

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

УДК 550.349

ОЦЕНКА ИСХОДНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ (р-н НОВОЙ ЗЕМЛИ) ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ОСВОЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УЧАСТКОВ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ

© 2019 г. **И. Г. Миндель**, **Б. А. Трифонов^{1*}**, **М. Д. Кауркин¹**, **В. В. Несынов¹**

¹Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН,
Уланский пер., 13, стр. 2, Москва, 101000, Россия

*E-mail: igelab@mail.ru

Поступила в редакцию 16.01.2019 г.

В последние годы в связи со стоящей перед страной задачей хозяйственного освоения арктических территорий России и перспективой возрастания добычи углеводородов на шельфе арктических морей стало уделяться повышенное внимание изучению сейсмичности шельфа Баренцева моря. Освоение Арктического шельфа России с перспективой возрастания добычи углеводородов является стратегически важным направлением. Работы Б.А. Ассиновской (1990, 1994) и исследования Я.В. Конечной (2015) позволили авторам оценить сейсмические воздействия для северной части шельфа Баренцева моря (район Новой Земли). В работе приведены результаты оценки исходных сейсмических воздействий, которые могут быть использованы для решения задач сейсмического микрорайонирования (СМР) на участках расположения объектов инфраструктуры нефтегазовых комплексов при хозяйственном освоении арктической территории.

Ключевые слова: шельф Баренцева моря, архипелаг Новая Земля, зоны ВОЗ, магнитуда, сейсмическая активность, очаги землетрясений, максимальная интенсивность сейсмических сотрясений, акселерограмма, спектр реакции.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019238-47>

До 80–90-х годов прошлого столетия Арктическому региону в отношении изучения сейсмичности уделялось мало внимания. В целом Баренцевоморский регион считали асейсмичным или мало активным в сейсмическом отношении, что было связано с неразвитостью сети сейсмических станций, которые могли регистрировать сравнительно слабые землетрясения с магнитудами $M \leq 3.0-3.5$ (микроземлетрясения – слабые землетрясения с магнитудой $M < 3$). После создания Баренцевоморской региональной сети мониторинга геодинамических процессов Кольского научного центра РАН и увеличения числа станций Норвежской сети NORSAR, сети Финляндии, Швеции и Дании и других с 1983 г. началась регистрация землетрясений с магнитудой в объемных волнах $m_b > 3$ на территории Баренцевоморского шельфа. Соперничество между скандинавскими и другими странами, с одной стороны, и России, с другой, инициировало создание новых сетей сейсмических станций, что привело к более детальному исследованию тектонических и сейсмических условий, в том числе Баренцево-Карского региона.

Установка высокоширотного сейсмологического пункта на архипелаге Земля Франца-Иосифа (с/с ZFI) в 2011 г. позволила получать новые данные по слабой сейсмичности. К настоящему времени многие проблемы в области изучения сейсмичности Арктики еще остаются нерешенными.

В статье делается попытка оценить исходные сейсмические воздействия на основе имеющихся данных о тектонических и сейсмических условиях для района Новой Земли на Баренцевоморском шельфе.

УТОЧНЕНИЕ ИСХОДНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ РАЙОНА КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (р-н НОВОЙ ЗЕМЛИ)

Сейсмотектонические и сейсмологические условия в северной части Баренцева моря значительно отличаются от участков в его центральной части.

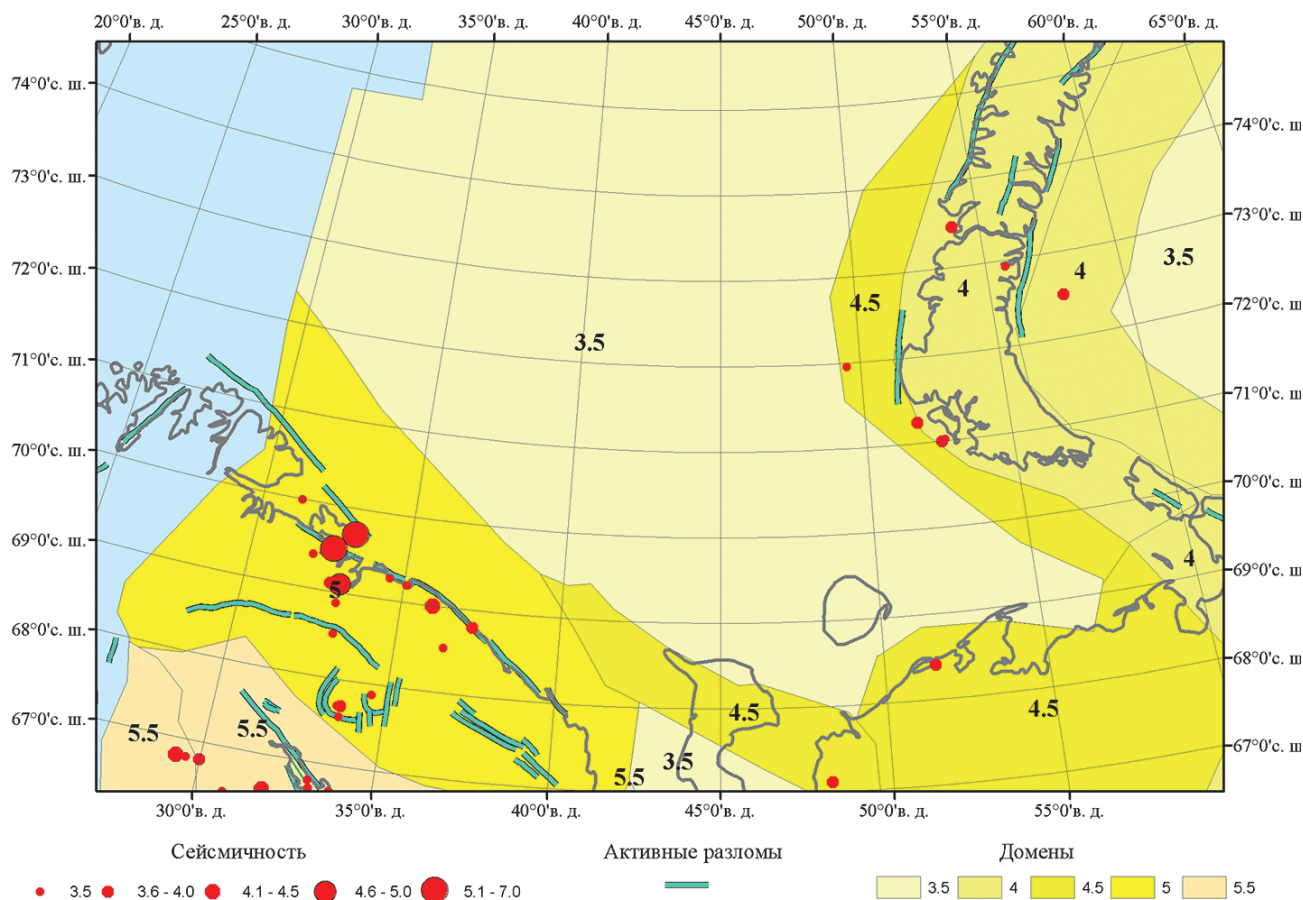


Рис. 1. Фрагмент карт ОСР зон ВОЗ шельфа Баренцевоморского региона (по материалам ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН) [5, 8].

В целом, как отмечается в [1, 2, 6, 9], геодинамика и геологическое строение Баренцевоморского региона изучены фрагментарно, неполно, и требуются дальнейшие, более детальные исследования. Хотя изученность территории недостаточна, в то же время, по данным исследований Б.А. Ассиновской [4], центральная часть Баренцева моря отличается сравнительно спокойной обстановкой благодаря общему растяжению в течение длительного геологического времени. Обстановка общего растяжения создала здесь к неотектоническому этапу “жесткую рану”, образованную Баренцево-Северокарским грабен-рифтом [5].

По данным Е.А. Рогожина и др. [9], а также согласно современным представлениям, Баренцево-Карский регион можно охарактеризовать как сейсмически активный в зоне перехода “континент — океан”. Сосредоточенная сейсмическая активность свидетельствует о современной геодинамической активности тектонических нарушений, трассирующихся вдоль уступа шельфа и обрамляющих крупные грабены близмеридионального простирания. На современную геодинамическую обстановку Баренцевоморского региона

влияют сейсмоструктурные деформации в хребтах Гаккеля, Книповича и др. На фоне сдвиговых деформаций проявляется чередование участков с деформацией сжатия с участками растяжения [9]. Эти сдвиговые движения в районах океанических хребтов и грабенов приводят к обстановке сжатия, что подтверждается концентрацией здесь очагов землетрясений и характером их механизма. В областях сжатия (Свальдгардское поднятие, фьорды Шпицбергена и др.) концентрируются очаги землетрясений с максимальными магнитудами в объемных волнах $m_{bmax} = 4.0 \div 4.4$ [4]. Установлено, что сжатие северо-восточного направления, генерируемое Баренцево-Северокарским палеорифтом в зоне сочленения с Балтийским щитом, предопределило выделение здесь зоны возникновения очагов землетрясений (зоны ВОЗ) с подвижками типа взброса-сдвига. При этом горизонтальное сжатие меняет свое направление с северо-западного, преобладающего на щите, на северо-восточное. Таким образом, возникновение землетрясений на Новой Земле (взбросовые подвижки в очагах) обусловлено влиянием палеорифта с запада и кайнозойского Восточно-Новоземельского грабена с востока.

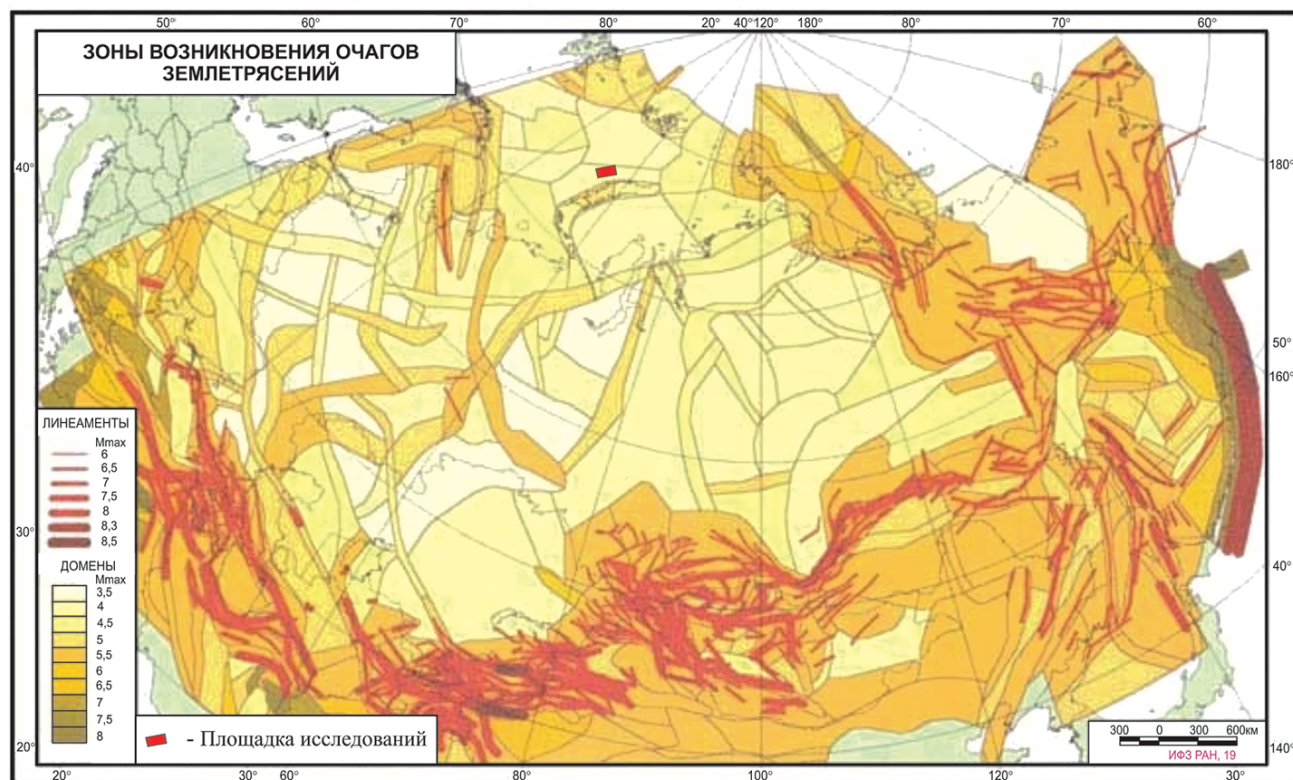


Рис. 2. Расположение участка изучения (прямоугольник) на мелкомасштабной карте возникновения землетрясения (ВОЗ) из базы данных ОСР-97 [8].

Последний по времени каталог коровых инструментальных и исторических землетрясений по данным ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН приведен в табл. 1.

В работах Б.А. Ассиновской 1990-1994 гг. приведена схема сейсмоактивных зон (зон ВОЗ) Баренцево-морского региона. На актуализированной версии карты зон ВОЗ Северной Евразии ОСР-97* [8], созданной с учетом корректировки линеаментно-доменно-фокальной (ЛДФ) модели зон ВОЗ (рис. 1), видно, что на склоне архипелага Новая Земля случались землетрясения с магнитудой $M_s = 4.5^1$.

Рассмотрим участок, расположенный на территории северо-восточной части континентального шельфа Баренцева моря в 40 км к западу от побережья архипелага Новая Земля севернее 74° с.ш., предположительно в домене с магнитудой $M_s = 4.0 \pm 0.2$. Его положение обозначено на рис. 2 и 3 прямоугольниками. Юго-восточная граница участка с учетом рис. 1 удалена от границы домена с $M_s = 4.5 + 0.2$ не более чем на 25 км.

На мелкомасштабной карте зон ВОЗ (см. рис. 2) из базы данных ОСР-2014, с учетом изменений 2015 г., участок исследования расположен в пределах домена с магнитудой $M_s = 4.0-4.5$ (рассеянная сейсмичность). От линеаментов (сейсмогенерирующих разломов) с магнитудами до 5.1-6.0 площадка находится на незначительном (около 40 км) удалении от наиболее близких из них (см. рис. 3).

На новейших картах сотрясений Баренцево-морского региона с периодами повторяемости 1 раз в 500, 1000 и 5000 лет (соответственно карты ОСР-А, ОСР-В и ОСР-С, по последним данным ИФЗ РАН) показаны изолинии сейсмичности (рис. 4). Как видно на этих картах, рассматриваемый участок попадает в большой район, находящийся между изосейстами в 3.0 балла (в районе Новой Земли) и 4.5 баллов (в районе г. Мурманска), причем карты сотрясений составлены с шагом 0.5 баллов. Для более детального проведения изосейст в районе изучаемого участка (например, в 3.5 и 4.0 баллов) в настоящее время явно не хватает необходимой сейсмологической информации.

За весь период инструментальных сейсмологических наблюдений каталог ISC (International Seismological Centre) содержит информацию о 59 сейсмических событиях из этого района.

¹ M_s – магнитуда по поверхностным волнам – основной тип магнитуд, используемый при оценке сейсмической опасности, определяется по макросейсмическим данным с использованием уравнения макросейсмического поля [3].

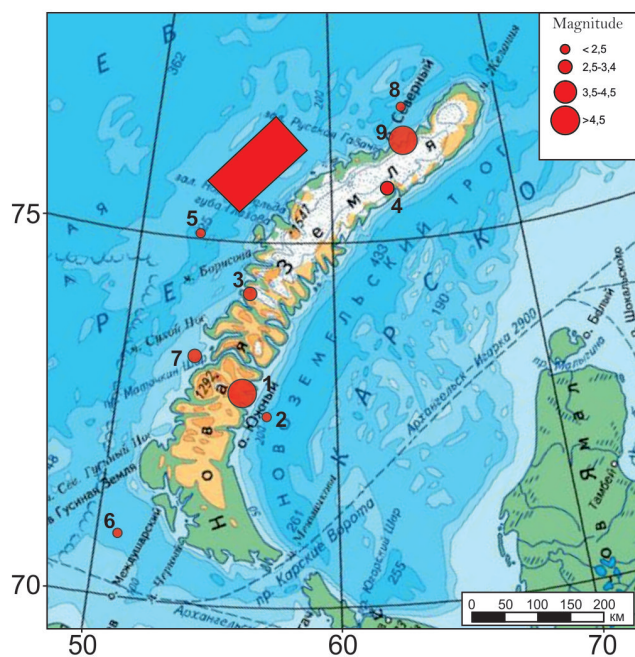


Рис. 3. Карта эпицентров сейсмических событий в районе архипелага Новая Земля за период 1986–2010 гг. [6] (цифровые обозначения соответствуют № в табл. 2). Прямоугольником показано положение площадки изучения.

Большинство из них – ядерные взрывы, проводимые на полигоне Новая Земля. Воздушные ядерные испытания были прекращены в 1963 г.², последние подземные ядерные взрывы проведены 24 октября 1990 г. Была проанализирована имеющаяся информация о взрывах в районе Новой Земли [10]. В результате анализа из каталога ISC были выбраны данные о сейсмических событиях, не подтвержденных как взрывы и имеющих, вероятно, естественную природу (табл. 2). Все они датируются позже 1990 г., за исключением события № 1 (см. табл. 1).

В табл. 3 приведены основные параметры эпицентра землетрясения, произошедшего 4 марта 2014 г. на архипелаге Новая Земля, полученные по данным сейсмологических центров – NORSAR Reviewed Regional Seismic Bulletin и Архангельской сейсмологической стационар-обсерваторией.

На карте (см. рис. 3) показаны землетрясения из каталога ISC (см. табл. 2), произошедшие на Новой Земле за период с 1986 по 2010 г., данные о которых приведены Я.В. Конечной в работе [6]. Следует отметить, что, по данным Е.А. Рогожина

и др. [9], в пределах зоны Новой Земли происходили землетрясения с магнитудой $m_b = 4.1-5.3$.

Наиболее интенсивные землетрясения с магнитудами $m_b = 4.7-4.8$ (номера 1 и 9 в табл. 2) зарегистрированы на западном и восточном склонах архипелага. Все землетрясения из табл. 2, 3 местные: разница между вступлением поперечных волн относительно вступления продольных волн $t_s - t_p \approx 2 \div 5$ с. Принимая во внимание сведения о землетрясениях, зарегистрированных на склоне архипелага, а также данные, приведенные на рис. 1, 2 и 4, можно с некоторым допущением принять в пределах рассматриваемого участка при повторяемости сотрясений 1 раз в 500 лет магнитуды местного землетрясения $M_s = 4.0$, а при повторяемости 1 раз в 1000 лет – $M_s = 5.0$.

РАСЧЕТ ИСХОДНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

На примере рассматриваемого участка (см. рис. 3) исходные сейсмические воздействия анализировались с учетом изложенных выше сведений и некоторой неопределенности из-за недостаточной изученности тектонической и сейсмической обстановки в доменах с $M_s = 4.0 \div 4.5$ и линеамента вдоль западного склона архипелага Новая Земля с возможной максимальной магнитудой $M_s = 6.0$.

Оценка интенсивности сотрясений на исследованном участке проведена по известной формуле макросейсмического поля Н.В. Шебалина:

$$I (\text{балл}) = 1.5M_s - 3.5 \lg R + 3.0,$$

где M_s – максимальная магнитуда, R – гипоцентральное расстояние в километрах.

Тогда при $M_s = 4.0$ и $R(H) = 12$ км, где H – глубина очага в километрах [очаг находится непосредственно под площадкой (рассеянная сейсмичность), согласно данным из табл. 1 и 2, на глубинах 10–15 км, в расчетах принимается равным 12 км], получим $I = 5.2$ балла на грунтах II категории по сейсмическим свойствам, что несколько превышает оценку по картам ОСР-97. При расчетах обе горизонтальные компоненты считались одинаковыми по уровню, равными более интенсивной. Это намного повышало точность расчетов, так как воздействия становятся независимыми от ориентации компонент в пространстве. Соотношение между вертикальной и горизонтальными компонентами принималось равным 0.6–0.7 для интенсивностей 7 и 8 баллов.

Величины максимальных ускорений (PGA) были оценены по зависимости В.И. Уломова из [7]:

$$\lg \text{PGA} (\text{см}/\text{с}^2) = 0.301 \times I - 0.107.$$

² Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой. URL: http://www.mid.ru/adernoe-nerasprostranenie/-/asset_publisher/JrcRGi5UdnBO/content/id/609152.

Таблица 1. Каталог коровых инструментальных и исторических землетрясений (по данным ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН)

Год	Месяц	Число	Часы	Минуты	Секунды	Широта, градусы	Долгота, градусы	Глубина очага, км	Магнитуда
1503	6	30	0	0	0.00	69.70	33.20	16	6.9
1542	8	13	10	0	0.00	66.40	34.00	15	5.0
1758	12	6	0	0	0.00	68.88	33.00	10	3.5
1772	2	18	17	0	0.00	69.40	32.00	10	3.5
1772	2	18	0	0	0.00	69.50	32.60	20	5.8
1819	8	31	0	0	0.00	69.10	33.00	12	4.8
1892	9	5	18	50	0.00	66.80	29.60	17	3.5
1907	0	0	0	0	0.00	68.80	37.30	7	4.0
1917	2	6	20	0	0.00	69.20	35.10	10	3.3
1925	3	30	3	0	0.00	66.80	30.00	15	4.0
1936	1	1	6	0	0.00	66.20	43.30	7	3.5
1955	8	8	17	20	59.00	67.70	33.60	15	3.3
1960	2	2	12	32	30.00	66.80	29.30	20	4.7
1962	7	4	18	55	44.00	66.60	31.90	25	4.5
1966	1	22	23	46	48.00	66.70	33.20	0	3.5
1967	5	20	23	18	12.60	66.70	33.80	15	3.5
1968	10	24	20	13	45.20	69.10	32.70	18	3.8
1971	5	7	12	38	56.00	70.00	31.30	0	3.5
1971	9	15	9	15	13.30	67.12	48.25	10	3.9
1973	10	27	7	52	25.80	70.99	52.58	10	3.7
1973	10	27	8	3	58.20	71.02	52.70	10	3.7
1973	10	27	8	21	21.80	71.00	52.58	10	3.9
1973	10	27	9	13	51.30	71.24	51.80	10	3.9
1973	11	5	11	58	18.00	76.00	30.00	20	4.5
1974	9	30	9	11	42.20	67.70	33.70	7	4.2
1974	12	12	21	19	46.40	71.96	49.53	10	3.5
1977	10	9	10	59	58.80	73.47	53.98	10	3.9
1981	4	10	19	43	31.50	69.00	36.00	20	4.4
1986	8	1	13	56	37.10	72.93	55.76	10	3.7
1987	4	1	13	8	34.30	69.26	34.54	6	3.5
1987	6	25	5	24	8.20	68.53	36.49	12	3.4
1989	4	16	6	34	44.00	67.57	33.71	6	3.7
1990	6	16	12	43	26.10	68.52	33.09	8	3.4
1995	9	18	3	26	7.50	66.49	30.84	10	3.4
1995	11	9	1	10	27.20	66.79	33.14	10	3.5
1995	11	14	15	25	14.10	68.41	51.56	33	3.9
1997	8	16	2	11	1.90	72.50	57.69	0	3.8
1999	8	17	4	44	36.20	67.88	34.57	0	3.5
2001	10	22	9	47	34.10	66.46	33.04	10	3.6

Таблица 2. Список сейсмических событий, зарегистрированных в районе Новой Земли за период 1986-2010 гг. [6, 10]

№ на рис. 3	Дата	Время в очаге	φ°	λ°	Глубина очага, h, км	Магнитуда	Источник
1	01.08.1986	13:56:37.07	72.9	55.8	10	$m_b=4.8$	ISC Bulletin: bulletin search
2	16.08.1997	02:10:59.18	72.6	56.9	10	ML=2.5	Тот же
3	23.02.2002	01:21:12.17	74.3	55.8	10	$m_b=3.0$	ISC Bulletin: bulletin search; NORSAR Reviewed Regional Seismic Bulletin
4	08.10.2003	23:07:19.70	75.6	62.9	-	ML=2.6	Тот же
5	14.03.2006	20:57:02.40	75.1	53.1	-	ML=2.2	- « -
6	30.03.2006	10:46:02.43	70.9	51.0	0	ML=2.3	- « -
7	26.06.2007	03:19:19.40	73.4	53.4	-	ML=2.8	- « -
8	05.03.2006	23:17:35.73	76.8	64.3	-	ML=2.5	- « -
9	11.10.2010	22:48:28.82	76.3	64.3	19.4	$m_b=4.7$	- « -

Примечание: m_b — магнитуда в объемных волнах; ML — локальная магнитуда (в шкале Рихтера) в настоящее время применяется в США и некоторых др. странах [3].

Тогда при величине $I = 5.2$ балла $PGA=29$ см/с² на грунтах II категории по сейсмическим свойствам, а на скальном грунте (I категории) PGA будет оцениваться в 15 см/с².

Как отмечалось выше, юго-восточная граница исследуемого участка удалена от границы домена с $M_s = 4.5+0.2$ не более чем на 25 км. Тогда при $H = 12$ км гипоцентрального расстояния $R = 28$ км и $I = 4.7$ балла на грунтах II категории по сейсмическим свойствам. На скальном грунте $PGA = 10$ см/с².

Следует отметить, что участок изучения находится на территории северо-восточной части континентального шельфа Баренцева моря в 40 км к западу от побережья архипелага Новая Земля (см. рис. 4), и для него от линеамента с $M_s = 6.0$ были получены значения $PGA = 29$ см/с² на скальном грунте.

Основные параметры сейсмических воздействий (Ta_{max} , t) оценивались по известным зависимостям Ф.М. Аптикаева [3], приведенным в новейших СП 283.1325800.2016³. Результаты такого анализа показаны в табл. 4.

Средние значения спектра на интенсивной компоненте горизонтальных колебаний $b = 3.6$.

На основе совместного анализа имеющихся записей землетрясений в районе Новой Земли на уровне 0.7 от PGA и полученной продолжительности колебаний из домена с $M_s = 4.0$ (см. табл.4)

величина τ принималась равной около 4 с, а от землетрясения из линеамента вдоль западного склона архипелага Новая Земля $\tau = 4-5$ с.

На основании указанных выше сведений с учетом некоторых неопределенностей в изучении сейсмических условий на шельфе Баренцева моря предлагается принять следующие параметры для расчета синтезированных акселерограмм на поверхности скального грунта:

- для домена с $M_s = 4.0$ и $R(H) = 12$ км — $PGA = 15$ см/с², преобладающие периоды соответственно $T = 0.14-0.16$ с, продолжительность колебаний $\tau = 4$ с;
- для линеамента $M_s = 6.0$ и $R = 45$ км — $PGA = 29-30$ см/с², $T = 0.28-0.32$ с, $\tau = 4-5$ с.

СИНТЕЗИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ РАСЧЕТНЫХ АКСЕЛЕРОГРАММ НА ПОВЕРХНОСТИ СКАЛЬНОГО ГРУНТА

На основании исходных параметров воздействий, приведенных выше, были получены синтезированные акселерограммы на поверхности скального грунта. Расчет синтезированных акселерограмм производился в специализированной программе PSEQGN. Входными параметрами для расчета служили величины максимального ускорения (PGA), преобладающего периода колебаний в ускорениях (Ta_{max} , с) и продолжительности колебаний (τ , с).

На рис. 5 и 6 приведены примеры синтезированных акселерограмм и спектров реакции (горизонтальные компоненты XY) на поверхности

³ СП 283.1325800.2016 Объекты строительные повышенной ответственности. Правила сейсмического микрорайонирования. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456069594>.

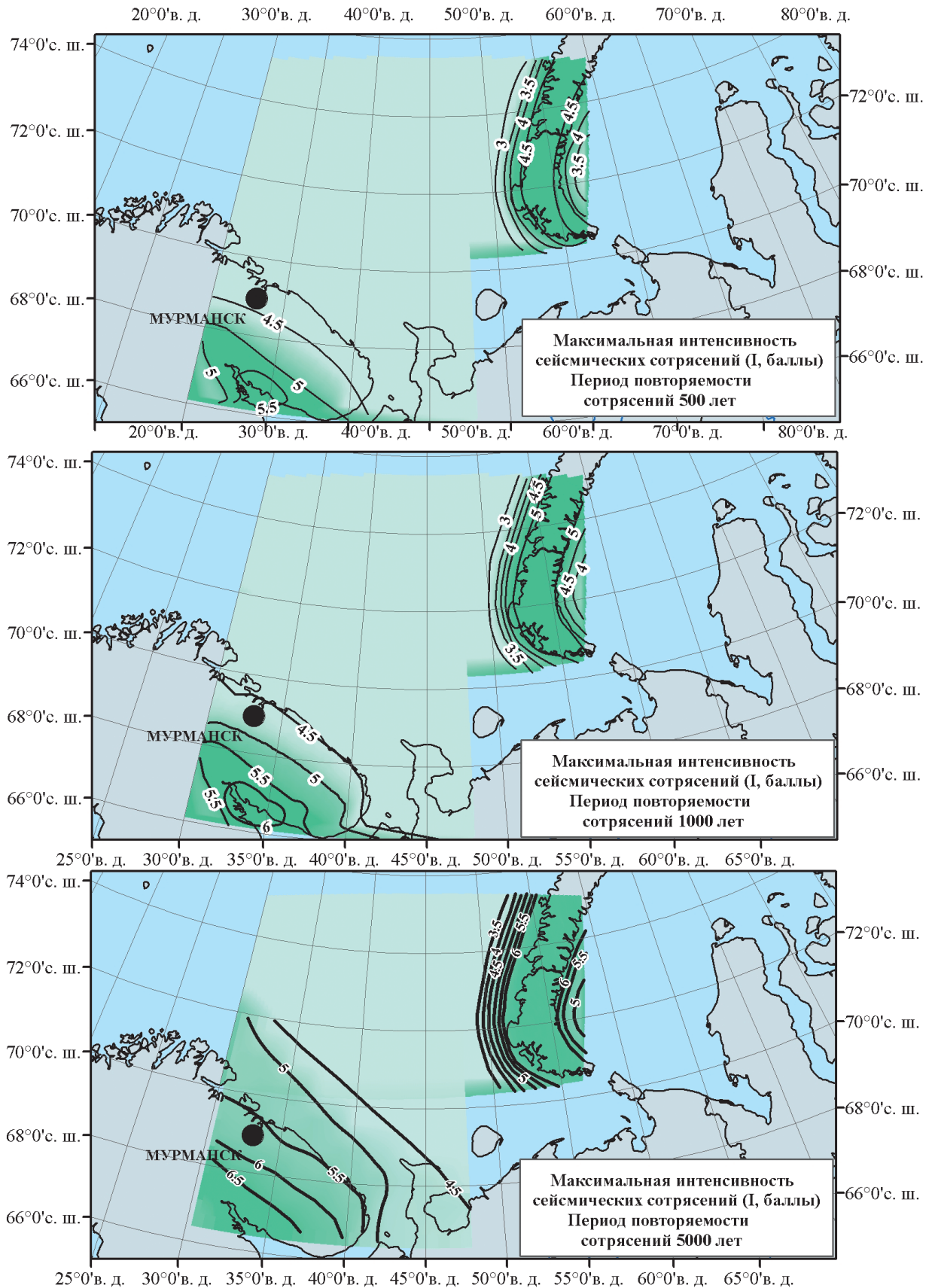


Рис. 4. Фрагмент карт ОСР-А, ОСР-В и ОСР-С по последним данным ИФЗ РАН.



Рис. 5. Синтезированная акселерограмма (горизонтальные компоненты XY) на поверхности скального грунта от землетрясения из домена с $M_s = 4.0$ и $R = 12$ км (а), спектр реакции 5% (б).

скального грунта от землетрясения из домена с $M_s = 4.0$ и $R(H)=12$ км и из линеамента вдоль правого склона архипелага с $M_s = 6.0$ и $R=45$ км для исследуемого участка.

при расчетах ожидаемых сейсмических воздействий для участков, расположенных в северной части Баренцева моря (район Новой Земли), с учетом местных грунтово-геологических условий.

ВЫВОДЫ

Полученные по рассмотренной методологии расчетные исходные воздействия на поверхности скального грунта от землетрясений из домена с $M_s = 4.0$ и линеамента с $M_s = 6.0$ могут быть использованы (служить входными параметрами)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антоновская Г.Н., Конечная Я.В., Морозов А.Н. Сейсмическая активность Арктической зоны: новые данные по Западному сектору // Проблемы Арктики и Антарктики. 2013. № 2 (96). С. 16-25.

Таблица 3. Основные параметры эпицентра землетрясения на архипелаге Новая Земля 04.03.2014 г. по данным различных сейсмологических центров [6]

Сейсмологический центр	Время в очаге	φ°	λ°	Глубина очага h, км	Магнитуда	Источник
NORSAR	04:42:32.9	74.50	56.82	0	ML=3.2	NORSAR Reviewed Regional Seismic Bulletin
Архангельская сейсмическая сеть	04:42:36.0	74.78	57.30	15	ML=3.2	Архангельская сейсмологическая стационар-обсерватория

Таблица 4. Таблица результатов анализа параметров сейсмических воздействий в районе участка исследования, расположенного в северной части Баренцева моря вблизи архипелага Новая Земля

Зона с магнитудой, M_s	Гипоцентральное расстояние, R, км	PGA, cm/c^2	Преобладающий период, T, с	Продолжительность колебаний, τ
Домены				
$M_s=4.0$	10-15 (12)	15	0.14-0.16 (15)	3-4
$M_s=4.5$	28	10	0.17-0.19 (18)	3-4
Линеамент вдоль западного склона архипелага Новая Земля				
$M_s=6.0$	45	29-30 (30)	0.28-0.32 (0.28)	4-5

Примечание: в скобках приведено значение, принятое при расчетах.

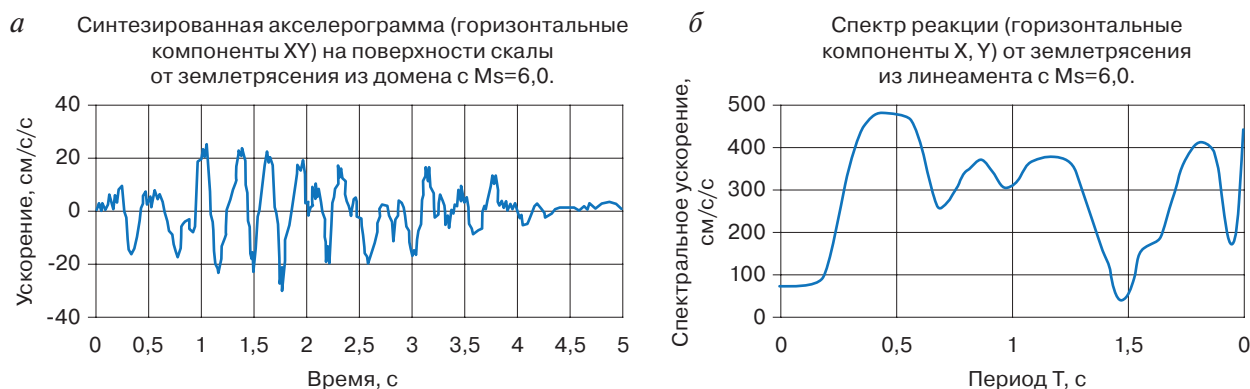


Рис. 6. Синтезированная акселерограмма (горизонтальные компоненты XY) на поверхности скального грунта от землетрясения из линеамента с $M_s = 6.0$ и $R = 45$ км (а), спектр реакции 5% (б).

2. Антоновская Г.Н., Данилов А.В. Организация пунктов сейсмических наблюдений в условиях Европейского Севера России на примере функционирования пункта “Земля Франца-Иосифа” // Проблемы Арктики и Антарктики. 2014. № 4 (102). С. 24-33.
3. Аптикаев Ф.Ф. Инструментальная шкала сейсмической интенсивности. М.: Наука и образование, 2012. 175 с.
4. Ассиновская Б.А. Землетрясения Баренцева моря. М.: НГК РАН, 1994. 126 с.
5. Ассиновская Б.А., Соловьев С.Л. Опыт выделения и характеристики зон возможных очагов землетрясений в Баренцевом море // Физика Земли. 1993. № 2. С. 23-37.
6. Конечная Я.В. Особенности природной сейсмичности Западного сектора Арктической зоны РФ по данным станций Баренц-региона. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Архангельск, 2015. 217 с.
7. Уломов В.И. Вероятностно-детерминистская оценка сейсмических воздействий на основе карт ОСР-97 и суммарных землетрясений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2005. № 4. С.60-69.
8. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8 000 000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М.: ОИФЗ, 1999. 57 с.
9. Рогожин Е.А., Капустян Н.К., Антоновская Г.Н., Конечная Я.В. Новая карта сейсмичности Европейского сектора Российской Арктики // Геотектоника. 2016. №3. С. 19-25.
10. Ringdal F., Kværna T., Kremenetskaya E., Asming V., Kozurev S., Mykkeltveit S., Gibbons S., Schweitzer J. Research in regional seismic monitoring // NORSAR Scientific Report. 2004. No. 2. P. 28-40.

REFERENCES

1. Antonovskaya, G.N., Konechnaya, Ya.V., Morozov, A.N. Seismic activity of the Arctic zone: new data on the Western sector. *Problemy Arktiki i Antarktiki*, 2013, no. 2 (96), pp. 16–25 (in Russian).
2. Antonovskaya, G.N., Danilov, A.V. Organization of seismic observation points in the European North of Russia by the example of operating point at Franz Josef Land. *Problemy Arktiki i Antarktiki*, 2014, no. 4 (102), pp. 24-33 (in Russian)
3. Aptikaev, F.F. *Instrumental'naya shkala seismicheskoi intensivnosti* [Instrumental scale of seismic intensity]. Moscow, Nauka i obrazovanie, 2012, 175 p. (in Russian)
4. Assinovskaya, B.A. *Zemletryaseniya Barentsova morya* [Earthquakes in the Barents Sea]. Moscow, NGK RAN Publ., 1994, 126 p. (in Russian)
5. Assinovskaya, B.A., Solov'ev, S.L. Experience in identifying and characterizing zones of possible foci of earthquakes in the Barents Sea. *Fizika Zemli*, 1993, no. 2, pp. 23-37.
6. Konechnaya, Ya. V. *Osobennosti prirodnoi seismichnosti Zapadnogo sektora Arkticheskoi zony RF po dannym stantsii Barents-regiona* [Specifics of natural seismicity in the Western sector of the Arctic zone of the Russian Federation by the data of the stations in the Barents region] Cand. Sci. (Techn.) Dissertation, Arkhangelsk, 2015, 217 p. (in Russian)
7. Ulomov, V.I. Probabilistic-deterministic estimation of seismic effects based on OCP-97 maps and total earthquakes. *Seismostoykoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii*, 2005, no. 4, pp. 60–69. (in Russian)
8. Ulomov, V.I., Shumilina, L.S. *Komplekt kart obshchego seismicheskogo raionirovaniya territorii Rossiiskoi Federatsii – OSR-97* [A set of maps of the general seismic zoning for the Russian Federation territory – OSR-97]. Scale 1: 8 000 000. Explanatory note and list of cities and towns located in earthquake-prone areas. Moscow, OIFZ Publ., 1999, 57 p. (in Russian)

9. Rogozhin, E.A., Kapustyan, N.K., Antonovskaya, G.N., Konechnaya, Y.V. New seismic map of the European sector of the Russian Arctic. *Geotektonika*, 2016, no. 3, pp.19-25. (in Russian)
10. Ringdal, F., Kværna, T., Kremenetskaya, E., Asming, V., Kozyrev S., Mykkeltveit, S., Gibbons, S., Schweitzer, J. Research in regional seismic monitoring. *NORSAR Scientific Report*, 2004, no. 2, pp. 28–40.

ASSESSMENT OF INITIAL SEISMIC IMPACTS ON THE NORTHERN PART OF THE BARENTS SEA SHELF (NOVAYA ZEMLYA REGION) FOR THE PURPOSE OF SEISMIC MICROZONING IN THE AREAS OF PROSPECTIVE HYDROCARBON MINING

I. G. Mindel, I. G. Mindel, B. A. Trifonov, M. D. Kaurkin, V. V. Nesynov

*Sergeev Institute of Environmental Geoscience, Russian Academy of Sciences,
Ulanskii per., 13, str.2, Moscow 101000, Russia. E-mail: igelab@mail.ru*

In recent years, in connection with the national task of developing the Arctic territories of Russia and the perspective increase in the hydrocarbon mining on the Arctic shelf, more attention is being paid to the study of seismicity in the Barents Sea shelf. The development of the Russian Arctic shelf with the prospect of increasing hydrocarbon mining is a strategically important issue. Research by B.A. Assinovskaya (1990, 1994) and Ya.V. Konechnaya (2015) allowed the authors to estimate the seismic effects for the northern part of the Barents Sea shelf (Novaya Zemlya region). The paper presents the assessment results of the initial seismic impacts that can be used to solve seismic microzoning problems in the areas of oil and gas infrastructure during the economic development of the Arctic territory.

Keywords: *Barents Sea shelf, Novaya Zemlya, zones of probable earthquakes, magnitude, seismic activity, earthquake foci, maximum seismic shocks intensity, accelerogram, response spectrum*

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019238-47>