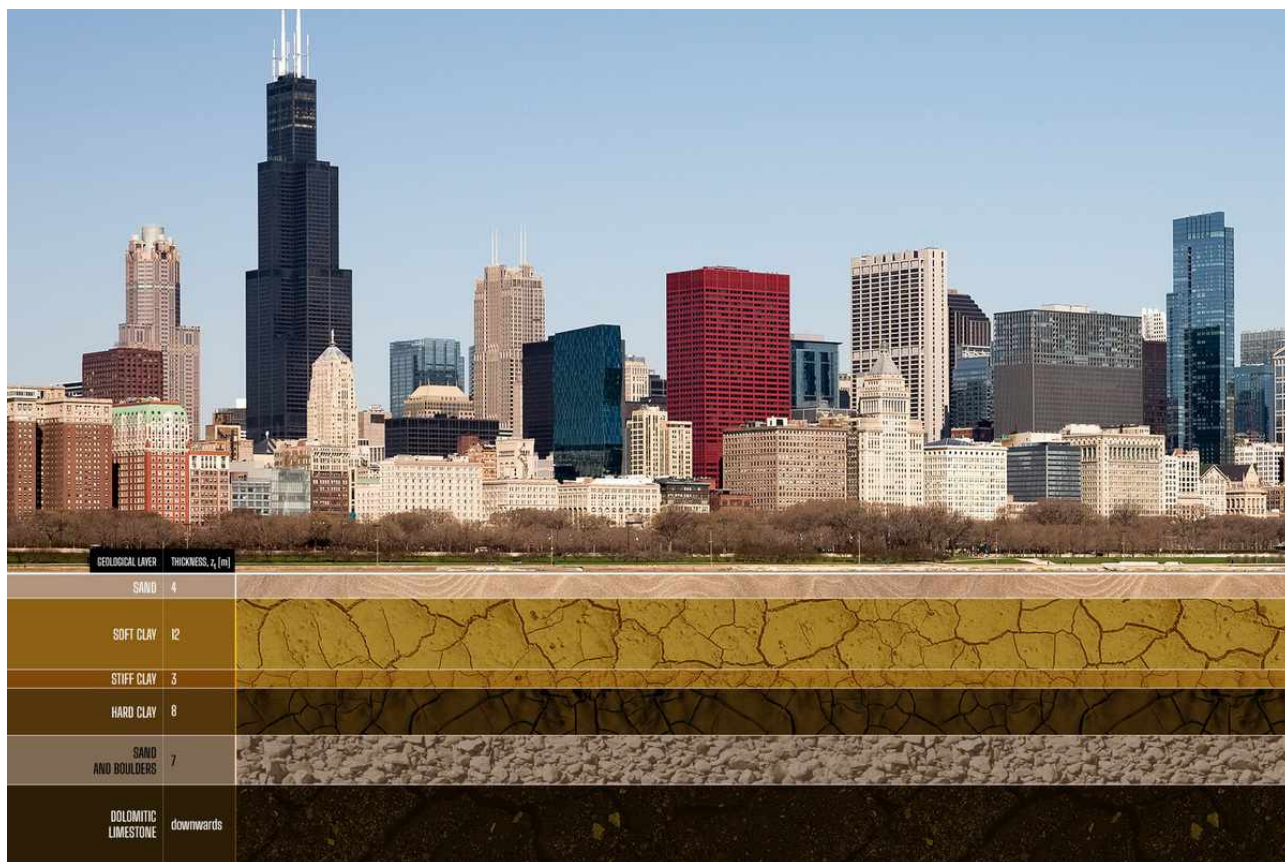


Земля деформируется, а здания не готовы: исследование инфраструктуры



Дата публикации: 14.07.2023

Повышение температуры: недавнее исследование, проведенное Северо-Западным университетом, выявило тихую опасность, существующую под крупными городами по всему миру. Выяснилось, что изменение климата под землей напрямую связано со смещением грунта под городскими территориями. При нагревании грунт подвергается деформации, что приводит к чрезмерному движению и растрескиванию **фундаментов** зданий и окружающего грунта. Это, в свою очередь, негативно сказывается на долговременных характеристиках и прочности конструкций. Исследователи отмечают, что предыдущие случаи разрушения **зданий** могли быть вызваны повышением температуры, и предполагают, что эти проблемы сохранятся в течение многих лет.

Действительно, повышение температуры представляет угрозу для нашей инфраструктуры, однако исследователи видят в этом и потенциальную возможность. Они предлагают улавливать и использовать отработанное тепло, выделяемое под землей из различных источников, таких как подземные транспортные системы, паркинги и подвальные помещения. Таким образом,

градостроители смогут не только смягчить последствия подземных климатических изменений, но и воспользоваться неиспользуемым ресурсом тепловой энергии.

Это новаторское исследование, опубликованное 11 июля в журнале Communications Engineering, является первой в своем роде количественной оценкой деформаций грунта в результате возникновения подповерхностных тепловых островов и их влияния на гражданскую инфраструктуру.

Повышение температуры подземного изменения климата

Алессандро Ротта Лория из Северо-Западного университета, ведущий исследователь, подчеркивает серьезность «подземного **изменения климата**», описывая его как скрытую опасность. Он указывает, что грунт деформируется из-за колебаний температуры, а существующие строительные конструкции и инфраструктура плохо приспособлены для того, чтобы противостоять этим изменениям. Хотя это явление может не угрожать общественной безопасности напрямую, оно, несомненно, повлияет на повседневную работу фундаментных систем и общей гражданской инфраструктуры.

Ротта Лория, доцент кафедры гражданского и экологического строительства в Инженерной **школе Маккормика** Северо-Запада, подчеркивает, что чикагская глина, как и многие другие мелкозернистые почвы, сжимается при нагревании. Следовательно, с повышением температуры под землей многочисленные фундаменты в центре города постепенно, но постоянно испытывают нежелательную осадку. По сути, жизнь в городе, который тонет, даже если основные причины различны, не ограничивается одной только Венецией.

Концепция «подземного изменения климата» или «подземных островов тепла» является реальностью в различных городских районах по всему миру, где тепло постоянно рассеивается от зданий и подземного транспорта, что приводит к вызывающим тревогу темпам потепления почвы. Предыдущие исследования показали, что неглубокие недра под городами прогреваются от 0,1°C до 2,5°C за десятилетие.

В то время как предыдущие исследования были сосредоточены на экологических последствиях этого явления, такого как загрязнение грунтовых вод, и связанных с этим проблемах со здоровьем, таких как астма и тепловой удар, его влияние на гражданскую инфраструктуру оставалось неизученным и плохо изученным.

Ротта Лория объясняет, что такие конструкции, как подвалы, гаражи,

туннели и поезда, постоянно излучают тепло. В городах, как правило, теплее, чем в сельской местности, из-за периодического удержания и выделения тепла, полученного в результате деятельности человека и **солнечного** излучения через строительные материалы. Хотя этот надземный процесс широко изучался в течение десятилетий, их исследования углубляются в его подземный аналог, в основном обусловленный деятельностью человека.

За последние несколько лет Алессандро Ротта Лория и его команда превратили Чикаго в живую лабораторию для изучения последствий подземного изменения климата. Они стратегически установили более 150 датчиков температуры в центре города, включая подвалы, туннели метро, подземные гаражи и улицы более низкого уровня, такие как Лоуэр-Вакер-Драйв. Для сравнения датчики также были размещены в Грант-парке, зеленой зоне, расположенной вдали от **зданий** и подземных транспортных систем, на берегу озера Мичиган.

Данные, собранные из этой обширной сети беспроводных датчиков, показали, что температура под подземными пространствами Чикагской петли постоянно была на 10 градусов выше, чем под Грант-парком. При этом температура воздуха в подземных сооружениях регистрировалась до 25 градусов выше температуры ненарушенного грунта. Распространение тепла к земле создает значительную нагрузку на материалы, которые естественным образом расширяются и сжимаются при изменении температуры.

В то время как в исследовании использовался Чикаго в качестве яркого примера, Ротта Лория подчеркивает, что подземное **изменение климата** является общим явлением в густонаселенных городских районах по всему миру. Следовательно, все такие города, столкнувшиеся с этой проблемой, скорее всего, столкнутся с инфраструктурными проблемами.

После трех лет сбора данных о температуре Ротта Лория использовал полученные данные для построения всеобъемлющей компьютерной 3D-модели. Эта модель имитировала изменение температуры грунта в Чикаго с 1951 года (год, когда были построены тоннели городского метро) до наших дней. Значения, полученные в результате моделирования, совпали с полевыми измерениями и позволили команде делать прогнозы будущих тенденций температуры до 2051 года.

Кроме того, Ротта Лория использовала компьютерную модель для исследования деформации грунта в ответ на повышение температуры. Такие материалы, как мягкая и жесткая глина, имеют тенденцию сжиматься при нагревании, в то время как твердая глина, песок и известняк расширяются.

Моделирование показало, что более высокие температуры могут привести к набуханию грунта и расширению вверх до 12 миллиметров. И наоборот, грунт также может сжиматься и опускаться, особенно под тяжестью зданий, с потенциальным смещением вниз до 8 миллиметров. Хотя такие изменения могут показаться людям незаметными и незаметными, они превосходят допустимость многих строительных компонентов и фундаментных систем, ставя под угрозу их эксплуатационные требования.

Ротта Лория поясняет, что последствия деформаций грунта могут проявляться не сразу, а конструкции постепенно проседают со временем, а не внезапно рушатся. Однако эти медленные сдвиги могут иметь пагубные последствия для функциональности зданий и инфраструктуры. Трещины и чрезмерная осадка фундамента, которые ранее приписывались другим причинам, на самом деле могут быть результатом изменения подземного климата, явления, которое ранее было неизвестным и непризнанным.

Возникновение подземного изменения климата представляет собой уникальную проблему для градостроителей и архитекторов, поскольку большинство современных зданий были спроектированы без учета колебаний температуры, наблюдаемых сегодня. Однако ожидается, что по сравнению со структурами более ранних периодов, таких как средневековые, современные здания лучше адаптируются к этим изменениям.

Ключевым фактором восприимчивости к изменению подземного климата является возраст зданий. Особенно уязвимы европейские города с их древними постройками из камня и кирпича, часто спроектированными в соответствии с традициями прошлого. Эти здания тонко сбалансированы с возмущениями, связанными с текущими городскими операциями. Тепловые возмущения, связанные с подземными островами тепла, могут иметь пагубные последствия для этих конструкций.

Забегая вперед, Ротта Лория предполагает, что будущие стратегии планирования должны включать геотермальные технологии для использования отработанного тепла и его использования для обогрева помещений в зданиях. Кроме того, проектировщики могут интегрировать меры по теплоизоляции как в новые, так и в существующие конструкции, чтобы свести к минимуму передачу тепла в землю.

«Самый эффективный и логичный подход — изолировать подземные сооружения таким образом, чтобы свести к минимуму потери тепла», — советует Ротта Лория. «Если это невозможно, то использование геотермальных технологий дает возможность эффективно улавливать и повторно использовать тепло внутри зданий. Активное охлаждение подземных сооружений с

использованием энергоемких методов нежелательно. К счастью, существует множество доступных решений, которые можно реализовать».

Принимая эти стратегии, градостроители и архитекторы могут смягчить последствия изменения климата под землей и обеспечить устойчивость [зданий](#) и инфраструктуры перед лицом изменяющихся температурных режимов.