

УДК 550.34

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ «ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ ГОКА «ЛУННОЕ» И «ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ №2, №3 ОМСУКЧАНСКОЙ ЗИФ» МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Алешина Е.И., Курткин С.В., Карпенко Л.И.

Магаданский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Магадан, Kurs@memsd.ru

Введение

Омсукчанский район Магаданской области – территория с бурно развивающимся горнопромышленным производством, что является одним из существенных аспектов экстремальной обстановки в районе. Повышенная сейсмическая активность отмечалась в 1981, 1987, 1998, и 2004 гг., Это было связано с афтершоковыми процессами сильных землетрясений Купкинского (08.11.1981 г. с $M = 5.1$) и Омсукчанского (11.02.1987 г. с $M = 4.7$), а также с роями землетрясений: Наяханским (1998), и Маратским (2004) [1, 2, 3, 4, 11].

С целью выявления и оценки характеристики сейсмогенерирующих разломов и зон ВОЗ, сейсмические события которых могут представлять опасность для промышленных объектов, были проведены работы по детальное сейсмическому районированию (ДСР) участков сооружений хвостохранилище ГОКа «Лунное» и хвостохранилище №2 и №3 Омсукчанской ЗИФ. По нормативной карте ОСР-97 объекты расположены в 7-ми и 8-ми балльных зонах сейсмической опасности [10, 9].

Основные сведения о сейсмотектонике района исследований

Главным структурным элементом исследуемого района является Верхнесугойская кайнозойская впадина, приуроченная к Буксундинскому глубинному разлому северо-восточного простирания. Очаговая область землетрясений пространственно тяготеет к юго-восточному окончанию впадины, где вертикальная амплитуда смещений по безымянному разлому составляет более 200 м. По геологическим данным большинство разломов имеют северо-восточное простирание и характеризуются левосторонними сдвигами [6, 11].

За период инструментальных наблюдений (1932–2018 гг.) на рассматриваемой территории (61.2° – 64° с.ш. и 152° – 158° в.д.) локализованы эпицентры 1173 землетрясений с энергетическими классами $K_p = 5.7$ – 13.7 ($M = 1.4$ – 5.3). Большинство очагов землетрясений приурочены к глубинным разломам северо-западного, северо-восточного и субширотного простирания (рис. 1). Наклон графика повторяемости составил $\gamma = -0.42$ ($\gamma = 0.48$ – 0.49 для Магаданской области [7]). Гипоцентры землетрясений расположены в пределах земной коры на глубинах $h \leq 33$ км. Большинство событий, в том числе и самые сильные, сконцентрированы в диапазоне глубин 5 – 14 км. Более половины землетрясений относится к 7–8 энергетическим классам, землетрясения с энергетическим классом $K_p \geq 10$ составляют 11.4% (включая афтершоки).

Для прогнозного анализа сейсмической опасности в окрестностях сооружений было определено положение зон возможных очагов землетрясений (ВОЗ) и выделено 7 зон повышенной сейсмической активности: Маратская, Кырчанская, Омсукчанская, Купкинская, Буксундинская, Безымянная-3 и Наяханская (таблица 1). Согласно механизмам очагов сильнейших землетрясений современные типы подвижек по разломам – сдвиги, надвиги, сбросы и взбросы. Близ эпицентров землетрясений преобладают субвертикальные смещения (60 – 80°) [6].

Характеристика зон ВОЗ

Самая крупная *Купкинская зона*, где в 1979, 1981 и 1992 гг. произошли сильные, ощутимые Купкинские землетрясения с $M = 4.7$ – 5.1 , приурочена к юго-восточному сегменту глубинного разлома Улахан, протяженность сегмента около 142 км; тип подвижки по разлому – левосторонний сбросо-сдвиг [6]. Землетрясения этой зоны в прошлом вызывали 5-ти балльные сотрясения в пос. Омсукчан. Купкинское землетрясение 18 ноября 1979 г. имело максимальную расчетную интенсивность в эпицентре ($I_0 = 8$ баллов). [4, 1].

В пределах *Маратской зоны* в течение 2004 г. наблюдался рой землетрясений, включающий более 80 толчков с энергетическим классом $K_p = 7.1$ – 10.8 ($M = 2.1$ – 3.9), зарегистрированных в период с 20 февраля по 3 ноября 2004 г. [1, 4]. Их эпицентры находятся между Сугойским и Насучанским

синклиориями, в пределах Нягаинской мульды, между крупными разломами – Маратским и Ветровским. Продольная ось овального облака роя имеет протяженность около 70 км и вытянута в север–северо-восточном направлении. Длина поперечной оси около 15 км. В 2015 г. здесь зарегистрировано сильное землетрясение с $K_p = 12.6$ ($M = 4.8$) (рис. 1, 2). Оно ощущалось в Омсукчане с интенсивностью $I =$ балла [1, 5].

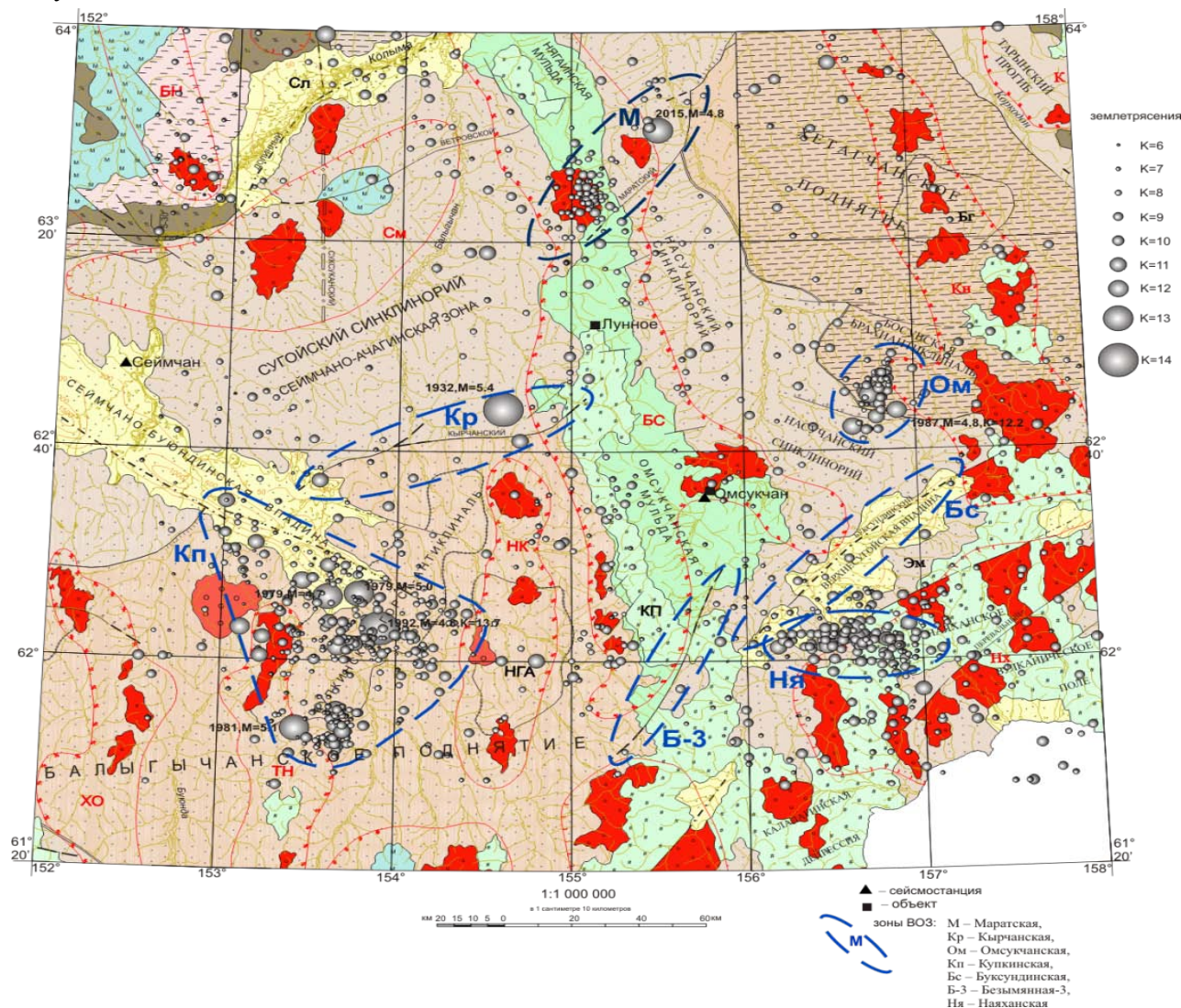


Рис. 1. Тектоническая схема района сооружений Хвостохранилища ГОКа «Лунное» и Хвостохранилища №2 и №3 Омсукчанской ЗИФ (Кузнецов, 2001) с эпицентрами землетрясений и зонами ВОЗ.

Кырчанская зона приурочена к глубинному одноименному разлому субширотного простирания. Самое сильное землетрясение с $M = 5.4$ здесь зарегистрировано в 1932 г., другие землетрясения этой зоны имеют меньший энергетический класс ($K_p \leq 10$) [3].

Омсукчанская зона – небольшая по площади, приурочена к безымянному разлому 2 субширотного направления (рис. 1). В 1987 г. здесь произошло Омсукчанское землетрясение ($K_p \geq 12.3$, $M \geq 4.7$), ощутимое в Омсукчане с интенсивностью $I = 4$ балла. [11, 5].

Буксундинская зона приурочена к Буксундинскому разлому северо-восточного простирания (левосторонний сбросо-сдвиг, протяженностью около 70 км). В период с 1987 – 2012 гг. в ее пределах зарегистрированы около 12 событий, из них 2 землетрясения с $K_p = 10$ [3].

Безымянная-3 зона приурочена к глубинному разлому северо-восточного направления (рис. 1). Сильных землетрясений за период наблюдений в этой зоне не регистрировалось. Максимальным было землетрясение в 1997 г. с $K_p = 10$ [3].

Наяханская зона располагается на юго-западе территории, имеет субширотное простирание. В 1998 г. здесь зарегистрировано более 200 землетрясений, из них локализованы 73 события с $K_p = 8.1–11.1$ ($M = 2.6–4.1$). Восточнее роя, произошедшего в 1998 г. районе Наяханского вулканического поля рой землетрясений возникали в 1981, 1990, 2004, 2007, 2008–2009 и 2010 гг. [1, 5].

Таблица 1. Характеристики зон ВОЗ

Название зоны ВОЗ	Протя- жен- ность продоль- ной и попереч- ной оси, км	Число собы- тий в зоне с $K \geq 10$	Максималь- ное землетря- сение по каталогу	Глубина очага, км	Тип Под- вижки в очаге	Расстояние от эпицентра до площадки, км		Наблю- денная интен- сивность сотрясе- ний на площадке
						Лунное	Омсукчан	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Маратская	76x30	6	01.06.2015г. $K = 12.6$, $M = 4.8$	31	–	72	129	4 балла
Кырчанская	93 × 20	3	14.08.1932г. $M = 5.4$	14	–	41	67	
Омсукчанская	37x27	9	11.02.1987г. $K = 12.3$, $M = 4.7$	5	левос- торон- ный взбро- со- сдвиг	84	48	4 балла
Купкинская	100 × 75 × 17	45	Купкинское 08.11.1981г. $K = 13.3$, $M = 5.1$.	10	левос- торон- ный сбро- со- сдвиг	168	150	5 баллов
			13.09.1992г. $K = 13.7$, $M = 4.8$	5	сбро- со- сдвиг	125	110	3 балла
			26.10.1979г. $K = 13.0$, $M = 4.7$	5	–	125	120	5 баллов
			18.11.1979г. $K = 13.0$; $M = 5.0$	5	–	117	110	5 баллов
Буксундинская	70 × 17	2	16.02.2006г. $K = 10.0$, $M = 3.5$	1	–	102	37	не ощуща- лось
Безымянная-3	80 × 17	2	04.03.1997г. $K = 10.0$, $M = 3.5$	6	–	96	29	не ощуща- лось
Наяханская	55 × 23	31	26.03.1998г. $K = 11.1$, $M = 4.1$	10	–	127	58	не ощуща- лось

Оценивая максимальную магнитуду «потенциально возможного землетрясения» вблизи сооружений Хвостохранилища ГОКа «Лунное» и Хвостохранилища №2 и №3 Омсукчанской ЗИФ исходили из установленных для некоторых сейсмически активных регионов связи максимальной магнитуды землетрясений с длиной глубинного разлома [12].

$$M = 4.33 + 1.49 \lg (RLD) \quad (1)$$

где M – магнитуда землетрясения; RLD – подповерхностная длина разрыва сбросо-сдвигового разлома континентальной коры в километрах.

Значение интенсивности сотрясений в эпицентре при инструментальной глубине было рассчитано по уравнению макросейсмического поля Н.В. Шебалина (1977), применяемое по Северо-Востоку и Якутии [7].

$$I_o = 1.5M - 3.5 \lg h + 3 \quad (2)$$

где h – глубина очага в километрах.

Максимальная магнитуда «потенциально возможного землетрясения» вблизи сооружений хвостохранилищ, рассчитанная по глубинному разлому Улахан $M = 8.2$. Максимальная расчетная интенсивность сотрясений на площадке сооружений Хвостохранилища №2 и №3 Омсукчанской ЗИФ

$I = 8.5$ балла, при «потенциально возможном максимальном землетрясении» с магнитудой $M = 7.1$ и эпицентральной дистанцией ~ 29 км в зоне Безымянного-3 разлома субмеридионального направления (за весь период наблюдений этот разлом был асейсмичным). Максимальная расчетная интенсивность сотрясений на площадке сооружений Хвостохранилища ГОКа «Лунное» $I = 8.9$ баллов, при «потенциально возможном максимальном землетрясении» с магнитудой $M = 7.4$ и эпицентральной дистанцией ~ 28 км в зоне Кырчанского глубинного разлома субширотной ориентации.

Заключение

Проведены работы по детальному сейсмическому районированию (ДСР) участков сооружений хвостохранилища ГОКа «Лунное» и хвостохранилища №2 и №3 Омсукчанской ЗИФ. Выявлены и оценены характеристики сейсмогенерирующих разломов и зон ВОЗ, сейсмические события которых будут представлять опасность для промышленных объектов. Рассчитана максимальная магнитуда «потенциально возможного землетрясения» вблизи сооружений по глубинным разломам. Сотрясаемость, наблюдаемая в окрестностях сооружений не превышает расчетную. Сотрясения на изучаемой территории до настоящего времени не превышали 5 баллов, что существенно ниже, чем указано на картах ОСР-97. Результаты уточнения исходной сейсмичности в целом согласуются с данными ОСР-97 и СНиП II-7-81*. Полученные результаты ДСР являются исходными оценками сейсмических воздействий при проведении сейсмического микрорайонирования (СМР).

Список литературы

1. Алешина Е.И., Карпенко Л.И., Седов Б.М. Положение и основные параметры зон роев и афтершоков в сейсмических поясах Северо-Востока России // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции 18-20 апреля 2018. Якутск. 2018. Том 2. С. 12–15.
2. Алешина Е.И., Годзиковская А.А., Гунбина Л.В., Коломиец М.В., Седов Б.М. Сводный Каталог землетрясений Северо-Востока России с древнейших времен по 1974. Обнинск, Магадан: ГС РАН, 2015. 152 с.
3. Алешина Е.И., Курткин С.В., Седов Б.М. Сейсмичность Омсукчанского района и оценка сейсмической безопасности // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XIII Международной сейсмологической школы // Отв. ред. А.А. Маловичко. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2016. С. 150–154.
4. Владимирова Л.В., Воробьева Л.А., Ефремова Л.В. и др. Купкинские землетрясения 8 ноября 1981 года // Сейсмические процессы на Северо-Востоке СССР. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1984. С. 39–53.
5. Карпенко Л.И., Алешина Е.И. Обзор сейсмичности Охотско-Колымского района (Магаданская область) за 2000–2015 гг. // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XI Международной сейсмологической школы // Отв. ред. А.А. Маловичко. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. С. 8–11.
6. Кузнецов В.М. Схема тектонического районирования Колымо-Охотского водораздела, масштаб 1:1 000 000. –ФГУП «Магадангеология», 2001. 8 листов.
7. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. // Под общей редакцией Н.В. Кондорской, Н.В. Шебалина. М.: Наука, 1977. 535 с.
8. Сейсмическая сотрясаемость территории СССР // Ю.В. Ризниченко. Наука, 1979. 190 с.
9. СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*. М., 2015.
10. 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., 1999. 57 с.
11. Югова Р.С., Андреев Т.А., Гунбина Л.В., и др. Сейсмичность Омсукчанского района. // Сейсмологические и петрографические исследования на Северо-Востоке России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1992. С. 26–37.
12. Wells, D.L., and Coppersmith, K.J. New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement // Bulletin of the Seismological Society of America. 1994. V. 84. P. 974–1002.