

**Динамика свойств мерзлых грунтов в зависимости от их температуры при захоронении буровых отходов в подземные резервуары**

**Научный руководитель – Николаева Светлана Казимировна**

***Пискунова Анна Сергеевна***

*Студент (магистр)*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Геологический факультет, Кафедра инженерной и экологической геологии, Москва, Россия

*E-mail: anitka.krol1706@gmail.com*

В настоящее время на Крайнем Севере России идет активное освоение нефтегазоносных месторождений с образованием большого количества буровых отходов. Разработана технология их захоронения в подземные резервуары (ПР). ПР создаются путем техногенного оттаивания песчаных мерзлых отложений при помощи нагнетания теплоносителя [1].

Для строительства устойчивого резервуара требуется множество предварительных расчетов. Основой всех расчетов являются свойства грунтов, знание о которых помогает сформировать надёжные емкости. На сегодняшний день все параметры свойств мерзлых грунтов заносятся в расчетную модель при одной постоянной отрицательной температуре. Принимается, что в течение строительства и эксплуатации резервуара свойства мерзлого грунта вокруг его контура не изменятся. Но так ли это в действительности? Буровые отходы, размещенные в ПР, оказывают сильное утепляющее воздействие на вмещающий массив. Температура в некоторой окрестности от резервуара плавно изменяется от температуры фазовых переходов на стенках выработки до естественных значений при удалении от контура вглубь грунтового массива. Что происходит со свойствами этого грунта при повышении температуры, и как влияют эти изменения на устойчивость выработки? Целью данной работы было ответить на эти вопросы.

Изучение прочностных и деформационных свойств было проведено с помощью трехосных испытаний на образцах мерзлого песка казанцевской свиты при температурах  $-0,5$ ,  $-1$ ,  $-2$ ,  $-3$ ,  $-4$ ,  $-5$  °С. Было установлено, что при повышении температуры с  $-5$  до  $-0,5$  °С значительно ухудшаются все показатели выше упомянутых свойств. Например, если у мерзлого песка при температуре  $-5$  °С модуль деформации равен 64 МПа, при температуре  $-3$  °С он уже равен 23 МПа, а при температуре  $-0,5$  °С его значение падает до 11 МПа. Для оценки влияния температурного фактора на устойчивость резервуара было рассчитано напряженно-деформированное состояние грунтов вокруг ПР различной геометрической формы. Задача была решена с помощью метода конечных элементов. Оказалось, что для резервуара с формой эллипса возникают значительные растягивающие напряжения уже при температуре  $-5$  °С. Резервуар конусовидной формы при температуре грунта  $-5$  °С является устойчивым, однако, при температурах  $-4$ ,  $-3$  °С вокруг его контура образуются растягивающие напряжения. У емкости формы сферы при температуре окружающего грунта  $-5$ ,  $-4$  °С эти напряжения отсутствуют.

Различие в напряженно-деформированном состоянии грунтов массива разной температуры за контуром ПР объясняется снижением несущей способности грунтов с повышением температуры. В результате исследований определено, что резервуары одинакового объема и формы при разной температуре грунта имеют различную устойчивость, что необходимо учитывать при составлении регламента на строительство.

**Источники и литература**

- 1) Аксютин О.Е., Казарян В.А. Строительство и эксплуатация резервуаров в многолетнемерзлых осадочных породах. М., изд-во, 2013.