

По результатам измерений зонд SH-3 показал удовлетворительные результаты определения теплофизических свойств образца дерново-подзолистой почвы. Однако положительные результаты получены лишь для одного образца почвы. Поэтому необходимо использовать зонд SH-3 для определения теплофизических свойств других почвенных образцов, чтобы лучше убедиться в применимости или неприменимости данного зонда для измерения теплофизических свойств почв.

В результате проведения экспериментальных исследований по определению теплофизических свойств различных образцов почвы были получены следующие результаты. С помощью трёх различных зондов прибора TEMPOS были измерены теплопроводность  $K$ , объёмная теплоёмкость  $C$  и температуропроводность  $D$  дерново-подзолистой почвы и был оценён характер изменения этих показателей с изменением влажности почвы. Зонд SH-3 показал удовлетворительные результаты определения теплофизических свойств образца дерново-подзолистой почвы. В дальнейших наших исследованиях полученные значения теплофизических коэффициентов будут использованы при параметризации математической модели теплопереноса в почвах.

### **Библиографический список**

1. Болотов А.Г. Теплофизическое состояние почв и совершенствование инструментальной базы для его исследований // дисс. канд. с.-х. наук / Алтайский государственный аграрный университет. Барнаул, 2003г
2. 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. № 6 (68). С. 37-40.
3. Келле А.Н. Приборы TEMPOS для измерений теплофизических параметров материалов. Руководство по эксплуатации // ООО «ЛабДепо». – М.: 2020. - 38 с.

УДК631.432.23

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ МЕТОДОМ СУШКИ**

*Кожунов Андрей Викторович, аспирант кафедры метеорологии и климатологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, avkozhuinov@mail.ru*

**Аннотация:** *Определены погрешности расчёта влажности почвы при неучёте изъятой из образца почвы в ходе определения гидрофизических характеристик почвы с помощью прибора HYPROP2.*

**Ключевые слова:** *HYPROP2, влажность почвы, гидрофизические свойства, лугово-каштановые почвы.*

Гидрофизические свойства почвы являются важнейшими характеристиками их гидрологического состояния [1]. Экспериментальное определение этих свойств необходимо для параметризации основной гидрофизической характеристики почвы весьма трудоёмко, поэтому поиск решений по автоматизации процесса измерения является актуальным [2]. HYPROP2 – это полностью автоматизированная система измерения и оценки, основанная на методе испарения Шиндлера (1980) для определения гидравлических свойств образцов почвы. С помощью тензиометров на двух глубинах прибор измеряет давление почвенной воды, а также ненасыщенную гидравлическую проводимость (влагопроводность) почвы. Дополнительно прибор рассчитывает объёмное содержание воды путём непрерывной регистрации потери массы почвы [3].

С помощью прибора HYPROP2 можно одновременно измерять кривую водоудержания и функцию ненасыщенной гидравлической проводимости. Время измерения составляет в зависимости от типа почвы от 2 дней (для образцов торфяных и песчаных почв) до 10 дней (для образцов глины) [3].

Сопровождают работу прибора программы HYPROP-VIEW и HYPROP-FIT. Программное обеспечение HYPROP-VIEW обеспечивает удобную регистрацию и сохранение данных. Программное обеспечение HYPROP-FIT обеспечивает возможность оценки данных, подгонки и экспорта основных гидравлических функций.

Измерения гидрофизических характеристик почв прибором HYPROP2 могут проводиться либо в режиме использования нескольких весов, либо в режиме использования одних весов. В нашем случае использовался метод измерения с одними весами.

Перед постановкой почвенного образца на блок датчиков прибора HYPROP2 почвенный образец с надетыми на него пористыми пластинами взвешивают на весах электронных весов прибора HYPROP2. При этом часть почвы оседает на фильтровальной бумаге, вставленной во внутреннюю часть пористых пластин, чтобы они не загрязнялись.

Затем в образце проделывают маленьким буром отверстия разной длины, в которые вставляют тензиометры, вкрученные в блок датчиков прибора HYPROP2. При этом блок датчиков находился в перевёрнутом положении. Затем всю установку переворачивают и ставят на весы прибора HYPROP2.

После проделывания отверстий в почвемаленьким буром внутри этого бура остаётся некоторое количество почвы. Эта почва, а также почва, оставшаяся на фильтровальной бумаге, смывалась в стаканчики с помощью промывалки химической. Вода в стаканчиках и на фильтровальной бумаге выпаривалась при температуре 100 – 105 °С, затем высохшая почва пересыпалась в стаканчик с номером данного почвенного образца и взвешивалась. Также взвешивалась фильтровальная бумага с оставшейся на ней высохшей почвой. Поскольку масса фильтровальной бумаги была известна, рассчитывалась масса высохшей почвы на её поверхности.

После окончания измерения гидрофизических характеристик почвы

высохший образец почвы с блоком датчиков снимались с весов, на верхнюю часть кольца надевалась пористая пластина с фильтровальной бумагой, вся установка переворачивалась вверх дном и почвенный образец с блоком датчиков ставились в пластиковую тару с водой для насыщения почвы влагой до полной влагоёмкости. После насыщения почвы влагой блок датчиков с вкрученными тензиометрами вынимался из почвенного образца. При этом на поверхности блока датчиков и на поверхности тензиометров оставалась насыщенная влагой почва.

Затем на нижнюю часть кольца надевалась пористая пластина и насыщенный образец вынимался из пластиковой тары с водой. Кольцо и пористые пластины протирались салфеткой для удаления влаги. После этого почвенный образец с пластинами снова взвешивался на электронных весах прибора HYPPOP2. По разности масс образца с пластинами до и после измерения рассчитывалась потеря массы влажной почвы. При этом часть почвы также оседала на фильтровальной бумаге, вставленной во внутреннюю часть пористых пластин.

Затем пористые пластины снимались с кольца, на кольцо в верхней части почвенного образца надевалась дырчатая крышка и образец почвы ставился обратно в пластиковую тару с водой проделанными отверстиями наружу, т. е. нижней частью почвы вверх.

После этого почва, оставшаяся на фильтровальной бумаге, вставленной в пористые пластины, а также на поверхности блока датчиков и тензиометров, смывалась в стаканчики с помощью промывалки химической.

Вода в стаканчиках и на фильтровальной бумаге снова выпаривалась при температуре 100 – 105 °С, после чего высохшая почва пересыпалась в стаканчик с номером данного почвенного образца и снова взвешивалась. Также взвешивалась фильтровальная бумага с оставшейся на ней высохшей почвой. Поскольку масса фильтровальной бумаги была известна, рассчитывалась масса высохшей почвы на её поверхности.

В качестве примера предоставим следующие данные(таблицы 1 и 2).

Таблица 1

**Масса изъятой почвы, полученная после выпаривания воды**

№ образц а	после постановки на HYPPOP, г					после повторного насыщения, г				Σ m почвы потер., г
	m стакана , г	m' ст с почвой, г	m' почвы потер, г	m фБ исп, г	Δm' фБ, г	m'' ст с почвой, г	m'' почвы потер, г	m фБисп, г	Δm'' фБ, г	
1'	26,1	26,75	0,65	0,86	0,06	26,4	0,3	0,83	0,03	1,0
2'	27,0	27,5	0,5	0,83	0,03	27,45	0,45	0,85	0,05	1,0
3'	25,8	27,85	2,05	0,81	0,01	26,2	0,4	0,82	0,02	2,5
4'	25,4	26,2	0,8	0,82	0,02	25,6	0,2	0,85	0,05	1,1
5'	27,0	27,9	0,9	0,88	0,08	27,4	0,4	0,87	0,07	1,5

Путём суммирования масс высохшей почвы, полученных после постановки образца почвы на прибор HYPPOP2, а также после окончания измерений, рассчитывалась общая масса высохшей почвы.

С помощью прибора HYPROP2 испытывались следующие типы почв: почвы лугово-каштановые солонцеватые и солончаковатые и солонцы луговатые (полугидроморфные) тяжелосуглинистые. Полевая влагоёмкость образцов почвы равна 51%. Всего было испытано 5 пять почвенных образцов.

Таблица 2 - Влажность почвы при учёте и без учёта изъятой почвы

влажность почвы,	влажность почвы,	ошибка определения
51	49,4	1,6
51	51,0	0,0
51	49,6	1,4
51	48,6	2,4
51	49,0	2,0

В результате проведённого исследования выявлено, что рассчитанная изъятая масса влажной почвы из образца перед его постановкой на прибор HYPROP2, а также после повторного насыщения образца и снятия его с прибора варьирует в пределах от 1,5 г до 8,4 г.

В свою очередь, изъятая из образца масса почвы, измеренная на весах после выпаривания воды в сушильном шкафу (т.е. масса уже высохшей почвы), варьирует в пределах от 1,0 г до 2,5 г.

Изъятая масса почвы из почвенного образца повлияла на расчётные значения влажности почвы. Так, теоретические расчётные значения влажности всех пяти образцов почвы без учёта массы изъятой почвы, составили 51%. В то же время, при учёте массы изъятой из образца почвы влажность её варьирует в пределах от 51% до 48,6%. Т.е. неучёт массы изъятой почвы в ходе проведения эксперимента привёл к погрешностям определения влажности почвы в пределах от 0 до 2,4%, что необходимо учитывать при проведении лабораторных исследований гидрофизических свойств почв.

### Библиографический список

1. Болотов А.Г. Гидротермическое состояние почв юго-востока Западной Сибири // Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Москва, 2017, 351 с.
2. Болотов А.Г., Дубский С.Н., Шаталов А.Н., Шаталов А.Н., Бутырин И.Н., Кузнецов Е.Н., Гончаров И.А., Гончаров Н.А. Моделирование основной гидрофизической характеристики черноземов Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (124). С. 31-35.
3. UMS (2015): Manual HYPROP, Version 2015-01, 96 pp. UMS GmbH, Gmunderstraße 37, Munich, Germany.