

**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ЕДИНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ СЛУЖБА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**



Мониторинг изменений в криолитосфере Арктики геофизическими методами с целью обеспечения безопасности в АЗРФ

Виноградов Юрий Анатольевич

Научный совет РАН по изучению Арктики и Антарктики
Мурманск, 06 апреля 2023 г.



Основной центр : г. Обнинск Калужская область



11 филиалов, расположенные во всех сейсмоопасных регионах,

8 служб срочных донесений о землетрясениях и цунами,
работающих в непрерывном режиме.

Федеральная система сейсмологических наблюдений (ФСОН)



56 станций глобальной геодезической сети



336 сейсмических станций



3 инфразвуковые группы

Сейсмическая сеть ФИЦ ЕГС РАН

**336 сейсмических станций, 56 – GSSN станций,
3 инфразвуковые группы**

Телесеизмическая сеть ФИЦ ЕГС РАН

- – центральный ИОЦ
- ▲ – цифровые станции

Региональные сети ФИЦ ЕГС РАН

- – региональные ИОЦ
- – локальные ИОЦ
- ▲ – цифровые станции
- ▲ – локальные сети

● Центральное отделение ИОЦ и ССД



● **Кольский филиал**
ИОЦ расположен в г. Апатиты, сеть включает 7 станций.

● **Якутский филиал**
ИОЦ расположен в г. Якутске, сеть включает 23 станции.

● **Магаданский филиал**
ИОЦ расположен в г. Магадане, сеть включает 14 станций.

● **Камчатский филиал**
ИОЦ расположен в г. Петропавловске-Камчатском, сеть включает 77 станций.

● **Сейсмологический филиал**
расположен в г. Новосибирск

● **Сибирский филиал**
расположен в г. Новосибирск

● **Северо-Осетинский филиал**
ИОЦ расположен в г. Владикавказе, сеть включает 11 станций.

● **Дагестанский филиал ИОЦ**
расположен в г. Махачкале, сеть включает 16 станций.

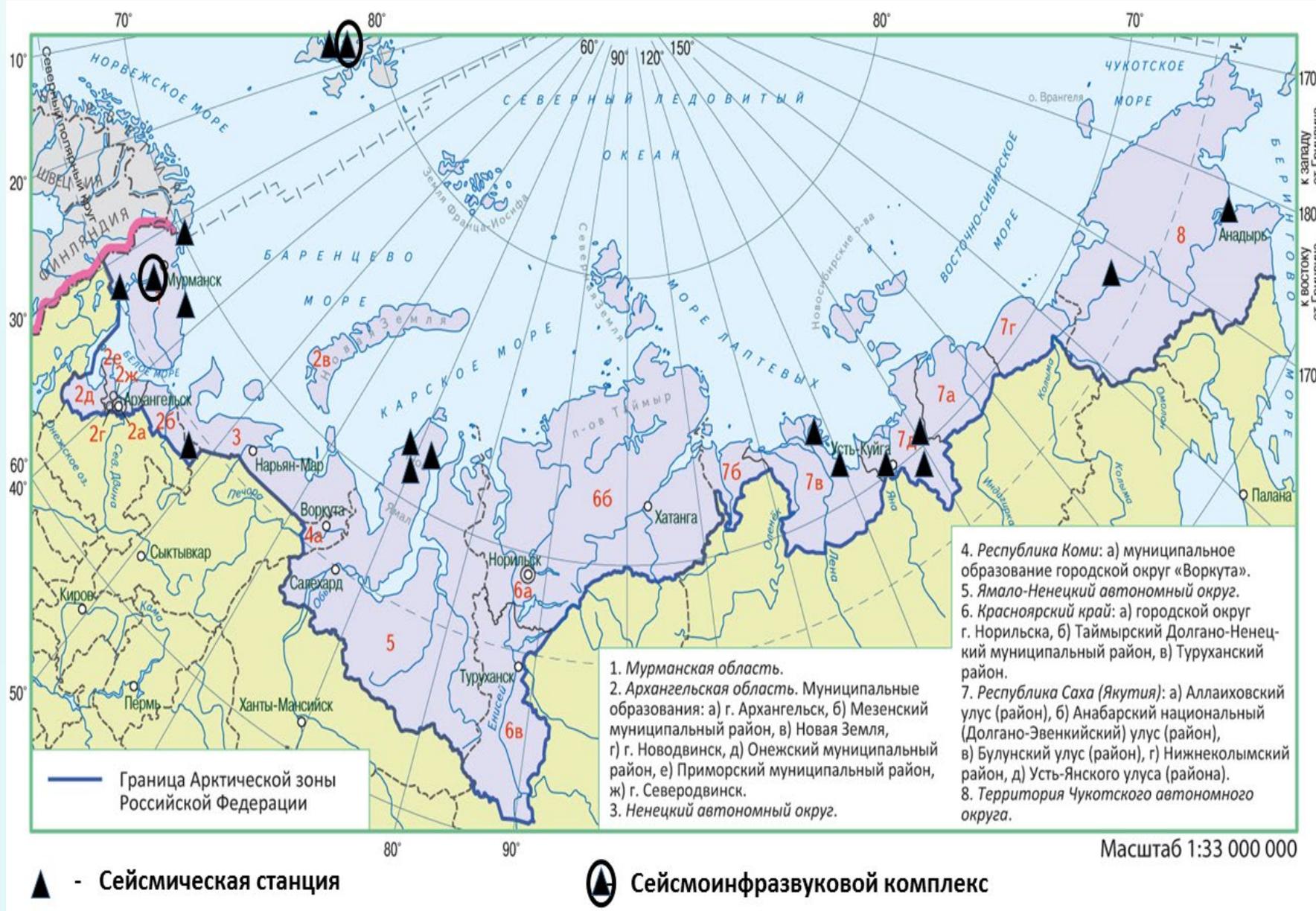
● **Алтае-Саянский филиал**
ИОЦ расположен в г. Новосибирске, сеть включает 52 станции.

● **Байкальский филиал**
ИОЦ расположен в г. Иркутске, сеть включает 24 станции.

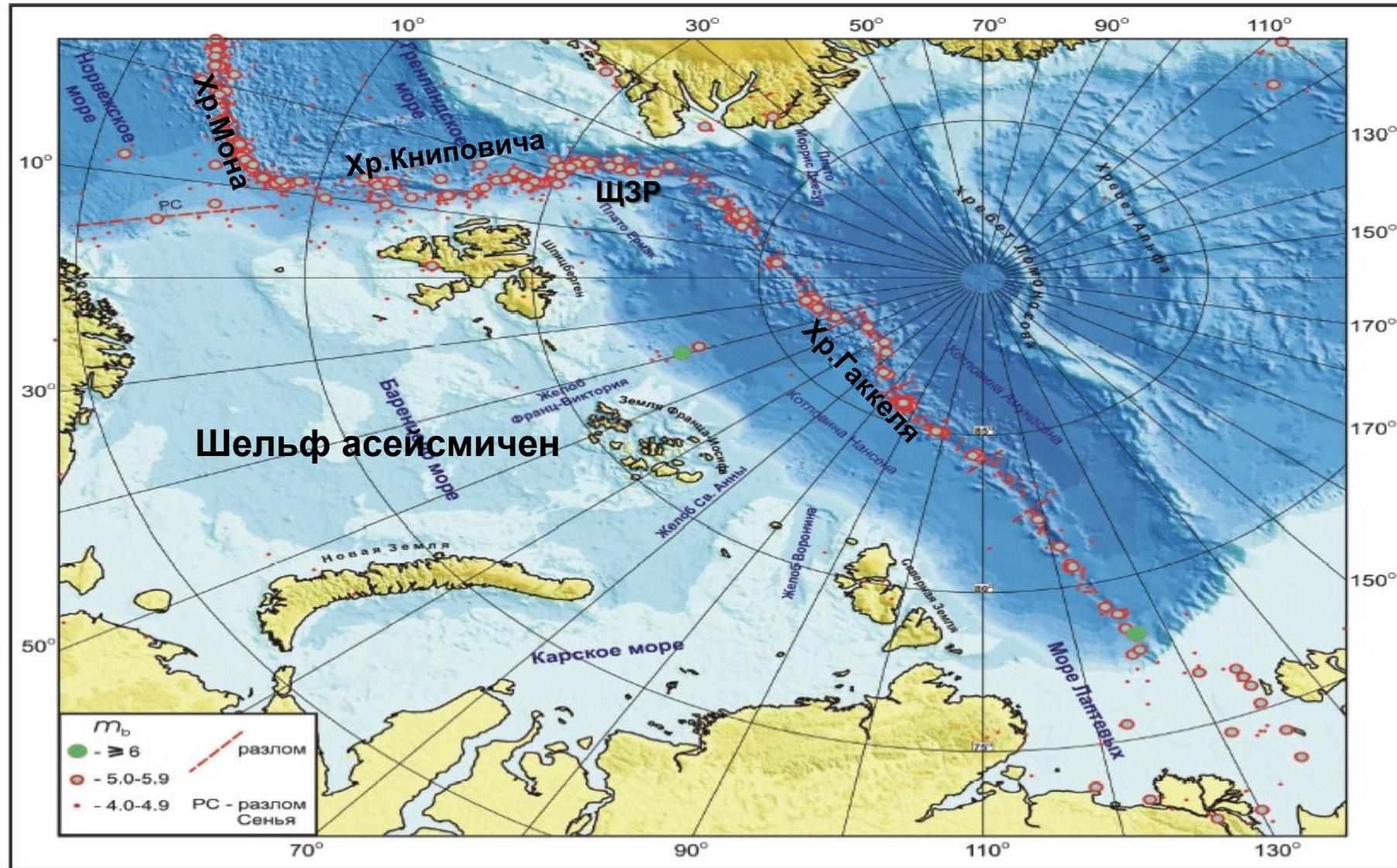
● **Бурятский филиал**
ИОЦ расположен в г. Улан-Удэ, сеть включает 10 станций.

● **Сахалинский филиал**
ИОЦ расположен в г. Южно-Сахалинске, сеть включает 45 станций.

Наблюдательная сеть ФИЦ ЕГС РАН в АЗРФ

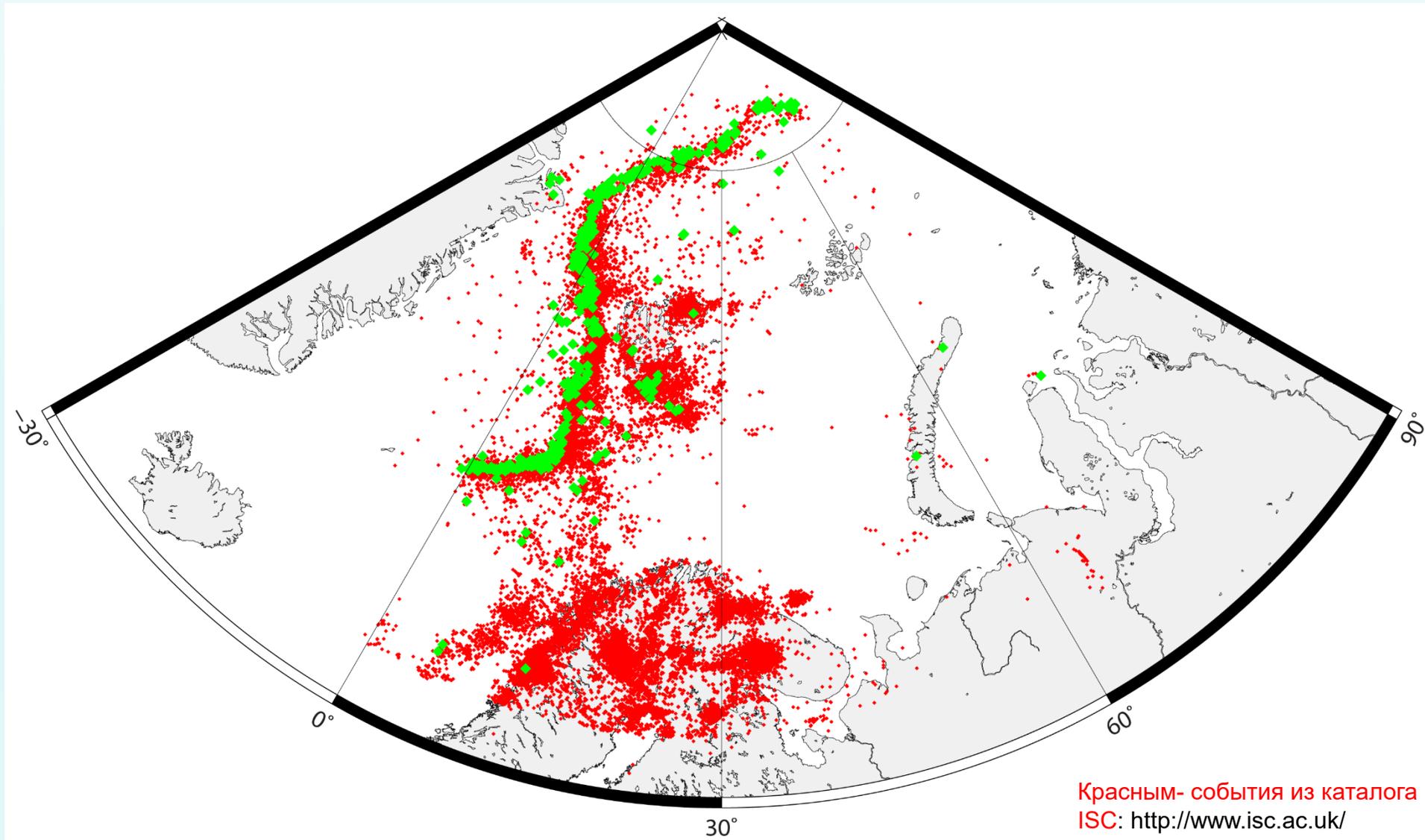


Сейсмические события в Арктике до 2003 года



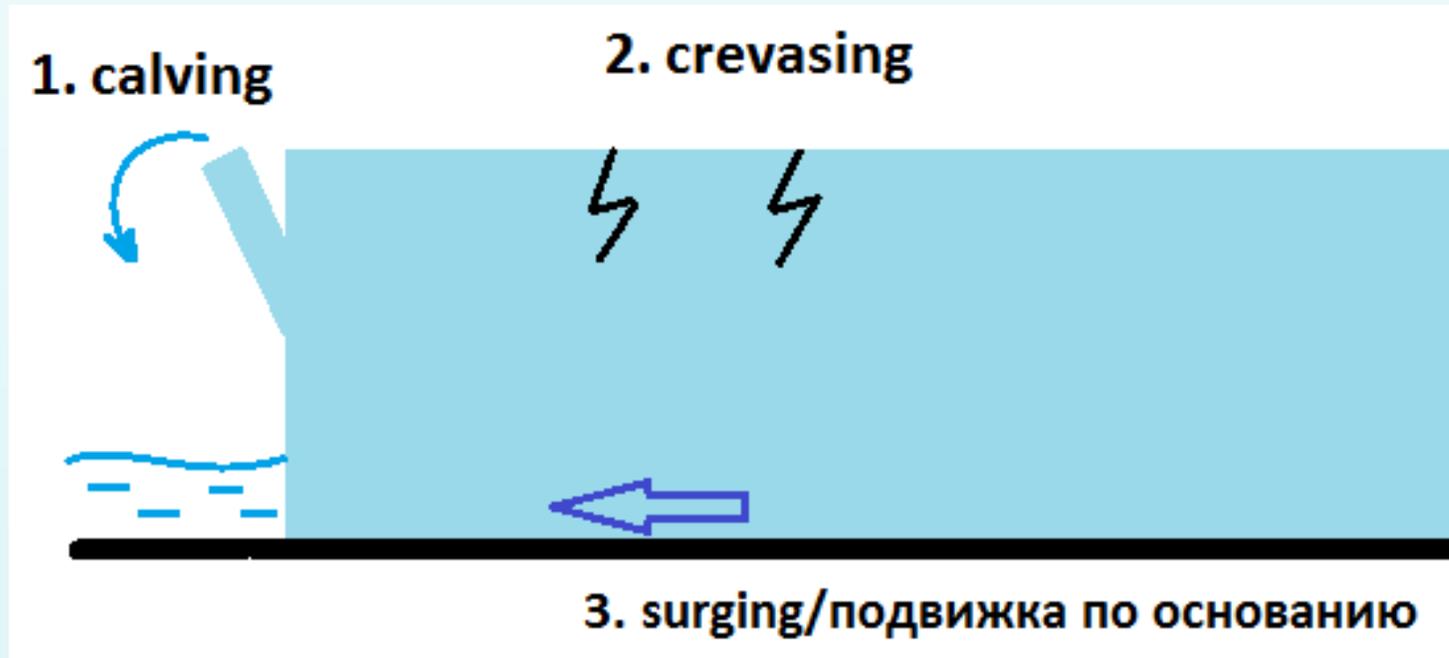
До 2003 года за 100 лет инструментального мониторинга **на шельфе** не было зарегистрировано ни одного тектонического землетрясения с магнитудой выше 4.0 (карта по [Аветисов, 2005])

Тектонические (490) и нетектонические события в Арктике



По результатам обработки данных за 2009-2020 годы было выделено всего 490 чисто тектонических событий и более 8.000 не тектонических. Большинство из них, связано с недродобывающей промышленностью, но часть из них, особенно в шельфовой зоне Баренцева моря и на архипелагах Шпицберген и Новая Земля связана с изменениями в криолитосфере.

Айсбергообразование



1. откол

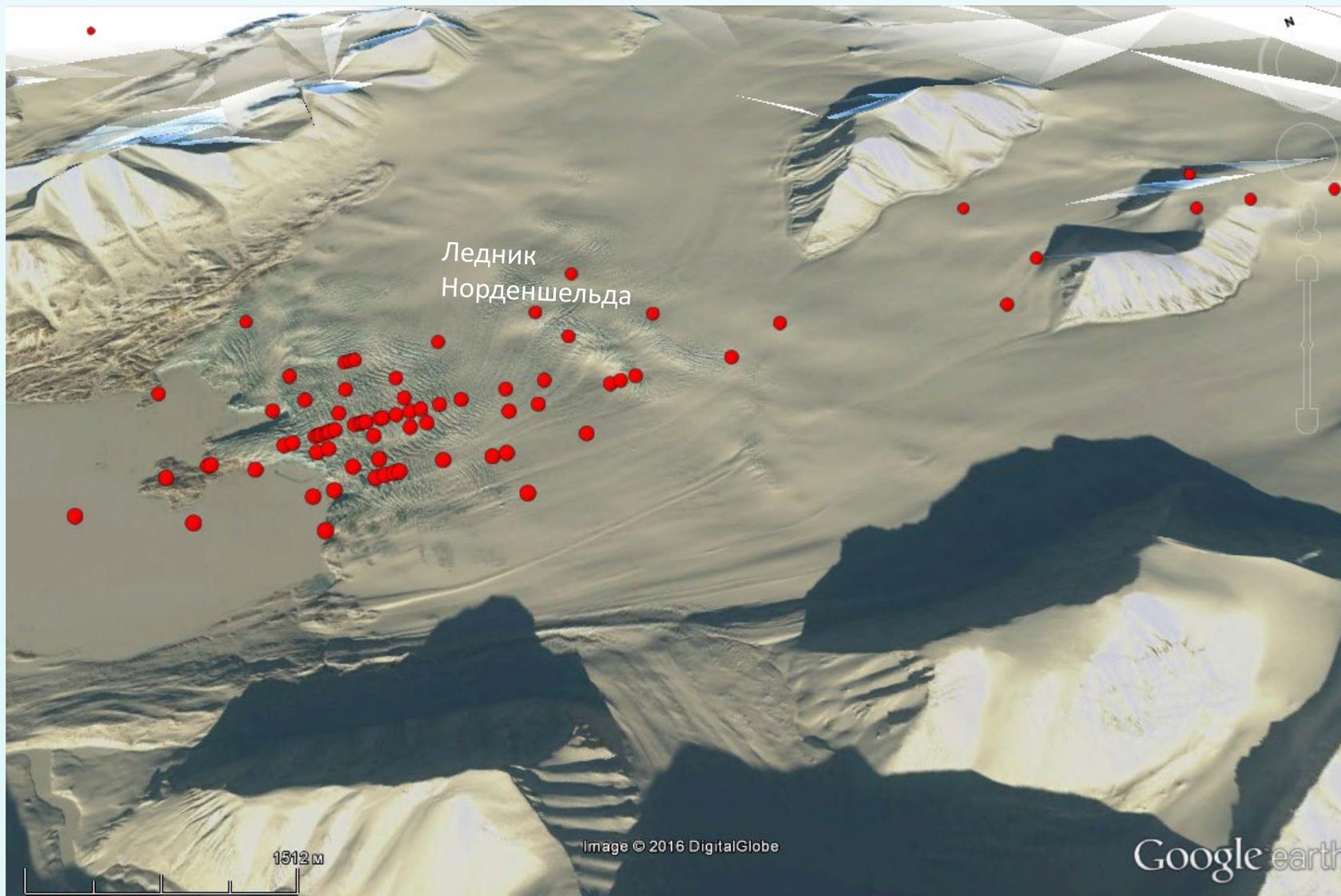


2. растрескивание



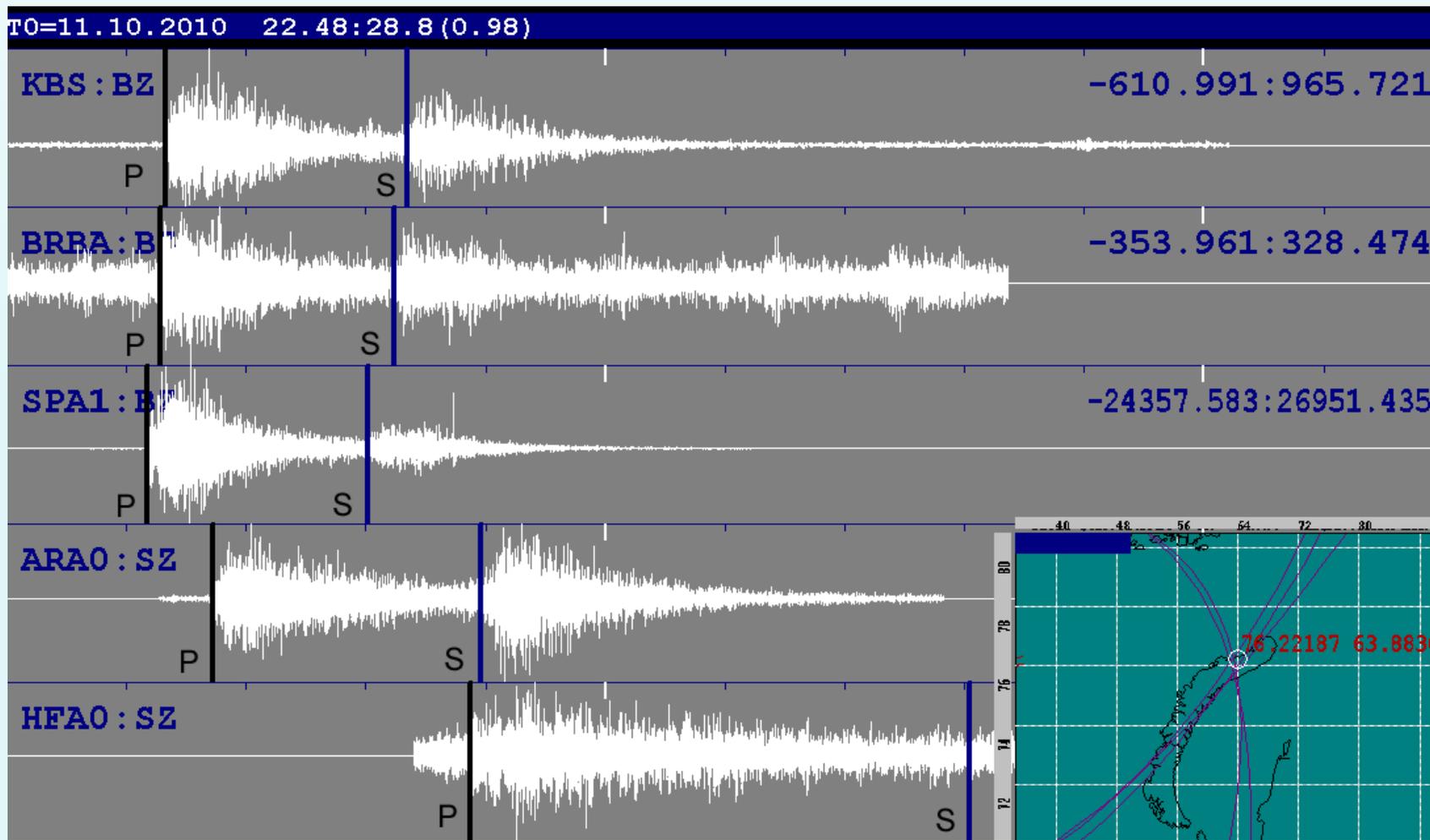
3. подвижка

Льдотрясения на леднике Норденшельда (Шпицберген)



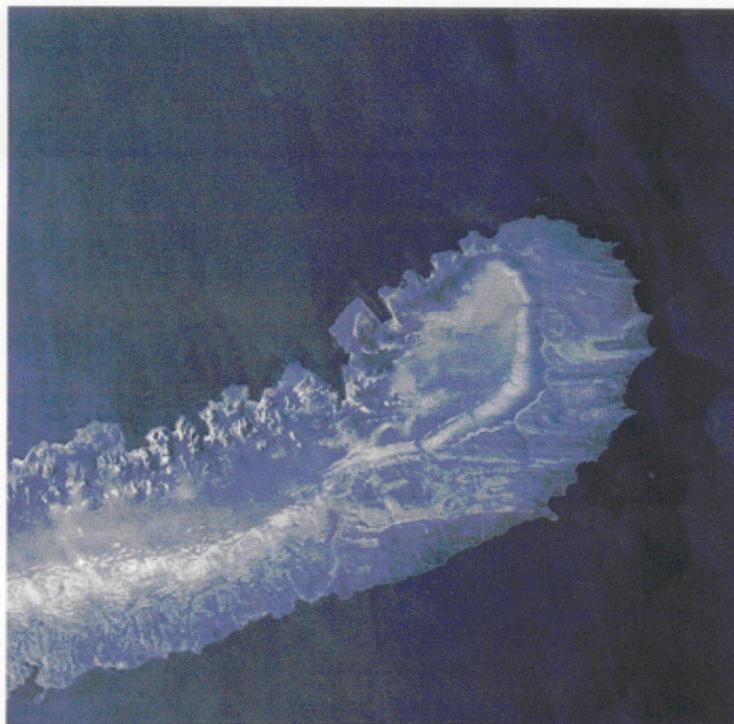
Эпицентры на краю ледника предположительно айсбергообразование, на теле - растрескивание

Сейсмическое событие на Новой Земле с $M=4,24$



Сейсмическое событие, зарегистрированное на западном побережье Северного острова Новой Земли 11 октября 2010 года в 22:40:00.0 GMT в точке с координатами 76.2220 С.Ш и 63.8830. Магнитуда ML была оценена по данным сейсмостанций КФ ГС РАН и HOPCAP на уровне 4.24

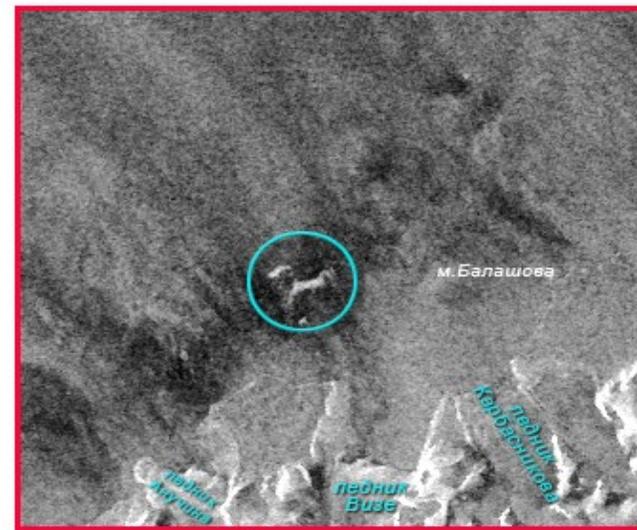
Анализ ледовой обстановки, выполненный НИЦ космической гидрометеорологии «Планета»



ИСЗ ENVISAT/ASAR 10 октября 16:26 GMT

Рис. 4. Спутниковый снимок района эпицентра, сделанный 10.10.2010

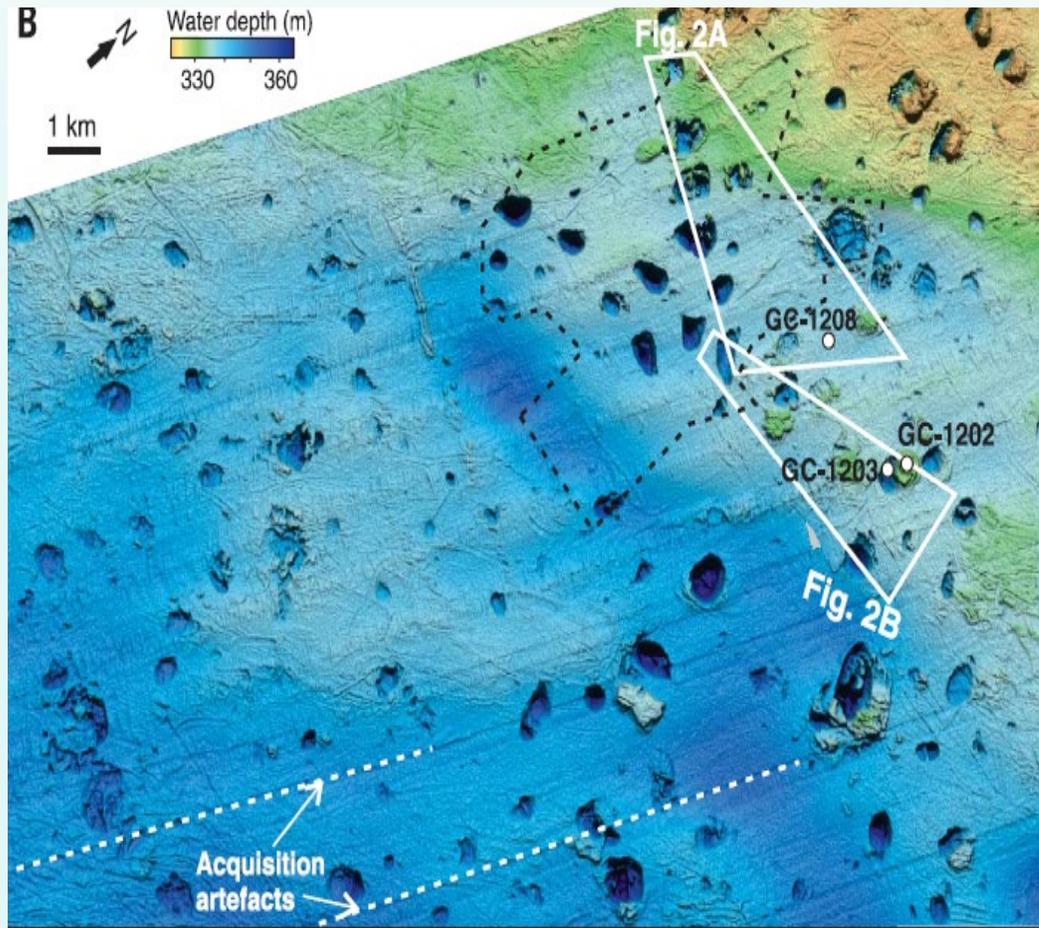
«Обнаружены 2 айсберга, крупный размером 0,8*4 км»
Примерный вес - 150 млн. тонн



ИСЗ ENVISAT/ASAR 13 октября 16:35 GMT

 - район обнаружения группы айсбергов, образовавшихся от выводных ледников о. Северный

ВОРОНКИ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ



5 июня 2017 Pavel Serov, CAGE / UiT

Воронки (так называемые «покмарки») в больших количествах обнаружены также на дне Баренцева моря.

В одной из них был обнаружен **корабль, затонувший в 20 веке**.

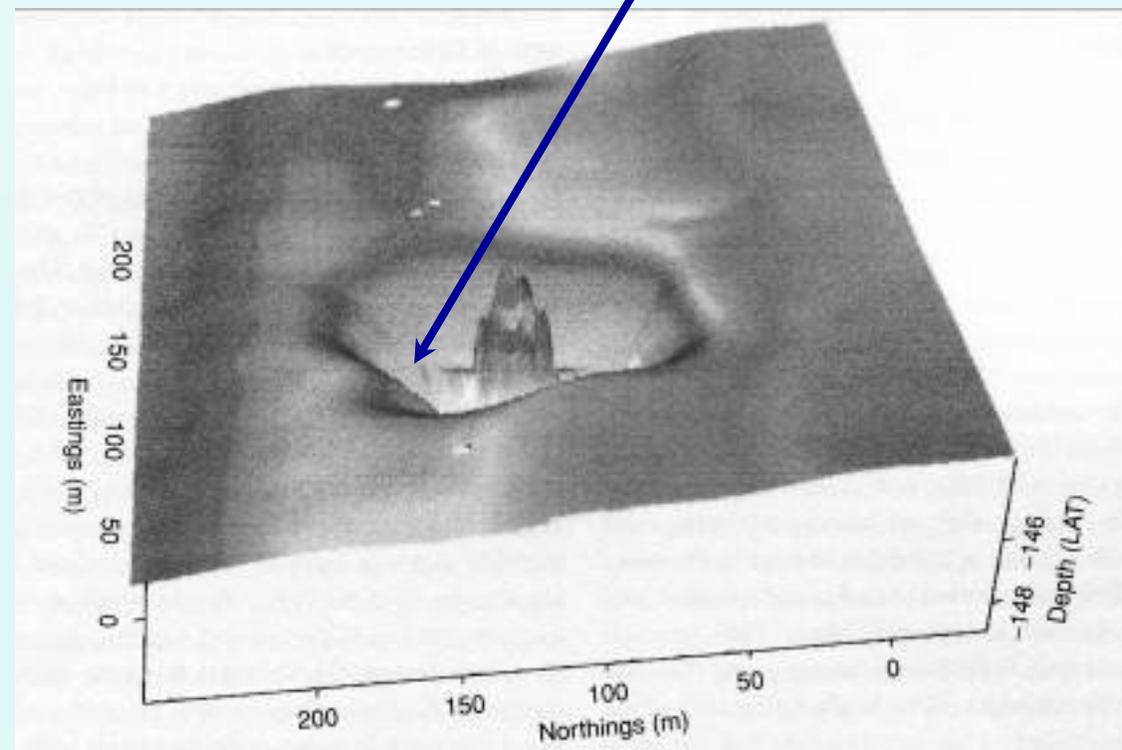
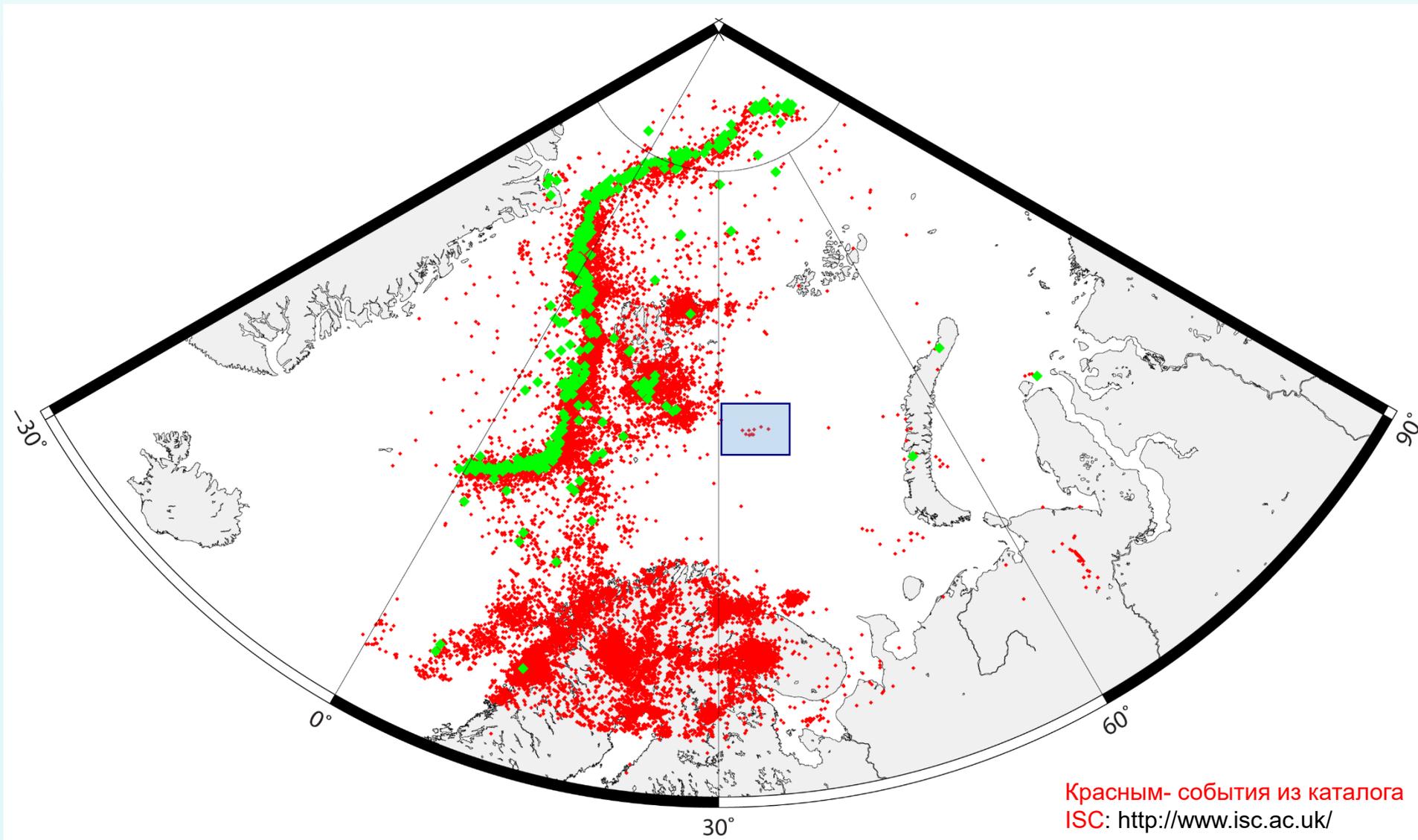


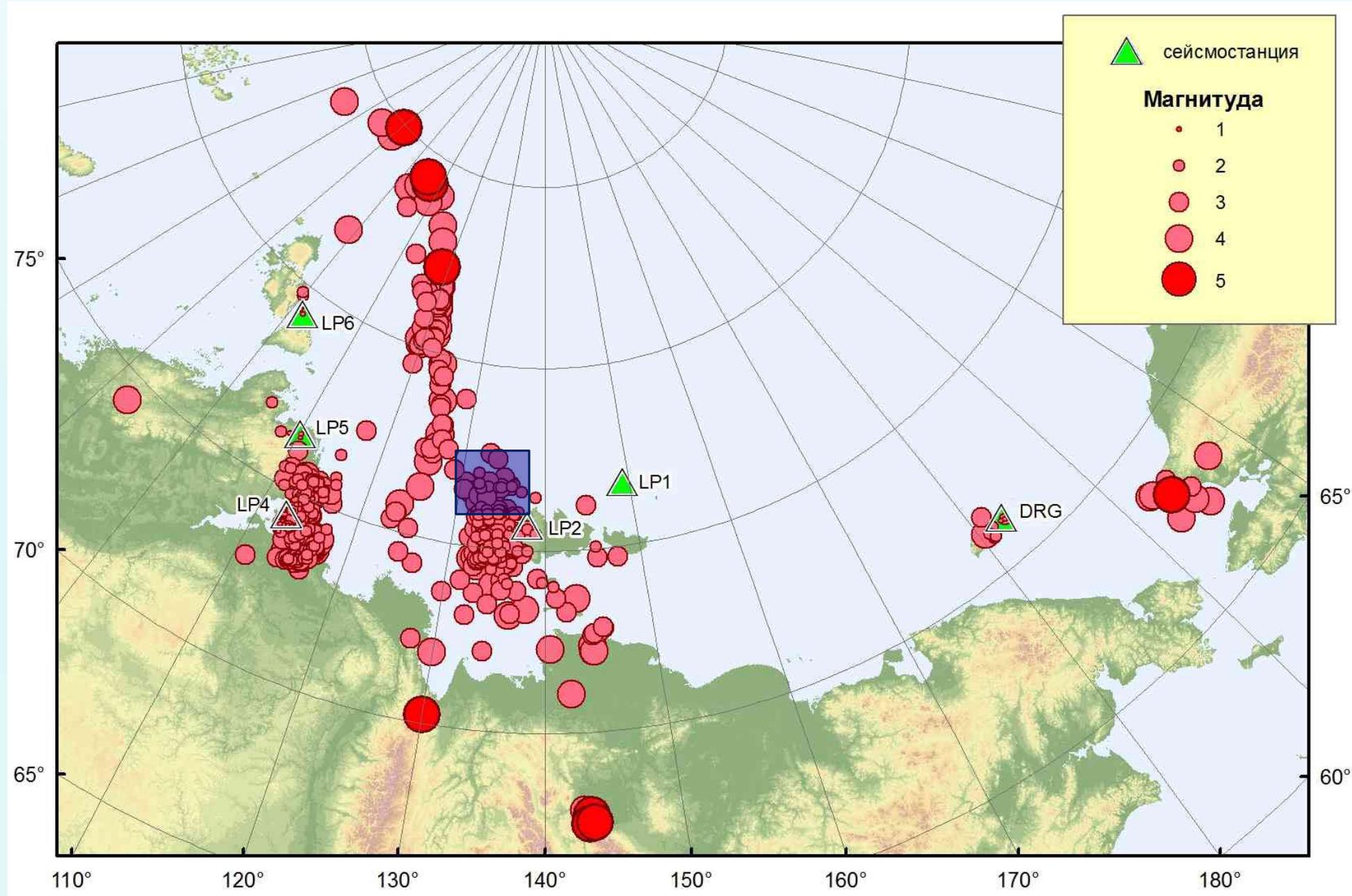
Фото из книги “Seabed Fluid Flow. The Impact on Geology, Biology and the Marine Environment”, 2009, by Alan Judd & Martin Hovland.

Детальное радарное зондирование южной части моря Лаптевых, также показало наличие аналогичных «свежих» покмарков. Выброс газа со дна, непосредственно при проходе над ним морского судна, может вызвать остановку двигателей (из-за недостатка кислорода) и утрату плавучести (из-за снижения плотности воды, насыщенной газом).

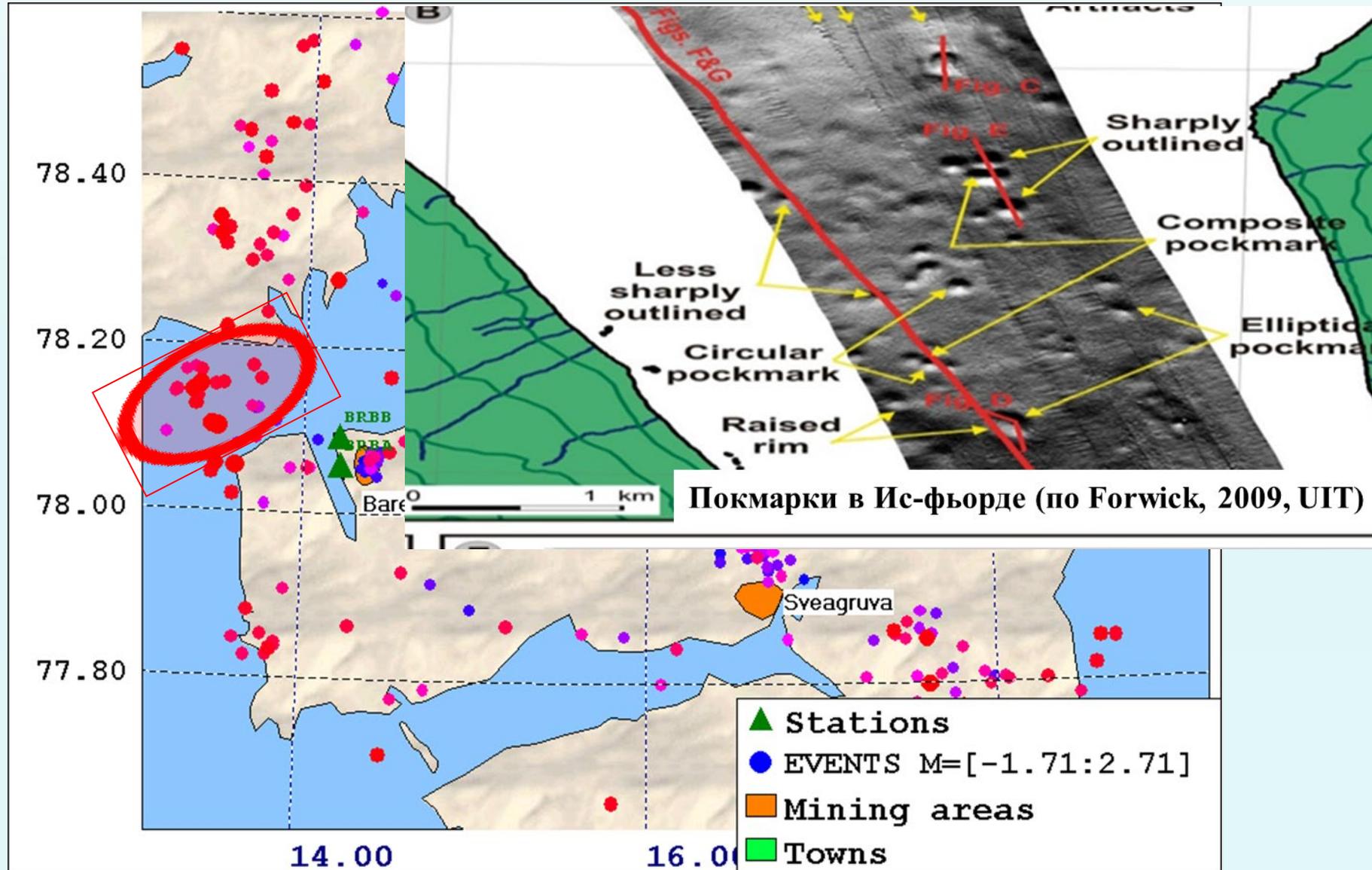
Тектонические (490) и нетектонические события в Арктике



Детализация сейсмических событий в восточной Арктике (за 2016 год)



Сейсмическая активность в Ис-фиорде в 2010 году

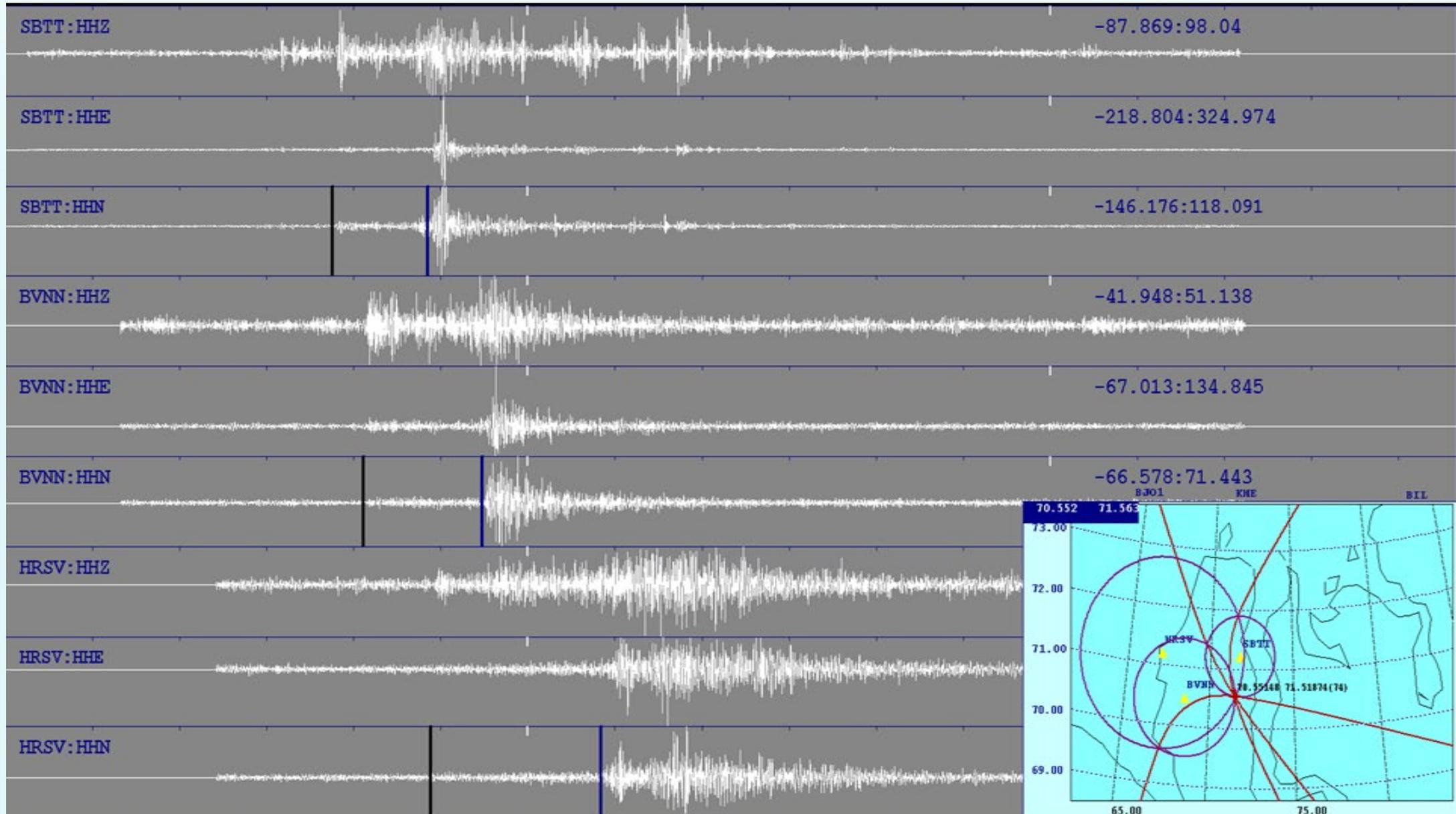




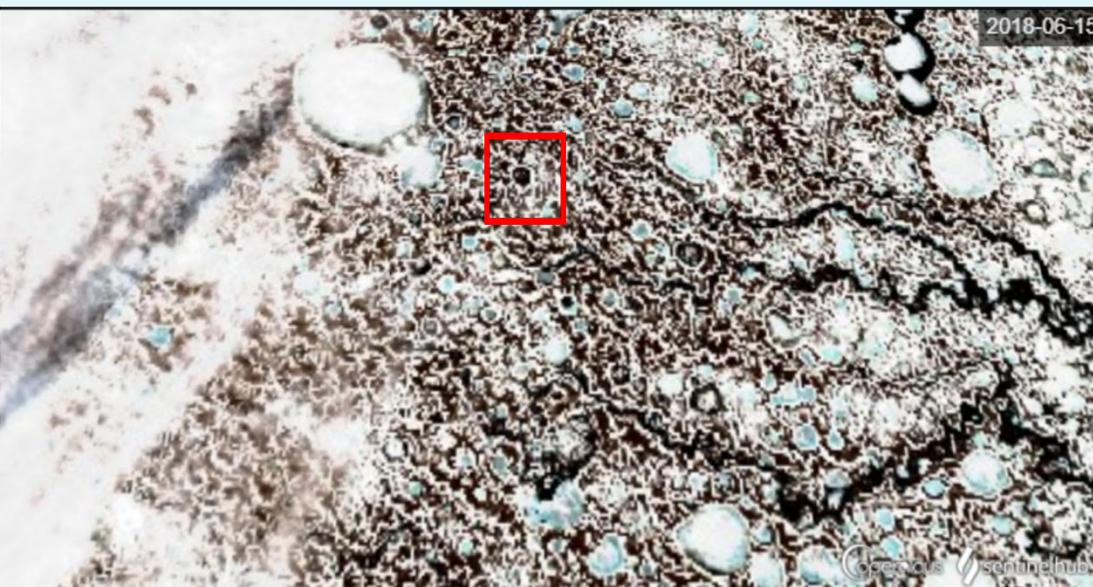
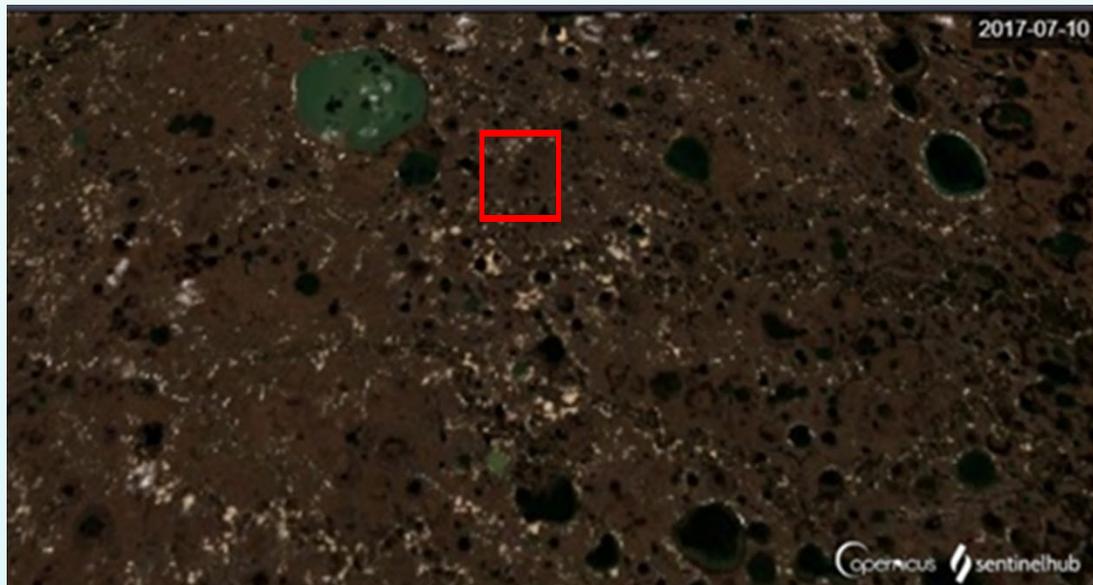
Комитет Совета Федерации
по аграрно-продовольственной политике и природопользованию
КРУГЛЫЙ СТОЛ 23 МАРТА 2017 ГОДА
«О проблемах технико-технологического обеспечения
геологоразведочных работ на российском арктическом шельфе»
РЕКОМЕНДАЦИИ:

Третья группа факторов риска - повсеместное распространение на арктическом шельфе и побережье наземного и субаквального слоя многолетнемерзлых пород содержащего залежи газогидратов метана. В современных климатических условиях в связи с аномальным растеплением Арктики **стабильность этих залежей подошла к критическому уровню**, поэтому **вероятность взрывных выбросов газа** в некоторых районах промышленного освоения арктической зоны Российской Федерации достигла 100%.

Пример сейсмического события, записанного 3 станциями на п-ве Ямал 19 марта 2018 года, вызванный выбросом газогидратов



Вид воронки по спутниковым снимкам КА Sentinel-2 (2017-2021 г.г.)



Дата образования воронки 18 марта 2018 года

ПРОБЛЕМАТИКА СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ



Моделирование геомеханической эволюции нефтегазовых природных-технических систем Баренцевоморской и Карской провинциях находятся на самой начальной стадии.

До начала проектно-изыскательских работ на промышленных месторождениях нефти и газа Баренцевоморской и Карской провинциях риски, связанные геолого-геодинамическими и физическими факторами, практически не исследовались. Базы знаний и данных по многим аспектам данной проблемы остаются все еще неадекватными масштабу и сложности намечаемых программ формирования морских нефтегазовых промыслов на арктическом шельфе

В настоящее время совершенно неизученным и нецененным остается риск-фактор, связанный с современным «грязевым» (газоводолитокластитовым) вулканизмом на Баренцевоморском шельфе. Только в последние годы появились сейсмогеологические данные о наличии слоев и линз газогидратов в верхних горизонтах осадочного чехла в западном борту шельфа, а также признаки «газовых факелов» под тонким покровом газонепроницаемых глинистых отложений в Новоземельском и Карском участках шельфа. На Ямале и Таймыре в последние 1- лет выявлено **более 30 взрывных воронок**, часть из которых образовалась вблизи действующих нефтегазопромыслов.

На сегодняшний день существующая федеральная система сейсмологических наблюдений не позволяет надежно фиксировать такие события в Арктике в связи с ограниченным числом сейсмических станций

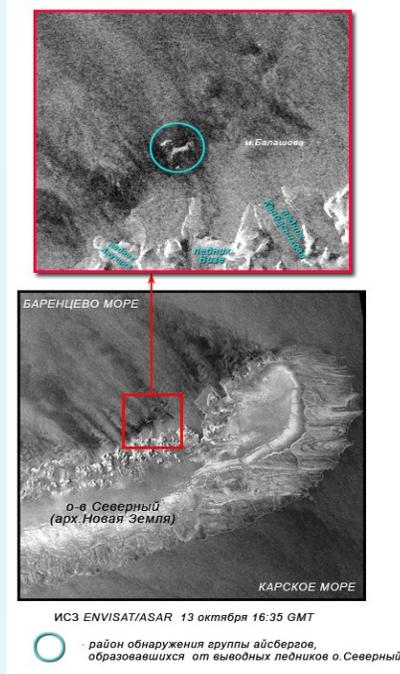
Сейсмические и инфразвуковые станции способны регистрировать различные события природного и техногенного характера на расстояниях 150-200 км.

Характерные примеры локальных сейсмических и инфразвуковых событий, записанных станциями ФИЦ ЕГС РАН в Арктике:

Образование воронки



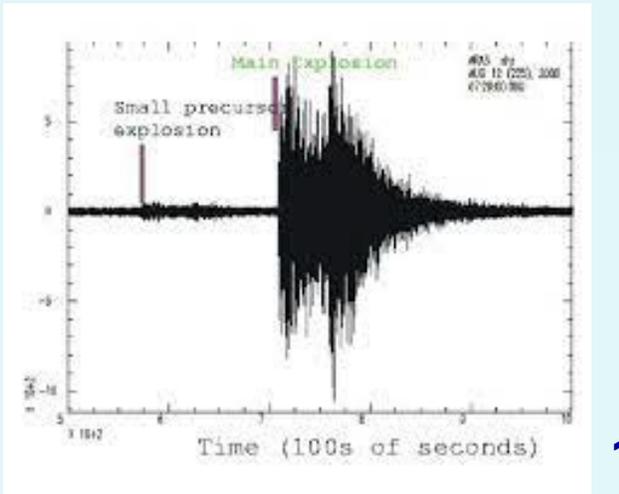
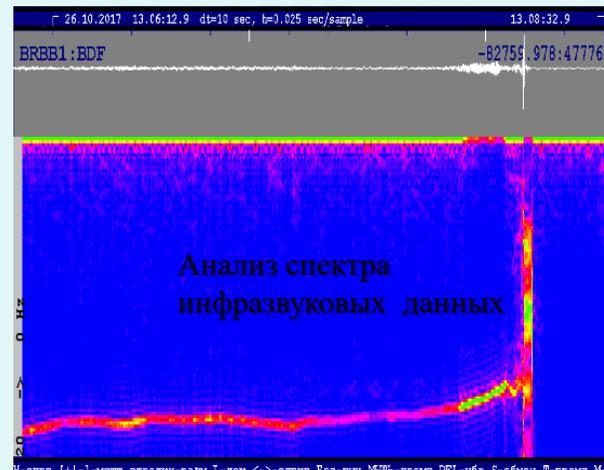
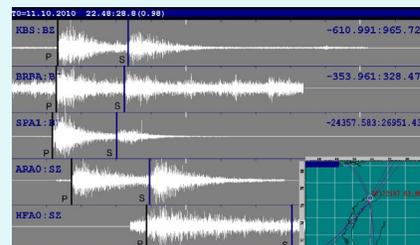
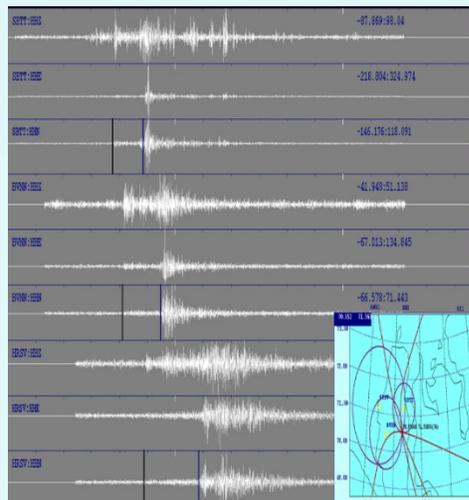
Откол айсберга на НЗ



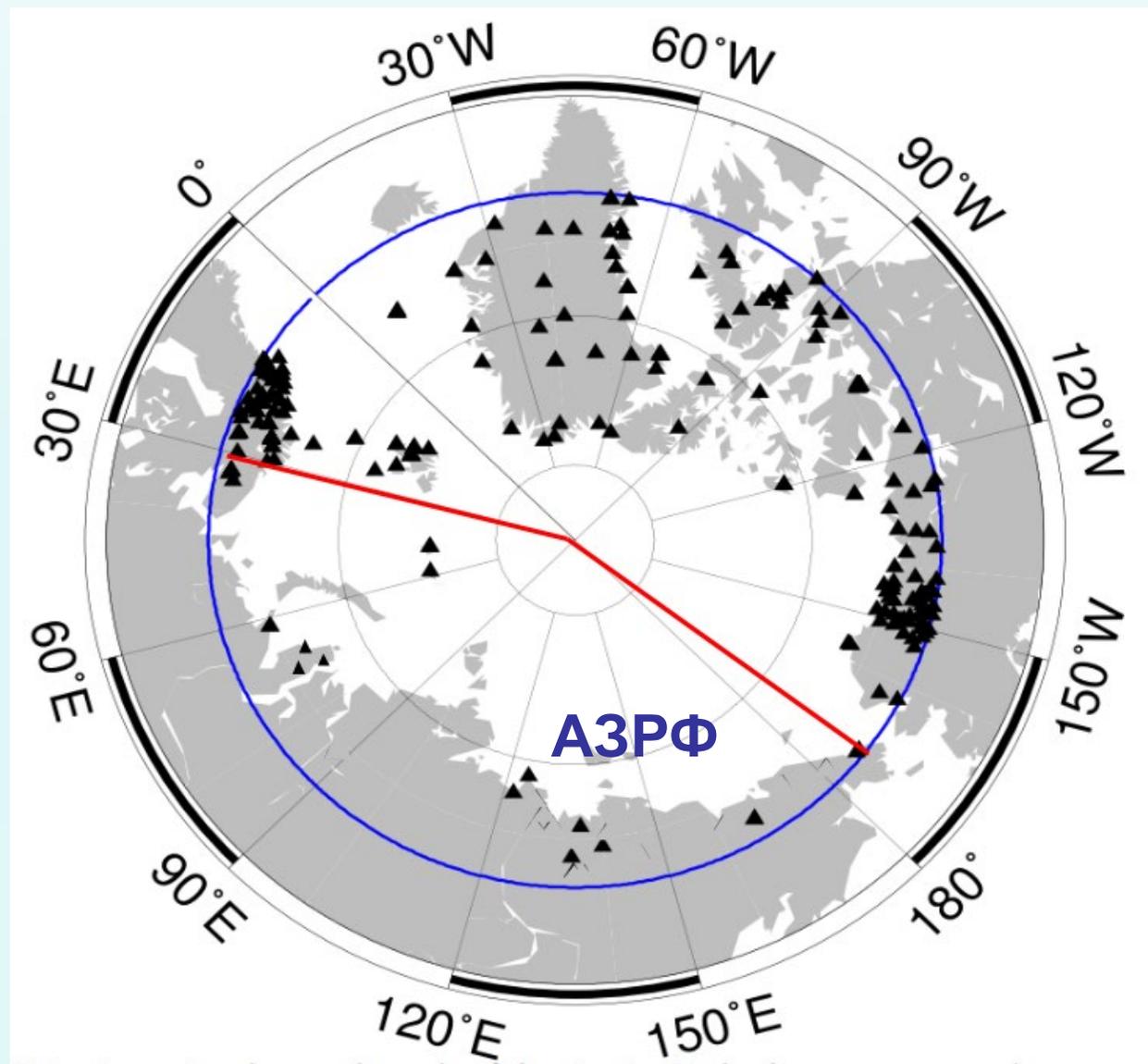
Катастрофа Ми-8 на Шпицбергене



Гибель АПЛ «Курск»



СЕЙСМИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ В АРКТИКЕ

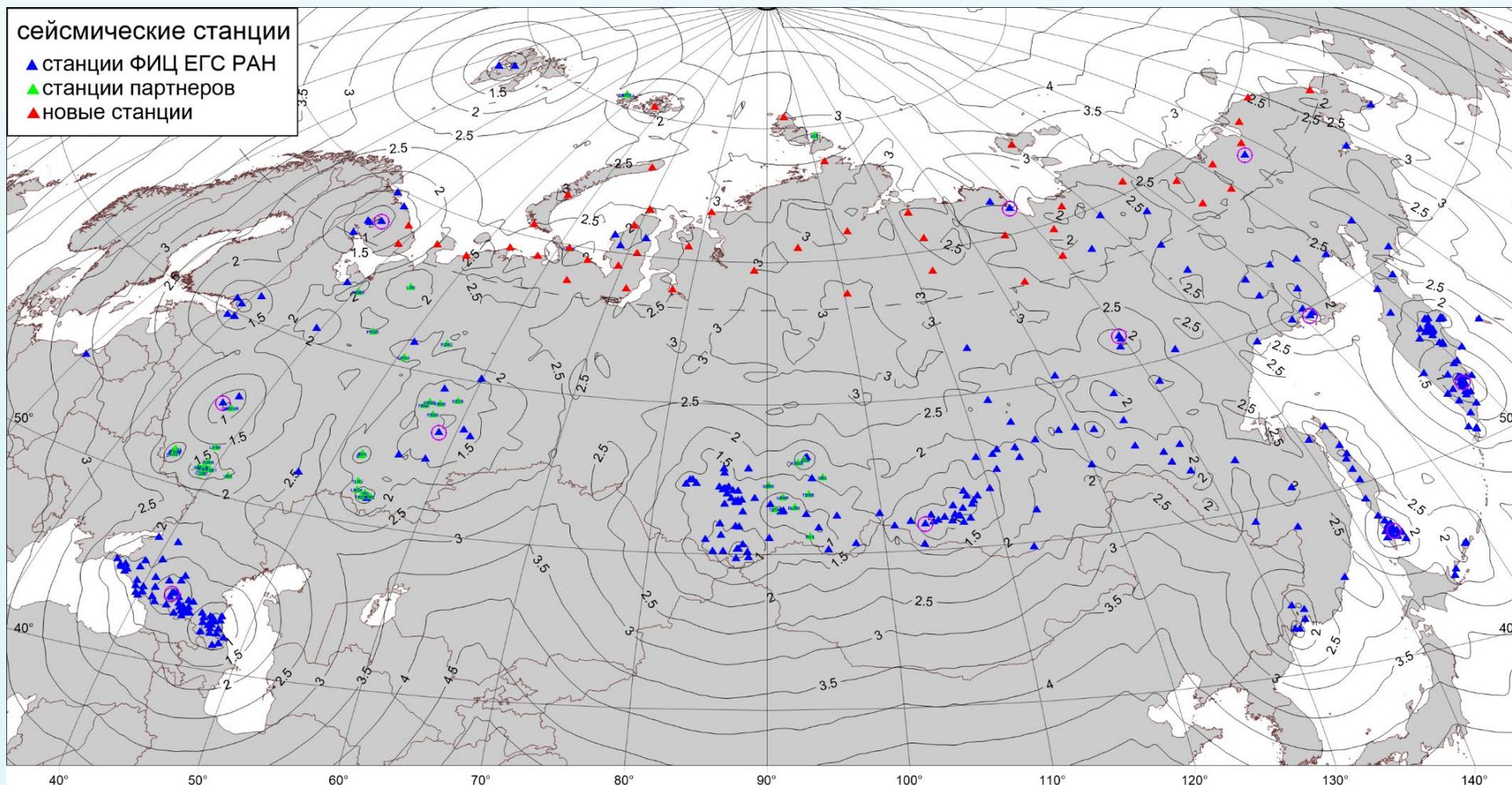


Создание и развитие Федеральной системы геофизического мониторинга в Арктике крайне необходимо.

Система позволит существенно повысить уровень обеспечения безопасности населения РФ в части своевременного оповещения о чрезвычайных ситуациях и их последствиях природного и техногенного характера, а также разработать новые механизмы их прогнозирования.

В свете активного освоения Арктики и развития Северного морского пути в ближайшие годы эта проблема приобретает высокий приоритет

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАЗВИТИЮ СЕТИ В АРКТИКЕ



Поручение Президента РФ от 6 марта 2023 г. Пр-464, п. 13)

з) обеспечить разработку и реализацию комплекса мер, направленных на исследование опасных природных явлений, **проведение постоянного сейсмического мониторинга на сейсмоопасных территориях**, на критически важных объектах и объектах повышенной опасности, расположенных в сейсмоактивных районах, **предусмотрев привлечение к реализации комплекса мер государственных корпораций и иных организаций**, в том числе занимающихся поиском и добычей полезных ископаемых и промышленным рыболовством, а также обеспечить осуществление проектов в области снижения рисков и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на полуострове Камчатка и острове Сахалин.

Доклад – до 1 августа 2023 г., далее – один раз в год.

**Федеральный исследовательский центр
«Единая Геофизическая служба Российской академии наук»**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



**Виноградов Юрий Анатольевич
директор ФИЦ ЕГС РАН**

yvin@gsras.ru

www.gsras.ru