

ОЦЕНКА ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ПЕТРОПАВЛОВСКА-КАМЧАТСКОГО ПРИ ОЖИДАЕМОМ СИЛЬНОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ

Делемень И.Ф.¹, Константинова Т.Г.²

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, delemen@kscnet.ru

²Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, lrg334@kscnet.ru

Как известно, при сильных землетрясениях человеческие жертвы, разрушения инфраструктуры населённых пунктов и повреждения зданий нередко бывают вызваны катастрофическими процессами, для которых сейсмические колебания выступают в роли триггера (вторичные сейсмические опасности). Наиболее разрушительным эффектом обладают сейсмогенные оползни, массовый сход которых приводил к многочисленным разрушениям и человеческим жертвам - например, при Хаитском землетрясении 10.07.1949 г. ($M=9$) в Таджикистане, при землетрясении Чимботе 31.05.1970 г. ($M=7.8$) в Перу, при землетрясении в Сычуани (Китай).

На территории г. Петропавловска-Камчатского при ожидаемом сильном землетрясении наиболее вероятными вторичными опасными процессами (помимо разжижения грунтов и образования сейсмогенных рвов) могут быть оползни и обвалы.

Небольшие оползни могут приводить к повреждению автомагистралей (рис. 1) и других линейных коммуникаций (рис. 2). При сходе в 1995 г. только одного Рябиковского оползня было разрушено 5 жилых зданий. При сильном землетрясении могут сходить десятки оползней с ослабленных склонов, и ущерб может быть сопоставим с разрушением зданий от сейсмических колебаний.



Рис. 1. Вал выпирания, образовавшийся на проезжей части ул. Рябиковская при сходе Рябиковского оползня 1995 г. Фото И.Ф. Делемента



Рис. 2. Ликвидация повреждения телефонного кабеля после схода оползня в долине р. Авача 22 октября 2008 г. на участке между 42 и 43 километром трассы Елизово - п. Зеленый. Фото ИА "Азиатско-Тихоокеанский информационный центр".



Рис. 3. Обвал скальных пород, перекрытый осыпным конусом у подножия сопки Никольской.

В геоморфологическом отношении наиболее благоприятными для образования ослабленных зон, подготовленных к обрушениям склона, являются прибрежные участки Авачинской бухты (рис. 3 и 4). Известно, например, что при землетрясении 04.11.1952 г. ($M=8\frac{1}{4} - 8\frac{1}{2}$), которое ощущалось в г. Петропавловске-Камчатском с интенсивностью в 6-7 баллов, на берегу бухты Раковой волной была размыва территория рядом с цехом жестяно-баночной фабрики, в результате чего образовались оползни, разорвавшие северную стену цеха в двух местах. В других местах береговой зоны Авачинской бухты также произошли оползни и размывы берега по трещинам, возникшим в результате этого землетрясения, причём некоторые здания на берегу были



Рис. 4. Скальный оползень у окончания мыса Чавыча (слева). При взгляде с вершины оползня хорошо заметен крен гидрографического створа (справа).

частично затоплены и деформированы в результате оползней. Развитию обвалов и оползней на обрывистых берегах бухты способствуют абразионные процессы. Мы полагаем, что в пределах Авачинской бухты разрушительное действие морских волн при сильных землетрясениях может усиливаться заплесками волн, вызванных образованием в мелководном бассейне сейш сейсмогенного происхождения.

Для Камчатки это обычная сейсмогеоморфологическая обстановка оползневой опасности. Например, большие оползни сошли на горных склонах в долинах рек Чажма и Семлячик при сильном землетрясении, произошедшем 03.02.1923 г. в Кроноцком заливе у берегов Камчатки (ощущавшемся на побережье с силой 8 баллов и более).

Благоприятными для возникновения оползней являются склоны глубоко врезанных речных долин (например, р. Крутогорова), а также склоны горного массива Петровского горста. На береговых обрывах Авачинской бухты сходу оползня или обрушению обвала предшествуют отседания склонов. Проявляются два типа таких процессов. При моноклинальном залегании слоев возможно медленное сползание крупных чешуевидных блоков по пологим поверхностям напластования, развивающееся по механизму криповых смещений. В подошве смещающихся чешуй формируются пологие зоны дробления, а в тыловых частях закладываются наклонные и крутопадающие зияющие отрывы, раскрытие которых может достигать (например, в береговых обрывах Никольской и Сигнальной сопки) 0.3-0.7 м. Абразионный размыв таких зон приводит к формированию волноприбойных ниш и снижению устойчивости скального массива. В дальнейшем возможно обрушение ослабленного склона, либо же сход скального оползня. Как правило, объём таких обвальных и оползневых тел в береговой зоне невелик; их объёмы не превышают первых десятков м³.

Гораздо более крупные оползни и обвалы закладываются на участках, где скальные породы разбиты системой крупных трещин. При наличии трещины, наклонённой в сторону подножия уступа, вследствие действия силы тяжести происходит отседание склона. Этот процесс может развиваться весьма длительно, при этом в верхней части склона формируется дуговидная зона отседания, представляющая собой участок разуплотнения пород из-за развития многочисленных трещин отрыва. Эта зона является границей между медленно смещающейся вниз частью массива и основной частью склона. Из-за выноса по трещинам талыми и дождевыми водами мелкозема, супесчаного и песчаного материала в пределах таких зон могут развиваться процессы суффозии с образованием суффозионных воронок.

Одна из таких дуговидных зон отседания расположена на вершинной поверхности Никольской сопки, где в середине прошлого века была возведена телевизионная антенна (антенная опора). Вследствие неоднородных деформаций поверхности в зоне отседания к началу 2000-х годов произошел настолько значительный крен бывшей антенной опоры, что верхняя часть её была демонтирована. Такие зоны первоначально закладывались в виде дуговидной системы трещин растяжения, по которым произошло препарирование поверхности скальных пород (рис. 5). В последующем произошло дальнейшее растяжение дуговидных зон с выполнением их толщей рыхлых отложений, что хорошо заметно на карте изопохит осадков, перекрывающих скальный массив (рис. 6).

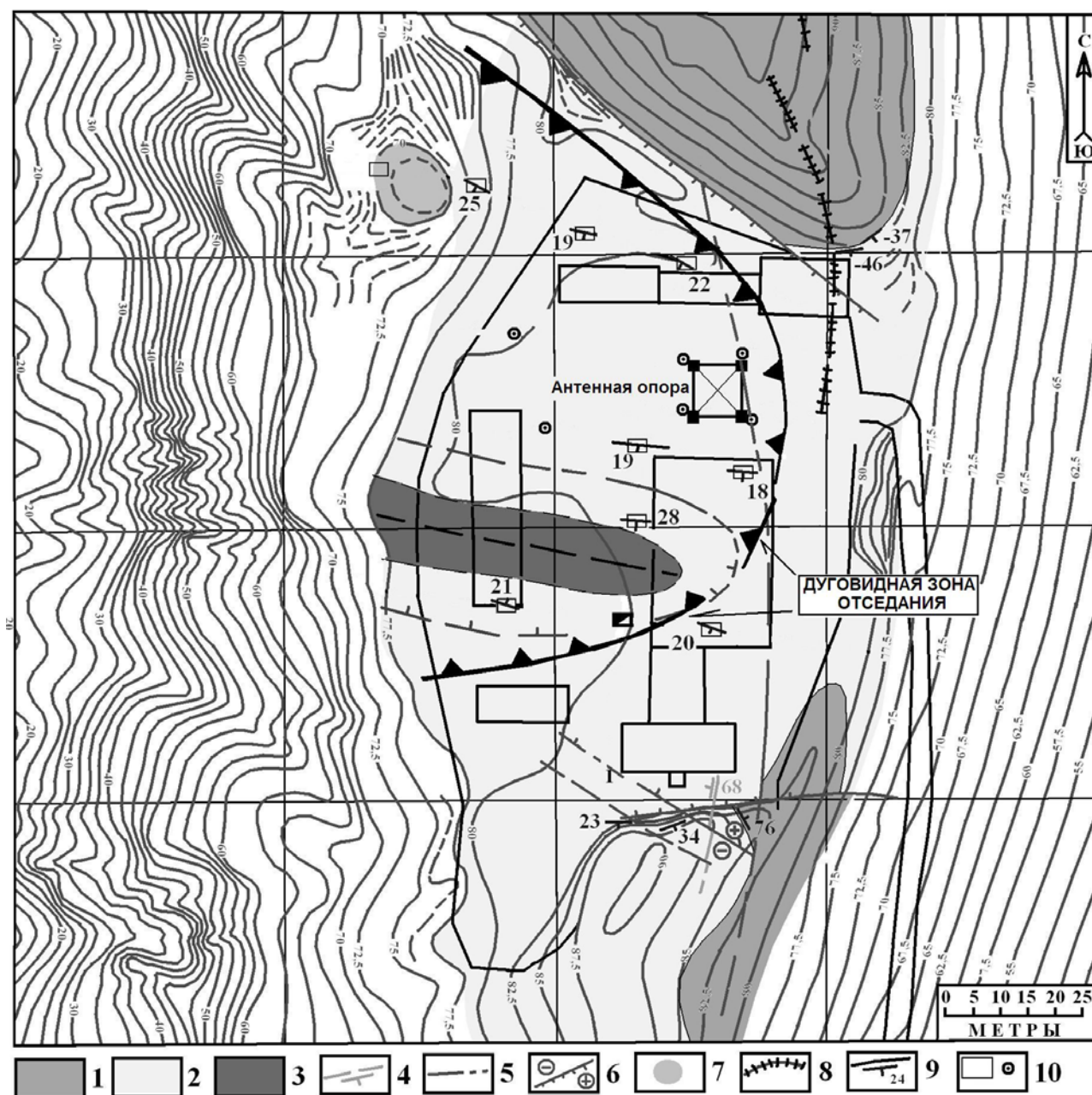


Рис. 5. Геологическая схема участка расположения антенной опоры. 1-3 – породы верхней подтолщи никольской толщи верхнего мела, представленные переслаиванием кремнистых эпидотизированных пород с редкими прослоями туфоалевролитов и линзами псаммитовых туфов (1), переслаиванием серовато-зелёных кремнистых пород, туфоалевролитов и мелкозернистых песчаников (2) и представленные преимущественно кремнистыми породами (3); 4 – шарнирные линии антиклинальных и синклинальных складок; 5 – субвертикальные дочетвертичные тектонические разрывные нарушения установленные (сплошные линии) и предполагаемые (прерывистые); 6 – наклонные разрывные нарушения (бергштрихами указано направление падения, знаками «+» и «-» - направления относительных вертикальных смещений их бортов; 7 – отмершие суффозионные воронки, приуроченные к тыловым участкам дуговидных зон отседания склона; 8 – выход на поверхность коренных пород кварцевых жил и зон прожилкования; 9 – геологические границы и элементы залегания границ слоёв; 10 – шурфы (прямоугольники) и скважины (окружности), в которых были измерены элементы залегания пород на этапе изысканий под строительство антенной опоры.

В инженерно-геологическом отношении выделяются два грунтовых комплекса, литолого-гидрогеологические условия которых наиболее благоприятны для ослабления склонов.

Многочисленные оползни типа грунтовых оползней и оползней-потоков могут образовываться на склонах, сложенных макропористыми грунтами почвенно-пирокластического происхождения, а также другими типами рыхлых и полусвязных грунтов. Примером могут служить некоторые оползни на северном берегу Авачинской бухты (рис. 8).

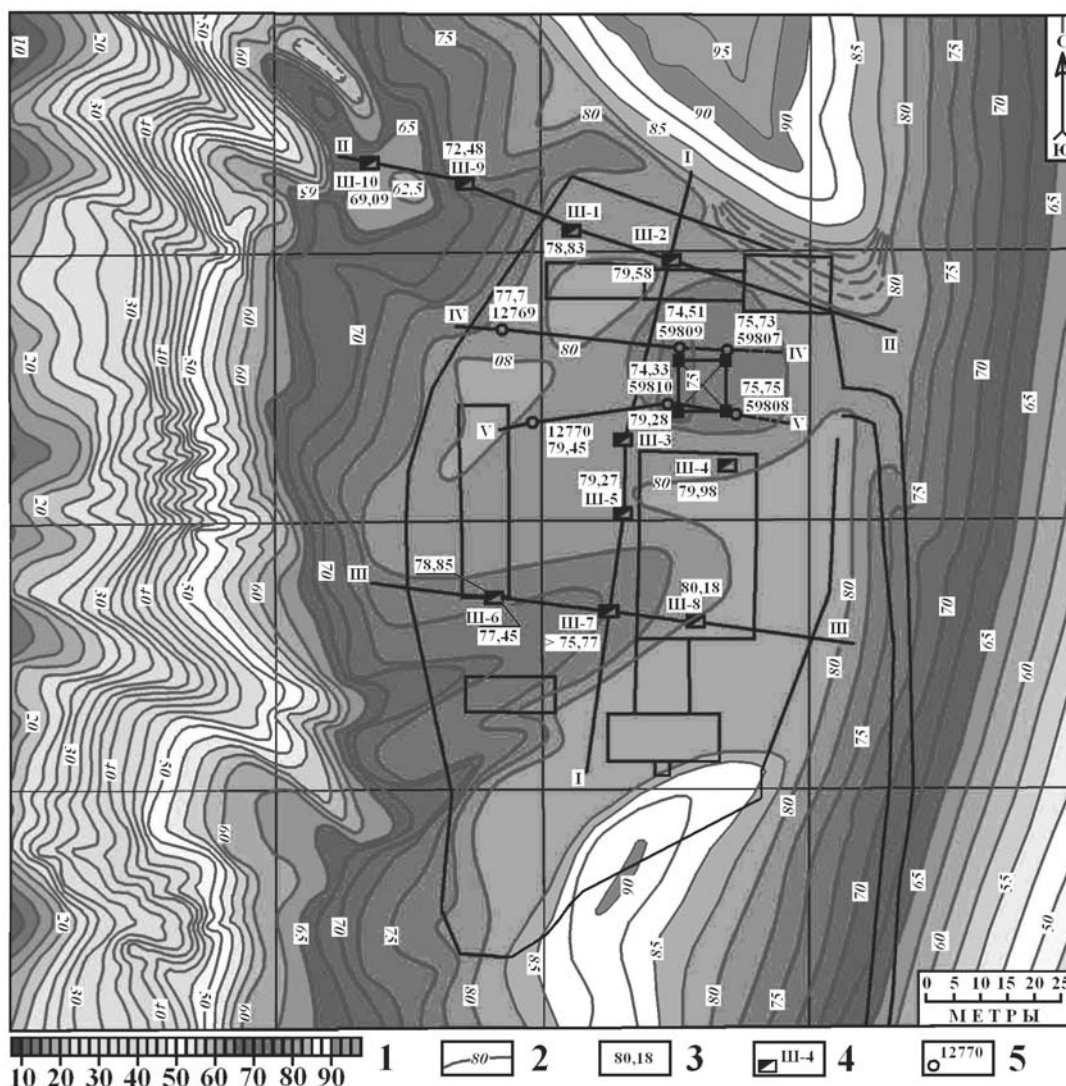


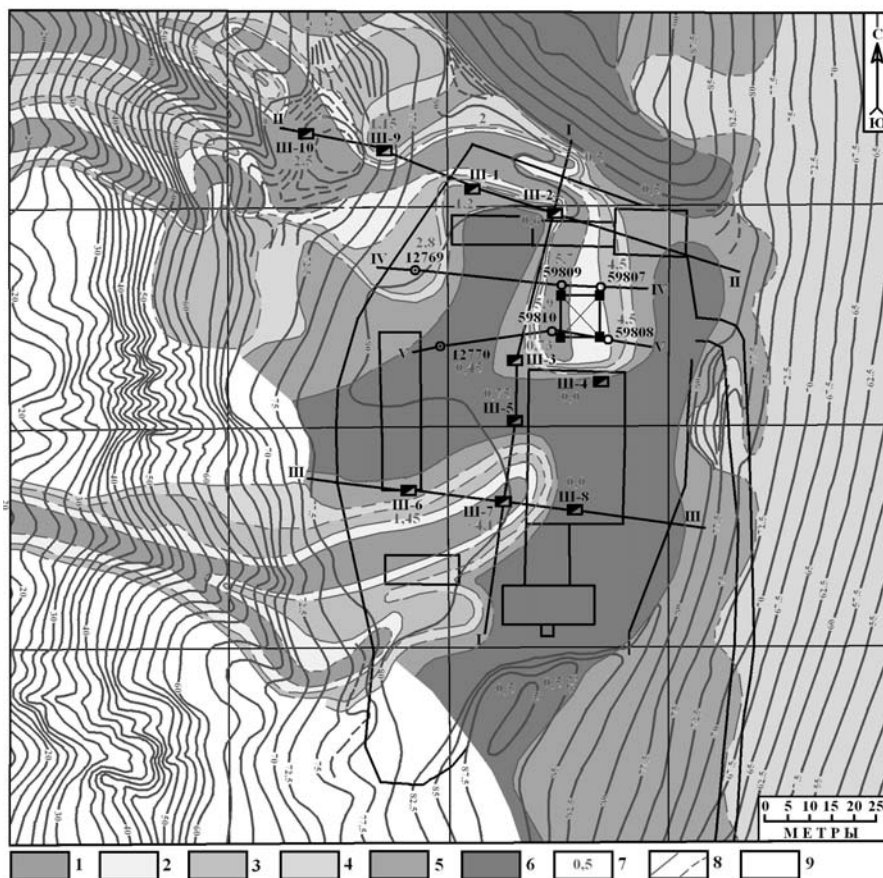
Рис. 6. Схема рельефа коренных пород. 1 – цветовая шкала высот над уровнем моря поверхности коренных пород (со снятым чехлом рыхлых отложений), м; 2 – изолинии высот (над уровнем моря) кровли коренных пород (со снятым чехлом рыхлых отложений), м; 3 – высоты кровли коренных пород (со снятым чехлом рыхлых отложений) в метрах по данным документации горных выработок и скважин; 4 – шурфы и их номера; 5 – скважины и их номера. Чёрными линиями обозначены линии профилей (номера от I до V), для которых строились разрезы рельефа кровли коренных пород по данным проходки горных выработок и скважин; другими линиями показаны дороги, здания и сооружения.

Скальные оползни развиваются, как правило, на склонах, сложенных моноклинально залегающей толщей метаморфизованных туфопесчаников, туфоалевролитов и кремнистых сланцев мелового возраста. При этом оползнеобразованию подвержены склоны, наклон которых совпадает с направлением моноклинального падения слоев. В условиях г. Петропавловска-Камчатского к локальным факторам, благоприятствующим заложению ослабленных зон на склонах, относятся развитие зон повышенной трещиноватости, серпентинизации и гидротермального изменения пород, морская абразия, изменение гидрогеологического режима территории (особенно техногенное подтопление), а также подрезка склонов и недостаточное обеспечение их дренажа при строительстве.

В целом на территории города отмечается пространственная неоднородность в распределении типов оползней, которые могут сойти при ожидаемом сильном землетрясении. На прибрежных участках возможны обвалы. Скальные оползни располагаются на участках интенсивного подмыва абразионного уступа в местах пересечения их разрывными нарушениями. Большую роль в локализации таких оползней будут играть, вероятно, характер напластования пород и наличие сместителей древних оползней доголоценового возраста.

В формировании оползней на остальных участках Петропавловского горста, сложенных метаморфическими породами верхнего мела, основную роль могут играть повышение уровня грунтовых вод из-за подтопления территории вследствие ветхости дренажных систем и коммуникаций.

В южной части города локализация участков ослабления склонов определяется наличием зон дробления по разломам и гидротермального изменения пород, а в северной – неоднородный фациальный состав отложений обвального-взрывного генезиса. Наибольший уровень оползневой опасности отмечен для района Лесозавод и участка между микрорайонами СРВ – Театральная площадь.



Одной из важных особенностей развития оползневых процессов в районе г. Петропавловска-Камчатского является ярко выраженная приуроченность типов оползневых тел к литологическим типам пород, слагающих склоны, что позволяет выполнить районирование оползневой опасности.



Рис. 9. Оползни на северо-восточном побережье Авачинской бухты

Выделено три зоны по степени оползневой опасности: зона с низким уровнем оползневой опасности (равнинные участки и вершинные поверхности сопков), зона со средним уровнем опасности (склоны речных долин и горных массивов Петропавловского горста) и зона с высоким уровнем опасности (побережье Авачинской бухты).