

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 631.43

С.В. Макарычев,
Ю.В. Беховых,
А.Г. Болотов

СИСТЕМА ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ

Ключевые слова: система термостатирования, теплофизические свойства почв, теплоёмкость, теплопроводность, температуропроводность.

Введение

Теплофизические показатели почвы, такие как объёмная и удельная теплоемкости, тепло- и температуропроводность сложным образом зависят от целого ряда почвенно-физических факторов: температуры, плотности сложения почвенного профиля, степени увлажнения генетических горизонтов, дисперсности, содержания в них органического вещества [1-3].

Имеется большое количество исследований, посвященных установлению функциональных зависимостей теплофизических коэффициентов от тех или иных почвенных параметров, но единой точки зрения о влиянии температуры на эти показатели при проведении эксперимента до сих пор нет. Так, ряд авторов воздействие температуры на тепловые свойства капиллярно-пористых тел, к которым относится и почва, считают незначительным [1, 4-6].

Другие указывают на то, что влияние температуры на теплофизические характеристики влажной почвы значительно и интенсивностью фазовых превращений и процессов термомиграции влаги определяется [2, 7]. Поэтому недоучет влияния температуры на теплофизические характеристики почвы при их экспериментальном определении зачастую приводит к погрешностям. В связи с этим нами были поставлены следующие задачи:

1) проанализировать степень влияния температуры на теплофизические свойства почвы;

2) разработать систему термостатирования, позволяющую за минимально возможное время создавать для почвенных образцов заданные температурные режимы.

Объекты и методы исследований

Объектом наших исследований являлись чернозем выщелоченный Алтайского Приобья среднесуглинистого гранулометрического состава с плотностью 1000 кг/м^3 и система термостатирования на основе сушильного шкафа СНОЛ-3,5 мощностью 2 кВт.

Теплофизические свойства почвы определялись импульсным методом плоского источника тепла [8]. Температура в системе термостатирования контролировалась разработанными на кафедре физики АГАУ термометрами, в основе которых лежит цифровой датчик температур DS18B20 фирмы Maxim, позволяющий проводить измерения с заявленной изготовителем точностью до $0,1^\circ\text{C}$. В качестве измерителя времени использовался тактовый генератор компьютера, позволяющий добиться точности до $0,12 \text{ с}$.

Результаты исследований

При исследовании влияния температуры на теплофизические характеристики чернозема выщелоченного было выяснено, что температуропроводность сухой почвы в диапазоне температур от 10 до 60°C практически не изменяется (табл.) [2, 3]. Коэффициент объёмной теплоемкости абсолютно сухого чернозема в исследованном интервале температур линейно возрастает на 12%. Коэффициент теплопроводности также линейно увеличивается.

Влияние температуры на тепловые свойства чернозема выщелоченного в сухом состоянии

Температура, °С	Температуропроводность, $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	Объемная теплоемкость, $10^6 \text{ Дж}/\text{м}^3\text{К}$	Теплопроводность, Вт/м К
11	0,314	0,817	0,256
23	0,314	0,860	0,271
30	0,312	0,876	0,274
41	0,316	0,876	0,277
50	0,312	0,900	0,281
60	0,322	0,914	0,294

Увлажнение почвы усиливает влияние температуры на теплофизические свойства. Чем выше влажность, тем больше темп возрастания объемной теплоемкости. Так, коэффициент объемной теплоемкости почвы с влажностью 5% в диапазоне температур от 10 до 60°C увеличивается на 15%, а с влажностью 40% – на 18%.

Наибольший темп возрастания коэффициента температуропроводности почвы среднесуглинистого гранулометрического состава в интервале температур от 10 до 60°C наблюдается при влажности, соответствующей влажности разрыва капиллярных связей (ВРК), и близких к ней влажностям. Так, в указанном интервале температур при влажности 15% от абсолютно сухой почвы температуропроводность увеличивается на 60%, а при влажности 31% – на 44% по сравнению с сухой почвой.

Таким образом, температура однозначно оказывает влияние на теплофизические свойства чернозема выщелоченного. Поэтому разработка и создание современной системы термостатирования, позволяющей относительно быстро и качественно проводить измерения теплофизических свойств почв при заданных температурных условиях, актуальны.

Термостатирование образцов происходит в специальных аппаратах-термостатах. В настоящее время распространены воздушные термостаты с «водяной рубашкой» и так называемые жидкостные термостаты [9], в которых рабочим телом является вода или спирт. Воздушные термостаты с «водяной рубашкой» длительный промежуток времени (до суток) выходят на режим заданной температуры. Жидкостные термостаты обладают относительно высокой теплоотдачей (при условии контакта рабочего тела с исследуемым образцом) по сравнению с воздушными термостатами, но также имеют

ряд недостатков: значительное время термостатирования, невозможность непосредственного помещения почвенных образцов в среду рабочего тела.

В то же время при изучении влияния почвенно-физических факторов на теплофизические свойства почв важно сократить время проведения эксперимента, который при использовании жидкостного термостата может длиться несколько дней для образцов из одного почвенного разреза. Поэтому нами была разработана система термостатирования почвенных образцов, которая обладает существенными преимуществами перед имеющимися на сегодняшний день.

Основой этой системы является термокамера, представляющая собой сушильный шкаф СНОЛ-3,5 мощностью 2 кВт. Использование сушильного шкафа, а не коробка с «водяной рубашкой», позволяет значительно снизить время термостатирования с 12-50 до 1,5 ч для одного значения температуры термостатирования. Недостатком сушильного шкафа является низкая точность поддержания температуры биметаллическим терморегулятором (рис. 1). Например, при температуре термостатирования 65°C (что соответствует максимальной температуре поверхностного слоя чернозема в естественных условиях) амплитуда температурных колебаний составляет 18°C.

Но в этом интервале температур, например, коэффициент температуропроводности чернозема выщелоченного изменяется на 24% (при влажности почвы 15%), что в несколько раз превышает приборную погрешность (4%) установки для измерения теплофизических свойств.

В связи с этим нами на кафедре физики АГАУ была разработана и испытана система термостатирования с электронным устройством управления термокамерой (рис. 2).

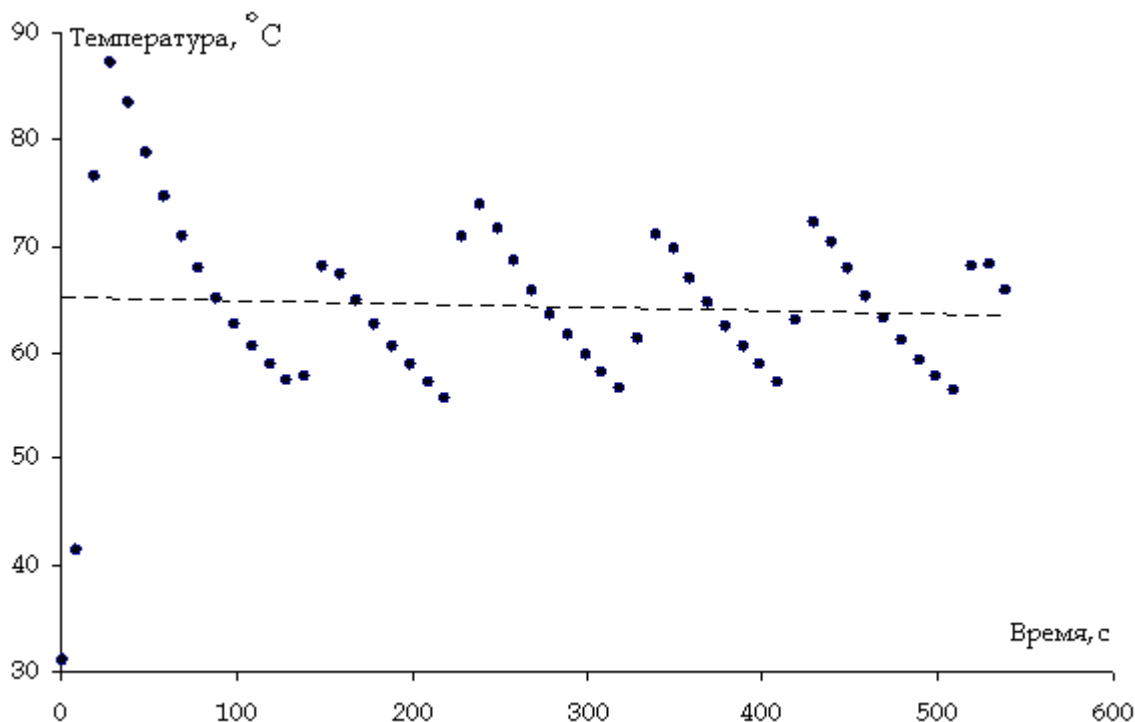


Рис. 1. Изменение температуры в сушильном шкафу СНОЛ-3,5 с биметаллическим терморегулятором в зависимости от времени (при температуре термостатирования 65°C)

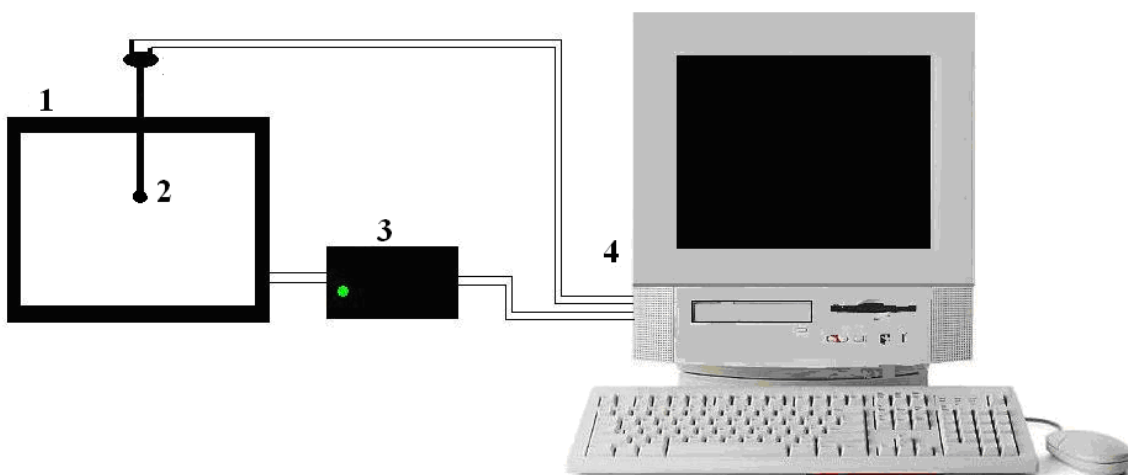


Рис. 2. Система термостатирования

Данная система включает в себя следующие элементы: термокамера, датчики температуры, устройство управления термокамерой, компьютер.

В устройстве управления 3 в качестве регулирующего силового элемента выбран тиристор, который подключен к узлу управления, использующего формирование одиночного включающего импульса вблизи перехода сетевого напряжения через нуль. Такое фазоимпульсное управление мощностью нагрузки используется для формирования импульса с целью за-

пуска времязадающего узла запуска тиристора. Этот узел дает стабильную задержку включения тиристора, не зависящую от напряжения сети и температуры, а длительность формируемого импульса обеспечивает достижение тока удержания независимо от момента включения нагрузки в пределах полупериода.

Работу узла управления 3 осуществляет компьютер 4, используя информацию о температуре воздуха внутри шкафа 1 и в почвенном образце, которая определяется датчиками 2.

Нагреватель шкафа работает до тех пор, пока температура почвы не начнет увеличиваться, независимо от того, какая при этом будет температура воздуха внутри шкафа. Такой подход управления к работе нагревателя термошкафа позволяет существенно снизить время термостатирования. При выравнивании температур воздуха и исследуемого образца процесс термостатирования завершается.

Использование электронных устройств для управления работой системы термостатирования позволяет снизить величину флуктуаций температуры. Так при заданной температуре термостатирования 65°C амплитуда температурных колебаний уменьшается до значения 6°C, или по сравнению с биметаллическим терморегулятором в три раза. Тем не менее указанный разброс температур в термокамере также не позволяет стабилизировать температуру образца с достаточной точностью.

Решить возникшую проблему можно при помощи работы электронного устройства управления термокамерой по специальному алгоритму, являющемуся решением линейного дифференциального уравнения для системы нагреватель-термокамера-воздух-почвенный образец. Данный алгоритм сейчас находится в процессе разработки. Однако в настоящее время нам удалось найти более простой

выход, который позволяет добиться изменения температуры внутри термошкафа от стационарного заданного значения до $\pm 1,6^\circ\text{C}$. Помещение внутрь термошкафа вентилятора, мощность которого рассчитывается в зависимости от объема термокамеры, позволяет уменьшить амплитуду температурных колебаний до значения 3,2°C (при температуре термостатирования 65°C) (рис. 3).

Организация эксперимента по измерению теплофизических свойств почв в разработанной системе термостатирования выглядит следующим образом. В подготовленном почвенном образце устанавливаются нагреватели и датчики температуры и помещают их в термокамеру. Эксперимент начинается с запуска управляющей программы.

Некоторые входные параметры вводятся с клавиатуры компьютера: число исследуемых образцов, номер образца, температура термостатирования. После установления постоянной температуры в образце устройство автоматически измеряет его теплофизические характеристики. Полученные в результате эксперимента значения температуропроводности, теплопроводности и теплоемкости выводятся на экран монитора и сохраняются в файле на жестком диске.

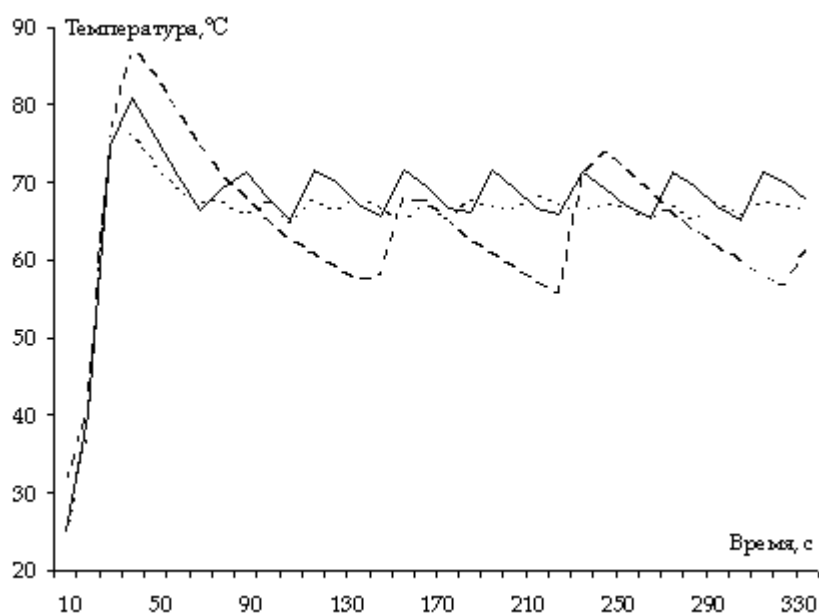


Рис. 3. Изменение температуры в сушильном шкафу СНОЛ-3,5 (в зависимости от времени): с биметаллическим терморегулятором (-----); с электронным устройством управления термокамерой (—); с электронным устройством управления термокамерой и вентилятором (.....)

Выводы

1. Недоучет влияния температуры на теплофизические свойства почвы в лабораторных исследованиях может привести к ошибкам при расчете теплового режима.

2. Применяемые в теплофизических исследованиях почв системы термостатирования обладают рядом недостатков.

3. Использование сушильного шкафа в качестве термостата и электронной системы управления работой термокамеры позволяет существенно сократить время термостатирования.

4. Разработанная система термостатирования может быть использована не только для измерения теплофизических свойств почв, но и в других отраслях производства, где необходимо поддержание постоянной температуры или создание определенного температурного микроклимата.

Библиографический список

1. Чудновский А.Ф. Теплофизика почв / А.Ф. Чудновский. – М., 1976. – 352 с.

2. Макарычев С.В. Влияние температуры и влажности на температуропроводность выщелоченного чернозема Алтайского Приобья / С.В. Макарычев, А.И. Лунин // Тр. АСХИ. – Барнаул, 1978. – Вып. 31. – С. 65-68.

3. Макарычев С.В. Теплофизика почв: методы и свойства / С.В. Макарычев, М.А. Мазиров. – Суздаль, 1996. – Т. 1. – 231 с.

4. Ширинов Н.А. Экспериментальное исследование теплофизических параметров основных типов почв Азербайджанской ССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.А. Ширинов. – М., 1967. – 16 с.

5. Герайзаде А.П. Преобразования энергии в системе почва-растение-атмосфера: автореф. докт. дис. / А.П. Герайзаде. – М., 1988. – 24 с.

6. Серова Н. В. О картировании теплофизических характеристик почв // Климат почвы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – С. 80-86.

7. Гамаюнов Н.Н. Исследование процессов переноса тепла и влаги в торфе зондовыми методами / Н.Н. Гамаюнов // Тр. Калининского торф. ин-та. – 1960. – Вып. 11. – С. 203-217.

8. Лунин А.И. Импульсный метод определения теплофизических характеристик влажных материалов: дис. ... канд. техн. наук / А.И. Лунин. – М., 1972. – 139 с.

9. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.



УДК 631.436

**И.А. Бицошвили,
А.А. Лёвин**

**ВЛИЯНИЕ ЦВЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР
НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО ПРИОБЬЯ**

Ключевые слова: теплофизические свойства, влажность, температура, чернозем выщелоченный, цветочные культуры.

Цветоводство охватывает специфическую группу растений, которые не используются в качестве пищевых продуктов, а способствуют нравственному и духовному развитию человека. Для обеспечения качественного ухода за цветочными

культурами важно знать особенности их развития.

Одним из неперемных условий получения высоких и устойчивых урожаев цветочных культур является повышение почвенного плодородия. Для этого необходимо создание оптимальных агрофизических и гидротермических режимов в почвенном профиле.

В садоводстве Алтайского края отсутствуют сведения о процессах формирова-