

УДК 631.436

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ ГРУНТОВ

© 2011 А.М. Тимофеев, О.Н. Кравцова, А.В. Малышев, Н.А. Протодьяконова

Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, г. Якутск

Поступила в редакцию 14.06.2011

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований тепловых свойств грунтов (песок, супесь, суглинок), загрязненных дизельным топливом. Определены значения теплопроводности, удельной теплоемкости в зависимости от вида грунта, влажности и концентрации загрязнения. Эти данные используются для математического моделирования тепловых процессов, протекающих в грунтах, загрязненных нефтепродуктами.

Ключевые слова: *теплопроводность, удельная теплоемкость, дизельное топливо, грунты, нефтепродукты*

Загрязнение нефтью и нефтепродуктами грунтов в талом состоянии может изменить их тепловой режим. Нефтепродукты во влажной пористой среде, как правило, практически не смешиваются с водой из-за не способности образовывать водородные связи и присутствуют в виде разрозненных капель, отдельных включений, окруженных водной пленкой [1]. Сложность процесса переноса тепла обусловлена, во-первых, тем, что теплопроводящие свойства компонент, из которых состоит грунт, изменяются в широком диапазоне; во-вторых, в дисперсной системе такой, какой являются грунты со своеобразной структурой порового пространства, передача тепла происходит кондуктивным, конвективным и лучистым теплообменом. Теплопроводность нефтепродуктов и составляющих их углеводородов по данным работ [2, 3] изменяется от 0,11 до 0,14 Вт/(м·К). Теплопроводность воды при температуре 20⁰С составляет 0,59 Вт/(м·К) [4].

Зависимость теплофизических свойств компонент, слагающих загрязненную нефтепродуктами дисперсную среду от температуры не однозначна. Так, с повышением температуры теплопроводность нефтепродуктов и породообразующих минералов уменьшается, а воды увеличивается. Теплоемкость воды с повышением температуры падает, а нефтепродуктов и породообразующих минералов увеличивается. Величина удельной теплоемкости нефти и нефтепродуктов составляет от 1,8-2,2 кДж/(кг·К) по

данным [2] и лежит между значениями теплоемкости воды и минерального скелета.

Исследование процессов, происходящих в дисперсных средах, коими являются грунты, при наличии нефтепродуктов – актуальная задача в плане совершенствования и разработки мероприятий по профилактике, ликвидации, оценке негативных последствий загрязнения нефтепродуктами. Экспериментальное исследование тепловых свойств грунтов, загрязненных нефтепродуктами, позволит создать базу данных для математического моделирования процессов теплопереноса в них. В настоящее время из-за отсутствия данных по тепловым свойствам загрязненных грунтов в расчетах часто используются данные, полученные для незагрязненных грунтов. Определение теплопроводности и теплоемкости влажных грунтов, загрязненных дизельным топливом марки Л-0,2-40, плотностью 813 кг/м³, теплопроводностью 0,12 Вт/(м·К) при естественных температурах проводили комплексным методом непрерывного ввода тепла [5]. В качестве объектов исследований были взяты песок, суглинок и супесь.

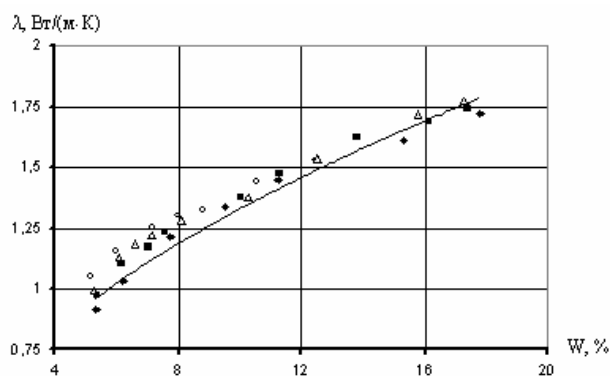


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности песка при разных степенях загрязнения от влажности: \blacklozenge – z-0%; \blacksquare – z-5%; \triangle – z-10%; \circ – z-15%

Тимофеев Анатолий Михайлович, доктор технических наук, заведующий отделом теплообмена. E-mail: a.m.timofeev@iptpn.yasn.ru

Кравцова Ольга Николаевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела теплообмена. E-mail: o.n.kravtsova@iptpn.yasn.ru

Малышев Алексей Владимирович, кандидат технических наук, научный сотрудник отдела теплообмена. E-mail: a.v.malyshov@iptpn.yasn.ru

Протодьяконова Надежда Анатольевна, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник отдела теплообмена. E-mail: n.a.protodyakonova@iptpn.yasn.ru

На рис. 1 приведены зависимости теплопроводности чистого и загрязненного песка плотностью 1570 кг/м^3 от влажности в талом состоянии. Характер изменения теплопроводности загрязненного песка с ростом влажности такой же, как и в отсутствие загрязнения. Загрязнение песка в талом состоянии способствует переносу тепла. При малых значениях влажности с концентрацией загрязнения равной 15% в талом песке теплопроводность увеличивается на 5-7%. Увеличение теплопроводности происходит также у образцов супеси и суглинка. На рис. 2. и рис. 3 приведены экспериментальные зависимости теплопроводности от влагосодержания для супеси и суглинка при разных степенях загрязнения соответственно. Увеличение теплопроводности в талом состоянии у супеси и суглинка также, как и у песка, происходит при малой влажности. В диапазоне средней и высокой влажности теплопроводность загрязненных образцов супеси и суглинка остается практически равной таковым без загрязнения.

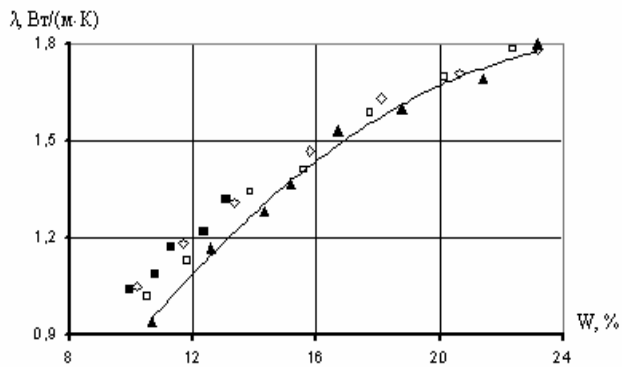


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности супеси при разных степенях загрязнения от влажности: \blacktriangle - z-0%; \square - z-5%; \circ - z-10%; \blacksquare - z-15%

У супеси при влагосодержании близком к полному насыщению снижение теплопроводности проявляется сильнее, чем у загрязненного образца песка и составляет 16,4% при максимально возможной концентрации загрязнения в 10%. В талом состоянии теплопроводность у супеси и суглинка увеличивается на 20 и 12% соответственно при концентрации загрязнения 15%. Увеличение теплопроводности в ненасыщенных водой грунтах происходит за счет замещения нефтепродуктом доли порового пространства, приходящейся на воздух.

На рис. 4 представлена зависимость объемной теплоемкости от влажности в талом песке. Закономерность характера поведения теплоемкости загрязненного песка от влажности в талом состоянии соответствует таковому в отсутствие загрязнения. Как видно из графиков, объемная теплоемкость загрязненного песка увеличивается с ростом концентрации загрязнения. Поскольку теплоемкость является величиной аддитивной, то вклад от теплоемкостей компонент, слагающих

грунт, будет увеличивать общую теплоемкость дисперсной системы. Такие же зависимости построены и для образцов супеси с суглинком, которые представлены на рис. 5-6.

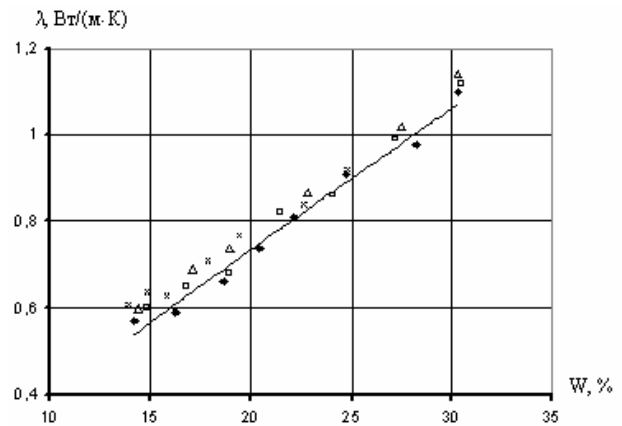


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплопроводности суглинка при разных степенях загрязнения от влажности. \blacklozenge - z-0%; \square - z-5%; \triangle - z-10%; \times - z-15%

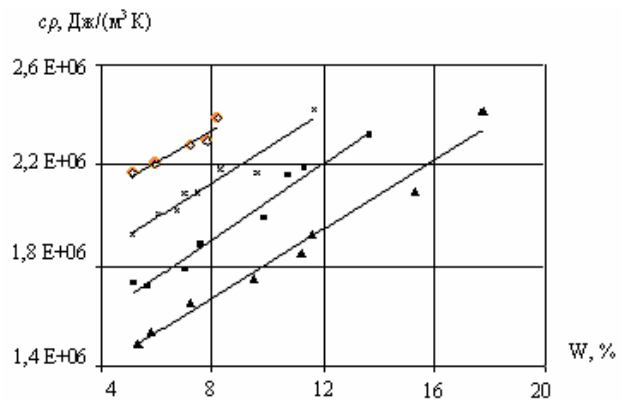


Рис. 4. Зависимость объемной теплоемкости песка при разных степенях загрязнения от влажности \blacktriangle - z-0%; \blacksquare - z-5%; \times - z-10%; \circ - z-15%

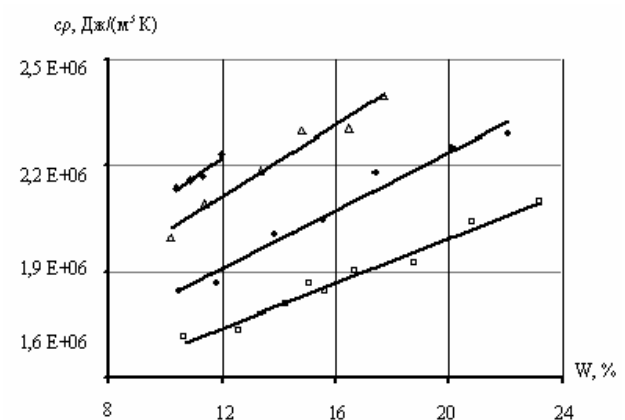


Рис. 5. Зависимость объемной теплоемкости талой супеси при разных степенях загрязнения от влажности \square - z-0%; \blacksquare - z-5%; \blacklozenge - z-10%; \blacktriangle - z-15%

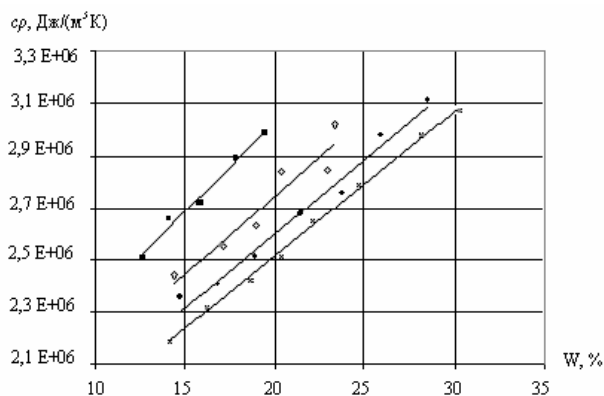


Рис. 6. Зависимость объемной теплоемкости талого суглинка при разных степенях загрязнения от влажности × - z-0%; ● - z-5%; ◇ - z-10%; ■ - z-15%

Выводы: получены новые экспериментальные данные по теплопроводности и объемной теплоемкости различных грунтов, загрязненных дизельным топливом, в зависимости от влажности и степени загрязнения. Установлено что:

1. При загрязнении в песке, суглинке и супе-си при неполном влагосодержании теплопроводность увеличивается. Влияние загрязнения на

теплопроводность происходит во всем диапазоне концентраций загрязнителя;

2. Загрязнение образцов грунта увеличивает значения объемной теплоемкости, причем это увеличение происходит пропорционально росту концентрации загрязнителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Ананьева, Г.В.* Нефтяное загрязнение слоя сезонного оттаивания и верхних горизонтов многолетнемерзлых пород на опытной площадке «мыс Болванский» в устье р. Печора / *Г.В. Ананьева, Д.С. Дроздов, А. Инстанес, Е.М. Чувиллин* // Криосфера Земли. 2003. Т. VII, №1. С. 49-59.
2. *Варгафтик, Н.Б.* Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: Наука, 1972. 720 с.
3. *Мустафаев, Р.А.* Теплофизические свойства углеводородов при высоких параметрах состояния. – М.: Энергоатомиздат, 1991. 312 с.
4. *Чудновский, А.Ф.* Теплофизические характеристики дисперсных материалов. – М.: Физматгиз, 1962. 456 с.
5. *Кравцова, О.Н.* Влияние загрязнения нефтепродуктами на фазовый состав воды в грунтах / *О.Н. Кравцова, А.В. Малышев, А.М. Тимофеев* и др. // Материалы третьей конференции геокриологов России. Т. 1. – М., Изд-во МГУ, 2005. С. 66-71.

THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF SOILS CONTAMINATED WITH DIESEL FUEL

© 2011 А.М. Timofeev, O.N. Kravtsova, A.V. Malyshev, N.A. Protodyakonova

Institute of Physical and Technical Problem of the North SB RAS, Yakutsk

In paper there is given the results of experimental researches the thermal properties of soil (sand, sandy loam, loam) contaminated with diesel fuel. Values of heat conductivity, thermal capacity depending on the type of soil, humidity and concentration of pollution are certain. These data are used for mathematical modeling the thermal processes proceeding in the ground, polluted by mineral oil.

Key words: *heat conductivity, thermal capacity, diesel fuel, soils, mineral oils*

Anatoliy Timofeev, Doctor of Technical Sciences, Chief of Heat and Mass Transfer Department. E-mail: a.m.timofeev@iptpn.ysn.ru

Olga Kravtsova, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow at the Heat and Mass Transfer Department. E-mail: o.n.kravtsova@iptpn.ysn.ru

Aleksey Malyshev, Candidate of Technical Sciences, Research Fellow at the Heat and Mass Transfer Department. E-mail: a.v.malyshev@iptpn.ysn.ru

Nadezhda Protodyakonova, Candidate of Physics and Mathematics, Research Fellow at the Heat and Mass Transfer Department E-mail: n.a.protodyakonova@iptpn.ysn.ru