



Один объём газогидрата может содержать до 160–180 объёмов газа в свободном состоянии

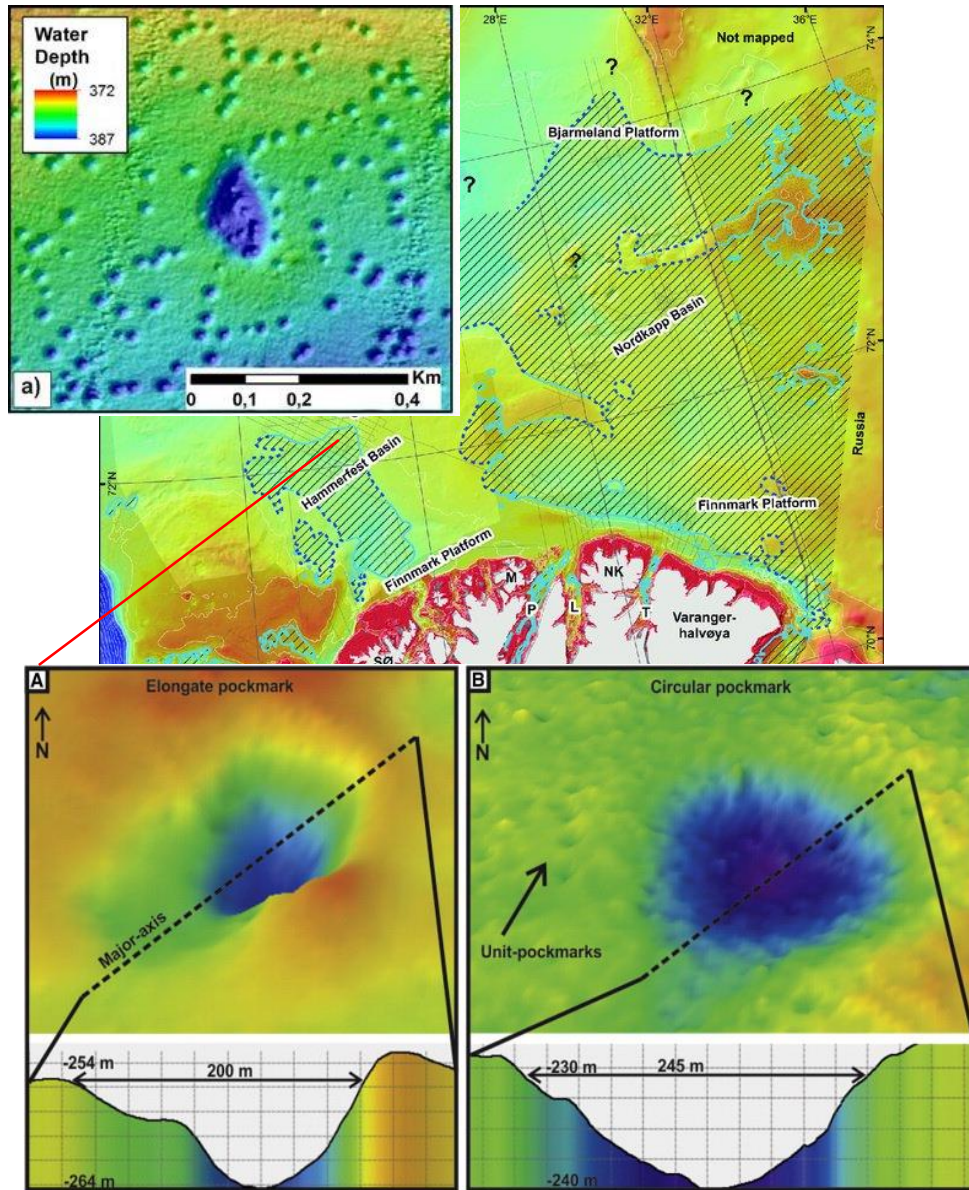
. Conceptual sketch for formation of craters and mounds in the northern Barents Sea.

Ямальская воронка



Ямальская воронка была обнаружена экипажем Надымского авиаотряда в июле 2014 года. После тиражирования этой новости в соцсетях и большого интереса СМИ в район событий отправилась первая рекогносцировочная экспедиция из Института криосферы земли СО РАН.

Проявления взрывной дегазации в рельефе



Воронки (pockmarks) на дне Баренцева моря



Воронка взрыва на п-ове Ямал



Кратер выброса газа С1 на Ямале
Gas Blowout Crater C1 in Yamal
 2014-2016



25.08.14



08.07.15



04.09.15



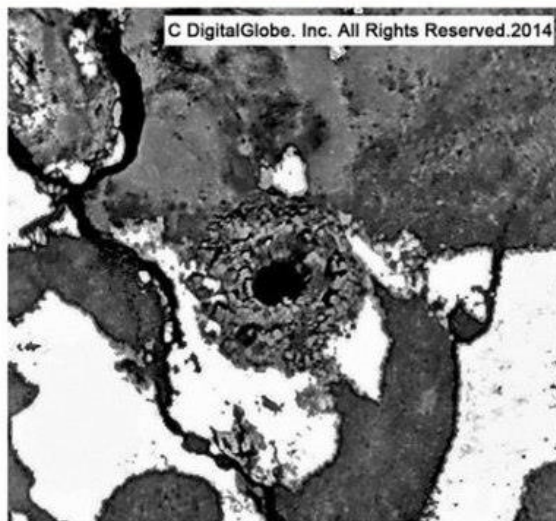
17.08.16

Russian Center of Arctic Development

Специалистами ИФА РАН высказано предположение, что значительная часть малых озер округлой формы на Ямале, которые ранее считались термокарстовыми, связаны с процессами газовых выбросов (Арктика: экология и экономика, №4 (24), 2016)



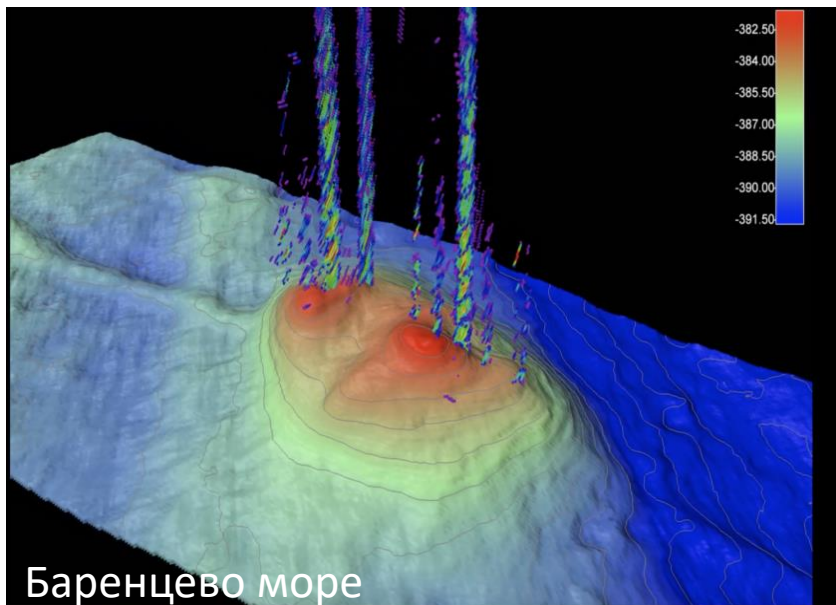
а) 09.06.2013



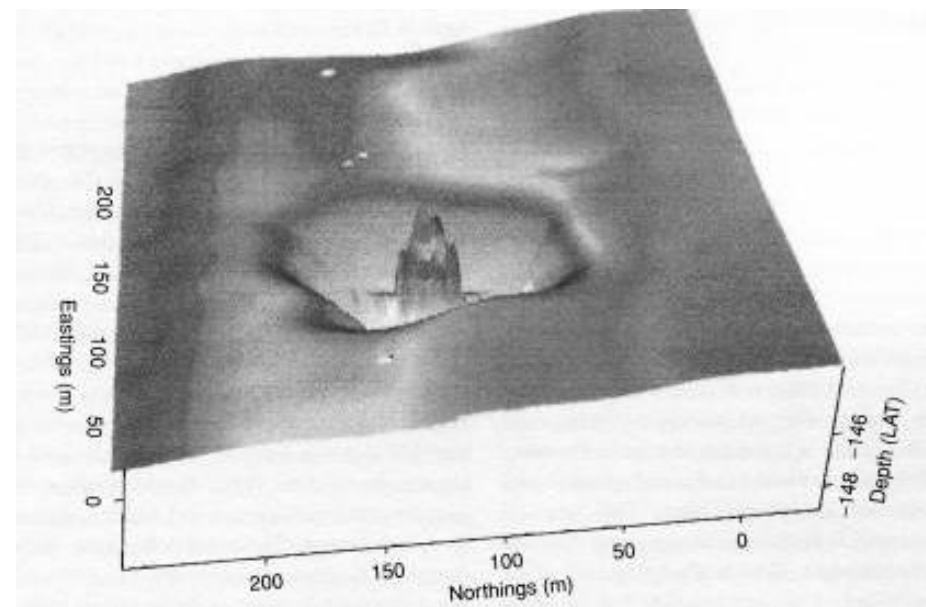
б) 15.06.2014

Прослежена эволюция воронок взрыва. За несколько лет до образования воронки, на поверхности земли образуется «бугор пучения». При превышении внутренним давлением предела механической прочности породы происходит взрывной выброс (пневмо выброс) газа в атмосферу

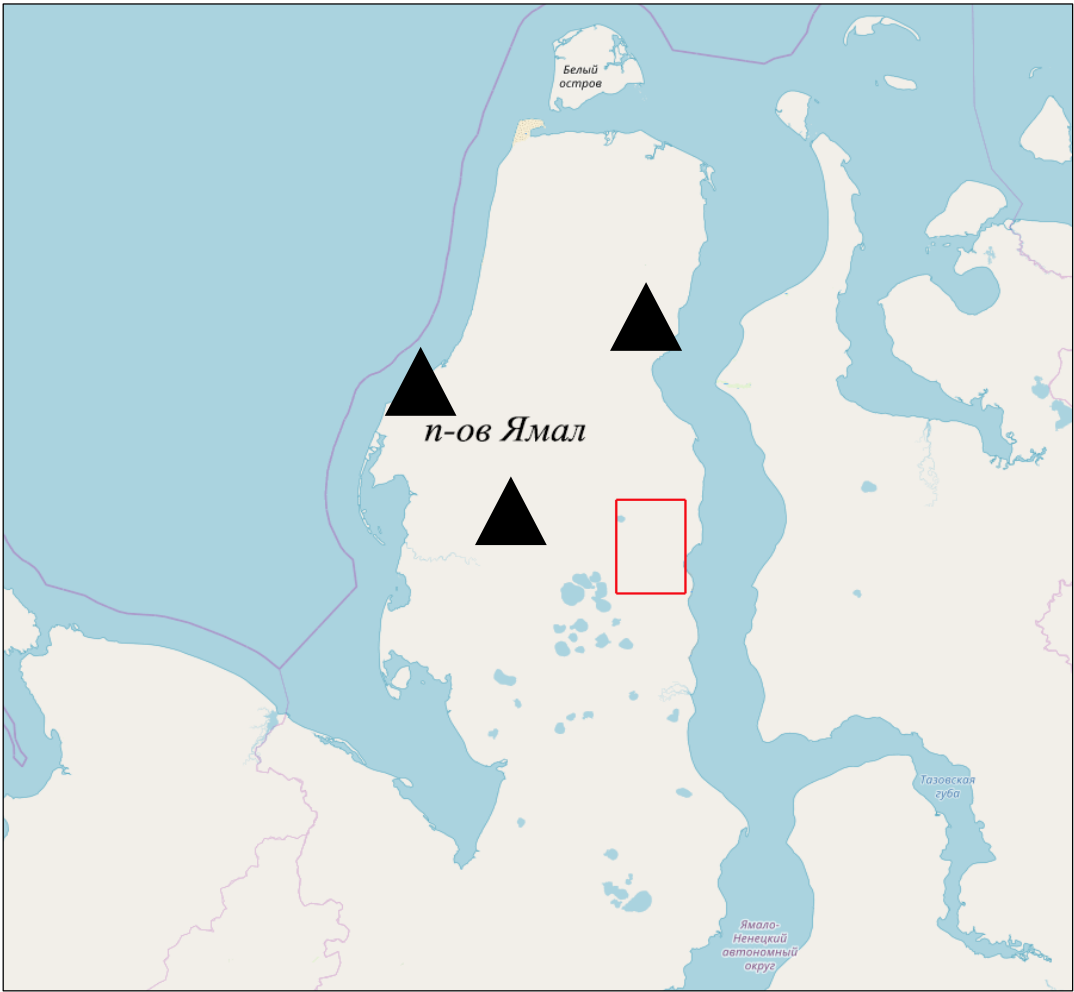
Взрывная дегазация морского дна

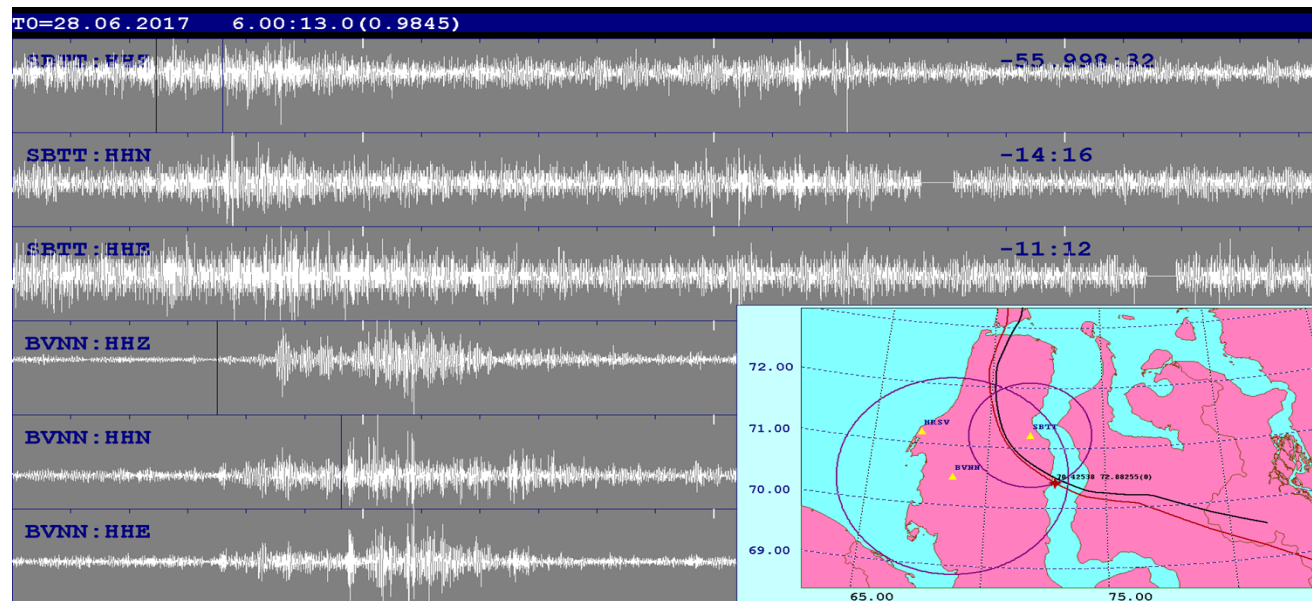
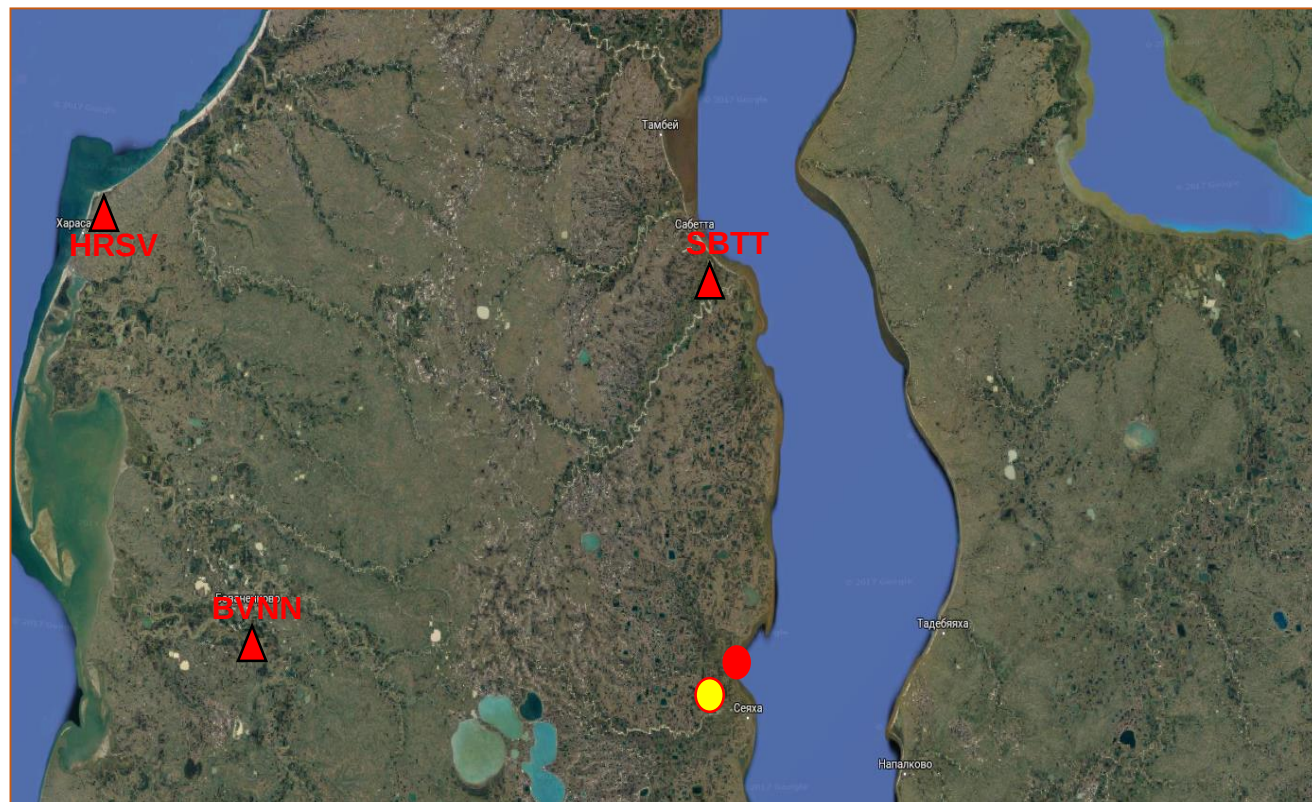


Выброс газа вблизи буровой платформы в Северном море



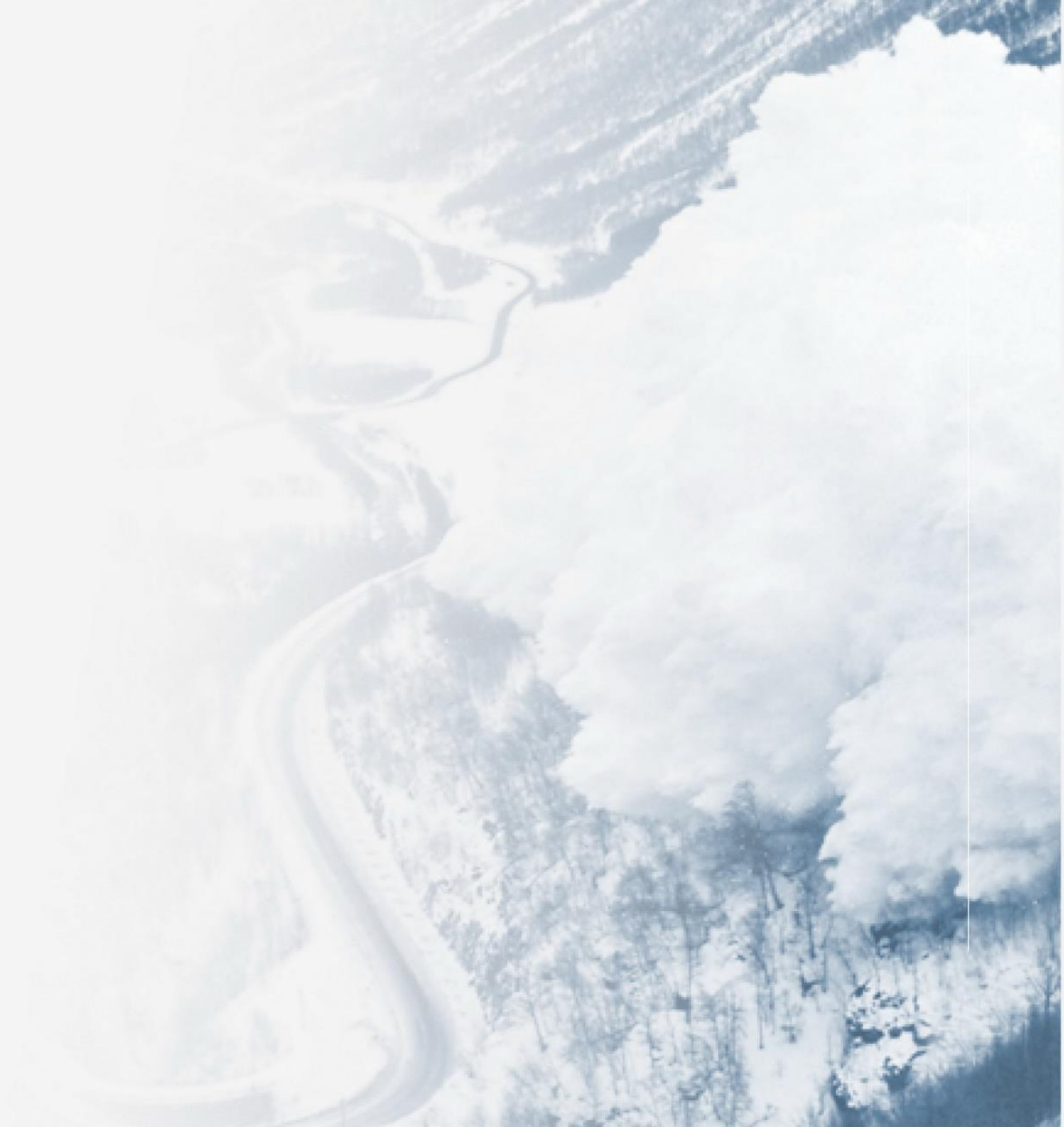
Рыболовецкий траулер затонувший в 1923 г.





Сейсмические сигналы (по двум сейсмическим станциям) и определение эпицентра выброса газа на Ямале 28 июня 2017 г.

СНЕЖНЫЕ ЛАВИНЫ



Лавины – угроза транспортной и энергетической инфраструктуре

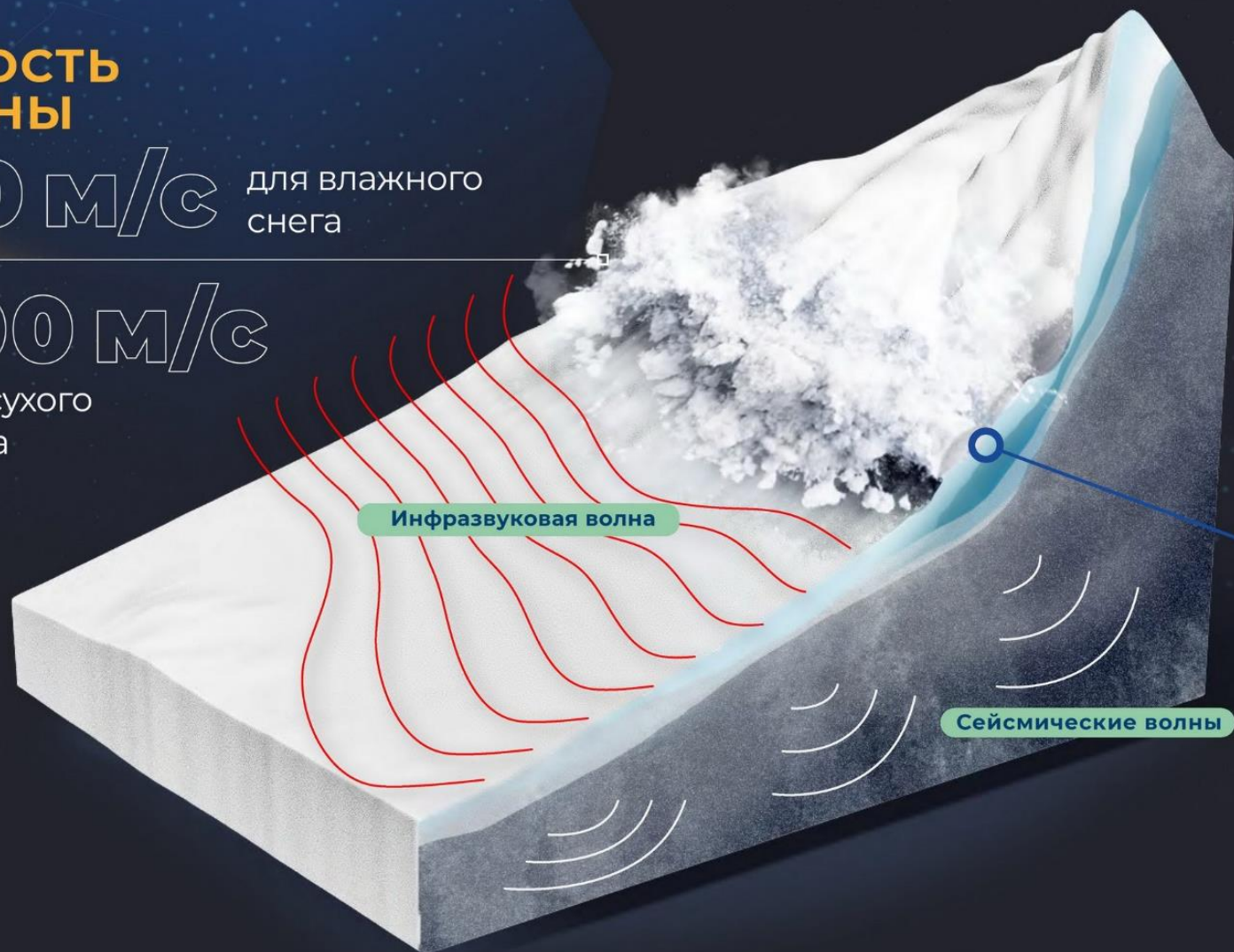


ГЕНЕРАЦИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ СХОДЕ ЛАВИНЫ

СКОРОСТЬ ЛАВИНЫ

от **20 м/с** для влажного
снега

до **100 м/с**
для сухого
снега

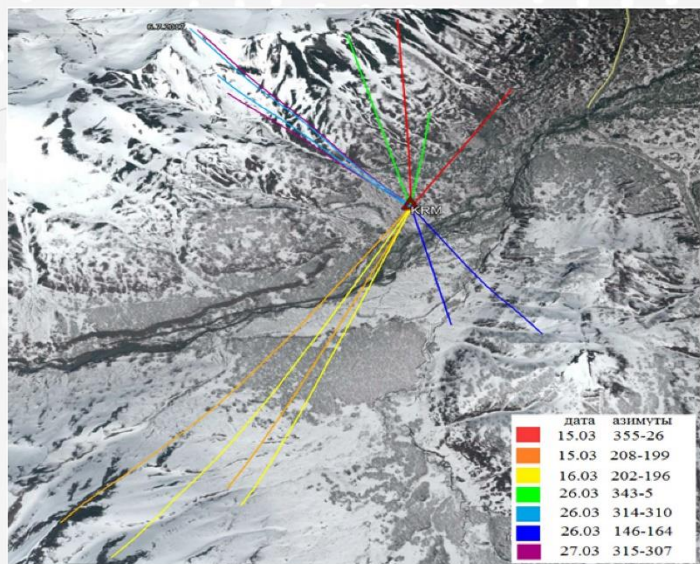
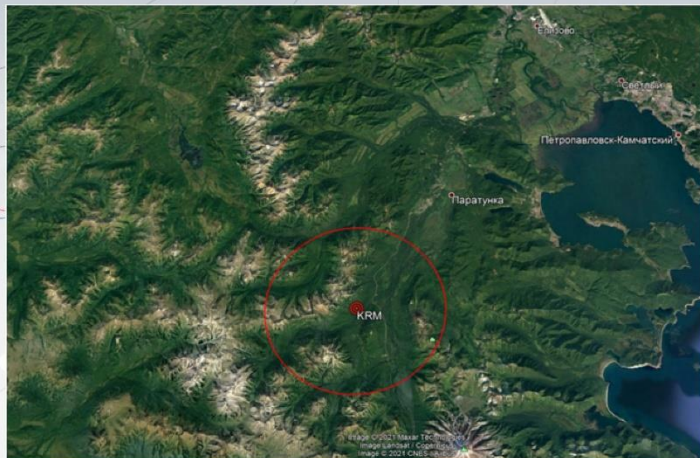


При высокой скорости, на фронтальной части лавинной массы образуется ударно-воздушная волна и вторичные низкочастотные акустические волны, способные распространяться в атмосфере на десятки километров





РЕГИСТРАЦИЯ СХОДА ЛАВИН НА КАМЧАТКЕ



В 2020 году проведен первый эксперимент по применению инфразвукового комплекса регистрации снежных лавин на п-ове Камчатка. Зарегистрировано 7 случаев подтвержденного схода снежных лавин на удалении до 5.2 км.



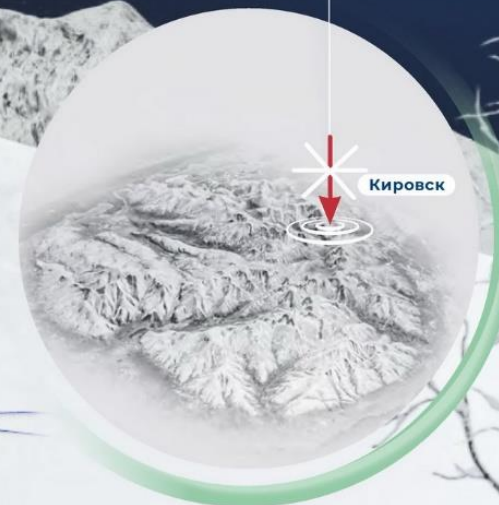
ПЕРВЫЙ В РОССИИ

ФИЦ ЕДИНАЯ
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ
СЛУЖБА РАН

ОКТАБРЬ
2020

КОФ ФИЦ ЕГС РАН УСТАНОВЛЕН
ПЕРВЫЙ В РОССИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ
ИНФРАЗВУКОВОЙ КОМПЛЕКС
МОНИТОРИНГА ЛАВИННОЙ
АКТИВНОСТИ

Инфразвуковая группа
из трёх микробарографов расположена
на территории Полярно-альпийского
ботанического сада-института
им. Н.А. Аврорина вблизи
г. Кировска

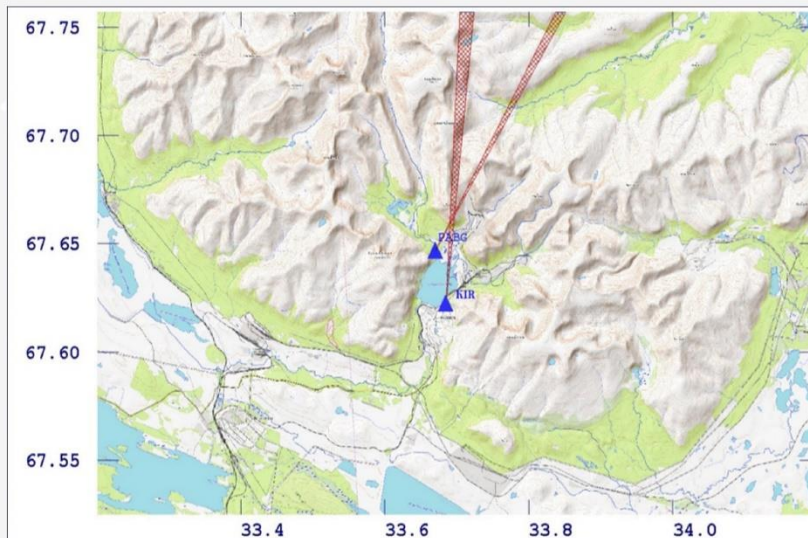
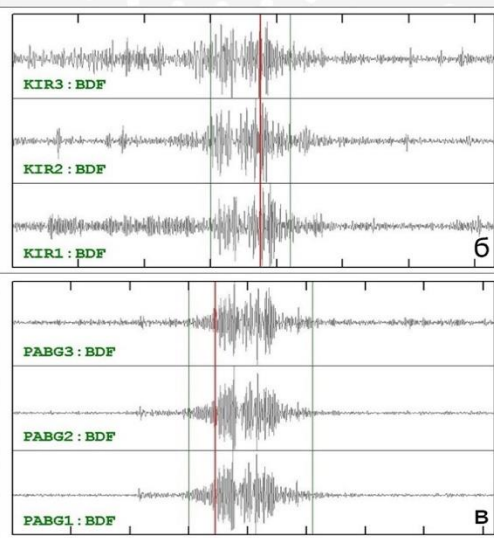
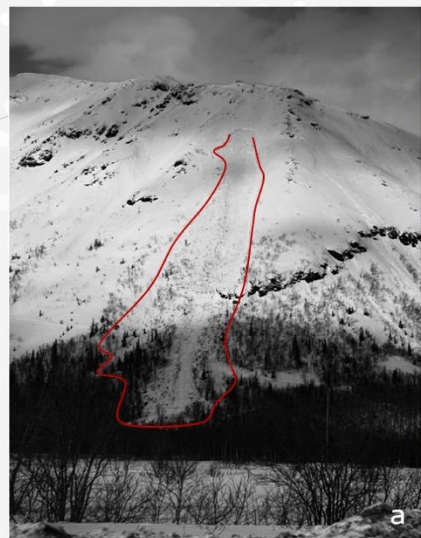


Минимальный объём —
0.5 тыс. куб. метров

Дальность
регистрации **5 км**

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ В СЕЗОНЕ 2020-2021

ФИЦ ЕДИНАЯ
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ
СЛУЖБА РАН



За сезон 2020-2021 гг:
- зарегистрировано 55
сигналов ассоциируемых со
сходом снежных лавин,
- 19 случаев имеют визуальное
подтверждение

Дальность регистрации - 5 км

Минимальный объём — 0.5 тыс.
куб. метров





Благодарю за
внимание!

78.6524N 000km/h
018.9212E

18/08/2018
22:16:49