

ТЕХНОГЕННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ПЕТРОПАВЛОВСКА-КАМЧАТСКОГО

Константинова Т.Г.¹, Делемень И.Ф.^{2,3}

¹Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, lrg334@emsd.ru

²Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;

³Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский;
delemen@kscnet.ru

Введение

К техногенным грунтам относятся насыпные, намывные и рефулированные грунты.

Отсыпка таких грунтов осуществляется для нескольких целей: планировка (выравнивание) территории для строительства и размещения объектов инфраструктуры; замещение грунтов с неблагоприятными инженерно-геологическими свойствами дресвяно-щебенистыми; для решения гидротехнических задач; для создания земляных призм с целью противооползневых мероприятий; укрепления берегов и т.д.

В городе Петропавловске-Камчатском насыпные, намывные и рефулированные грунты используются преимущественно в качестве грунтовых оснований под строительство, и лишь в более редких случаях – для планировки территории с целью решения градостроительных задач.

При выполнении работ по инженерно-геологическим изысканиям под строительство необходимо учитывать сейсмические свойства грунтов. Для территории города Петропавловска-Камчатского характерно залегание в приповерхностной части разреза (особенно в центральной части города) на значительных площадях грунтов техногенного происхождения [3]. В последнее время при строительстве зданий стало практиковаться замещение грунтов с неблагоприятными сейсмическими свойствами насыпными грунтами песчано-гравийного, песчано-галечного и щебенистого состава.

Изучение особенностей изысканий на территориях с наличием в геологическом разрезе техногенных грунтов, а также при намечающемся заложении фундаментов на вновь отсыпанных грунтах, является весьма актуальным для территории Петропавловска-Камчатского. Опыт их исследования может быть использован также при строительстве в других районах с проявлениями вулканической и сейсмической активности.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки в рамках государственного задания № 5.3799.2011 и Программы стратегического развития КамГУ им. Витуса Беринга на 2012 – 2016 годы, а также проекта РФФИ № 11-05-00602а.

Методика исследований

В работе представлены результаты обобщения многолетних исследований авторов по данной проблеме. В данной работе авторы рассматривают геологические аспекты. Именно геологические условия предопределяют возможные пределы изменения количественных значений физико-механических характеристик грунта.

Использовались методы построения карт мощности отложений (карты изопакит), фациального состава, гранулометрического анализа грунтов, а также методы инженерной геофизики. Так, например, помимо традиционных в инженерной геофизике методов электро- и сейсморазведки, для изучения строения техногенных толщ стали использоваться георадарные исследования, т.к. по данным методических работ, диэлектрические свойства техногенных грунтов существенно меняются в зависимости от их сложения и состава [2].

При проведении исследований в первую очередь учитывались ареалы техногенных грунтов, выделенные на карте СМР-74 [8]. В дальнейшем И.Ф. Делемень и Т.Г. Константинова выполняли работы по уточнению сейсмических условий на участках размещения особо ответственных объектов г. Петропавловска-Камчатского (ТЭЦ-2, здание областной администрации и областной больницы). Также учтены результаты инженерно-геофизических исследований, выполненные на нескольких десятках площадок проведения изысканий под строительство, на которых либо планировалась отсыпка насыпных грунтов, либо таковые были отмечены в грунтовом разрезе. Большой объем информации о поведении техногенных грунтов был получен при их обследовании последствий землетрясения 1971 года [1]. Важно сопоставление этой информации со сведениями о поведении техногенных грунтов в других регионах России и мира при сильных сейсмических событиях.

Мощность техногенных грунтов

Мощность насыпных грунтов может достигать 5-7 метров, но обычно она не превышает 1 – 2 метра. Повышенная мощность отмечается на участках, где при планировке территории производилась отсыпка тальвегов и западин в рельефе. Изменения мощности рыхлых отложений в условиях среднегорного рельефа Петропавловска-Камчатского всегда проявляются в геоморфологических особенностях территории. Так, например, склоны Петровской сопки в пределах от исторического центра города и к его южной части приобрели специфический террасированный облик - каждая улица проходит по террасе, сформированной за счет отсыпки участков под строительство.

Наибольшая мощность отложений отмечается в местах, где застройка территории предусматривала отсыпку долин небольших ручьев (например, долина ручья Пограничного), либо расширение территории под застройку в пределах бровок пологих склонов (например, в районе ул. Бохняка). В других случаях повышенные мощности техногенных отложений характерны для грунтовых оснований особенно ответственных зданий и сооружений (например, ТЭЦ-2). В прибрежной полосе повышенная мощность техногенных отложений характерна на участках формирования намывных и рефулированных грунтовых оснований при строительстве портовых сооружений (например, здание пассажирского морского вокзала, промышленных и административных зданий в этой зоне).

Увеличение мощности таких отложений решает две задачи: а) увеличение несущей способности основания и б) улучшение сейсмических свойств грунтов. Однако недоучет других инженерно-геологических процессов и неблагоприятных условий может свести на нет эти решения. Так, ранее нами было показано, что отсыпка щебенистых грунтов в основании телевизионной антенной опоры на вершине сопки Никольская не смогла обеспечить долговременной устойчивости её, в итоге верхняя часть опоры была демонтирована из-за крена, приблизившегося к критическому значению. Было установлено, что на этом участке со стороны кромки склона развиваются процессы его отседания, которые затронули толщу насыпных грунтов [4]. Рассмотрим другие примеры развития неблагоприятных процессов в техногенных грунтах на территории краевого центра Камчатки.

Литологические типы техногенных грунтов

Техногенные грунты на территории города Петропавловск-Камчатский различаются по способам использовавшейся укладки, однородности состава, степени влажности, степени и метода уплотнения. Изучение физико-механических свойств образцов грунта в принципе не отличается от получения данных о физических свойствах, гранулометрическом составе, о результатах срезовых и компрессионных испытаний, относительной просадочности при нагрузках, коррозионной активности и т.д. Большое значение имеет наличие рыхлых прослоев, представленных пеплами, отложениями почвенно-пирокластического чехла, диатомитов и торфа. Практика такова, что если строители не допускают попадания торфа в отсыпaeмый грунт, то попадание пепла из прослоев в почвенно-пирокластическом чехле или диатомита – скорее правило, а не исключение, особенно если для отсыпки используется грунт из смежных карьеров или резервов. Даже при использовании песчано-гравийной смеси или щебня из карьеров строительного камня, отсыпка нередко производится на подстилающее грунтовое основание, в разрезе которого местами сохраняются остатки почвенно-пирокластического чехла (мощностью до первых метров), преимущественно сложенных пеплами, способными разжижаться при сильных землетрясениях.

Схема зонирования техногенных грунтов на территории г. Петропавловска-Камчатского

При выполнении зонирования техногенных отложений следует учитывать отмеченные выше факторы. Среди них наибольшее значение уделено способам укладки, т.к. инженерно-геологические и физико-механические свойства насыпных, рефулированных и намывных грунтов (в наибольшей степени распространенных на территории города), существенно различаются. Последние два типа грунтов распространены в основном в его прибрежной части. Укладка таких грунтов производилась в основном при возведении промышленных и транспортных объектов на побережье Авачинской бухты. Однако производится также укладка намывных и рефулированных грунтов при возведении таких объектов на территории засыпаемых озёр и ручьев. В частности, строительство здания краевой администрации было выполнено путем отсыпки грунтового основания в северной части акватории озера Култучного. Впрочем, в других случаях (например, строительство на части акватории озера Халактырского, ручья Пограничного и других) осуществлялось посредством укладки насыпных грунтов. В значительной мере это вызвано составом озерных отложений. Если они представлены

гравийно-галечными отложениями с низким содержанием пылеватых песков в качестве наполнителя, то используются методы рефулирования или намывания. Если озерные отложения представлены другими грунтами, то предпочтение отдается укладке насыпного грунта.

К сожалению, на территории города Петропавловска-Камчатского в недостаточной степени учитывается требование обеспечения однородности укладываемого грунта. Если для укладки насыпных грунтов используются щебень из карьеров строительного камня, то это условие, как правило, выполняется. Однако, нередки случаи, когда из соображений экономии в качестве грунта для формирования насыпного основания используют туфоподобные щебенистые грунты, представляющие собой результат обрушения Древнего Авачинского вулкана. Они характеризуются средней плотностью и покрывают практически северную часть города. Поэтому нередко в качестве насыпного используются эти грунты, что резко снижает расходы на закупку щебня из карьеров и их доставку. В итоге не учитывается значительная неоднородность таких грунтов, т.к. практически повсеместно и по крайней мере, на 1-3 метра вглубь (а то и более) разрезы таких отложений сложены переотложенными разностями со сниженными физико-механическими показателями. Это приводит к тому, что в толще уплотненных отложений сохраняются участки рыхлых горизонтов.

Еще более опасная ситуация возникает, когда насыпные грунты формируются на не удаленном основании, сложенном голоценовыми почвенно-пирокластическими отложениями. Эти отложения сложены преимущественно вулканическими пеплами, выброшенными при извержениях смежных вулканов, и представляют собой склонные к тиксотропности макropористые грунты. В итоге насыпные основания, сформированные на таких грунтах, склонны к потере устойчивости, особенно при сильном увлажнении. Это приводит к неоднородным деформациям зданий, оползнеобразованию и формированию суффозионных воронок. Особо большую опасность для Петропавловска представляют участки строительства на территориях, застраиваемых вдоль основной и объездной трасс Петропавловск-Камчатский – Елизово.

Проблемными являются участки, где происходит их подтопление (северо-восток и микрорайон «Силуэт»). Известны случаи, когда при проведении сейсмического усиления зданий и сооружений, во вскрытых котлованах встречалась вода в меженный период. Еще более часты случаи, когда в таких местах при подготовке котлована, он заполняется грунтовой водой.

При отсыпке техногенных грунтов их уплотнение производится согласно требованиям, предусмотренными нормативными документами, региональные нормативы и регламенты отсутствуют. Между тем, техногенные грунты, формируемые из местных отложений, содержат некоторое количество пепла, присутствие которого обеспечивает более длительный период консолидации грунтов, чем в невулканических регионах. Так, например, при обследовании техногенных грунтов, являющихся основанием служебных зданий электростанции ТЭЦ-2, было установлено, что их консолидация не произошла после тридцатилетней эксплуатации.

Итак, на территории города техногенно измененные в условиях естественного залегания природные грунты практически отсутствуют. Преобладают антропогенно образованные грунты. В случаях, когда формируются техногенно перемещенные природные грунты при использовании расположенных вблизи туфоподобных обвально-взрывных отложений Древнего Авачинского вулкана в качестве насыпных грунтов, могут произойти их неоднородные деформации, что известно по результатам обследования последствий сильных землетрясений, наблюдавшихся в краевом центре Камчатки в прошлом.

Деформации техногенных грунтов при сильных землетрясениях

Наиболее ярким проявлением таких деформаций является разжижение грунтов, при котором грунт ведёт себя как жидкость, в основном наблюдается при сильных землетрясениях в насыщенных влагой рыхлых грунтах (например, в илистых и пылеватых песках или в песках, содержащих прослойки непроницаемых для воды отложений), а не в консолидированных насыпных или намывных грунтах [13].

Тем не менее, на территории города процессы разжижения грунтов отмечались при сильных землетрясениях и в техногенных грунтах, особенно если отсыпка грунтов производилась на территориях, которые были расширены с помощью засыпки прибрежной части бухты. В сейсмическом отношении эти грунты неблагоприятны [7]. Во время землетрясения 4 ноября 1952 г., выявилось неравномерное распределение силы сотрясения в пределах территории города Петропавловска-Камчатского. Почти во всех домах, расположенных в районе бухты Раковой, разрушены внутренние стены, примыкающие к печам и дымовые трубы. Колебания почвы проявились здесь с большей силой, чем в других частях города. Территория двора жестяно-баночной фабрики в г. Петропавловске-Камчатском была расширена засыпкой и

рефулированием прибрежной части бухты. Котельный цех жестяно-баночной фабрики был построен в 10 м от берега моря на насыпном грунте. Из-за подвижек грунтов при землетрясении образовались большие трещины, часть стен и фундаментов пришла в негодность. Аналогичные повреждения наблюдались в других корпусах фабрики и в цехе № 10 судовой верфи [9].

При землетрясении 4 мая 1959 г. пострадали сооружения, построенные вдоль береговой полосы города, в районе рыбного и морского порта, жестяно-баночной фабрики и судовой верфи на насыпных и рефулированных грунтах. Произошли нарушения и разрушения магистралей теплофикации, водопровода, канализации. Большое количество гидротехнических сооружений в районе Авачинской бухты пришло в аварийное состояние в результате потери общей устойчивости грунтов и разрушения несущих элементов строений. Повреждения были вызваны динамическим уплотнением рыхлых насыпных грунтов до 1,3 м и связанными с ними осадками территории, сопровождавшимися повреждениями. На некоторых участках образовались воронки. На озере Култушном в течение минуты наблюдалось около 30 гейзерообразных выбросов высотой до 3 метров [12].

Петропавловское землетрясение 25 ноября 1971 г. на территории города проявилось с интенсивностью от 6 до 8 баллов. На насыпных, намывных и грунтах, подверженных разжижению, оно ощущалось с силой 8 баллов [1].

Образовались трещины в мерзлом грунте морского порта шириной до 1 см и в асфальте длиной до 20 м. Лед толщиной порядка 30 см на Култушном и Халактырском озерах и других водоемах разбит трещинами, иногда со слабым торошением и с выплескиванием воды. В намывных грунтах образовалась система трещин шириной до 10 см, произошли осадки грунта до 0,5 м. В городе в 21 месте произошел разрыв водопроводной сети и канализации, 50 разрывов радио, телефонных и телеграфных линий [1]. Здания главного и инфекционного корпуса областной больницы получили значительные повреждения. Наиболее повреждены здания, основаниями фундаментов которых служили супесчаные грунты пластичной и мекучей консистенции и водонасыщенные пески, склонные к разжижению [6].

Не менее опасным процессом в техногенных грунтах является суффозия. В.Д. Дмитриев и Е.И. Казанцева при выполнении общественного мониторинга качества рекультивации земель вдоль трассы газопровода Соболево - Петропавловск-Камчатский обратили внимание на то, что на участке, расположенном в пределах земель городского Петропавловск-Камчатского муниципального округа (до реки Мутная-1, наблюдаются многочисленные провалы в грунтовой отсыпке вдоль газопровода. Они пишут, что «трасса МГ (до р. Мутная-1) поражена природно-техногенными процессами провалообразования, которые явно превышают масштаб естественного самоуплотнения насыпных грунтов и консолидации подстилающих их четвертичных пород, сроки для которых предусмотрены строительными правилами. Здесь наложены активные опасные природные процессы, которые вызывают размывы грунтов технологического проезда и его обочин, разрушения дренажных канав; подтопления полотном трассы ряда водотоков с участками леса; заболачивание [5].

Выполненные нами наблюдения на данном участке позволили сделать вывод о том, что зоны провалообразования тяготеют к участкам озерных отложений, накопившихся в отмерших к настоящему времени позднеплейстоценовых озерных ваннах, расположенных в пределах западин холмисто-западного рельефа обвално-взрывных отложений Древнего Авачинского вулкана. В разрезе таких отложений присутствуют диатомиты и пылеватые пески, склонные к суффозии. Не исключено, что при сильном землетрясении интенсивность суффозионных процессов возрастет вследствие уплотнения толщи слабых грунтов при их разжижении.

Для намывных и рефулированных грунтов, формирование которых, как правило, происходит на выровненных территориях, основную опасность могут представить процессы разжижения этих грунтов, а также абразионные явления в береговой зоне.

Часто для улучшения грунтовых условий производится замена рыхлых грунтов щебенистыми с их многократным уплотнением. Следует тщательно отнестись к использованию подобного метода на территории г. Петропавловска-Камчатского, либо же использовать сваи с заложением их оснований на твердые грунты.

При строительстве на участках залегания техногенных грунтов важно установить время отсыпки или намыва грунтов, т.к. от давности их формирования зависит степень их консолидации. Как показывает опыт, степень завершенности процессов самоуплотнения во времени в Петропавловске-Камчатском невысока даже после трех – четырех десятилетий с момента формирования земляного объекта.

Заключение

При выполнении предусмотренных нормативными требованиями [10,11] работ по изучению условий залегания и распространения техногенных грунтов на участке каждого отдельного здания и сооружения; уточнения границ распространения техногенной толщи различной мощности по площади территории; определения наличия рыхлых прослоев грунтов и другие характерные литологические особенности, присущие техногенным грунтам, необходимо также учитывать участки, где по прошествии нормативного времени не произошла их консолидация. Анализ таких участков показывает, что это возможно в трех случаях: а) повышенная мощность отложений при отсыпке тальвегов и западин; б) при залегании техногенных отложений на склонах; в) при близком к поверхности стоянии грунтовых вод. Очень важно изучать не только толщу самих техногенных грунтов, но и их соотношение с подстилающими грунтами. В случае, если в основании техногенных грунтов расположены слабые грунты, или грунты, склонные к разжижению, необходимо использование свайных оснований с заглублением ниже подошвы таких слоев.

Список литературы

1. Баранников Л.Б., Борисова Н.С., Ершов И.А., Константинова Т.Г., Медведев С.В., Федотов С.А., Федякова С.Н., Штейнберг В.В., Шумилина Л.С. Макросейсмическое обследование последствий землетрясения 24(25) ноября 1971 г. на территории г. Петропавловска-Камчатского. В кн.: Сильные камчатские землетрясения 1971 года. Владивосток: Наука, 1975. С. 15 - 62.
2. Гончарова Л.В., Макеева Т.Г., Егоров Ю.М. Диэлектрические свойства дисперсных грунтов для интерпретации георадиолокационных исследований при решении инженерно-геологических и экологических задач // Ломоносовские чтения. Тезисы научной конференции, апрель 2007 года. Секция геологии. 2007. <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1179216&uri=goncharova.html>
3. ГОСТ 25100-2011. Межгосударственный стандарт. Грунты. Классификация. МКС 93.020. Дата введения 2013-01-01.
4. Делемень И.Ф., Константинова Т.Г. Оценка оползневой опасности на территории Петропавловска-Камчатского при ожидаемом сильном землетрясении // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Материалы Второй региональной научно-технической конференции 11-17 октября 2009 г. 2009. Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН. С. 116-120.
5. Дмитриев В. Д., Казанцева Е. И. Магистральный газопровод и состояние его рекультивации со стороны Петропавловска-Камчатского // "О Камчатке: её пределах и состоянии..." : материалы XXIX Крашенниковских чтений / М-во культуры Камч. края, Камч. краевая науч. б-ка им. С. П. Крашенинникова. - Петропавловск-Камчатский, 2012. С. 88-90.
6. Константинова Т.Г. Зависимость степени повреждения зданий от положения УГВ и мощности рыхлых отложений в Петропавловске-Камчатском при землетрясении 24(25) ноября 1971 г. В кн.: Сейсмическое микрорайонирование. Кишинев: Штиинца. 1979. С. 278-285.
7. Константинова Т.Г. Разжижение грунтов при сильных землетрясениях // Инновации в науке. Материалы XVIII международной заочной научно-практической конференции (25 марта 2013 г.). Часть I. Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. С. 147.
8. Константинова Т.Г., Шарапов В.Г. О принципах построения карты сейсмического микрорайонирования территории г. Петропавловска-Камчатского. М., «Наука», 1977. С.232-236.
9. Саваренский Е.Ф., Тищенко В.Г., Святловский А.Е., Добровольский А.Д., Живаго А.В. Цунами 4 - 5 ноября 1952 г. // Бюллетень Совета по сейсмологии. 1958. № 4. С. 62.
10. СНиП 11-02-96. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. ПНИИС. 1996. <http://www.docload.ru/Basesdoc/1/1771/index.htm>
11. СП-11-105.97. Система нормативных документов в строительстве. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (Госстрой России). Москва. 2000.
12. Черемных Г.П. Землетрясение у берегов Камчатки 4 мая 1959 года // Бюллетень Совета по сейсмологии АН СССР. М., 1960. № 11. С. 6—17.
13. Youd, T.L., Idriss, I.M. (2001). Liquefaction Resistance of Soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils // Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE. 2001. Vol. 127, No 4. P. 297-313.