

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СЕЗОННЫХ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ И МЕСТНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ОТКОСОВ ГОРНЫХ ДОРОГ

Строительство автомобильных дорог является одной из приоритетных отраслей для развития промышленности, сельского хозяйства, туризма в стране и выхода в рынки соседних стран. В Кыргызстане 95 % пассажирских и грузовых перевозок обеспечивает дорожная сеть. Общая протяженность автомобильных дорог в стране составляет 34000 км, среди которых автодорога Бишкек-Ош является главной дорожной артерией республики как во внутригосударственном, так и в международном плане.

Дорожная сеть Кыргызстана построена в сложных физико-географических условиях с сильно пересеченным рельефом, резко континентальным климатом, подверженным как природным, так и природно-техногенным опасностям /1/.

Обеспечение бесперебойного и безопасного движения автомобилей является главным приоритетом в дорожном секторе. Однако обеспечение безопасности на горных дорогах остается актуальной задачей, поскольку вред, причиняемый природе, и последующие затраты на ремонт и восстановление нарушенных участков дорог нередко превышают ущерб, наносимый интенсивностью движения большегрузного транспорта.

Откосы автомобильных дорог на горных склонах подвергаются таким опасным гравитационным склоновым процессам, как оползни, камнепады, осыпи, сплывы и оплывины.

Если смещению грунтовых масс подвержен весь приоткосный массив склона или откоса, то это свидетельствует о нарушении общей устойчивости; если же нарушение проявляется в смещении непосредственно грунта на откосе до глубины 0,5-1,0 м, то это нарушение местной устойчивости откосов горных дорог.

Нарушение местной устойчивости откосов горных дорог происходит непосредственно в результате интенсивного таяния, дождей и является одной из причин разрушения дорожного полотна и перебоев в движении транспорта, что нередко приводит к существенным потерям как грузоперевозчиков, так и дорожных служб (рис. 1).

Нарушение местной устойчивости откосов возникает в результате снижения прочности грунтов под влиянием физико-химического выветривания и избыточного увлажнения. В результате этих процессов изменяются состав, структура, плотность, влажность, водно-физические свойства грунтов,

снижаются прочностные показатели грунта за счет промерзания и оттаивания грунтов, их набухания и усадки при изменении влажности на поверхности откоса в зоне аэрации. Поэтому при проектировании и строительстве горных дорог важное место занимает оценка как общей, так и местной устойчивости склонов и откосов. Устойчивость откосов обеспечивается при условии, что сдвиговые деформации грунта на откосе по поверхности скольжения не выходят за пределы упругих удерживающих сил ($T_{уд}$) и превышают сдвигающие ($T_{сдв}$), т.е. $T_{уд} \leq T_{сдв}$.



Рис. 1. Нарушение местной устойчивости откоса на автомобильной дороге Бишкек-Ош на участке 400+700-400+820 км

К основным причинам нарушения местной устойчивости относятся: процессы влагонакопления грунта перед промерзанием, прогревание грунта, весенние атмосферные осадки, изменение водно-физических и прочностных свойств грунта под действием осадков и температуры воздуха, потеря устойчивости откоса вследствие перехода грунта в текучее состояние и смещения по откосу /2/.

При оценке местной устойчивости оценивают развитие деформаций локального скольжения, пластического течения, сплывов и выносов в пределах активной зоны, чаще всего определяемой глубиной промерзания или прогревания.

Начальными формами нарушения местной устойчивости являются трещины по бровке и поверхности откоса, в зоне активного выветривания, которые в дальнейшем приводят к развитию деформаций /3/.

Оценка местной устойчивости откосов горных дорог в первую очередь зависит от физико-механических свойств грунтов, слагающих откос, основным из которых является влажность.

Существующие методы оценки местной устойчивости откосов учитывают влияние прочностных свойств грунтов, однако в расчетах практически не учитывается влияние сезонного изменения температуры на прочностные свойства грунтов.

В период года с отрицательными температурами грунт на поверхности откоса замерзает, тем самым к твердой, жидкой и газообразной компонентам грунта прибавляется лед. Глубина промерзания зависит от высоты местности, типа грунта, от состава грунта, теплопроводности и теплоемкости грунта. Согласно проведенным наблюдениям на метеостанциях Суусамыр, Алабель и анализу результата этих наблюдений, установлено, что наибольшая глубина промерзания в зависимости от высоты местности отмечена в крупнообломочных грунтах, наименьшая – в суглинках (рис. 2).

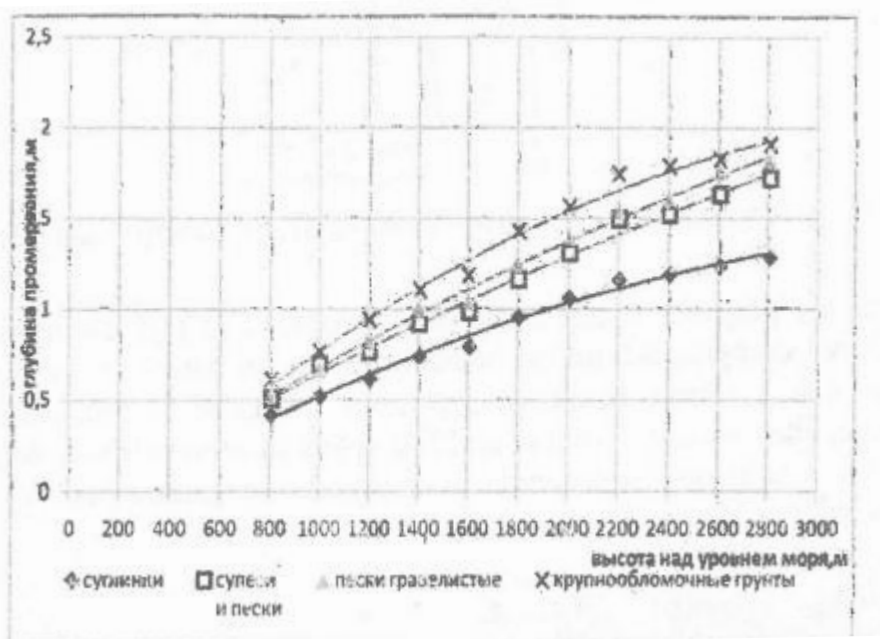


Рис. 2. Зависимость глубины промерзания грунтов, откосов выемок горных дорог от типа грунта и высоты местности

В период года с положительными температурами лед в составе грунта начинает таять, что приводит к увеличению его влажности. Это объясняется тем, что при нагревании грунта помимо свободной воды в грунтах тает и связанная вода. Связанная вода в грунте содержится в двух видах: прочносвязанная вода (гигроскопическая) вступает во взаимодействие с поверхностью минерального зерна и рыхлосвязанная вода (пленочная), которая образует второй сплошной и более толстый слой вокруг зерна /4/.

Пленочная обладает повышенной вязкостью, упругостью, замерзает при температуре -2°C , а оттаивает при температуре 0°C (рис. 4). При понижении температуры грунта ниже нуля возникает явление переохлаждения и

образование кристаллов льда, затем наблюдается некоторое повышение температуры, и дальнейшее понижение температуры грунта происходит практически линейно (рис. 3) /5/.

За счет этого нарушение местной устойчивости откосов происходит в весенний период года даже на тех участках, где практически нет снежного покрова.

В связи с этим для изучения влияния сезонного колебания температуры на прочностные свойства грунтов была проведена серия лабораторных экспериментов.

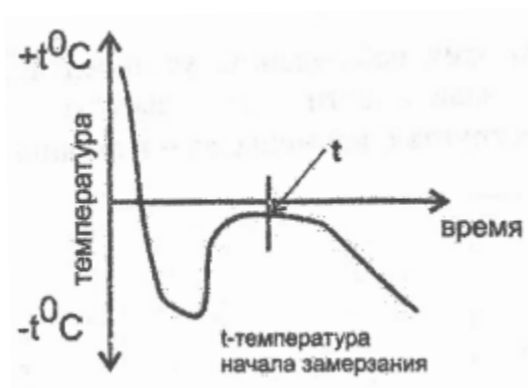
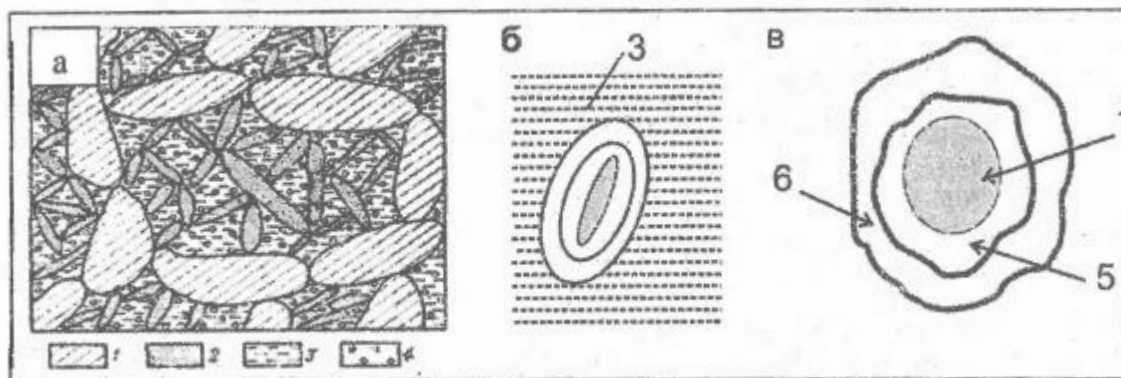


Рис. 3. Кривая по определению температуры замерзания грунта

Согласно разработанной авторами методике, для установления влияния длительности замораживания и последующего оттаивания на прочностные характеристики грунтов были изготовлены образцы — близнецы грунта с заданными свойствами: плотность $\rho=1700 \text{ кг/м}^3$; размер твердых частиц $\phi=0.25 \text{ мм}$; начальная заданная влажность на пределе раскатывания $W=10 \%$ и на пределе текучести $W=20 \%$.



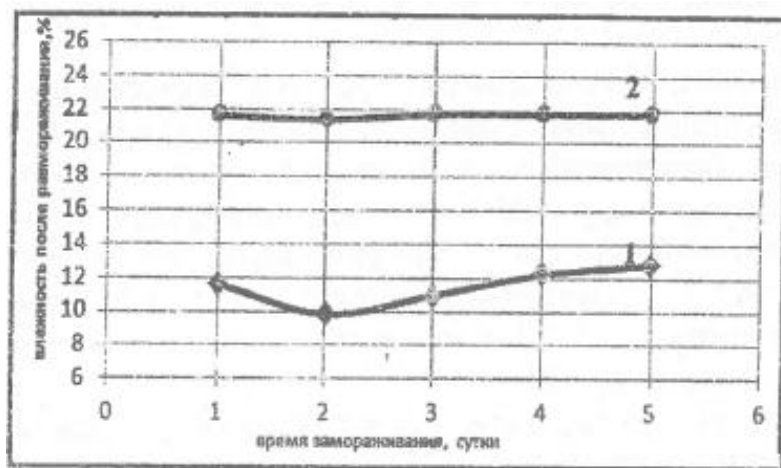
1 — минеральные зерна, 2 — коллоидные частицы, 3 — свободная вода с растворенным газом, 4 — пузырьки газа, 5 — прочносвязанная вода, 6 — рыхлосвязанная вода

Рис. 4. Схема образования связанной воды в структуре грунта:
 а – структура многофазного грунта; б – свободная вода вокруг
 минерального зерна, в – связанная вода вокруг минерального зерна

Изготовленные образцы помещали в холодильную камеру при температуре минус 10°C на время от 24 часов до 5 суток. Первая серия образцов была испытана на сдвиг через одни сутки, вторая - через двое суток, и так до пяти суток. Также определяли влажность грунта после размораживания для каждого образца. Результаты лабораторных исследований по выявлению влияния замораживания и размораживания грунта на его влажность приведены на рис.5. По полученным данным установлено, что влажность грунта изменяется в зависимости от времени замораживания в 1,25-3,0 раз.

Результаты по выявлению влияния влажности и продолжительности замораживания на сопротивляемость грунтов сдвигу приведены на рис. 6.

На основании анализа результатов эксперимента установлено, что влажность грунта перед замораживанием оказывает существенное влияние на сопротивляемость сдвигу грунтов и приводит к снижению показателей практически в 2,5 раза.



- 1- начальная влажность грунта, равная пределу раскатывания грунта **12%**
- 2- начальная влажность грунта, равная пределу текучести грунта **20%**

Рис. 5. График зависимости влажности грунта после размораживания от времени замораживания:

Возрастание сопротивляемости сдвигу на вторые сутки замораживания объясняется свойством грунта снижать температуру за счет переохлаждения свободной воды и начала образования кристаллов льда (рис. 6).



1- начальная влажность грунта, равная пределу раскатывания грунта **12%**

2- начальная влажность грунта, равная пределу текучести грунта **20%**

Рис. 6. График зависимости сдвигающего усилия от времени замораживания

В образцах после замораживания на вторые сутки влажность снижается на 1-2 % от заданного значения и увеличивается сопротивляемость сдвигу на 0,02 МПа, влажность затем медленно увеличивается, а сопротивление сдвигу снижается до первоначальных значений.

На основании анализа результатов лабораторных исследований свойств грунтов и зависимости сопротивляемости сдвигу установлено, что наличие талых грунтов на откосах, приводит к массовому нарушению местной устойчивости откосов горных дорог в условиях высокогорья в феврале-марте месяцах.

На основании выполненных расчетов коэффициента устойчивости откосов горных дорог при талых грунтах и грунтах, не подвергавшихся замораживанию, установлено, что наличие талых грунтов приводит к снижению коэффициента устойчивости откосов дорожных выемок на склоне от 30 до 50 % в зависимости от гранулометрического состава грунта.

На основании проведенных лабораторных исследований по оценке влияния температуры на прочностные свойства грунтов и устойчивость откосов дорог на склоне установлено, что:

1. Влажность грунта перед замораживанием приводит к снижению сопротивляемости сдвигу грунтов в 2-2,5 раза.

2. При оттаивании грунтов сопротивление сдвигу зависит от влажности грунта перед замораживанием и снижается: на границе раскатывания 20 %, а на границе текучести – 40 %.

3. На основании проведенных лабораторных исследований оценено изменение свойств оттаявших грунтов на сопротивляемость сдвигу.

Установлено, что в оттаявших грунтах сопротивление сдвигу на 20-40 % в зависимости от крупности слагаемых частиц ниже по сравнению с грунтами, не подвергавшимися замораживанию.

4. Местная устойчивость откосов выемок горных дорог на склонах зависит от влажности грунтов перед замерзанием и продолжительности зимнего периода с отрицательными температурами. Коэффициент устойчивости откосов при наличии талых грунтов ниже на 30-50 %.

Список литературы

1. Кожогулов К.Ч., Никольская О.В., Картанбаев Р.С., Сулайманов Н.Ч. Принципы безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации горных дорог. - Бишкек: Илим, 2006. – С.186.

2. Кадыралиева Г.А. Факторы, влияющие на местную устойчивость откосов горных дорог //Современные проблемы механики сплошных сред. – Вып. 12. – Бишкек, 2010. – С.174-181.

3. Методические указания по оценке местной устойчивости откосов и выбору способов их укрепления в различных природных условиях. – М., 1970. – С.73.

4. Лебедев А.Ф. Почвенные и грунтовые воды. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1936. – С.54.

5. Алексеев С.И. Механика грунтов: Учебное пособие для студентов вузов Петербургский государственный университет путей сообщения. – СПб., 2007. – С.113.