

Выращивание кормовой свеклы на ориентированных гребнях повысило урожай корнеплодов на 50 ц/га, или на 10 % (табл. 2).

Таблица 2
Урожайность кормовой свеклы в опытах с ориентированным гребневанием поверхности почвы в пойме реки Дубны

Урожайность	Вариант	Корень	Ботва
Абсолютная, ц/ га	Ориентированные гребни	573,8	185,7
	Контрольный (ровная поверхность)	523,5	153,6
Относительная, %	Ориентированные гребни	110	121
	Контрольный	100	100

Выводы

Ориентированное гребневание улучшает температурный режим верхнего сороксантиметрового слоя холодных пойменных почв в теплый год в среднем на 1 °С и повышает урожай кормовой свеклы на 10 %.

1. Сняжкова Л. А. Формирование урожая кормовых корнеплодов в условия северо-западной зоны: дис. ... д-ра с.-х.

наук. – Л. – Пушкин: Ленинградский СХИ, 1974. – 376 с.

2. Кожанов Е. С. Определение потребности в тепловой мелиорации осушаемых суглинистых пойменных земель. Основные мероприятия по повышению эффективности мелиораций: Сб. науч. трудов МГМИ. – М.: МГМИ, 1984. – 138 с.

3. Аверкиев М. С. Вспомогательные графики и таблицы для расчета инсоляции различно ориентированных поверхностей: Труды Московского гидрометеорологического института. – М.: Гидрометеорологическое изд-во, 1939. – Вып. I. – С. 15–25.

4. Терентьев А. А. Расчеты поступления прямой солнечной радиации на склоны различной крутизны и экспозиции для широты города Горького: Ученые записки Горьковского пед. ин-та. – Горький: ГПИ, 1970. – Вып. 106. – С. 43–56.

5. Паталеев В. А. Определение угла склона, получающего максимальное количество прямой солнечной радиации: Труды Дальневосточного научно-исследов. гидрометеорол. ин-та. – Владивосток: ДНИГИ, 1974. – Вып. 48 – С. 99–103.

Материал поступил в редакцию 11.02.13.
Кожанов Евгений Степанович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорация и рекультивация земель» Тел. 8-916-469-37-04

УДК 502/504:631.423.2

А. М. ЗЕЙЛИГЕР, М. Л. ТУЛУЗАКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ИНДУКТОМЕТР ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ВЛАГОЗАПАСОВ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВОЙ ТОЛЩИ

Рассматривается методика измерения влагосодержания в почве с помощью электромагнитного индуктометра EM38 и необходимая для этого подготовка.

Влажность почвы, влагоперенос, калибровка, электромагнитный индуктометр.

There is considered a measuring methodology of moisture content in soil by means of the electromagnetic inductometer EM38 and the necessary for this preparation.

Soil moisture, moisture transfer, calibration, electromagnetic inductometer.

Одной из практических задач на пути к внедрению и распространению технологии пространственно-дифференцированного дождевания является оперативное картирование влагозапасов почв с разрешением порядка 10...15 м в горизонтальной плоскости и 0,25...0,50 м в вертикальной. Для решения этой задачи в 2012 году на полях ОПХ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» и ООО «Березовское» Энгельского района Саратовской области была разработана и апробирована методика пространственного послойного картирования влагозапасов почв с использованием электромагнитного индуктометра (ЭМИ) EM38 производства канадской фирмы «Geonics».

Опытно-производственное хозяйство, на базе которого проводились исследования, расположено на левом берегу Волги, площадь орошаемых пахотных земель – 358 га. Рельеф территории равнинный, грунтовые воды залегают на глубине 10...20 м с минерализацией от 0,3 до 2...3 г/л. Зона аэрации сложена древнеаллювиальными отложениями хазарского яруса с чередованием слоев суглинков, песков и супесей. Пространственно-однородный почвенный покров представлен обыкновенными среднесуглинистыми незасоленными, с практически нейтральной реакцией рН темно-каштановыми почвами и черноземами.

Опытно-производственное хозяйство «ВолжНИИГиМ» было выбрано в качестве объекта проведения экспериментов по ряду причин, основными из которых являются отсутствие засоления и осолонцевания почв, а также наличие постоянно действующей системы орошения с использованием дождевальных машин кругового и фронтального действия типа «Фрегат».

Электромагнитный индуктомер EM38-МК, показанный на рисунке 1, представляет собой моноблок, в который на расстояние 1 м вмонтированы две приемопередаточные антенны, с помощью которых осуществляются одновременные измерения электропроводности земной толщи, называемой Quad-фаза, и магнитной восприимчивости, называемой V-фаза [1].



Рис. 1. Видеоизображение сверху ЭМИ EM38-МК

Характеристики передаются или по RS-232 порту, или по передатчику WiFi на полевой компьютер, оснащенный приемником глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС/GPS. Измерения прибором ЭМИ EM38-МК реализуются в ручном или автоматическом режиме. В автоматическом режиме процесс измерений происходит без оператора. Выходные данные включают текущее время, координаты точки измерений, удельную электропроводность и магнитную восприимчивость в точке измерения. Ряд характеристик ЭМИ EM38-МК приведен в таблице 1 [1].

Таблица 1
Характеристики ЭМИ EM38-МК

Характеристика	Описание
Размерность	Удельная электропроводность – mS/m; магнитная восприимчивость – ppt
Значение удельной электропроводности	0...1000 mS/m
Чувствительность, не хуже	± 0,1 %
Вид корпуса	Передатчик в защитном корпусе с двумя антеннами
Сенсоры	Два магнитных диполя в защищенном контейнере
Рабочая частота	14,5 кГц
Подключение	RS-232 Bluetooth™ 1,2 – беспроводной
Диапазон рабочих температур	– 30... + 50 °С
Масса прибора	5,4 кг
Размеры	107x17x8 см 114x20x26 см

В соответствии с методикой фирмы производителя ЭМИ EM38-МК производит измерения в двух штатных положениях –

вертикальном и горизонтальном (рис. 2).

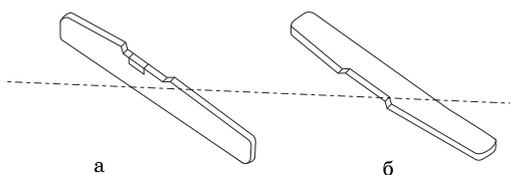


Рис. 2. Режимы измерения прибором ЭМИ ЭМ38-МК: а – вертикальный; б – горизонтальный

Исследования показали, что в вертикальном положении объем измерений почвенно-грунтовой толщи прибором ЭМИ ЭМ38-МК ограничен глубиной 150 см, в горизонтальном – глубиной 75 см (измеряемый объем в горизонтальном направлении ограничен поверхностью вертикального цилиндра с вертикальной осью, проходящей через середину отрезка между обеими приемоприемающими антеннами с радиусом около 100 см при вертикальном положении прибора и 50 см при горизонтальном) [1]. Значения электропроводности в одной и той же точке тесно связаны с влажностью почвы и содержанием солей в измеряемом объеме почвенно-грунтовой толщи [2, 3].

Измеряемые при штатных вертикальном и горизонтальном положении прибора значения удельной электропроводности почвенно-грунтового слоя в слое 0...150 см и 0...75 см не отвечают потребностям управления орошением сельскохозяйственных культур, имеющих, как правило, менее глубокую корневую систему. В связи с этим предложена и протестирована новая технология послойного измерения влагозапасов почвенно-грунтовой толщи (профилирования влагозапасов) с измерениями удельной электропроводности прибором ЭМИ ЭМ38 на различных высотах над земной поверхностью. Для этого были использованы два дополнительных положения прибора 30 и 55 см над земной поверхностью в вертикальном и горизонтальном штатном. Это позволило проводить измерения при горизонтальном положении прибора соответственно в слоях 0...65 см и 0...40 см, при вертикальном – соответственно 0...140 см и 0...110 см.

Для проведения калибровки прибора ЭМИ ЭМ38-МК в соответствии с предложенной технологией измерения были выбраны участки орошаемых полей с высокими и низкими значениями влагозапасов. Для нахождения таких участков

проводили ручное сканирование в штатных вертикальном и горизонтальном положениях, а непосредственно местоположение необходимых участков выбирали при получении постоянных значений удельной электропроводности. На рис. 3 приведен снимок территории опытно-производственного хозяйства, с геореференцированными указателями ряда мест расположения участков калибровки прибора ЭМИ ЭМ38-МК.



Рис. 3. Территория опытно-производственного хозяйства с точками калибровки ЭМИ ЭМ38-МК

На выбранных участках были проведены измерения показаний электропроводностей в вертикальном и горизонтальном положении с высотой над земной поверхностью 30 и 55 см, а также отбор образцов почвенно-грунтовой массы на влажность и плотность (объемную массу) с шагом 10 см до глубины 150 см.

По результатам термостатно-весового анализа для каждого участка калибровки прибора ЭМ38 были проведены подсчеты влагозапасов почвенно-грунтовой толщи в слоях 0...40, 0...65, 0...75, 0...110, 0...140 и 0...150 см. Полученные значения влагозапасов указанных слоев и измеренные значения электропроводностей этих же слоев были объединены в соответствующие пары, а затем такие пары группировали в наборы данных шести указанных выше слоев. Для каждого из этих наборов данных были рассчитаны коэффициенты линейных регрессий:

$$W = aE + b,$$

где W – влагозапас; E – удельная электропроводность; a, b – эмпирические коэффициенты.

В таблице 2 для каждого из шести слоев почвенно-грунтовой толщи приведены найденные значения эмпирических коэффициентов корреляции, а также соответствующие коэффициенты корреляции.

Таблица 2
Значения эмпирических коэффициентов корреляционной связи влагозапасов и удельной электропроводности шести слоев почвенно-грунтового профиля

Положение прибора	Высота над земной поверхностью, см	Измеряемый почвенно-грунтовой слой, см	Коэффициент		
			а	в	корреляции
Вертикальное	20	0...150	0,974	6,464	0,964
	30	0...140	1,048	5,913	0,967
	55	0...110	1,166	5,076	0,958
Горизонтальное	20	0...75	0,505	3,824	0,926
	30	0...65	0,583	3,129	0,921
	55	0...40	0,535	1,760	0,835

На рисунке 4 для каждого из шести слоев почвенно-грунтовой толщи приведены графики связи между значениями влагозапасов, измеренными с помощью термостатно-весового метода, и значениями влагозапасов, полученных по калибровочным зависимостям.

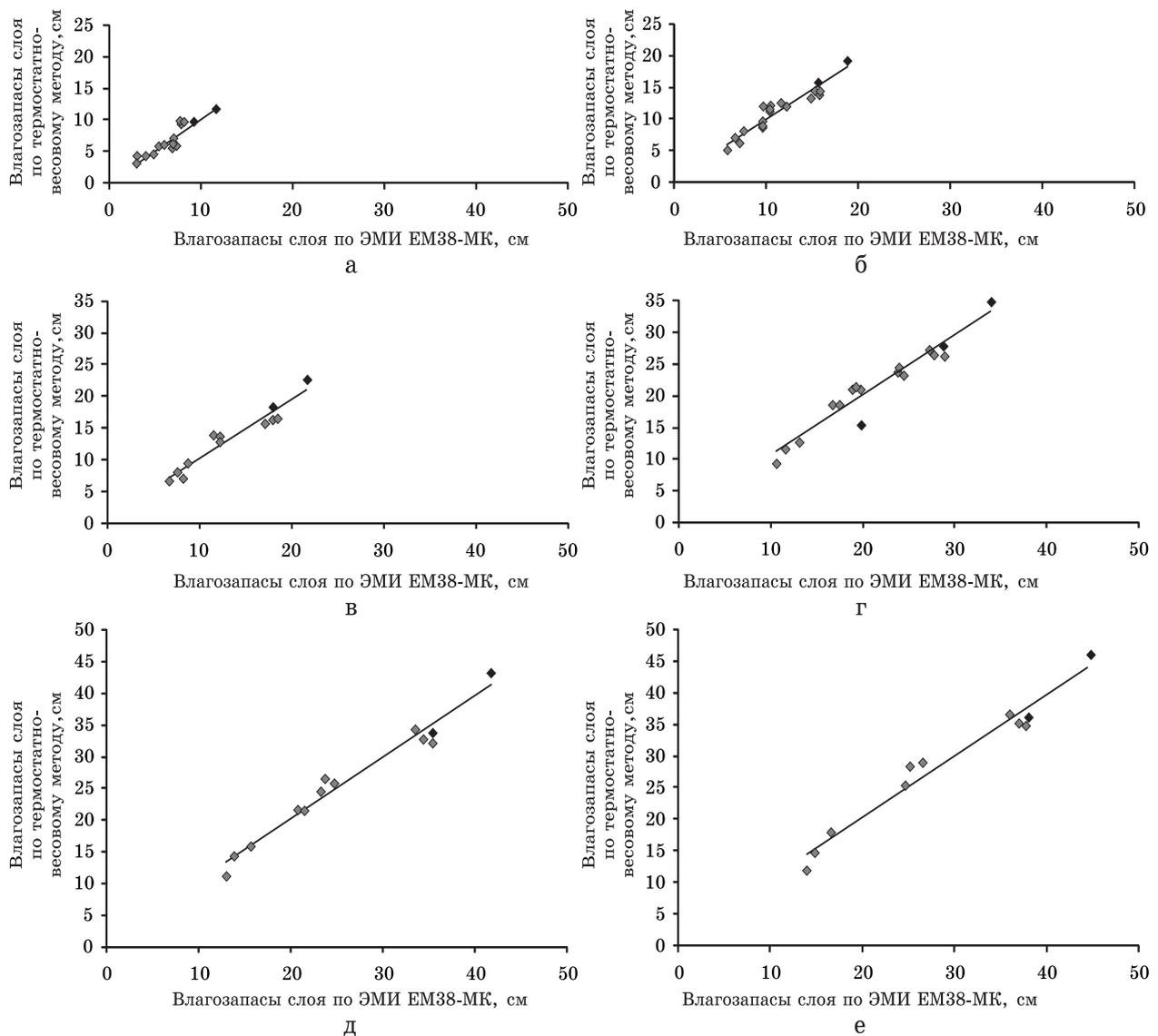


Рис. 4. Сопоставление влагозапасов, полученных термостатно-весовым методом измерения профиля влажности и с помощью электромагнитного профилирования удельной электропроводности слоев почвенно-грунтового профиля: а – 0...40 см; б – 0...65 см; в – 0...75 см; г – 0...110 см; д – 0...140 см; е – 0...150 см

Эмпирические выражения, полученные в результате эксперимента, использованы для расчета профилей влажностей на момент калибровки (по данным профилирования влагозапасов, полученных с

использованием ЭМИ ЕМ38-МК в точках, где проводилась калибровка). На рис. 5 для ряда таких точек приведены профили влажности, полученные с применением использованных в работе методов измерений.

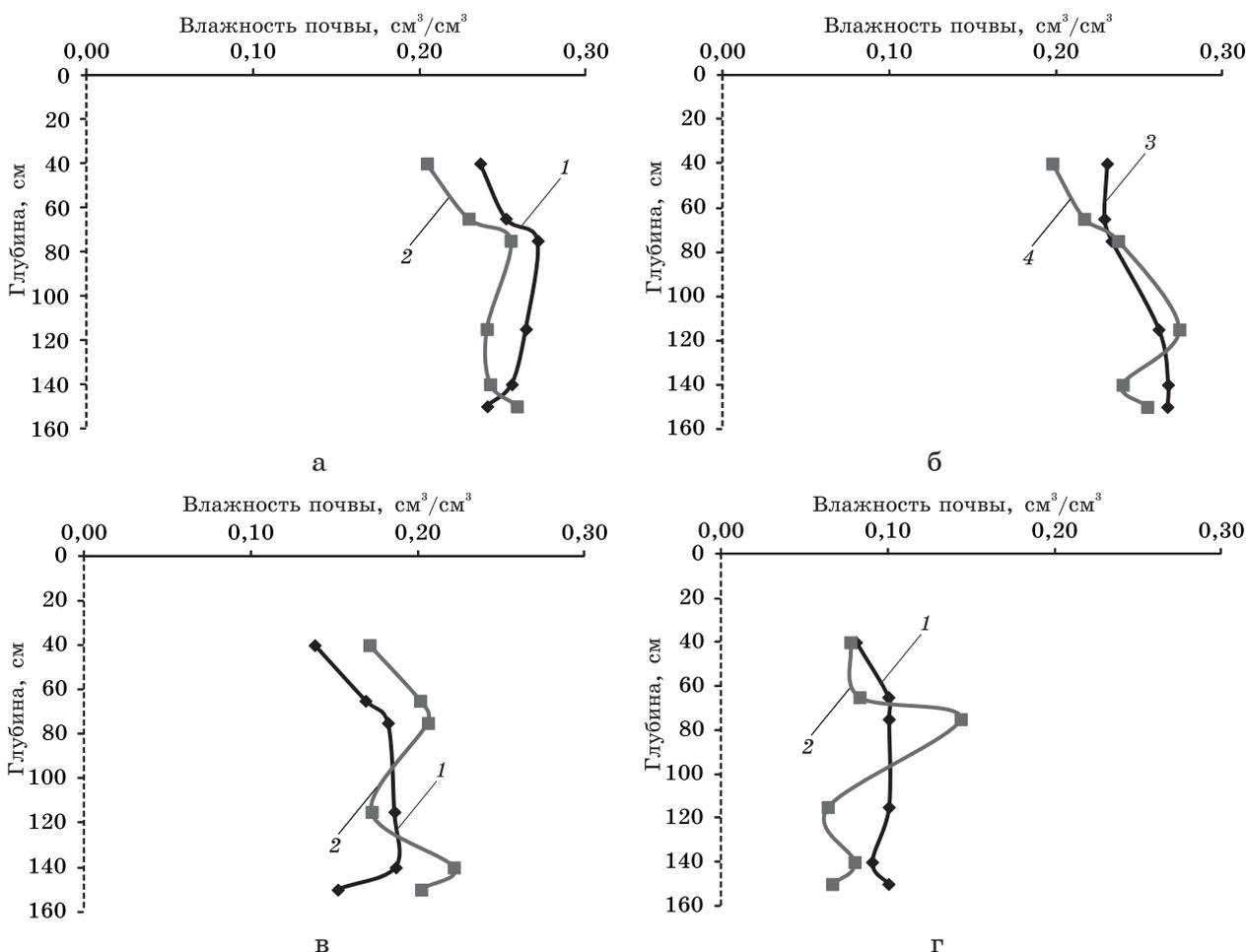


Рис. 5. Сопоставление профилей влажности, полученных термостатно-весовым измерением профиля влажности и измерением электромагнитным профилированием удельной электропроводности слоев: а – высокий; б, в – средний; г – низкий влагозапасы почвенно-грунтового профиля; 1 – термостатно-весовая влажность; 2 – влажность профилирования удельной электропроводности; 3 – влажность измеренная; 4 – влажность корреляционная

Выводы

По результатам проведенной калибровки электромагнитного индуктометра ЕМ38-МК для пространственного картирования влагозапасов почвенно-грунтовой толщи по предложенной методике профилирования удельной электропроводности показана удовлетворительная сходимость профилей влажности с профилями влажности, полученными по стандартной методике отбора почвенных образцов и определения их влажности термостатно-весовым методом.

дов в сельском хозяйстве: краткий обзор / Б. Дж. Аллред, Роберт С. Фрилэнд. – Огайо USDA, 2008. – 120 с.

3. Allred B. J., Ehsani M. R. and Daniels J. J. – General considerations for geophysical methods applied to agriculture. – CRC Press LLC. BocaRaton, Florida, Handbook of Agricultural Geophysics, 2008. – Chapter 1. – P. 8–14.

Материал поступил в редакцию 25.09.13.
 Зейлигер Анатолий Михайлович, профессор, доктор биологических наук
 Тел. 8-916-657-98-22
 Тулузаков Максим Леонидович, соискатель, инженер 1-й категории
 Тел. 8-916-157-09-46

1. Руководство по эксплуатации ЕМ38-МК2. – Канада: ГеониксLTD, 2008. – 48 с.
 2. Применение геофизических мето-