

РАЗЖИЖЕНИЕ ГРУНТОВ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЯХ В УСЛОВИЯХ КАМЧАТКИ

Константинова Т.Г., Пинегина Т.К.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

Способность грунтов отдавать свободную воду и разжижаться при механических воздействиях присуща рыхлым пескам, илам, суглинкам и супесям. При разжижении грунтов образуются песчаные вулканы, которые сопровождаются извержениями воды с песком и илом. Прочность таких грунтов резко снижается, при этом сооружения проседают, наклоняются, а иногда и опрокидываются.

Рассмотрим несколько сейсмических событий, при которых происходило разжижение грунтов.

При Красноводском землетрясении 1895 г. ($M=8.2$) в поселке Узун-Ада, построенном на песчаной косе, произошла осадка грунта, повсюду образовались воронки, наблюдались фонтанные выбросы воды и песка [1].

При землетрясении 1964 г. в городе Ниигата (Япония) в результате разжижения водонасыщенных песков и потери прочности и неравномерности осадок оснований фундаментов многие здания наклонились, некоторые опрокидывались.

При Бурунском землетрясении 1984 г. ($M=6$) в зоне интенсивностью 7 – 8 баллов в локальных понижениях микрорельефа происходил интенсивный выброс песка и воды, возникали грязевые вулканы. Причем из некоторых жерл выбрасывались не только большие объемы воды и тонкого обломочного материала, но и относительно крупные (размером с кирпич) твердые обломки [1].

Город Нефтегорск (Сахалин) был построен на песчаных отложениях мощностью более 10 метров. В пределах города встречаются пески, обладающие свойствами пльвунов. При землетрясении 27(28) мая 1995 года полностью разрушены все пятиэтажные крупноблочные жилые дома (17 строений). Значительные повреждения, вплоть до полного обрушения, получили два двухэтажные каркасные здания (магазин и Дом культуры), трехэтажное кирпичное здание школы, административное здание с почтой. Все они были построены без антисейсмических мероприятий. Полностью разрушено двухэтажное каркасно-панельное здание, построенное с антисейсмическими мероприятиями.

В 3-4 км южнее Нефтегорска вскрылся разлом протяженностью около 35 км. В пределах этой зоны обнаружен выдавленный песок в полуразжиженном состоянии и песок, излившийся на поверхность из образовавшихся грифонов в разжиженном состоянии [2]. Разжижение грунтов одно из характерных последствий Нефтегорского землетрясения. Эти последствия проявились наиболее на Пильтунской косе. Здесь во время землетрясения в местах излияния песчано-глинистых масс образовались многочисленные кратеры диаметром до 25-30 м [4].

При Углегорском землетрясении на Сахалине 4 (5) августа 2000 г. интенсивностью 7 баллов в поселке Поречье в нескольких местах обнаружены следы грифонов с выбросом на поверхность текучей пылеватой супеси [2].

12 (13) августа 1792 года в Петропавловском порту, Нижне-Камчатске, Паратунке и по всему восточному берегу Камчатки в течение почти одной минуты происходили колебания. На первой надпойменной террасе реки Паратунка во многих местах образовались трещины, из которых извергалась на значительную величину вода и песок [3].

5 февраля 1923 г. при сильных и продолжительных колебаниях из малого Халахтырского озера выпучило много земли и ила (Полярная звезда, № 14, от 4, 5 февраля 1923 г.).

При землетрясении 4 ноября 1952 года в городе Петропавловске-Камчатском в значительной степени пострадали сооружения, расположенные вдоль береговой полосы города на насыпных и намывных грунтах.

Во время землетрясения 4 мая 1959 г. в пределах городской черты наиболее повреждены сооружения в районе областной больницы, где грунты подвержены разжижению. Многие строения пришли в аварийное состояние. Образовались сквозные трещины в капитальных стенах и перегородках, произошел раскол стены на всю высоту. На насыпных грунтах вдоль берега Авачинской бухты при землетрясении появилась протяженная трещина шириной до 50 см,

произошла вертикальная осадка грунта до 70 см. Большое количество гидротехнических сооружений пришло в аварийное состояние в результате потери общей устойчивости.

На Култушном озере в течение минуты наблюдалось около 30 гейзерообразных выбросов высотой до 3 м.

При землетрясении 24 ноября 1971 года в городе Петропавловске-Камчатском в главном корпусе областной больницы произошли значительные конструктивные повреждения. Были прорваны водопроводные трубы. На намывных грунтах появилась система трещин шириной до 10 см и образовались просадки грунта до 0,5 м. Лед толщиной около 30 см на Култушном и Халактырском озерах и других водоемах был разбит трещинами, иногда со слабым торшением и выплесками воды.

Грунты, подверженные разжижению, в городе Петропавловске-Камчатском прослеживаются вдоль береговой полосы города от морского порта до жестяно-баночной фабрики и судовой на насыпных и намывных грунтах, от здания областной администрации по низменной части вдоль улицы Максудова, до стадиона "Спартак", центрального рынка и зданий областной больницы. Возможны они в районе Камчатского государственного университета и в некоторых других местах в пределах лагунных отложений.

При Олюторском землетрясении 20(21) апреля 2006 г. в поселке Корф произошло повсеместное разжижение грунтов, которое сопровождалось излиянием обводненного песка по трещинам и образованием грязевых вулканов. В поселках Хаилино и Тилички разжижение грунта носило более локальный характер. Во всех поселках в результате землетрясения в рыхлых грунтах возникла сеть трещин. Трещины, в основном, достигали глубины 1-2 м, иногда и более, протяженность некоторых из них доходила до нескольких сотен метров. Ширина их изменялась от нескольких сантиметров до 1-1,5 метров. Трещины разрывали фундаменты домов, реже несущие стены. Они вызвали наибольшие повреждения строений.

Поселок Корф расположен на морской косе, протягивающейся узкой полосой на 20 км, максимальная ширина её не превышает 650 м. Наиболее высокая часть Корфской косы 2,9 м над уровнем моря. С юго-востока коса омывается водами Корфского залива, а с северо-запада – водами бухты Скрытой. Во время землетрясения на Корфской косе многие жители видели «фонтаны» на мелководье в бухте и в заливе.

В инженерно-геологическом разрезе современные морские отложения (mQ_{IV}), представлены песками от пылеватых до гравелистых, гравийными и галечниковыми грунтами с песчаным заполнителем. Они залегают в виде линз, прослоев и не выдержаны по мощности и простираению. Грунтовые воды встречены преимущественно на глубинах от 1,5 до 2 м, на заболоченных участках – от 0 до 1,0 м.

Большее количество выбросов наблюдалось в западной части косы, где мощность морских разнотернистых песков, перекрывающих лагунные отложения, была наименьшей.

В аэропорту около ангаров для ремонта вертолетов земля лопалась, выбивались фонтаны на 10-15 см. Взлетная полоса растрескалась, произошли выбросы грязи площадью от первых десятков до нескольких сотен кв. метров (рис. 1-3).

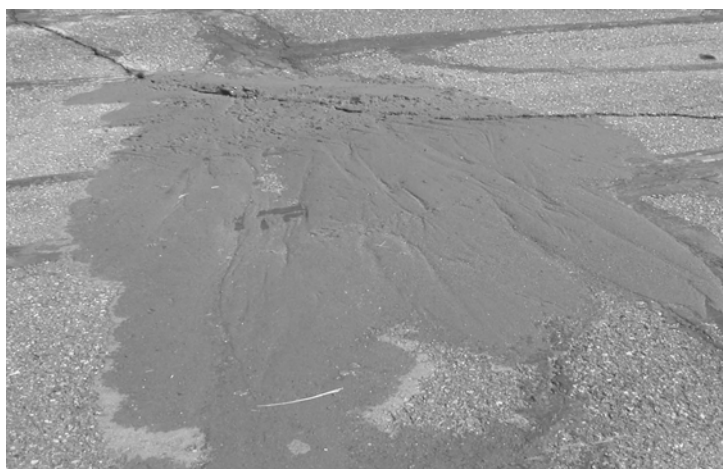


Рис. 1.



Рис. 2.



Рис. 3.

Образовались трещины, длина одной из них более 100 м. Вдоль трещины наблюдались грязевые выбросы, появились вулканчики (рис.4-5).

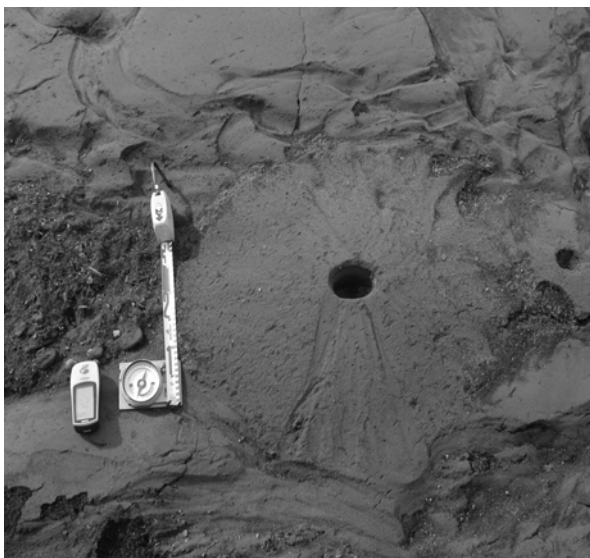


Рис. 4.



Рис. 5.

На улицах, в огородах, ближайших к бухте, происходили большие выбросы. На территории, прилегающей к торцу дома, излился светлый песок (рис. 6). Наблюдались невысокие, но продолжительные фонтаны, в результате чего образовалась воронка (рис. 7).



Рис. 6.



Рис. 7.

Две трещины в грунте сошлись в торце дома и повредили фундамент. Он разорван в нескольких местах, наибольший разрыв до 20 см. (рис. 8). Дом сдвинут с фундамента (рис. 9).



Рис. 8.



Рис. 9.

Выбежавшие люди из других домов свидетельствовали: «Рядом с домом образовались глубокие трещины, из которых изливались грязевые фонтаны. Высота фонтанов высотой до 30 см. Сначала шел выброс черного песка, после – светлого, затем забурлило. Вытекало 2 раза и подолгу. Выходил газ, но без запаха. Лопата на всю длину черенка уходила в трещину, но не доставала дна. После трещину затягивало песком». Выбросами залита большая площадь между домами, образовались просадки грунтов (рис. 10-12).



Рис. 10.

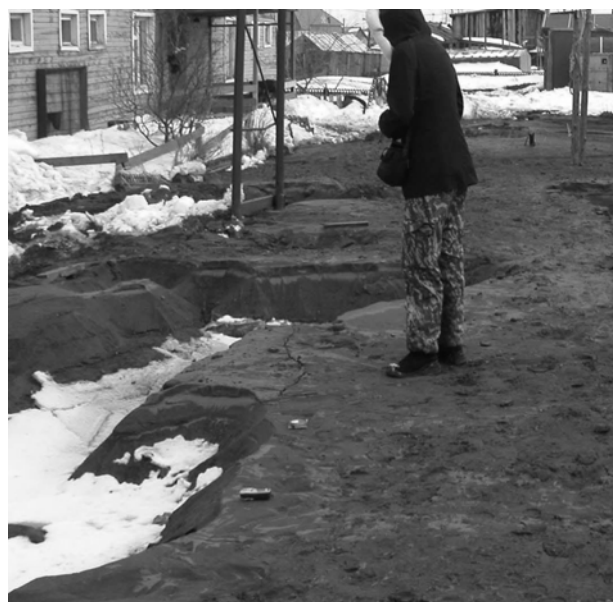


Рис. 11.

Улицы и огороды залиты песком из трещин и вулканов (рис. 12, 13).



Рис. 12.



Рис. 13.

Свидетельство очевидца: «Трещины в земле появились, когда стало сильно раскачивать. Мокрый песок появился во дворе, теплице, под домом. Характер излияния воды и грязи был неравномерный, как бы пульсирующий. Во время землетрясения на бухте возник торос».

Грязевые выбросы в пределах Корфской косы разного состава и цвета (рис. 14, 15).

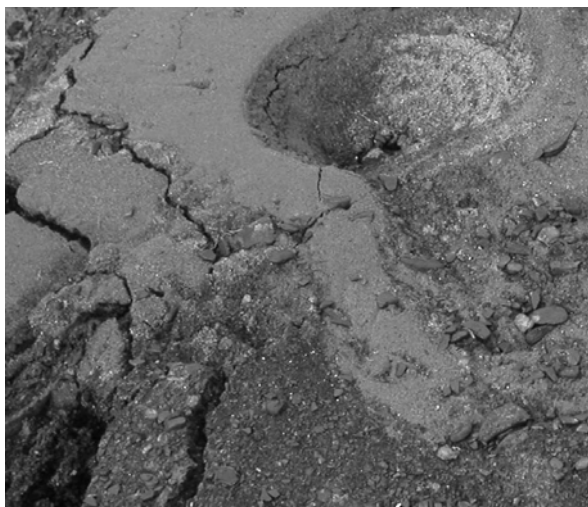


Рис. 14.

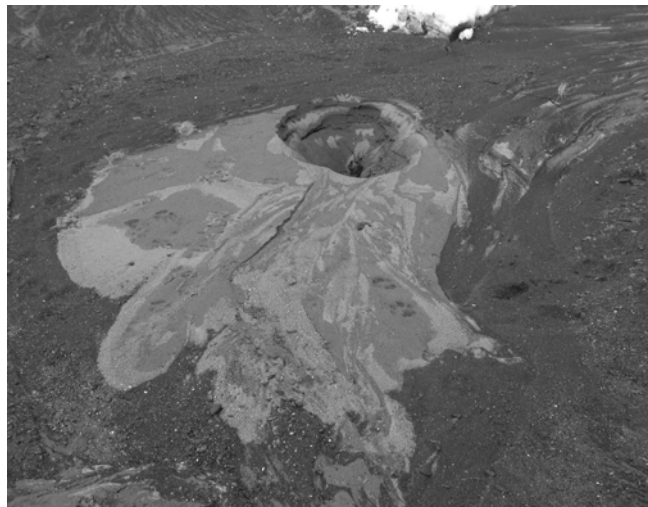


Рис. 15.

На несколько сотен метров рядом с берегом бухты протягивается трещина. Вся обозримая территория залита выбросами песка. Площадь грязевых выбросов достигает нескольких км². Трещина прошла через полуразрушенный бетонный барак и расколола его на 2 части (рис. 16-17).



Рис. 16.



Рис. 17.

Итак, результаты макросейсмических обследований последствий сильных сейсмических событий, свидетельствуют о том, что наихудшими являются рыхлые пески, насыпные и намывные грунты и тонкодисперсные лагунные отложения. Сейсмические колебания на этих отложениях вызывают потерю их устойчивости и переход в разжиженное состояние. Здания, возведенные на таких грунтах, при сильных землетрясениях получают наибольшие повреждения.

Список литературы

1. Борисов Б.А. О неприемлемой тенденции к завышению магнитуд исторических землетрясений на примере Краснодарского землетрясения // Вопр. инж. сейсм. Вып. 33. М.: Наука, 1992. С. 28-39.
2. Кофф Г.Л., Котлов В.Ф., Тен Су Мун и др. Инженерный анализ макросейсмических последствий Нефтегорского землетрясения 27(28).05.1995г. // Нефтегорское землетрясение 27(28).05.1995 г. Федеральная система сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений. Информационно-аналитический бюллетень. М.: ФССН, 1995. С. 139-154.
3. Мушкетов И.В., Орлов А.П. Каталог землетрясений Российской империи // Записки Русского Географического Общества. Т. 26. СПб., 1893. 580 с.
4. Стрельцов М.И. Нефтегорское землетрясение 27(28) мая 1995 года на Сахалине. М.: Янус-К, 2005. 180 с.