

большой вероятностью, по сравнению с обычными объектами капитального строительства (ОКС), могут испытывать деформации, приводящие к предельно-напряженному состоянию несущих элементов конструкции. Следовательно, в отношении таких объектов необходимо проводить деформационный мониторинг, результаты которого по нашему мнению также должны вноситься в кадастр недвижимости и учитываться при корректировке кадастровой стоимости и проведении эксплуатационными службами соответствующих профилактических мероприятий для предотвращения разрушения сооружения.

Решение этой глобальной задачи наиболее эффективно выполнять с использованием методики построения 3D моделей ОКСов, однако, сплошное трехмерное лазерное сканирование для создания моделей городских территорий сопряжено со значительными финансовыми затратами, поэтому в ряде случаев может быть не эффективным и экономически не обоснованным.

Одним из решений данной, очень важной научно-технической задачи, является реализация следующих методических аспектов:

1. Представление каждого этажа инженерного сооружения, в виде отдельной проекции на горизонтальную плоскость;
2. Включение в соответствующую форму технического плана номера этажа инженерного сооружения;
3. Построение промежуточной трехмерной модели, используя расстояние между этажами, полученное или с проектной документации, или измеренное в результате выполнения исполнительной съемки;
4. Координирование помещений соответствующего этажа в условной системе координат для выполнения исполнительной съемки и вычисления площадных характеристик для налогообложения;
5. Повторение координирования помещений инженерного сооружения через нормативно-установленный интервал времени для выполнения деформационного мониторинга и оценивания предельно-напряженного состояния несущих элементов конструкции инженерного сооружения.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ ПУЧЕНИЯ ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ХМАО

А.В. Шрамok¹

Научный руководитель доцент В.В. Крамаренко²

¹ОАО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Сосредоточение месторождений нефти и газа в сезонно-талом слое криолитозоны, где грунты попеременно находятся, то в мерзлом, то в талом состоянии, обуславливает необходимость строительства надежных линейных сооружений, в частности трубопроводов, в неблагоприятных грунтовых условиях. Большая протяженность этих линейных объектов ведет к тому, что они неизбежно пересекают участки с различными мерзлотно-грунтовыми условиями [1]. Наиболее характерным процессом, осложняющим строительство таких сооружений, является морозное пучение.

Согласно [3], морозное (криогенное) пучение определяется как процесс, вызванный промерзанием грунта, миграцией влаги, образованием ледяных прослоев, деформацией скелета, приводящими к увеличению объема грунта, поднятию дневной поверхности.

Актуальность определения степени пучинистости на территории ХМАО очевидна, так как исследуемые месторождения находятся в зоне распространения сезонной мерзлоты, на примере которых автором были рассмотрены зависимости степени пучинистости грунтов от их физических характеристик.

Целью данной работы является характеристика процесса пучения на основании выявленных взаимосвязей между степенью пучинистости (ее количественными характеристиками – вертикальной и относительной деформацией пучения), составом и физическими показателями грунта.

В задачи входило обоснование факторов, способствующих процессу пучения, обзор полевых и лабораторных методов определения степени пучинистости, характеристика применяемого лабораторного метода по определению вертикальной деформации пучения, проведение непосредственно самого лабораторного исследования грунтов на пучинистость и обработка данных, а также приведение перечня возможных противопучинистых мероприятий.

В качестве примера были выбраны Угутское и Обминское нефтегазовые месторождения, на территории которых встречены склонные к пучению грунты. Исследуемые грунты приурочены к современным аллювиальным отложениям поймы р. Оби (aQ_{IV}), средне-верхнечетвертичным озерно-аллювиальным отложениям четвертой надпойменной террасы р. Оби ($1aQ_{II-III}$), современным болотным отложениям (bQ_{IV}), верхнечетвертичным аллювиальным отложениям второй и третьей надпойменных террас р. Большой Юган ($a^{2-3}Q_{III}$).

Наиболее достоверные данные о степени пучинистости грунтов могут быть получены на основе полевых испытаний на действие касательных и нормальных сил пучения на площадке строительства. Но такие испытания длительны и трудозатратны, в то время, когда при проведении инженерно-геологических изысканий, зачастую необходимо быстро получить информацию о степени пучинистости. В таких случаях лабораторный метод является своего рода экспресс-методом, в котором моделируются условия, максимально приближенные к естественным. В лабораторных условиях степень пучинистости определяется согласно [4] на образцах нарушенного сложения при заданной влажности и плотности [2]. Испытание грунтов по определению вертикальной деформации пучения проводилось в базе ОАО «ТомскНИПИнефть», с применением установки для определения деформации пучения - измерителя степени пучинистости грунтов УПГ-МГ4.01/Н «Грунт». Расчет значения относительной деформации пучения для дальнейшей классификации грунтов по [7] производился по формуле (1):

$$E_{\text{пн}} = h_f / d_i, \quad (1)$$

где h_f – вертикальная деформация образца грунта в конце испытания, мм; d_i – фактическая толщина промерзшего слоя образца грунта, мм.

Целью исследовательской составляющей данной работы являлось изучить зависимость степени пучинистости от физических характеристик грунтов. Так, в лабораторных условиях, автором был проведен ряд испытаний на пучинистость, а также для исследуемых грунтов были определены основные физические характеристики (влажность, плотность, плотность частиц, влажность на границе текучести и раскатывания [5], гранулометрический состав ареометрическим методом [6]). На основании полученных данных была составлена база пучинистых грунтов, которая включает себя данные 80 проб грунта исследуемой территории месторождений. 40% грунтов, входящих в систематизированную автором базу,

**СЕКЦИЯ 3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ,
ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В АРКТИКЕ И
ПРИБРЕЖНЫХ ЗОНАХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ**

представлены песками, по 25% - приходится на супеси и суглинки, глины составляют лишь 10% от объема изучаемых грунтов.

Все данные были обработаны в программе STATISTICA и проанализированы, вследствие чего было выявлено, что у всех исследуемых грунтов наблюдается общая тенденция к уменьшению значения вертикальной деформации пучения, с увеличением содержания в грунте частиц диаметром 0,25-0,1 мм ($h_f = 9,8286 - 0,0821 \cdot x$) и, прямая зависимость вертикальной деформации пучения от содержания в грунте частиц диаметром 0,1-0,05 мм ($h_f = -0,8544 + 0,3199 \cdot x$), где с ростом числа частиц данного диаметра увеличиваются и значения вертикальной деформации пучения. Также, у всех исследуемых грунтов наблюдается увеличение количественных характеристик степени пучинистости вместе с природной влажностью. Выявленная зависимость отражается уравнением $h_f = 0,5999 + 21,5259 \cdot W$.

Результаты испытаний дисперсных грунтов показали, что для таких грунтов отмечается рост вертикальной деформации пучения с увеличением природной влажности и показателя текучести, а также с увеличением содержания фракции частиц грунта диаметром 0,1-0,05 мм ($h_f = -4,7937 + 0,6508 \cdot x$). Уменьшение вертикальной деформации пучения дисперсных грунтов коррелирует с содержанием частиц, диаметром менее 0,002 мм ($h_f = 0,2437 + 0,6699 \cdot x$), что говорит о закономерном увеличении содержания глинистых частиц с уменьшением и количественных характеристик степени пучинистости.

Большая часть исследуемых песков проявили себя как непучинистые, несмотря на то, что закономерности, приведенные для всего массива грунтов, присущи и песчаным грунтам.

Для корректного проектирования мероприятий инженерной защиты сооружений от морозного пучения грунтов необходимо получить данные о водно-физических, теплофизических свойствах грунтов, информацию об уровне подземных вод, а также о глубине сезонного промерзания и оттаивания. Противопучинистые мероприятия направлены на уменьшение сферы взаимодействия конструкции сооружения с такими специфическими грунтами, как пучинистые, и призваны предупредить последствия их проявления.

В виду широкого распространения на территории ХМАО грунтов, подверженных сезонному промерзанию-оттаиванию, необходимость определения их степени пучинистости на данной территории очевидна. Применение лабораторного метода определения вертикальной деформации пучения на образцах с месторождений ХМАО выявило присутствие всех категорий пучинистости грунтов (от непучинистых до чрезмернопучинистых). В связи с выявленными закономерностями, на примере грунтов Омбинского и Угутского месторождений, можно сказать, что для приблизительной оценки степени пучинистости достаточно проанализировать физические характеристики грунта, чтобы предсказать его поведение при сезонном промерзании-оттаивании, что придает выявленным нами взаимосвязям особую актуальность.

Литература

1. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н. Миграционные бугры пучения на Европейском Севере России — южный и северный пределы ареала и современная динамика // Инженерная геология. 2011. № 2. С. 56–72.

2. Методы геокриологических исследований: Учеб. пособие / М54 Под ред. Э.Д. Ершова – М.: Изд-во Московского государственного университета. 2004. – 512 с.
3. СП 11-105-97 Часть 4. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов.
4. ГОСТ 28622-2012 Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости.
5. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
6. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
7. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация.