6. Б. Штерн. Сильные солнечные и катастрофические звездные вспышки. «Троицкий вариант», № 23, 2020.
7. А.Б. Струминский. Динамика и пространственное распределение солнечных космических лучей в атмосфере. ИКИ РАН. Докторская диссертация на соискание степени д.-ф.-м. н., 2011.
8. www.sao.ru/hg/sun/edu/sun-edu.html
9. World gross electricity production, by source, 2018-Charts-Data@ Statistics IEA
10. www.cia.gov. The World Factbook.
11. Подрезов А.О., Аламанов С.К., Лелевкин В. М., Подрезов О.А., Балбакова Ф. Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии. Учебное пособие для студентов естественных и гуманитарных специальностей. Москва -Бишкек, 2005.
12. Calculating Planetary Energy Balance©Temperature. UCAR Center for Science Education. Scied.ucar.tdu. 29 июня 2019.
13. В.Д. Дудышев. Методы и устройства радикальной экономии топлива.-«Экология и промышленность России», январь, 2006г.
14. V. S. Leonov. Quantum Energetics. 2010. – Cambridge International science publishing.
15. А. И. Ретеюман, Рост Земли по данным точных наблюдений. Доклад на конференции в РГПУ. М. август 2018.
16. Сообщение Тяньцзинского института геологии и минеральных ресурсов. КНР. 2003. Перепечатано «Известия» 2003.
17. В.Ф. Блинов. «Растущая земля: из планет в звезды». Электронная монография. 15 октября 2011.
18. В.В. Белоусов. «Основы геотектоники», 1975, МГУ.
19. Ф.В. Череповский. «Русский взгляд на геологическую историю и будущее планеты Земля. www.new.pdfm.ru. 23 июня 2020.

Панков В.Ю., Атаманова А.А.

Теплопроводность талых и мёрзлых дисперсных пород

*Северо-Восточный федеральный университет им.М.К.Аммосова
(Россия, Якутск)*

doi: 10.18411/lj-05-2021-83

Аннотация

Теплопроводность дисперсных горных пород является одним из важнейших показателей физических свойств, определяющих интенсивность тепловых процессов в дорожных одеждах и дорожных основаниях. Точность определения теплопроводности пород в талом и мерзлом состоянии во многом определяет и точность прогноза теплового режима автомобильных дорог в различные периоды года. Сделана комплексная оценка влияния льдистости дисперсных пород на значение коэффициента теплопроводности. Представлен 2D график, позволяющий как в широком, так и характерном диапазоне изменения исходных величин оценить возможный диапазон изменения теплопроводности дисперсных пород в талом и мерзлом состоянии. Получены простые аппроксимирующие формулы для определения степени изменения теплопроводности дисперсной породы, при изменении агрегатного состояния наполнителя.

Ключевые слова: автомобильная дорога, многолетняя мерзлота, прогноз, теплопроводность, дисперсные породы, льдистость.

Abstract

The thermal conductivity of dispersed rocks is one of the most important indicators of physical properties that determine the intensity of thermal processes in road clothing and road foundations. The accuracy of determining the thermal conductivity of rocks in the thawed and frozen state largely determines the accuracy of the forecast of the thermal regime of highways in different periods of the year. A comprehensive assessment of the influence of the ice content of dispersed rocks on the value of the thermal conductivity coefficient is made. A 2D graph is presented that allows us to estimate the possible range of changes in the thermal conductivity of dispersed rocks in the thawed and frozen state both in a wide and

characteristic range of changes in the initial values. Simple approximating formulas are obtained for determining the degree of change in the thermal conductivity of a dispersed rock when the aggregate state of the filler changes.

Keywords: automobile road, permafrost, forecast, thermal conductivity, dispersed rocks, ice content.

Введение. Защита автомобильных дорог от негативных криогенных процессов является актуальной задачей, которой уделяется большое внимание в научном и инженерном сообществах [1,2,3]. Основными негативными факторами, которые приводят к разрушению дорожного полотна, и как следствие, внеплановым ремонтам и удорожанию процесса эксплуатации дорог в криолитозоне являются: наледеобразование, пучение грунтов, морозобойное растрескивание грунтов. Во многих, практически значимых случаях, тепловой фактор определяет надежность и безопасность эксплуатации автомобильных дорог в криолитозоне [3,4,5]. Поэтому точность прогноза теплового режима различных объектов, в том числе и дорог, является важным элементом, который, в свою очередь, зависит от точности исходных параметров, в частности, точности определения теплофизических свойств материалов дорожных одежд и дорожного основания [6,7,8,9]. В криолитозоне, обычно, дорожные основания сложены естественными дисперсными породами, например, песчаниками. Искусственные дисперсные породы (смеси на основе песка) также широко используются при конструировании дорожных одежд [8,10,11].

Целью настоящей работы было установление степени изменения теплопроводности дисперсных пород в зависимости от их влажности (льдистости) в талом или мерзлом состоянии.

Метод. Физический смысл теплопроводности (коэффициента теплопроводности) горных пород (λ) можно сформулировать так. Это количество энергии, передаваемой в единицу времени, через единицу площади, при разности температуры на единице длины, равной одному градусу. Размерность коэффициента теплопроводности записывается обычно в «сокращенном» виде [Вт/м•К]. Хотя в действительности, в соответствии с физическим смыслом, размерность записывается как [Дж/с•м²•(К/м)]. Часто можно встретить в знаменателе вместо градуса Кельвина (К) градус Цельсия (°С). На количественном значении коэффициента теплопроводности это никак не сказывается, так как в знаменателе градиент температуры, а не абсолютное значение. Для дисперсных горных пород коэффициент теплопроводности зависит от теплопроводности связующего скелета (песок, песчаник, алевролит и т.п.) и наполнителя воды или льда (для мерзлого состояния). Если рассматривать дисперсную породу как структуру с замкнутыми включениями, то коэффициент теплопроводности может быть определен по формуле В.И.Одеlevского [12]

$$\lambda(m) = \lambda_{\text{п}} (1 - m/\eta) . \quad (1)$$

$$\eta = 1/((1 - \beta) - (1 - m)/3) \quad (2)$$

Здесь $\beta = \lambda_i/\lambda_{\text{п}}$. $\lambda_{\text{п}}$, λ_i - коэффициенты теплопроводности скелета породы (связующего) и наполнителя ($i=1$ в талом состоянии и $i=2$ в мерзлом состоянии, т.е. воды и льда), Вт/мК; m – концентрация наполнителя (влажность или льдистость), д.е.

Поскольку нас интересует не абсолютное значение коэффициента теплопроводности дисперсной породы в талом или мерзлом состоянии, а степень его изменения при переходе наполнителя из одного агрегатного состояния в другое, то при анализе целесообразно использовать следующий параметр

$$k = \lambda_2(m)/\lambda_1(m) \quad (3)$$

В качестве примера в численных расчетах использовались характеристики дисперсной породы, состоящей из смеси сужого кварцевого песка и воды (льда).

Анализ и обсуждение результатов. Вариантные расчеты по формулам (1)-(3) представлены в виде графика на рис.1, где приведена кривая, характеризующая степень

изменения коэффициента теплопроводности (k) дисперсных пород при переходе из талого состояния в мерзлое состояние, в зависимости от влажности (льдистости) пород (m).

Рис.1. Степень изменения коэффициента теплопроводности (k) дисперсных пород при переходе из талого состояния в мерзлое состояние, в зависимости от влажности (льдистости) пород (m).

Голубым цветом на графике выделена область отклонения при аппроксимации параболой, а зеленым цветом – прямой линией. Как видно из графика, общая параболическая зависимость (формула 3) на характерном участке влажности дисперсных пород (до 30%) хорошо аппроксимируется уравнением прямой линии, вида $k=1,67m$, а выше 30% до 100% (чистый лед) – уравнением второй степени вида $k=1,25+2,73m^2$.

Собственно сам диапазон изменения коэффициента теплопроводности от 1 до 4, в зависимости от влажности породы. Для наиболее характерных значений влажности дисперсных пород (10-30%) степень изменения коэффициента теплопроводности находится в диапазоне 1,1-1,5. Этот факт необходимо учитывать при расчетах термического сопротивления конструктивных слоев дорожных одежд.

Заключение. Исследовано влияние влажности (льдистости) пород на изменение коэффициента теплопроводности. Получена зависимость изменения коэффициента теплопроводности от влажности, при переходе дисперсной породы из талого состояния в мерзлое состояние. Найдены простые аппроксимирующие зависимости, позволяющие оперативно определять степень изменения коэффициента теплопроводности в диапазонах изменения влажности 0-30% (линейная зависимость) и 30-100% (параболическая зависимость). Дальнейшие направления исследований в

данной области должны быть направлены на изучение влияния влажности (льдистости) дисперсных пород в талом и мерзлом состоянии на изменение коэффициента температуропроводности.

1. Панков В.Ю., Бурнашева С.Г. Анализ способов защиты автомобильных дорог от негативных криогенных процессов//В сб. «Лучшая студенческая статья 2020».-МЦНС «Наука и просвещение»-2020.-С.52-55.
2. Шац М.М. Современное состояние городской инфраструктуры г. Якутска и пути повышения ее надежности// Геориск. – 2011. – №2. – С. 40–46.
3. Геокриология СССР. Средняя Сибирь / Под. ред. Э.Д. Ершова. – М.: Недра. – 1989. – 414 с.
4. Железняк И. И., Сакисян Р. М. Методы управления сезонным промерзанием грунтов в Забайкалье. – Новосибирск: Наука. – 1987. – 128 с.
5. Галкин А.Ф., Курта И.В. Влияние температуры на глубину оттаивания мерзлых пород// Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 2. – С. 82–91. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-2-0-82-91.
6. Галкин А.Ф. Расчет параметров теплозащитных покрытий подземных сооружений криолитозоны// «Известия ВУЗов. Горный журнал».- 2008. - № 6. – С.81-89.
7. Galkin A.F. Efficiency evaluation of thermal insulation use in criolithic zone mine openings// Metallurgical and Mining Industry.- 2015.-No 10,-P. 234-237
8. Панков В.Ю., Потапов А.В. Тепловой поток на поверхности дорожного полотна//Тенденции развития науки и образования.-2020.- №7.- С.91-93. DOI: 10.18411/lj-07-2020-79
9. Панков В.Ю., Бурнашева С.Г. Влияние скорости ветра на температуру поверхности дорожного полотна // Тенденции развития науки и образования.-2020.- №8.- С.116-121. DOI: 10.18411/lj-08-2020-63
10. Галкин А.Ф., Курта И.В., Панков В.Ю., Потапов А.В. Оценка эффективности использования слоистой конструкции тепловой защиты при строительстве дорог в криолитозоне// Энергобезопасность и энергосбережение. – 2020.- № 4.- С.24-28. DOI: 10.18635/2071-2219-2020-4-24-28
11. Galkin A.F., Kurta I.V., Pankov V.Yu. Calculation of thermal conductivity coefficient of thermal insulation mixtures. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 918 (2020) 012009
12. Оделевский В.И. Расчет обобщенной проводимости гетерогенных систем// ЖТФ. – 1951. – Т.21, вып.6. – С.667-685.

Фоменко Д.Е., Хатхоху Е.И., Александров Д.А.

Проблемы рационального использования водных и земельных ресурсов в рисоводстве

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет» имени И.Т. Трубилина
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/lj-05-2021-84

Аннотация

В приведенной статье рассматриваются эколого-мелиоративные проблемы рационального использования водных и земельных ресурсов при эксплуатации рисовых оросительных систем.

Ключевые слова: Сельское хозяйство, РОС, почва, мелиорация, засоление почв, водный режим, водохранилище.

Abstract

This article discusses environmental and reclamation problems of rational use of water and land resources in the operation of rice irrigation systems.

Keywords: Agriculture, RIS, soil, land improvement, soil salinization, water regime, reservoir.