



ОСОБЕННОСТИ МЕЖСЕЗОННОГО ПОВЕДЕНИЯ ГРУНТОВ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА

В статье представлены результаты анализа причинно-следственной связи изменения температуры в грунтах, характерных для арктической территории северо-запада страны в период межсезонья. Проанализированы грунтово-геологические и климатические характеристики рассматриваемого района, определен перечень разрушений строительных конструкций, возникающих в весенний период, на примере автомобильных дорог.

Арктика, автомобильные дороги, разрушения, грунты, температура.

Климатические особенности Арктики северо-западной части России обусловлены продолжительной отрицательной температурой в зимний период, с 20-х чисел октября до середины апреля, мая, коротким и относительно прохладным летом и большим среднегодовым количеством атмосферных осадков в диапазоне от 550 до 750 мм. Вследствие этого 20,5 % всей представленной территории заняты болотами и озерами [1]. Такие условия стали причиной образования болотно-подзолистых грунтов и обширных торфяников на пониженных участках рельефа и подзолистых остаточно-карбонатных с перегнойно-карбонатными грунтами на возвышенностях.

Подзолистые почвы появляются в суглинистых грунтах при циклическом замерзании и оттаивании в водонасыщенном состоянии, что как раз и является характерной особенностью Мурманской и Архангельской областей, а также Республики Карелия. А суглинистые грунты имеют низкие значения коэффициента фильтрации и высокие показатели по набуханию, водонасыщению.

Говорят, что «весной мороз уходит в землю», – данное явление крайне опасно для инженерных сооружений, т.к может сопровождаться появлением разрушений.

В физике данный феномен называется «теплоперенос в грунтах». Процесс теплопереноса в грунтах – это сложное явление, прежде всего зависящее от климатических условий, а также от состава грунта непосредственно. Если по-другому, то процесс теплопередачи в любой среде – это прежде всего перераспределение энергии, вследствие которого тепло от более теплого объекта передается к более холодному, пока их температуры не станут одинаковыми.

Именно это мы и наблюдаем, когда смотрим на то, как промерзает грунт с течением времени. Сначала грунт контактирует с более холодной средой, из-за чего его температура понижается, далее промерзший слой грунта контактирует со слоем грунта, залегающим ниже, тем самым охлаждая его. Так как температура внешней среды постоянно отрицательная, то

грунт промерзает все глубже, не приходя в тепловое равновесие.

С точки зрения физики явление «весной мороз в землю уходит» можно объяснить довольно просто. Зимой грунт промерзает не сразу на всю глубину, а делает это постепенно. Когда приходит оттепель, грунт сверху начинает также постепенно отогреваться, однако процесс промерзания продолжается за счет выбега энергии в толще грунта, выделения теплоты льдообразования, что создает картину, будто «мороз идет в землю». [4]

Зная то, какие процессы происходят в грунте, можно выделить основные теплофизические свойства и для определения и прогнозирования глубины и скорости промерзания и оттаивания грунтовых оснований.

К основным теплофизическим характеристикам грунтов относятся коэффициент теплопроводности, объемная теплоемкость и коэффициент температуропроводности.

Теплопроводностью грунта называется его способность пропускать тепло при условии разных температур поверхности. Данная характеристика определяется коэффициентом теплопроводности, который выступает показателем пропорциональности между величиной удельного теплового потока и градиентом температуры в грунте. Коэффициент теплопроводности численно равен установившемуся потоку тепла через слой единичной толщины при разнице температур на границах слоя в 1 °С. Единица измерения коэффициента теплопроводности – Вт/(м · °С).

Теплоемкость грунта характеризует его способность поглощать тепло при нагревании и удерживать его в себе, а при охлаждении – отдавать (выделять). Другими словами, это некоторое количество тепла, необходимое для повышения температуры грунта на 1 °С. Различают удельную и объемную теплоемкость грунта. Значение теплоемкости грунтов как многокомпонентных систем определяется теплоемкостью его составляющих (твердых, жидких и газообразных). На практике используют значения объемной теплоемкости, которую получают путем умножения ее удель-

ной величины на показания плотности грунта. Единица измерения объемной теплоемкости – Дж/(м³ · °С).

Температуропроводность характеризует скорость изменения (выравнивания) температуры грунта. Она является мерой скорости прогрева или охлаждения грунта, численно принимается равной отношению теплопроводности к объемной теплоемкости, измеряется в м²/с [3]:

$$a = \frac{\lambda}{C\rho}, \quad (1)$$

где a – коэффициент температуропроводности, м²/с;

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м · °С);

$C\rho$ – объемная теплоемкость, Дж/(м³ · °С).

Важно отметить, что из-за низкого показателя температуропроводности, а также его толщины, которая в среднем составляет 80 см для региона, снежный покров является хорошим утеплителем и не позволяет холоду добраться до грунта. Однако с началом весны часто можно наблюдать, что снежный покров уменьшается, плотность снега увеличивается, что повышает температуропроводность и отрицательные значения окружающей среды оказывают более активное воздействие на скорость промерзания.

В целом глубина промерзания носит случайный характер и от года к году имеет отличающиеся значения, ввиду отличий по осеннему обводнению грунтов, характера наступления отрицательных температур, а именно плавное падение температуры или резкое, наличие и величина снежного покрова, особенностей весенней оттепели, а также других показателей [4].

Рассмотрим сезон осень – зима – весна 2023–2024 гг. Осень характерна теплым и сухим сентябрем, средней влажностью октябрем с первыми заморозками и значительными осадками в виде снега в ноябре с плавной понижающейся температурой. Зима отличалась снежным декабрем и оттепелью в конце января, в результате которой снежный покров уменьшился на 13 см, после чего холодное начало февраля и оттепель в последние дни. Весна: март – частые перепады температур, апрель – колоссальные объемы осадков в виде снега и дождя, положительная температура. Таким образом, с наступлением зимы все было в порядке, плавное похолодание с покрытием снега, т.е. резкого промерзания грунта, не произошло, далее рекордные снегопады предвещали минимальное промерзание с обильным паводком весной, однако резкая оттепель в январе обеспечила уменьшение снежного покрова за два дня на 20 %. Впоследствии февраль, март и апрель имели цикличность температур от +10 до –25. Общее количество циклов перепадов составило 11, что достаточно велико. Это поспособствовало постоянному обводнению грунтов талой водой и ее замерзанием 11 раз с увеличением общей глубины промерзания с каждым циклом до наступления постоянной положительной температуры [5]. И, как следствие, весна 2024 года для дорог северо-запада страны стала настоящим испытанием на прочность.

Согласно исследованиям разрушений покрытий автомобильных дорог [2] (рис.), видно общее преобладание наличия трещин разного рода над остальными деформациями.

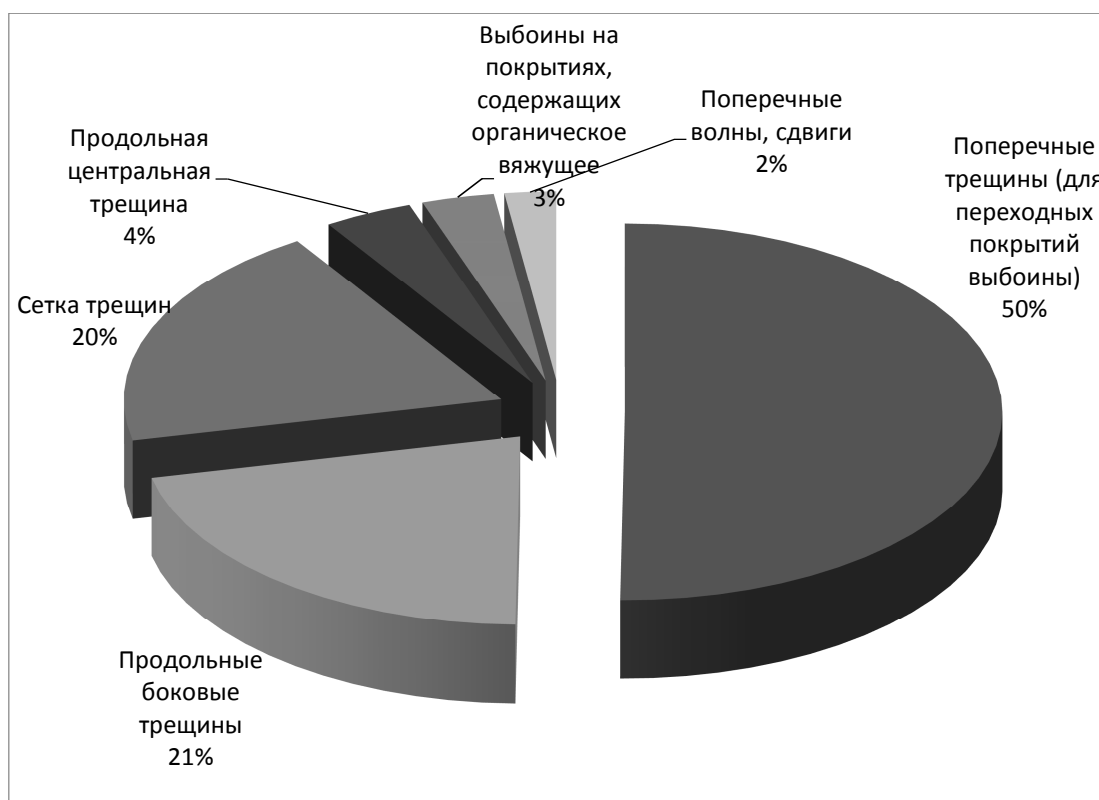


Рис. Частота встречаемости дефектов

Причинами образования трещин могут быть температурные сужения или расширения материала покрытия, пучинистые явления в грунтах рабочего слоя либо уменьшение несущей способности основания дорожной одежды ввиду переувлажнения материала.

Таким образом, для обеспечения надежности работы автомобильных дорог арктического региона с учетом изменяющегося климата рекомендуется при проведении капитального ремонта использовать непучинистые материалы на глубину средне-максимальной глубины промерзания, Мурманская область – 160 см, Карелия – 150 см, Архангельская область – 175 см. При проведении ремонтных работ особое внимание следует уделить водоотводу и понижению уровня грунтовых вод.

Литература

1. Степанов, А. В. Организация строительства автомобильных дорог [Текст] / А. В. Степанов, Т. Г. Винокурова, В. К. Катаров [и др.]. – Петрозаводск : ПетрГУ, 2021.
2. Степанов, А. В. Экспериментальная оценка состояния дорог Карелии, подверженных активному воздействию лесовозного транспорта [Текст] / А. В. Степанов, А. В. Груздов // Resources and Technology. – Петрозаводск, 2023. – № 4. – С. 160–173.
3. Ядовина, К. С. О практическом значении определения теплофизических свойств сезоннопромерзающих грунтов / К. С. Ядовина, А. В. Мащенко // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 1. – С. 81–89.
4. Леонович, И. И. Глубина промерзания грунтов – важнейший фактор водно-теплового режима земляного полотна / И. И. Леонович, Н. П. Вырко // Строительная наука и техника. – 2011. – № 5. – С. 27–35.
5. Рекомендации по методике изучения процессов сезонного промерзания и протаивания грунтов / ПНИИИС. – Москва : Стройиздат, 1986 – 80 с.

A. V. Stepanov

Petrozavodsk State University

FEATURES OF SOILS INTER-SEASONAL BEHAVIOR IN THE ARCTIC TERRITORIES OF THE NORTHWESTERN REGION

The article presents the results of the analysis of the temperature changes causal relationship in soils characteristic of the Arctic territory of the north-west of the country during the off-season. The soil-geological and climatic characteristics of the area under consideration are analyzed, a list of structural failures, that occur in the spring period, is determined using the example of highways.

Arctic, highways, destruction, soils, temperature.