



# Мониторинг природно-техногенных опасностей Северного морского пути

Рогожин Е.А.<sup>1</sup>, Антоновская Г.Н.<sup>2</sup>, Капустян Н.К.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики



ОСР - 2015 - В



Интенсивность землетрясений в баллах



Вероятность возможного превышения интенсивности землетрясений в течении 50 лет - 5%

ОСР - 2015 - С



Интенсивность землетрясений в баллах



Вероятность возможного превышения интенсивности землетрясений в течении 50 лет - 1%

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р  
57123—  
2016  
(ИСО 19901-2:2004)

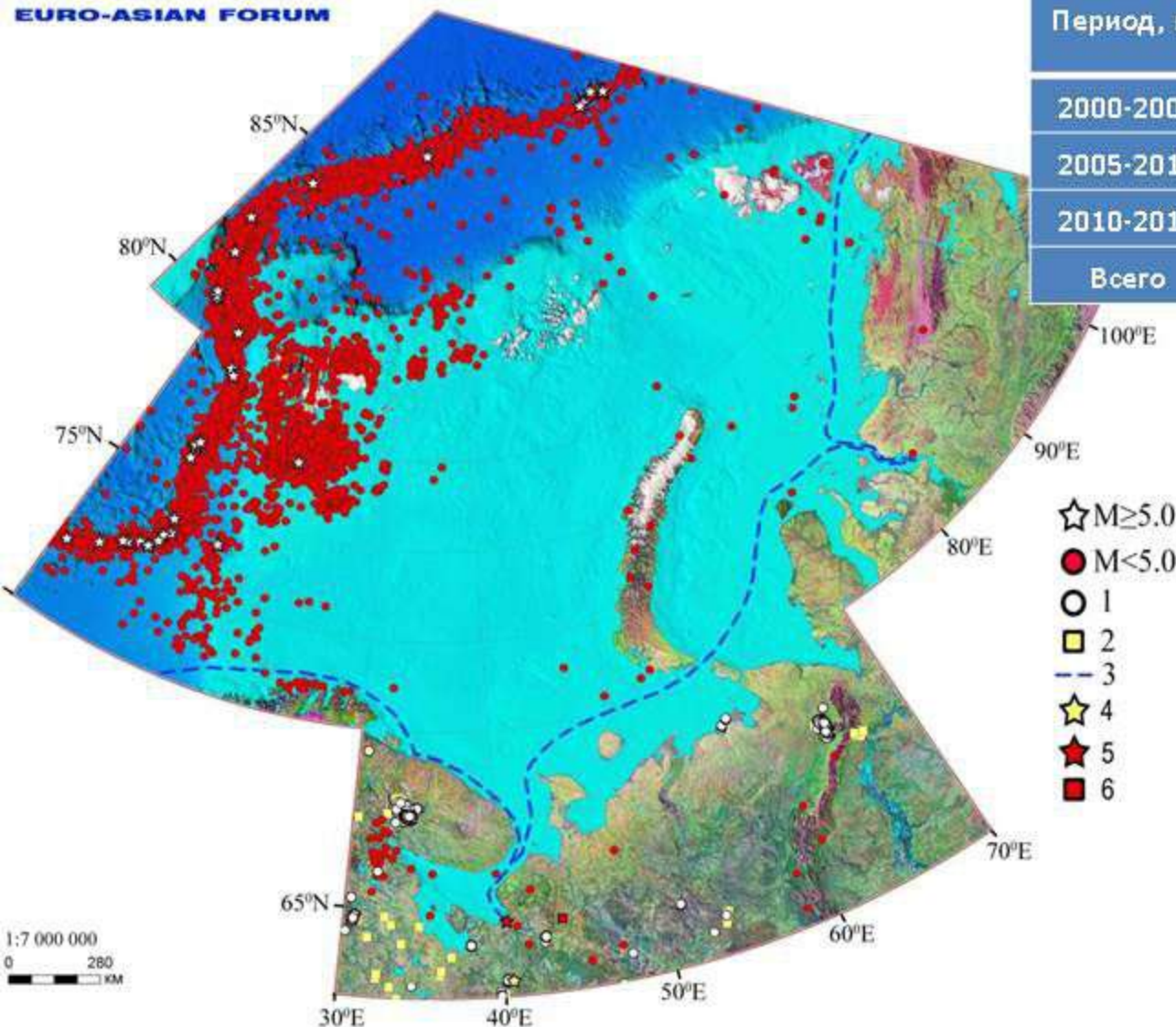
Нефтяная и газовая промышленность  
**СООРУЖЕНИЯ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВЫЕ  
МОРСКИЕ**  
Проектирование с учетом сейсмических условий

(ИСО 19901-2:2004,  
Petroleum and natural gas industries — Specific requirements for offshore  
structures — Part 2: Seismic design procedures and criteria, MOD)

Издание официальное



Москва  
Стандартинформ  
2016



Период, гг.	Количество землетрясений			Всего
	M<3.5	3.5≤M<5	M≥5	
2000-2005	778	125	24	927
2005-2010	1274	129	36	1439
2010-2015	2818	237	28	3083
<b>Всего</b>	<b>4870</b>	<b>491</b>	<b>88</b>	<b>5449</b>

Магнитудный диапазон:  
**0.9 – 6.2**

Представительная  
магнитуда для  
Европейского сектора  
Арктики – **2.7**

- ☆ M ≥ 5.0
- M < 5.0
- 1
- 2
- 3
- ☆ 4
- ★ 5
- 6

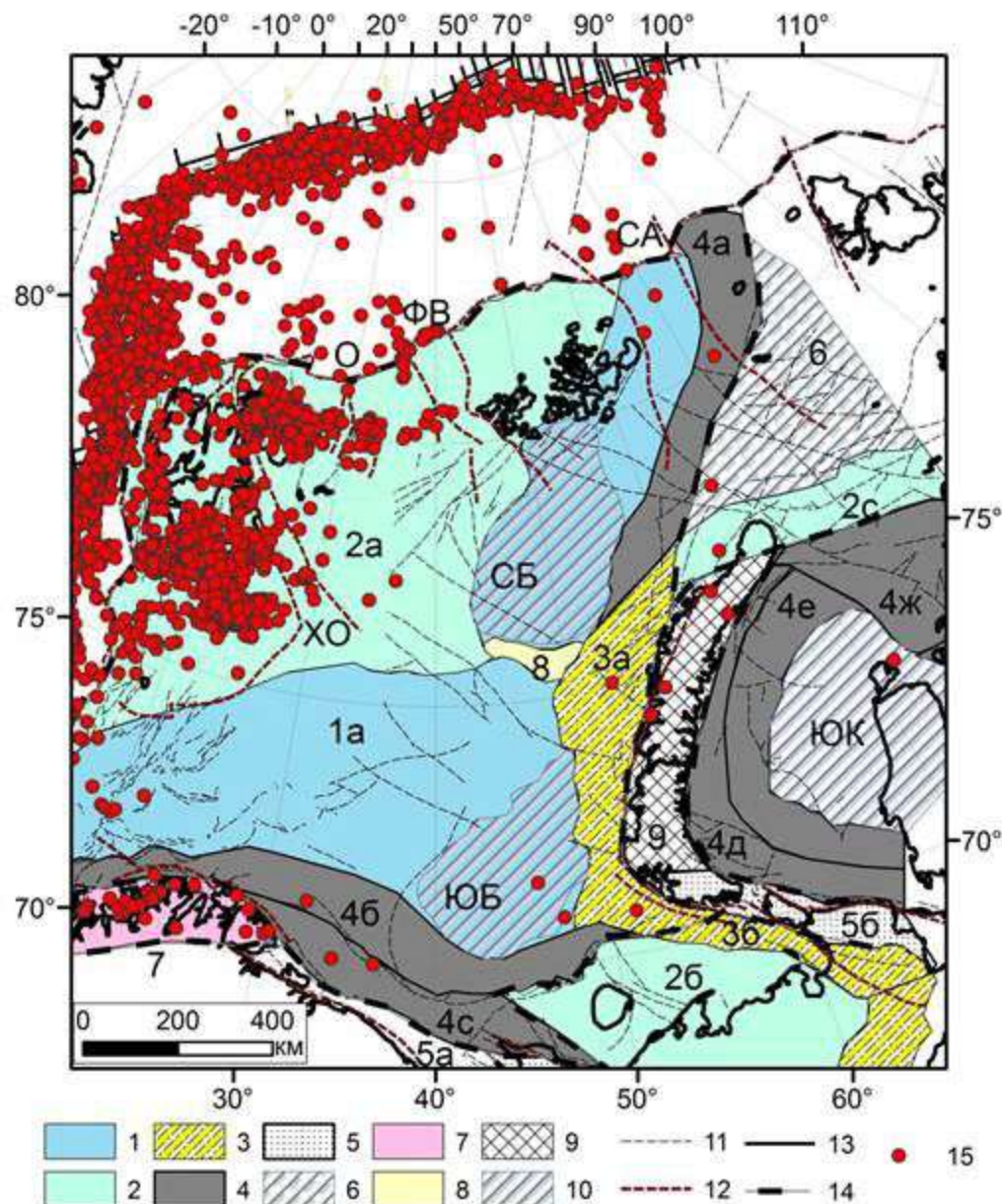
- 1 – карьерные взрывы;
- 2 – карьеры;
- 3 – линия Северного морского пути;
- 4 – запуски ракет;
- 5 – взрывы газа;
- 6 – падение ступени ракеты

Сводная карта распределения сейсмических событий за 2005-2017 гг.,  
для района арх. Новая Земля – сведения о землетрясениях с 1974 г. по 2017 гг.,  
для севера ВЕП – с 1991 по 2017 гг.

(Результат кооперации NOR SAR (Норвегия), КоФ ФИЦ ЕГС РАН и ФГБУН ФИЦКИА РАН)

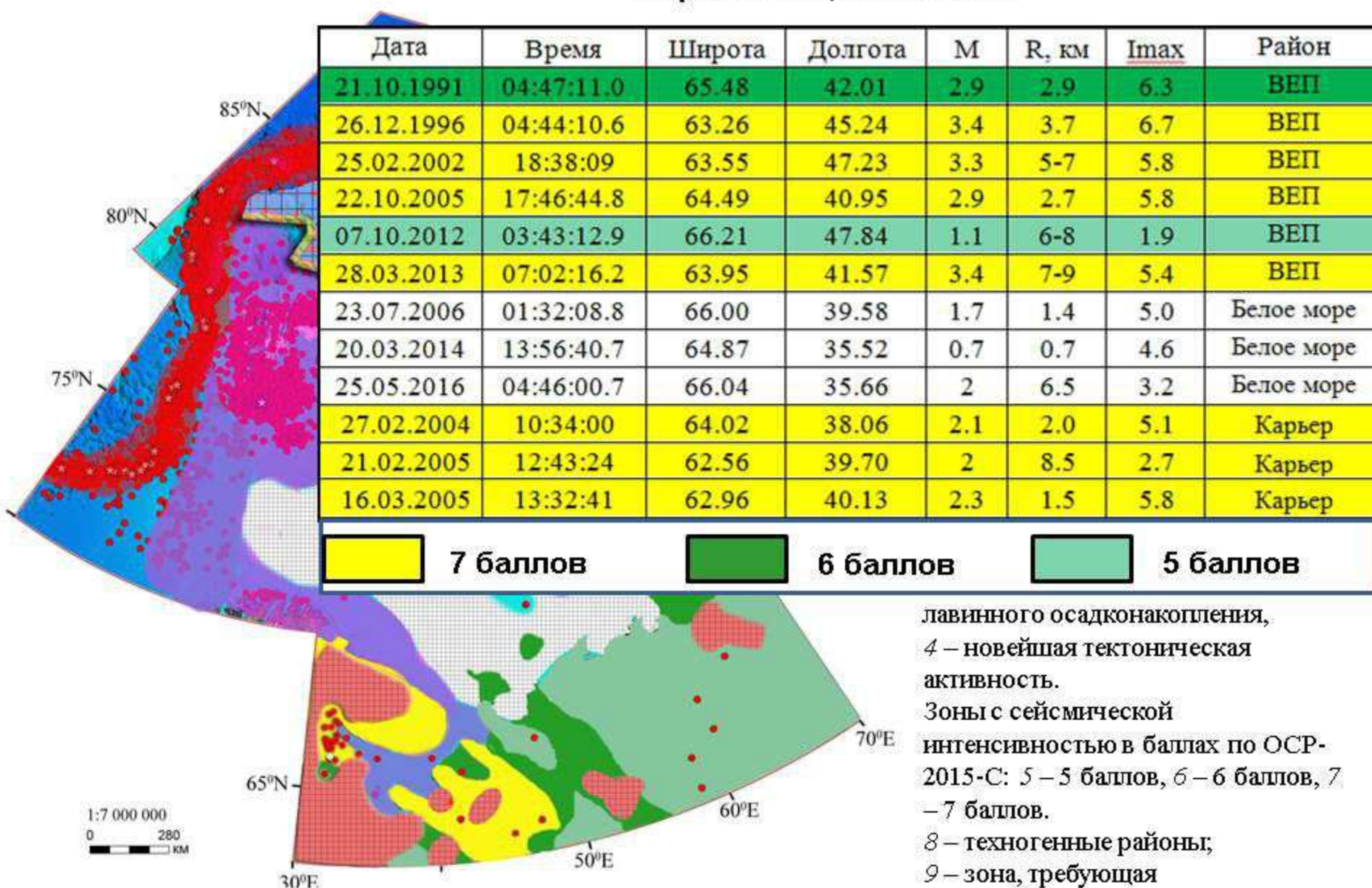
# Современная сейсмичность на карте основных структурно-тектонических элементов Баренцевоморского региона

(с использованием данных (Ступакова, 2011; Arctic Petroleum Geology, 2011))



1 – депрессии: а – Центрально-Баренцевская; б – Северо-Баренцевская; 2 – платформенные массивы: а – Свальбардская антеклиза, б – Печорская плита, в – Северо-Сибирский порог; 3 – краевые прогибы: а – прогиб Седова; б – Коротайхинская впадина; в – Косью-Роговская впадина); 4 – склоны сверхглубоких депрессий: а – Восточно-Баренцевская зона ступеней; б – Южно-Баренцевская зона ступеней; в – Кольская моноклираль; г – Восточно-Новоземельская зона ступеней; е – Северо-Сибирская зона ступеней; 5 – Байкальская складчатость: а – Тиманский кряж; б – Пайхойский кряж; в – Северо-Карская синеклиза; 7 – Скандинавская складчатость каледонского возраста; 8 – Лунинская седловина; 9 – Новоземельская складчатость раннекиммерийского возраста; 10 – сверхглубокие впадины: ЮБ – Южно-Баренцевская; СБ – Северо-Баренцевская; ЮК – Южно-Карская; 11 – границы пришельфовых и неклассифицированных разрывных нарушений; 12 – крупнейшие разломы, сдвиги и надвиги; 13 – активный спрединговый центр; 14 – надпорядковые структуры; 15 – сейсмические события за 1998–2015 гг.; СА – желоб Святой Анны; ХО – Хипопен–Ольгинский желоб; ФВ – желоб Франц-Виктория; О – трог Орли

## Схема сейсмо-тектонического разбiena Баренцевоморского региона и прилегающих областей



Дата	Время	Широта	Долгота	M	R, км	I <sub>max</sub>	Район
21.10.1991	04:47:11.0	65.48	42.01	2.9	2.9	6.3	ВЕР
26.12.1996	04:44:10.6	63.26	45.24	3.4	3.7	6.7	ВЕР
25.02.2002	18:38:09	63.55	47.23	3.3	5-7	5.8	ВЕР
22.10.2005	17:46:44.8	64.49	40.95	2.9	2.7	5.8	ВЕР
07.10.2012	03:43:12.9	66.21	47.84	1.1	6-8	1.9	ВЕР
28.03.2013	07:02:16.2	63.95	41.57	3.4	7-9	5.4	ВЕР
23.07.2006	01:32:08.8	66.00	39.58	1.7	1.4	5.0	Белое море
20.03.2014	13:56:40.7	64.87	35.52	0.7	0.7	4.6	Белое море
25.05.2016	04:46:00.7	66.04	35.66	2	6.5	3.2	Белое море
27.02.2004	10:34:00	64.02	38.06	2.1	2.0	5.1	Карьер
21.02.2005	12:43:24	62.56	39.70	2	8.5	2.7	Карьер
16.03.2005	13:32:41	62.96	40.13	2.3	1.5	5.8	Карьер

**7 баллов**

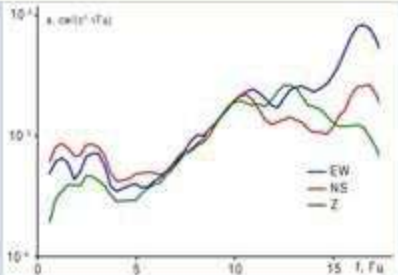
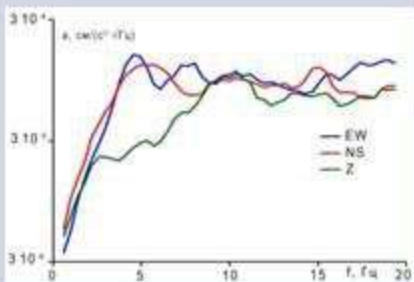
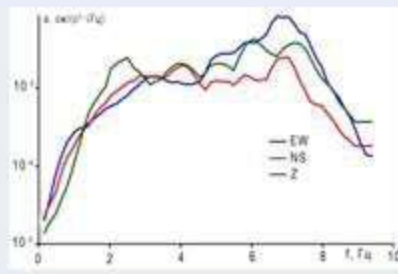
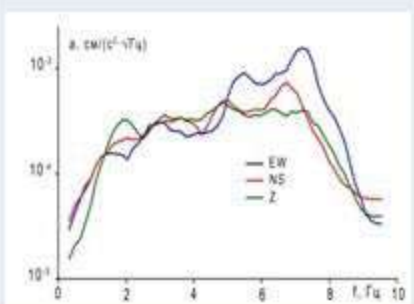
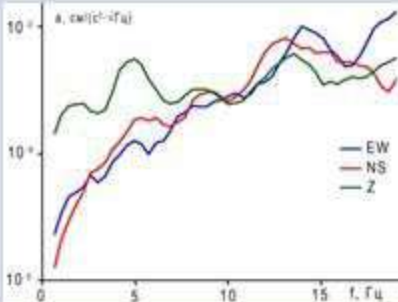
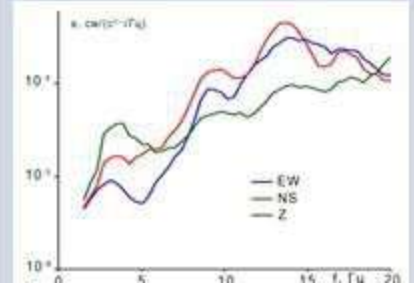
**6 баллов**

**5 баллов**

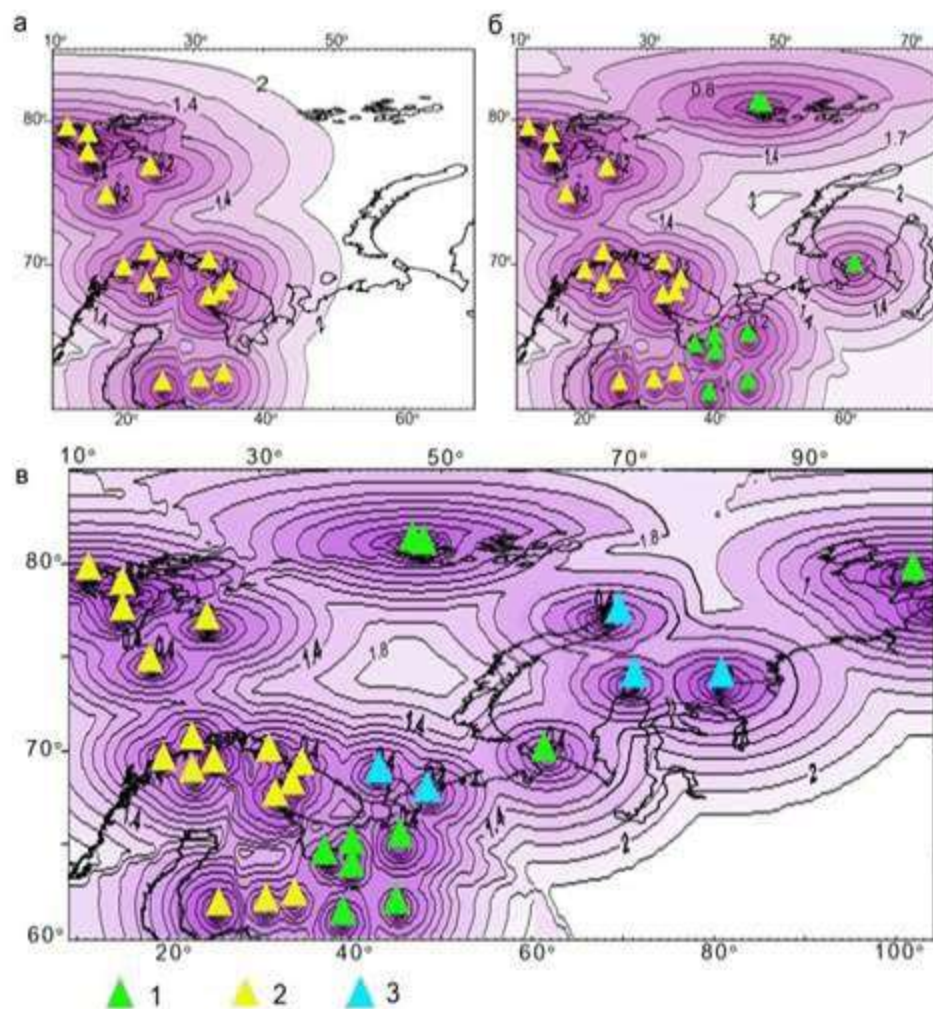
лавинного осадконакопления,  
 4 – новейшая тектоническая  
 активность.  
 Зоны с сейсмической  
 интенсивностью в баллах по ОСР-  
 2015-С: 5 – 5 баллов, 6 – 6 баллов, 7 –  
 7 баллов.  
 8 – техногенные районы;  
 9 – зона, требующая  
 дополнительных исследований

1:7 000 000  
 0 280  
 KM

Параметры воздействий природной и техногенной сейсмичности на  
 сооружения Западного арктического сектора РФ

№ п/п	Наименование воздействия	Расстояние до ближайшей регистрирующей станции, км	Длительность, $t_{cp}$ , с / Преобладающая частота, Гц	Осредненный спектр ускорений воздействия, $cm/(c^2 \cdot \sqrt{Гц})$	
1.	Промышленный карьер «Покровский» Карьеры в Воркутинском промышленном узле	15.14	65/0.934 1.25; 16.88		
		273	85/4.69; 7.81; 15.23		
2.	Взрыв газа в жилом доме  Землетрясение 22.10.2005 $t_0=17:46:44.8$ , $lat=64.49$ , $lon=40.95$ , $h=0-13$ км.	1	10-21/2.5; 7.03		
		21.89	24,3/2.03; 5.31; 7.34		
3.	Запуск ракеты «Союз-2.16»  Запуск ракеты «РС-24»	97	1,7/5.09; 14.84		
		97	9,9/2.73; 8.59; 13.28		

Теоретические расчеты минимальных магнитуд землетрясений Европейского сектора Арктики до (а), после (б) создания Архангельской сейсмической сети и с учетом открытия ряда сейсмических станций в Российской Арктике (в)



1 – станции УНУ «АСС», 2 – сейсмические станции других сетей, 3 – планируемые места установки сейсмических станций

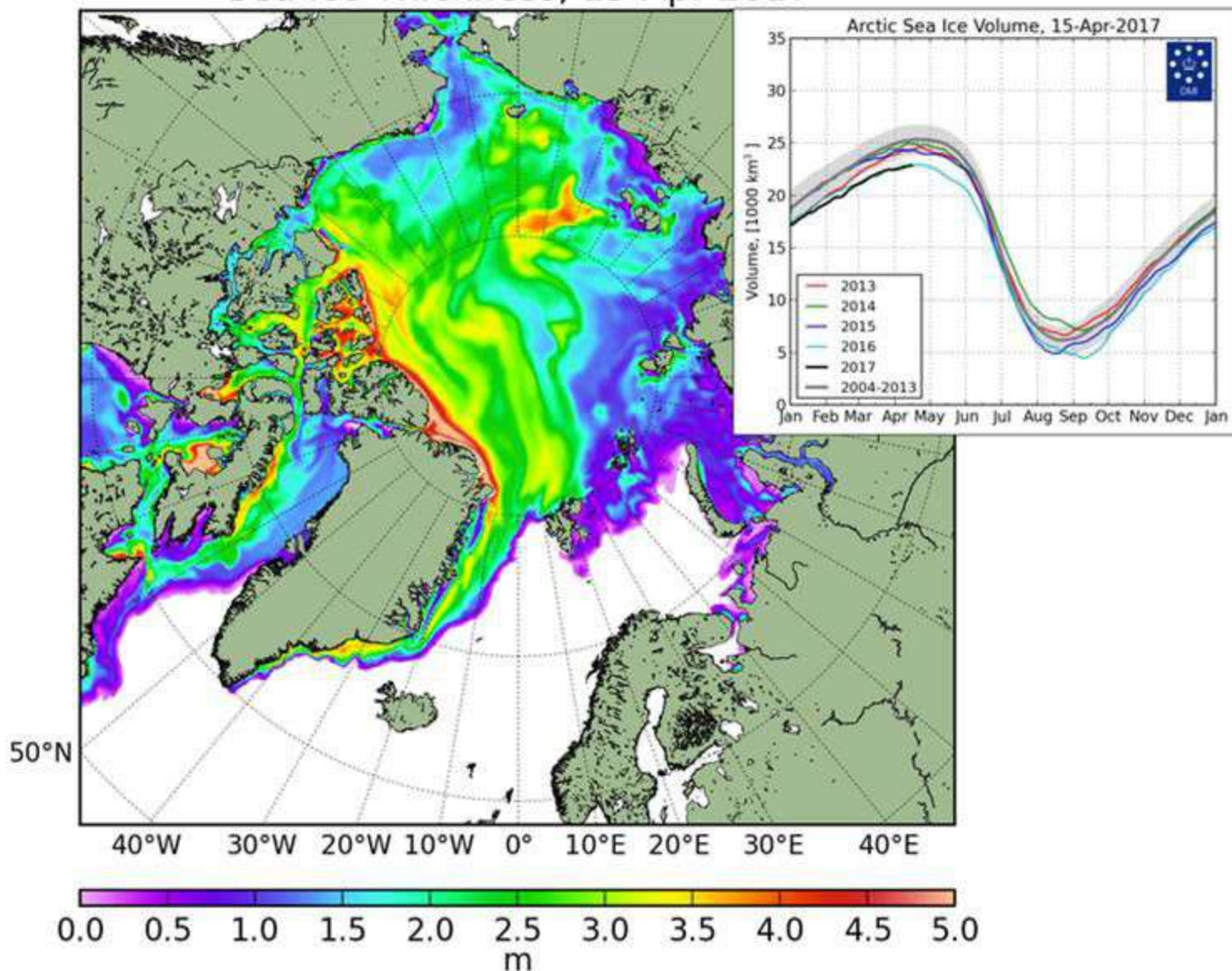
Развитие сети сейсмических наблюдений в Арктике позволит:

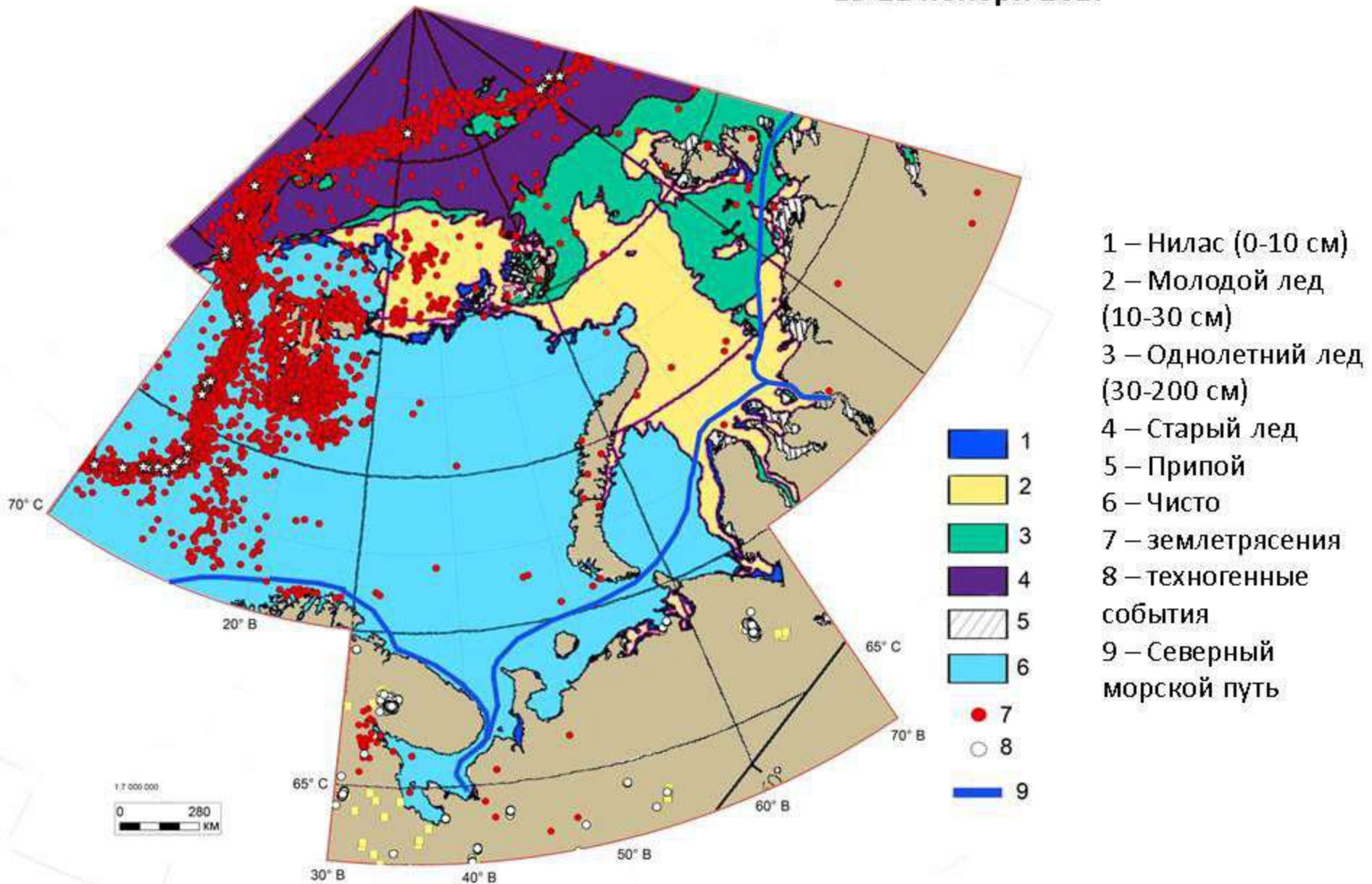
- повысить магнитудную чувствительность сети до  $M_{\min} = 1.8$ , а в районе СМП до  $M_{\min} = 0.8$ ;
- уточнить сейсмичность региона и расширить представления о геодинамике;
- уточнить строение земной коры и верхней мантии;
- проработать методические вопросы локации сейсмических событий природного и техногенного характера;
- повысить детальность карты сейсмического районирования.

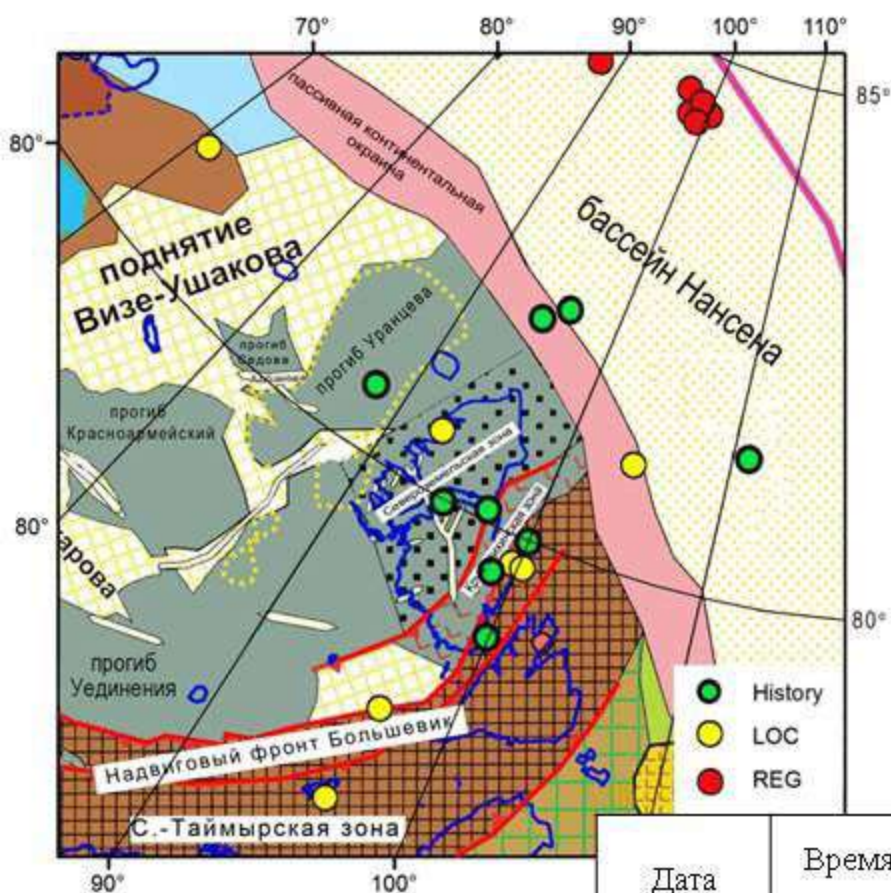


## Распределение толщины льда в Арктике

Sea Ice Thickness, 15-Apr-2017



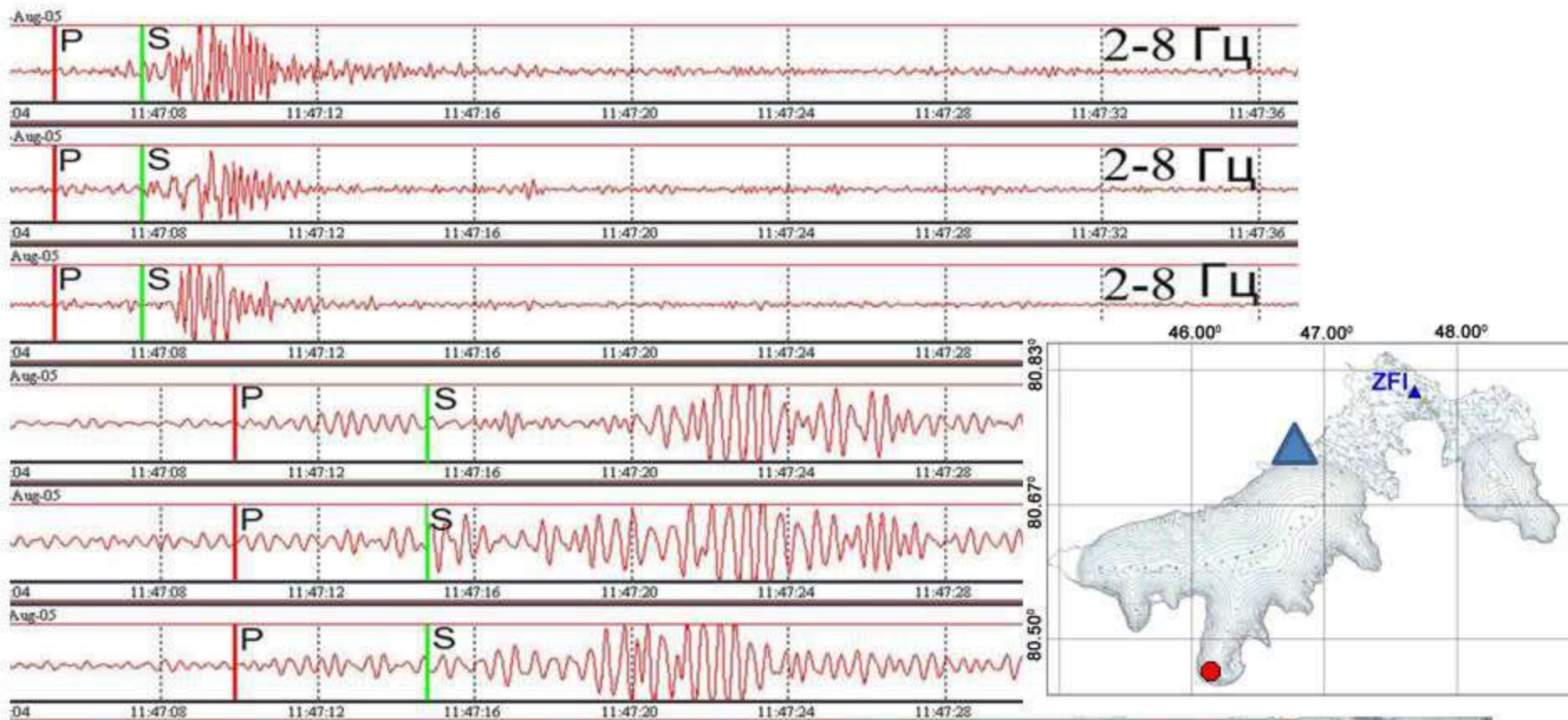




Сопоставление с тектоникой (Никишин и др., 2017)

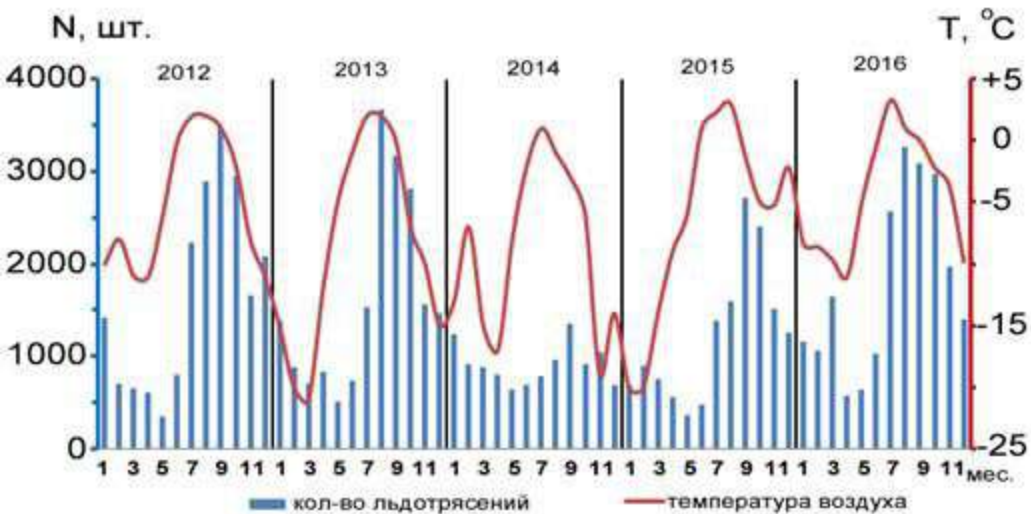
Дата	Время в очаге	$\varphi$ , °N	$\lambda$ , °E	ML	Район	Коды станций, привлеченных к обработке
29.11.16	01:55:55.5	81.16	70.83	3.0	Желоб Святой Анны	SVZ, ZFI, OMEGA
10.12.16	03:00:23.6	81.06	104.14	1.5	Шельфовая окраина	SVZ
10.01.17	01:26:36.5	80.59	92.82	2.1	Северная Земля	SVZ
11.01.17	07:43:09.2	77.96	96.70	4.9	Северная Земля	SVZ, ZFI, OMEGA, SPA0, ARA0
07.03.17	17:10:17.5	79.73	99.68	1.9	Северная Земля	SVZ
13.03.17	08:56:28.7	76.96	96.32	1.7	о. Русский (вблизи п-ва Таймыр)	SVZ
19.03.17	19:48:48.7	79.74	100.35	1.2	Северная Земля	SVZ

# Пример записи льдотрясения

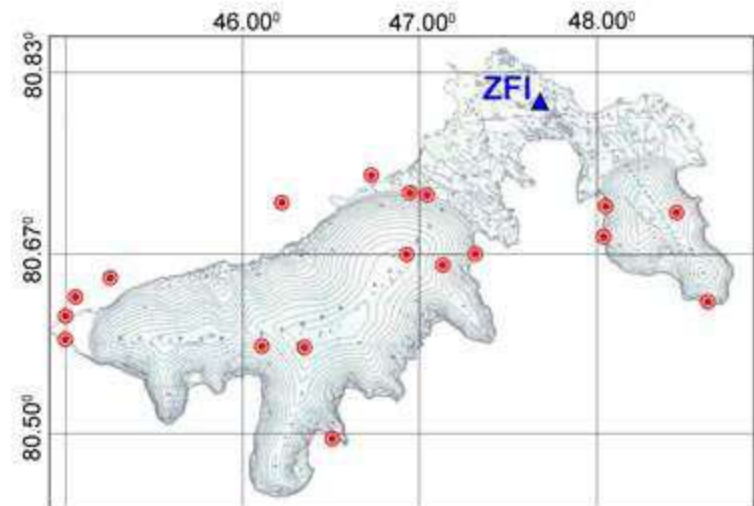


Льдотрясение, Купол Лунный, о. Земля  
Александры, архипелаг Земля Франца-Иосифа  
05.08.2012,  $t_0=11:47:03$ ,  $ML=1.3$



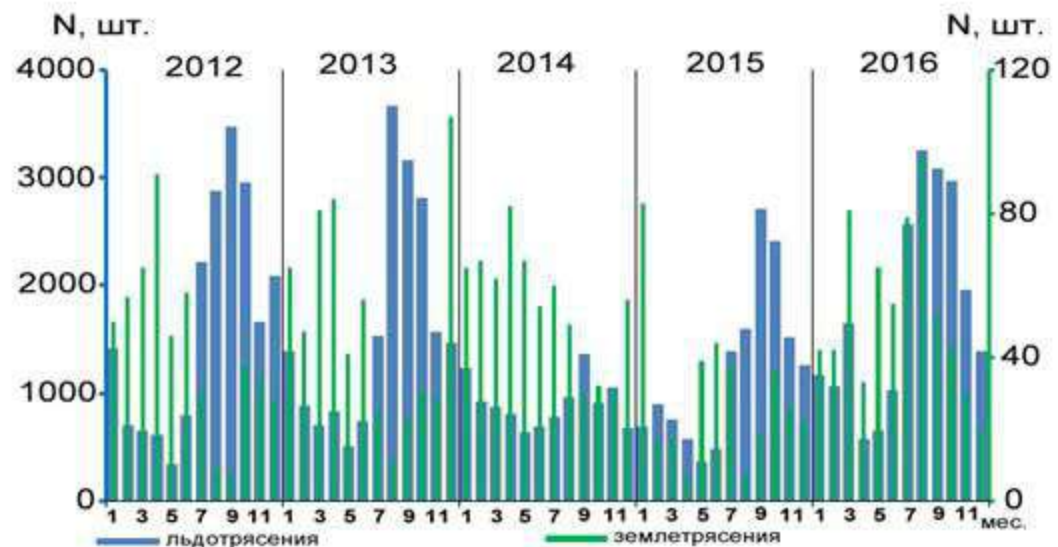


Сравнение распределения количества ледотрясений и значений температуры воздуха за 2012-2016 гг.



Пространственное распределение ледниковых событий, диапазон магнитуд MI= 0.3... 1.6

Сравнение распределения количества ледниковых событий и региональных землетрясений



Таким образом, мониторинг коровой сейсмичности и льдотрясений является важной частью обеспечения безопасности СМП.

Необходимо одновременно решать две задачи:

- Распространение карты ОСР на морские территории;
- Комплексовать мониторинг ледовой обстановки, выполняемый Гидрометом, с мониторингом сейсмичности.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**