

# ВЛИЯНИЕ СИЛ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Б.М. Черепанов, С.Г. Коротких

Большую опасность при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог представляют силы морозного пучения. На территории Российской Федерации покрытие многолетнемёрзлыми толщами составляет более 65%, что пагубно сказывается на автомобильных дорогах.

Автомобильные дороги являются качественным показателем развития регионов и страны в целом. Практика показывает, что страны в которых отлично развита транспортная сеть пребывают в благополучном финансовом состоянии, так как дороги влияют на мобильность доставки грузов, туристический бизнес и на многое другое. Поэтому поддержание автодорог в отличном состоянии, это залог успеха любой страны.

В настоящее время вопрос борьбы с силами морозного пучения стоит на одном из первых мест, ежегодно на ремонт дорожного полотна уходят астрономические суммы, что пагубно сказывается на бюджете Российской Федерации.

При исследованиях выявляется, что дорожные насыпи сооружённые много лет назад не учитывают современные нагрузки и технические характеристики автомобилей, поэтому дорожное полотно в настоящее время выходит из строя в геометрической прогрессии.

Итак, рассмотрим суть проблемы. Мёрзлыми грунтами, породами и почвами называют грунты, горные породы, почвы и дисперсные материалы, имеющие отрицательную или нулевую температуру, в которых хотя бы часть воды замёрзла, т.е. превратилась в лёд, цементируя минеральные частицы. Скальные грунты, имеющие отрицательную температуру и не содержащие в своём составе воды и льда, называются морозными. Крупнообломочные и песчаные грунты, имеющие отрицательную температуру, но не сцементированные льдом и не обладающие силами сцепления называются сыпучемёрзлыми («сухая мерзлота»). Грунты и породы, в которых, несмотря на отрицательную температуру лёд не кристаллизовался называются охлаждёнными породами и грунтами.

Таким образом, мёрзлый грунт в отличие от талого содержит 4 компонента: твёрдые частицы, незамёрзшую плёночную вла-

гу, покрывающую поверхность, лёд и газы. Между льдом и незамёрзшей водой существует динамическое равновесие. При понижении температуры плёнка становится тоньше и растёт количество льда, при повышении температуры лёд частично плавится.

Главной проблемой при строительстве на мёрзлых грунтах является морозное пучение. К типичным пучинистым грунтам относятся озерно-ледниковые отложения (ленточные глинистые грунты-супеси, суглинки, глины), мелкие и пылеватые пески, послеледниковые морские отложения (иольдиевые глины), супесчаные и суглинистые разновидности водонасыщенных со слабыми структурными связями моренных отложений и др. При влажности больше критической ( $w > w_{cr}$ ) эти грунты, замерзая в зимний период, значительно увеличиваются в объеме (пучатся) на 20 см и более в пределах глубины его промерзания, которая в условиях Алтайского края достигает 1,5-2,0 м и более.

В основном деформации земляного полотна связаны с его избыточным увлажнением в осеннее – зимний период, пучением, сопровождающимся поднятием дорожного полотна в результате замерзания воды в порах грунта и, уже как следствие, его понижением и разрушением при оттаивании весной.

Пример сильного переувлажнения показан на рисунке 1.

Экспериментальные исследования автомобильных дорог юго-восточной части Западной Сибири показали, что влагонакопление и пучение в грунтах земляного полотна в значительной мере определяются режимом промерзания дорожных конструкций. При этом наибольшее влагонакопление наблюдается после «мягких» зим, характеризующихся незначительной суммой отрицательных температур воздуха.

В Алтайском государственном техническом университете на кафедре «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ведётся работа по исследованию пучинистых свойств грунтов территории Алтайского края с составлением карты их распространения и разработкой противопучинных мероприятий для строящихся и эксплуатируемых автомобильных дорог.



Рис. 1. Пример сильного переувлажнения на расстоянии 30 см, от поверхности на а/д "Бийск-Мартыново-Кузедеево"

Целью работы является разработка, внедрение и оценка эффективности противопучинных мероприятия, обеспечивающих надёжную последующую эксплуатацию земляного полотна из пучинистых грунтов для всей территории Алтайского края и составление карты распространения пучинистых грунтов.

Выбор участков дорог проводился с учётом грунтовых, климатических, гидрогеологических условий и сроков эксплуатации. При этом рассматривались в первую очередь автодороги в наибольшей степени подверженные влиянию сил морозного пучения. Проявляются они в виде бугров пучения зимой и весенних пучинных просадок после оттаивания грунтов. В результате в этих местах дорожное покрытие имеет многочисленные трещины, рытвины и выбоины, через которые вода беспрепятственно попадает в тело земляного полотна. Грунты переходят в текучепластичное состояние, что ещё более усугубляет ситуацию.

В результате для проведения детальных обследований были выбраны две автодороги: «Алтай – Кузбасс» и «Бийск-Мартыново-Кузедеево», обе они соединяют Алтайский край и Кемеровскую область и являются активно используемыми. На этих автодорогах были зафиксированы наиболее повреждённые участки дорожного полотна в результате действия сил морозного пучения, на них и производились основные исследования.

Оба участка автодорог располагаются в предгорье Салаира, хотя и достаточно уда-

лены друг от друга (более 100 км). Местность очень разнообразна по своему рельефу и очень холмиста. Климат района – резко континентальный с суровой морозной зимой и жарким коротким летом. В геоморфологическом отношении – это Чумышское Присалаирье – пологонаклонная на юго-запад слабо-расчленённая эрозией поверхность. Преобладают оподзолённые чернозёмы и луговые почвы. Глубина залегания грунтовых вод от 0 до 5 метров. Широкое распространение глинистых грунтов повышенной влажности даёт плодотворное развитие образованию пучин в зимнее время.

Изучение проектных карьеров показало, что горные породы представлены выветрелыми песчаниками, глинистыми и кристаллическими сланцами с прослоями окварцованных пород и известняков. Залежи неоднородны по своему составу и условиям залегания, по периметру разработки хорошо выделяются отдельные участки, различные по условиям залегания, минералогическому составу, степени выветрелости и прочности пород. Размер частиц грунта, слагающего насыпь, составляет от нескольких десятков сантиметров до размеров пылеватой фракции. При таком разбросе в насыпи может возникать жёсткий каркас из крупнообломочной фракции, который при укатке плохо поддаётся уплотнению. В результате однородность насыпи нарушается и остаются пустоты в которые может проникать вода. Заполнителем являются преимущественно глинистые сланцы и

## ВЛИЯНИЕ СИЛ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

алевролиты, которые относятся к малопрочным грунтам, теряющим при увлажнении свою несущую способность, и к сильнопучинистым.

По результатам рекогносцировки на каждой автомобильной дороге было выбрано несколько пучинистых участков с типичными грунтовыми условиями, на которых были оборудованы посты для инструментальных и визуальных наблюдений. Всего было установлено 11 постов: 5 – на автодороге «Бийск – Мартыново – Кузедеево» и 6 – на автодоро-

ге «Алтай – Кузбасс». Для организации наблюдений за деформациями на каждом посту в створе, для замера величины пучения при сезонном промерзании грунтов, устанавливались поверхностные марки на расстоянии 1 метра друг от друга. В качестве марки использовался дюбель, вбитый вровень с поверхностью. Для облегчения нахождения марок поверх дюбеля наносилась краска. Всего в каждом створе было установлено по 9 поверхностных марок (рисунок 2).



Рис. 2. Установленные поверхностные марки на автодороге «Бийск-Мартыново-Кузедеево»

Высотное положение поверхностных марок определялось геодезическими методами с помощью точного нивелира ЗН-ЗКЛ. Нивелирование производилось относительно специально разработанного репера. Конструкция репера не позволяет ему перемещаться при действии сил морозного пучения. Репера закладывались за пределами влияния дорожной насыпи, величина заглубления составила около 4 метров, т.е. значительно ниже прогнозируемой нормативной глубины промерзания грунтов.

Для определения температурно-влажностного режима по глубине, во время нивелирования поверхностных марок, на постах были установлены температурных трубы длиной 2,1 м. Температурная труба представляет собой замкнутую снизу конструкцию, сверху она герметично закрывается резьбовой крышкой. Трубы устанавливались под

краем дорожного полотна, на расстоянии 2,5 метра от него и за пределами насыпи (рисунок 3).



Рис. 3. Установка температурных труб на автодороге «Алтай-Кузбасс»

Во время установки постов на каждом участке у кромки покрытия проходились шурфы глубиной около 1 метра. Ниже конструктивных слоёв дорожной одежды, сразу под подошвой последнего из них, отбирался грунт для определения полного комплекса его физико-механических свойств. Кроме того, отбиралась весовая пробы массой не менее 3 кг для определения в лабораторных условиях максимальной плотности и оптимальной влажности грунта, и последующих исследований грунта на пучинистость. Со дна шурфа на глубину до 2,5 м от поверхности покрытия дополнительно пробуривались скважины с отбором через 0,5 м проб грунта нарушенной структуры. В случае появления грунтовых вод замерялись появившийся и установившийся уровни грунтовых вод (рисунок 4).



Рис. 4. Отбор проб грунта

Наблюдение за выделенными пучиноопасными участками автомобильных дорог планируется производить на протяжении 2-3 лет. На сегодняшний день построены исходные поперечные профили по всем постам, относительно которых и будут вестись наблюдения. Одновременно ведутся исследования по составлению карты распространения пучинистых грунтов на территории Алтайского края. Карта позволит на стадии проектирования выбирать те или иные технологии возведения дорожных насыпей и спрогнозировать возможные выражения и разрушения во время эксплуатации. Разработанные мероприятия по усилению эксплуатируемого и деформируемого земляного полотна под воздействием пучиноопасных грунтов и рекомендации по обеспечению устойчивости земляного полотна при его возведении на пучиноопасных грунтах позволяет увеличить качество поверхности дорожного полотна и существенно снизить ежегодные финансовые затраты на реконструкцию повреждённых покрытий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Симагин В.Г. Эффективные фундаменты лёгких зданий на пучинистых грунтах. - Петрозаводск, 1997.
2. Цытович Н.А. Механика мёрзлых грунтов. - М.: Высш. школа, 1973.
3. ГОСТ 12248-96 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
4. Крицкий М.Я., Подольский В.П., Алфёров В.И. Нетрадиционные технологии лечения болезней земляного полотна / В кн.: Научный вестник ВГАСУ. Серия: Дорожно-транспортное строительство / Воронеж, 2004, Вып. № 2. - С. 90-97.