

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ОТ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ

Усольцева О.М., Цой П.А.

Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, Новосибирск

Известно, что вода и температура являются наиболее важными факторами окружающей среды, влияющими на деформацию и разрушение горных пород, а также изменение трещиноватости массива, что необходимо учитывать в горных инженерных технологиях, например, определении устойчивости бортов карьеров, строительстве и эксплуатации туннелей и многих других случаях. Целью настоящего экспериментального исследования являлось изучение одновременного влияния температуры и степени водонасыщения пород на их механические свойства при одноосном сжатии и срезе со сжатием. Объектом исследования являлись вмещающие породы кимберлитовой трубки Зарница, находящейся на территории Мирнинского района Республики Саха (Якутия) – известняк, мергель, доломит, песчаник и алевролит.

Значения водопоглощения W_{max} пород составляли: известняк – 11,3%, мергель – 8,4%, доломит – 12,7%, песчаник – 1,9% и алевролит – 1,4%. Испытания проводились в интервале температур от $+20^{\circ}\text{C}$ до -60°C с 3-я различными значениями степени водонасыщения w : воздушно-сухое состояние $w=0$, степень водонасыщения $w \approx 20\%$ от W_{max} и полностью водонасыщенные образцы $w=W_{max}$. На основе анализа полученных экспериментальных данных выявлены следующие закономерности изменения деформационно-прочностных свойств горных пород:

– Для песчаника и алевролита, имеющих невысокое значение водопоглощения, понижение температуры от $+20^{\circ}\text{C}$ до -60°C приводит к незначительному увеличению предела прочности пород, как в воздушно-сухом, так и частично или полностью водонасыщенном состоянии, увеличение пределов прочности не превышает 10% (рис. 1а и 1б). Увеличение степени водонасыщения образцов также приводит к незначительному уменьшению значений пределов прочности образцов при одной и той же температуре испытания, не более, чем в 1,1 раза.

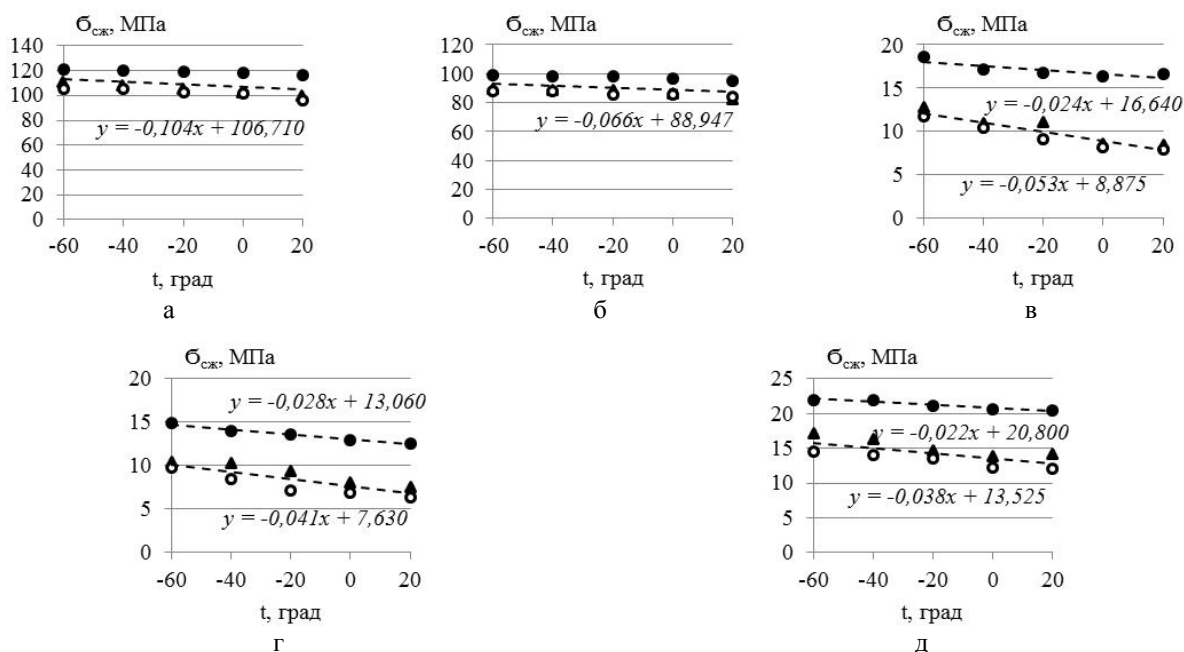


Рис.1. Зависимости пределов прочности при испытаниях на одноосное сжатие образцов песчаника (а), алевролита (б), известняка (в), мергеля (г) и доломита (д) при различных степенях водонасыщения (● – воздушно-сухое состояние $w=0$, ▲ – $w \approx 1,2W_{max}$ и ○ – $w=W_{max}$) от температуры

– Для известняка, мергеля и доломита, имеющих высокое значение водопоглощения, температура испытания значительно изменяет прочностные свойства образцов. В воздушно-

сухом состоянии понижение температуры от $+20^{\circ}\text{C}$ до -60°C приводит к увеличению пределов прочности на 20–25% (рис.1в–г). При степени водонасыщения, составляющей $w \approx 20\%$ от значения водопоглощения породы W_{max} при понижении температуры испытаний от $+20^{\circ}\text{C}$ до -60°C пределы прочности увеличиваются в 1,5; 1,4 и 1,3 раза для известняка, мергеля и доломита соответственно. Для полностью водонасыщенных образцов $w = W_{max}$ при понижении температуры испытаний от $+20^{\circ}\text{C}$ до -60°C пределы прочности пород также увеличиваются в 1,5; 1,8 и 1,4 раза для известняка, мергеля и доломита соответственно.

– Важно отметить, что для известняка, мергеля и доломита, имеющих высокую степень водопоглощения, само значение степени водонасыщения w (20% или 100%) не оказывает существенного влияния на предел прочности. Например, для известняка предел прочности в воздушно–сухом состоянии при $+20^{\circ}\text{C}$ составляет 16,6 МПа, при водонасыщении $w \approx 20\%$ – 8,4 МПа и при $w = W_{max}$ – 7,9 МПа, т.е. он уменьшился в 2,1 и 2,0 раза соответственно. При -60°C предел прочности известняка в воздушно–сухом состоянии составляет 18,6 МПа, при водонасыщении $w \approx 20\%$ – 12,8 МПа и при $w = W_{max}$ – 11,8 МПа, т.е. он уменьшился в 1,5 и 1,6 раза соответственно. Аналогичная закономерность наблюдается также для мергеля и доломита при различных температурах испытаний.

– При испытаниях на срез со сжатием пород, имеющих высокую степень водопоглощения (известняк, мергель и доломит) при изменении состояния образцов от воздушно–сухого до полностью водонасыщенного сцепление уменьшается в 1,8–2,5 раза, угол внутреннего – 1,1–1,3 раза. При понижении температуры испытания от $+20^{\circ}\text{C}$ до -60°C сцепление и угол внутреннего трения возрастают следующим образом: для известняка в воздушно–сухом состоянии сцепление увеличивается в 1,1 раза, угол внутреннего трения – в 1,03–1,1 раза; в водонасыщенном состоянии сцепление увеличивается в 2,0–2,4 раза, угол внутреннего трения – в 1,2–1,3 раза. Для песчаника и алевролита при понижении температуры также наблюдается некоторое увеличение сцепления и угла внутреннего трения, но оно незначительно, не превышает 4–6%.

– Были построены эмпирические зависимости пределов прочности при испытаниях на одноосное сжатие, а также сцепления и угла внутреннего трения при испытаниях на срез со сжатием образцов известняка, мергеля, доломита, песчаника и алевролита при различных значениях степени водонасыщения: в воздушно–сухом состоянии $w = 0$, при степени водонасыщения $w \approx 20\%$ от W_{max} и полностью водонасыщенном состоянии $w = W_{max}$ в диапазоне температур от $+20^{\circ}\text{C}$ до -60°C . Зависимости пределов прочности при сжатии и сцепления при срезе от температуры имеют линейный вид, зависимости угла внутреннего трения от температуры – параболический вид

Проведенное лабораторное исследование вмещающих пород алмазоносной трубки позволяет дать прогнозные оценки возникновения потенциально опасных участков прибортового массива горных пород от внезапных обрушений в период сезонных колебаний температуры и влажности.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИГД СО РАН, проект НИР № 0256-2021-0001 на оборудовании ЦКП геомеханических, геофизических и геодинамических измерений СО РАН.