

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 631.436

И.В. Гефке,
А.Г. Болотов,
С.Ю. Бондаренко

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ В УСЛОВИЯХ САДА

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, физические и теплофизические свойства почвы, моделирование температуропроводности почвы.

Введение

Закономерности формирования гидротермического режима почвы в значительной мере определяются ее тепло- и гидрофизическими свойствами, которые, в свою очередь, зависят от гранулометрического состава, плотности, влажности, температуры, порозности, содержания органического вещества. Это предопределяет, с одной стороны, неоднородность почв по тепло- и гидрофизическим параметрам, а с другой, – большие практические возможности для моделирования и прогнозирования тепло-мелиоративных эффектов различных агромероприятий и обоснования наиболее рациональных мелиоративных технологий. При математическом моделировании температурного поля в почве необходимо знать теплоемкость и теплопроводность, или температуропроводность. Для этого были изучены теплофизические свойства в профиле выщелоченного чернозема в условиях сада и предложены их математические модели.

Целью исследований было определение температуропроводности чернозема выщелоченного в условиях сада. В **задачи исследований** входил расчет значений коэффициента температуропроводности, а также сравнение расчетных характеристик с результатами эксперимента.

Объект и методы исследований

Исследования были организованы в НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко (ГНУ НИИСС Россельхозакадемии) на участках сортоиспытания. Объектом является чернозем выщелоченный среднемогучный малогумусный среднесуглинистый.

Опытные участки размещаются на южной окраине города Барнаула, на высоком левом берегу реки Оби (190-212 м над уровнем моря).

Зависимость температуропроводности от влажности исследовали в лабораторных условиях с помощью импульсного метода плоского источника тепла [1]. Влажность определяли термостатно-весовым способом. Физические и водно-физические свойства почвы определены с использованием общепринятых в почвоведении методик [2].

Результаты исследований

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемогучный малогумусный среднесуглинистый. Гранулометрический состав почвенных горизонтов чернозема достаточно однороден по всем фракциям. Изучаемый чернозем выщелоченный имеет среднесуглинистый, близкий к тяжелосуглинистому, иловато-крупнопылеватый состав. Материнская порода несколько отличается от других почвенных горизонтов и относится к тяжелосуглинистой по механическому составу в основном за счет меньшего содержания фракции мелкого песка и повышенного – мелкой пыли. Содержание гумуса в горизонте A_{II} и AB находится в пределах 5%, затем убывает до 1,9% в иллювиальном горизонте, а в переходном к почвообразующей породе составляет лишь 0,6%. Плотность сложения чернозема с глубиной постепенно возрастает от 1080 кг/м³ в горизонте A_{II} до 1429 кг/м³ в почвообразующей породе. Отмеченные особенности распределения механических элементов, количества гумуса и плотности по почвенным горизонтам предопределяют характер дифференциации теплофизических характеристик почвенной толщи чернозема.

Наиболее практически значимый интерес представляет исследование зависимости ко-

эффицента температуропроводности от влажности, т.к. он входит в общее уравнение теплопроводности, используемое в математическом моделировании распространения тепла в почве.

Известно, что температуропроводность почвы существенно зависит от влажности. Характер этой зависимости нелинейный и определяется взаимодействием твердой, жидкой и газообразной фаз почвы. В целом можно сказать, что распределение температуропроводности в почвенной толще при разной влажности аналогично абсолютно сухому состоянию. Нужно отметить, что температуропроводность имеет выраженный экстремум при влажности близкой к ВРК, что характерно для почв суглинистого гранулометрического состава.

Диапазон изменений температуропроводности при увлажнении составляет для гумусового горизонта 54%, для почвообразующей породы – 60, а для горизонта В – 150%. Высокая динамичность температуропроводности в иллювиальном слое связана с практически полным отсутствием органики и преобладанием здесь наиболее температуропроводных почвенных агрегатов размером 0,25-0,05 мм.

Экспериментальные данные зависимости температуропроводности от влажности аппроксимировали функцией, предложенной Архангельской [3]:

$$a = a_0 + b \exp \left[-0,5 \left(\frac{\ln \frac{U}{U_0}}{c} \right)^2 \right],$$

где U – влажность почвы;

a – соответствующая ей температуропроводность;

a_0, b, U_0 и c – параметры кривой.

Полученные значения температуропроводности $a, 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ генетических горизонтов чернозема выщелоченного при разных гидроконстантах приведены в таблице. Числитель – экспериментальные значения, знаменатель – аппроксимационные.

Полученные аппроксимационные значения температуропроводности достаточно точно описывают экспериментальное распределение на различных глубинах. Максимальное отклонение расчетных значений температуропроводности от экспериментальных данных для горизонта АВ составляет $0,11 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ при максимальной гигроскопичности и влажности завядания, а также для горизонта В при влажности разрыва капиллярных связей. В пахотном горизонте эта разность не превышает $0,09 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$. Минимальные отклонения составляют $0,04 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$.

Вывод

Сравнивая полученные результаты с данными по теплофизическим свойствам выщелоченных черноземов Приобья [4], можно отметить, что они близки как по значениям, так и по характеру зависимостей. В то же время они отражают объективные почвенно-физические факторы, такие как плотность сложения профиля, порозность, гумусированность, водно-физические свойства и поэтому, естественно, имеют свои особенности. Применение предложенных аппроксимирующих функций позволяет существенно сократить объем экспериментальных исследований.

Таблица

Значения температуропроводности $a, 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$

Горизонт	Гидрологические константы				
	0	МГ	ВЗ	ВРК	НВ
А	<u>3,90</u>	<u>4,96</u>	<u>5,38</u>	<u>5,50</u>	<u>4,10</u>
	3,81	5,05	5,31	5,46	4,16
АВ	<u>3,24</u>	<u>4,60</u>	<u>5,00</u>	<u>5,90</u>	<u>5,10</u>
	3,32	4,71	4,89	4,98	5,05
В	<u>3,00</u>	<u>5,45</u>	<u>6,34</u>	<u>7,52</u>	<u>7,36</u>
	2,97	5,38	6,25	7,63	7,39
ВС	<u>4,50</u>	<u>6,10</u>	<u>6,68</u>	<u>7,40</u>	<u>7,35</u>
	4,52	6,15	6,39	7,31	7,26
С	<u>3,50</u>	<u>4,88</u>	<u>5,20</u>	<u>5,52</u>	<u>5,16</u>
	3,46	4,81	5,10	5,56	5,11
$E_s = 2,2\%, RMSE = 0,856$					

Библиографический список

1. Болотов А.Г., Беховых Ю.В., Семёнов Г.А. Определение теплофизических свойств капиллярно-пористых тел импульсным методом с использованием технологии визуального программирования // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – С. 37-40.

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

3. Архангельская Т.А. Закономерности пространственного распределения температуры почв в комплексном почвенном покрове: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2008. – 50 с.

4. Макарычев С.В. Теплофизические свойства почв Юго-Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1993. – 34 с.



УДК 631.436

А.Г. Болотов

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ 1-WIRE

Ключевые слова: температура почвы, датчик температуры, 1-Wire сеть, многоточечный измеритель температуры почвы.

Введение

Одним из основных факторов, определяющих функционирование и продуктивность агроэкосистем, является температура почвы. При исследовании вариабельности температурного режима почвенного покрова возникает необходимость синхронного измерения температуры на одинаковых глубинах в разных точках экспериментального участка, разнесенных на значительном расстоянии. Применение традиционных методик и приборов накладывает ограничение по времени перемещения экспериментатора от одной точки к другой, при этом температура, особенно верхних слоев, может измениться.

Одним из способов решить эту проблему является применение технологии 1-Wire, которая в настоящее время получила широкое распространение в различных сферах. Оптимальные метрологические характеристики, удачное аппаратно-конструктивное решение, возможность объединения в распределенную сеть на фоне доступной цены делают привлекательным применение цифровых датчиков при измерениях температуры почвы в полевых условиях.

1-Wire-net представляет собой информационную сеть, использующую для осуществления цифровой связи одну линию данных и один возвратный провод. Таким образом, для реализации среды обмена этой сети могут быть применены доступные кабели, содержащие незэкранированную витую пару и даже обычный телефонный провод. Такие кабели при их прокладке не требуют нали-

чия какого-либо специального оборудования, а ограничение максимальной длины однопроводной линии регламентировано разработчиками на уровне 300 м [1].

В качестве датчиков температуры были выбраны микросхемы DS18B20 фирмы Maxim [2] как наиболее совершенные. Микросхема преобразует температуру в цифровой код, не требует калибровки и позволяет измерять температуру окружающей среды от -55 до $+125^{\circ}\text{C}$. В интервале $-10...+85^{\circ}\text{C}$ производитель гарантирует абсолютную погрешность измерения не хуже $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Каждый экземпляр микросхемы имеет уникальный номер, что позволяет подключать к одной линии практически любое число таких приборов. Ограничивающими факторами является в основном только общее время, затрачиваемое на последовательный опрос всех датчиков, подключенных к сети, и мощность источника питания.

Целью исследования являлось изучение возможности применения технологии 1-Wire для синхронного измерения температуры на одинаковых глубинах в разных точках экспериментального участка, разнесенных на значительном расстоянии. Учитывая достоинства 1-Wire технологии, была поставлена **задача** по разработке и созданию многоточечного измерителя температуры почвы в полевых условиях.

Объект и методы исследований

Объектом исследований были цифровые датчики температуры DS18B20 фирмы Maxim [2]. Предметом исследования служило создание полевого многоточечного измерителя температуры почвы на основе 1-Wire интерфейса.