

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАТЧИКОВ DECAGON EC-5 ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

© 2021 Н. А. Шапорина, Е. А. Сайб 

ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: sajb@issa-siberia.ru

Цель исследования: оценить возможности использования в научно-исследовательской работе датчика Decagon EC-5, прежде всего, при его стационарной установке; изучить с его помощью динамику увлажнения профиля почвы и миграцию влаги при различных погодных условиях.

Место и время проведения. Исследования проводились на территории Усть-Каменского (лесостепного) стационара Института почвоведения и агрохимии СО РАН (координаты по GPS: 55,005507 с. ш., 83,858635 в. д.). Объектом исследования являлась темно-серая лесная почва. В небольшой почвенный разрез глубиной 30 см было установлено 5 датчиков Decagon EC-5 на уровнях 9 см, 13 см, 18 см, 22 и 27 см, которые были присоединены к регистратору Em50. Предварительно проведены необходимые тарировочные работы. Датчики функционировали с 13 июня по 7 июля 2017 года.

Основные результаты. Исследования показали, что датчик Decagon EC-5 подходит для решения широкого круга задач. По показаниям датчика можно проследить миграцию влаги по профилю почвы, дифференцировать влагу на гравитационную и малоподвижную, а также, с точностью до часа установить факт выпадения осадков и их количество. Статистическая обработка полученных данных показала низкие значения дисперсии и коэффициента вариации, что говорит об их высокой статистической однородности. Применение этих датчиков может усовершенствовать традиционный метод определения предельной полевой влагоемкости. Кроме того, детальная фиксация увлажнения почв, которую дает применение датчиков Decagon EC-5, с параллельным использованием датчиков «Термохрон» для фиксации температуры, позволяет проводить исследования количественных показателей термоградиентного потока влаги на новом, более высоком уровне.

Заключение. Исследования показали, что датчик Decagon EC-5 соответствует своим техническим характеристикам и имеет значительный потенциал использования как в научных исследованиях, так и на производстве. При его предварительной тарировке и построении соответствующих градуировочных графиков для изучаемых почв, датчик позволяет быстро и безошибочно измерять объемную влажность почв. Частота и скорость получения показаний с датчика выводит исследования по динамике и миграции влаги в почвах на совершенно новый уровень.

Ключевые слова: влажность почв; датчик Decagon EC-5; предельная полевая влагоемкость; динамика и миграция влаги.

Цитирование: Шапорина Н.А., Сайб Е.А. Использование датчиков Decagon EC-5 для мониторинга влажности почвы // Почвы и окружающая среда. 2021. Том 4. № 3. е153. doi: [10.31251/pos.v4i3.153](https://doi.org/10.31251/pos.v4i3.153)

ВВЕДЕНИЕ

Большая пестрота почвенного покрова, типичная для значительной части пахотных угодий страны, обуславливает необходимость внедрения точного земледелия. Последнее представляет собой интегрированную сельскохозяйственную систему управления, основанную на достижениях науки, информационных технологий и сенсорной техники, нацеленную на оптимизацию агропромышленных технологий и стабилизацию продуктивности агроценозов (Труфляк, 2018). Зондирование влажности почвы – одна из технологий планирования полива. Важнейшей характеристикой водного режима почв является предельная полевая влагоемкость (ППВ) или наименьшая влагоемкость (НВ) почвы. Данными терминами обозначают максимальное количество воды, которое может удержать почва после стекания всей гравитационной влаги (Салихов и др., 2018). Именно капиллярно-подвешенная влага, находящаяся в промежутке между наименьшей влагоемкостью и точкой устойчивого завядания, доступна растениям. Длительное состояние насыщения почвы влагой способствует развитию анаэробных процессов, снижению почвенного плодородия и продуктивности растений. Оптимальными значениями для нормального развития растений считают влажность почв в пределах от 50% до ППВ, но в зависимости от

гранулометрического состава почв эти значения могут отличаться. Верхний 10-сантиметровый слой почв обычно обладает наибольшей влагоемкостью из-за более высокой гумусированности и наличия большого числа отмирающих растительных остатков; с глубиной влагоемкость закономерно снижается. От содержания влаги в почвах также в значительной степени зависит растворение и миграция доступных для растений питательных веществ. В этой связи процесс сбора необходимых данных о влажности почв может быть значительно ускорено применением современной сенсорной техники.

В настоящее время существует множество различных коммерческих систем и датчиков для мониторинга влажности почв, но чаще всего землепользователи либо не знакомы с этими системами, либо не имеют финансовой возможности их приобретения; кроме того, зачастую очень сложно принять обоснованное решение о том, какой датчик лучше использовать и как интерпретировать данные, полученные с их помощью. Поэтому важно изучать возможности датчиков, предлагаемых коммерческими разработчиками, и выработать обоснованные рекомендации по их использованию.

Так, группа ученых из университета Клемсона в Южной Каролине исследовали работу трех типов датчиков: Decagon EC-5, Vegetronix VH400 и Watermark 200ss, обычно используемых для мониторинга влажности почв, и выяснили, что некоторые характеристики почв – такие как структура, засоленность и температура – могут влиять на реакцию датчиков и приводить к получению ошибочных данных (Payero et al., 2017b). Поэтому было рекомендовано проводить калибровку датчиков для конкретного типа почв, а также предложена беспроводная сеть для мониторинга влажности почв на базе Arduino с использованием датчиков Decagon EC-5. Полевые испытания данной системы показали, что эти датчики влажности почвы правильно реагируют на изменения содержания воды в почве из-за дождя или высыхания почвы (Payero et al., 2017a).

Имеется опыт использования датчика EC-5 в производственной практике: например, при создании автоматизированных устройств полива для теплиц и оросительных систем. Однако, следует отметить, что практически не исследованы возможности использования датчика EC-5 при его стационарной установке в научной практике, что и стало основной целью данного исследования. В настоящей статье представлены результаты изучения динамики увлажнения профиля почвы и миграции влаги с использованием датчиков EC-5 в стационарных условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2016 году лабораторией почвенно-физических процессов Института почвоведения и агрохимии СО РАН (ПФП ИПА СО РАН) был приобретен датчик Decagon EC-5, который определяет объемное содержание влаги путем измерения диэлектрической проницаемости среды; он спроектирован для стационарной установки с целью проведения режимных (постоянных) наблюдений в диапазоне температур внешней среды от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$ (Decagon Devices, 2014). Технические характеристики этого датчика были подробно исследованы А. В. Чичулиным (Чичулин, 2018).

Исследования проводили на территории Усть-Каменского (лесостепного) стационара Института почвоведения и агрохимии СО РАН (координаты по GPS: 55,005507 с. ш., 83,858635 в. д.), расположенного в пределах Буготакского мелкосопочника. Согласно современному геоморфологическому районированию, данная территория относится к Буготакскому району Кузнецко-Салаирской провинции Алтае-Саянской горной области, являющейся частью Предсалаирской денудационно-аккумулятивной равнины (Вдовин, 1988; Вдовин, Малолетко, 1969; Николаев, 1978). Объектом исследования послужила темно-серая лесная почва, гранулометрический состав которой определен как средний суглинок иловато-крупнопылеватый, характеризующийся плохой макроструктурностью и удовлетворительной микроструктурностью.

Предварительно сотрудниками лаборатории ПФП ИПА СО РАН были проведены работы по тщательной тарировке датчика Decagon EC-5, так как по данным исследований А. Ф. Чудновского с соавторами (1985) диэлектрическая постоянная, которую измеряют эти датчики, зависит не только от увлажненности почвы, но и от ее плотности. Таким образом, на основе полевых и лабораторных (с контролируемыми условиями) опытов было подобрано несколько математических моделей градуировки датчиков, которые отражают зависимости диэлектрической постоянной от влажности и плотности для изучаемых почв (Чичулин, 2018).

На стационаре был подготовлен небольшой почвенный разрез глубиной 30 см, в вертикальную стенку которого параллельно поверхности установлено 5 датчиков на уровнях 9 см, 13 см, 18 см, 22 и 27 см, то есть расстояние между датчиками составило 4–5 см. Датчики были подсоединены к регистратору данных Em50 и запрограммированы на фиксацию показаний влажности через каждые полчаса. Датчики функционировали с 22 часов 30 минут 13 июня до 11 часов 30 минут 7 июля 2017 года (24 дня). Всего в полевых условиях было произведено 1134 замеров показаний датчиков экспериментального прибора; полученные данные проанализированы, статистически обработаны и представлены в виде таблиц и графиков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В состоянии погоды за период функционирования датчиков наблюдалось два этапа: 1) с 13 по 30 июня – без осадков со средней температурой воздуха 27,6 °С днем и 14 °С ночью и 2) с 1 по 7 июля – 22,8 °С днем и 12,5 °С ночью при периодическом выпадении осадков различной интенсивности, в том числе ливневых.

Статистические показатели увлажнения пахотного слоя, рассчитанные по показаниям датчиков в течение 24 суток, представлены в таблице. Данные разделены по периодам согласно погодным условиям. Общий уровень увлажнения в процессе эксперимента был высоким – от 90% НВ до НВ. Колебания средних показателей влажности составили в слое 0–15 см от 30,7% от объема до 37,9% за весь период наблюдений. В слое 20–30 см – от 21,7 до 26,5%. Максимальные величины достигали 40,9% во влажный период. Интервал варьирования влажности закономерно снижался вниз по профилю от 6,6 до 2% в сухой период и от 9 до 2,7% во влажный.

Таблица

Статистические характеристики увлажнения пахотного горизонта темно-серой лесной почвы по показаниям датчиков Decagon EC-5, об. %

| Период | С 13 июня по 30 июня (сухо, жарко) | | | | | С 1 июля по 7 июля (влажно, умеренно) | | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|------|------|------|------|---------------------------------------|------|------|------|------|
| | 9 | 13 | 18 | 22 | 27 | 9 | 13 | 18 | 22 | 27 |
| Глубина установки датчика, см | | | | | | | | | | |
| Средние | 31,9 | 30,7 | 26,5 | 32,7 | 21,7 | 37,6 | 37,9 | 31,9 | 36,3 | 23,7 |
| Максимум | 36,1 | 32,7 | 27,6 | 33,4 | 22,2 | 40,9 | 40,2 | 34,3 | 37,7 | 24,7 |
| Минимум | 29,5 | 28,7 | 25,0 | 30,9 | 20,2 | 31,9 | 31,9 | 27 | 33,1 | 22 |
| Размах колебаний | 6,6 | 4,0 | 2,6 | 2,5 | 2,0 | 9,0 | 8,3 | 7,3 | 4,6 | 2,7 |
| Стандартное отклонение | 1,9 | 1,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 3,0 | 3,2 | 2,6 | 1,7 | 1,0 |
| Дисперсия | 3,8 | 1,9 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 9,2 | 10 | 6,6 | 3,0 | 1,0 |
| Коэффициент вариации, % | 6,1 | 4,4 | 1,4 | 1,2 | 1,6 | 8,1 | 8,3 | 8 | 4,8 | 4,3 |

Как видно из таблицы, дисперсия и коэффициент вариации имеют небольшие значения, что свидетельствует об однородности полученных данных. Следует отметить, что коэффициент вариации значений уменьшается с глубиной, что связано с увеличением плотности почвы вниз по профилю и снижением ее водопроницаемой способности.

На рисунке 1 представлены в графической форме показания датчиков, установленных на разных глубинах с 13 июня по 7 июля 2017 года. График отчетливо отражает, что показания датчика, установленного на глубине 22 см, выбиваются из ряда закономерностей, установленных выше. Этот слой значительно влажнее как выше-, так и нижележащих слоев. Эта особенность связана с морфологией пахотных серых лесных почв. Прежде всего, следует отметить, что объемная масса их пахотного слоя, как более гумусированного и ежегодно обрабатываемого, изменяется от 0,99 до 1,25 г/см³ и составляет в среднем 1,07 г/см³. В подпахотном горизонте ниже

плужной подошвы объемная масса существенно повышается – до 1,31–1,45 г/см³ (Хмелев, Танасиенко, 2009). Вследствие этого водопроницаемость подпахотного горизонта значительно ниже пахотного, что мы и наблюдаем в нашем эксперименте. Влага остается постоянной на глубине 22 см, практически в неизменном количестве, пополняясь только при выпадении значительного количества осадков. Таким образом, датчик, установленный на данной глубине, зафиксировал показатели, соответствующие плужной подошве.

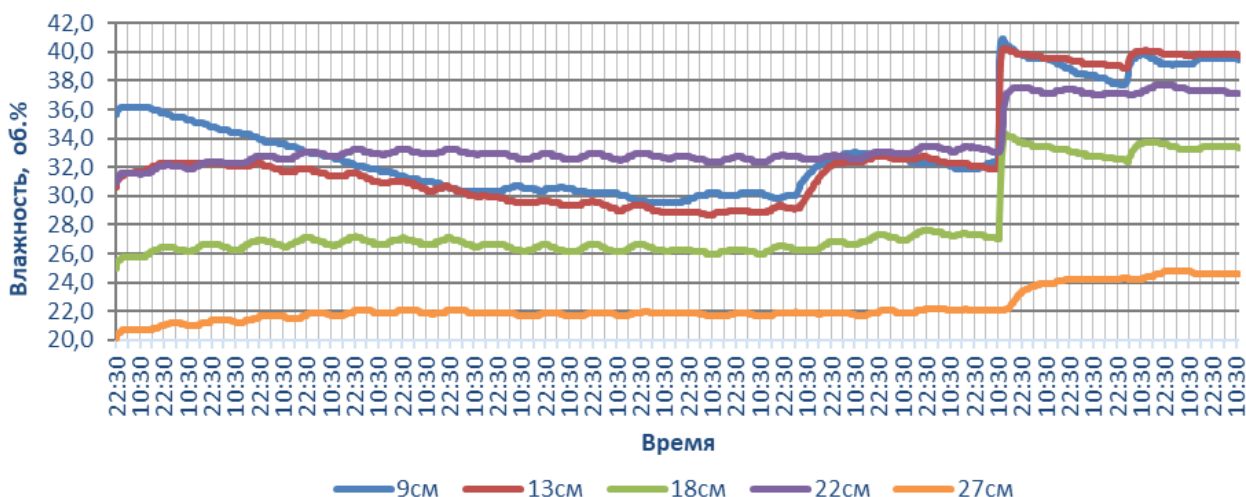


Рисунок 1. Колебание влажности (% от объема) по показаниям датчиков Decagon EC-5, установленных на глубинах 9, 13, 18, 22 и 27 см с 13 июня по 7 июля 2017 года

Колебания влажности по каждому горизонту позволяют проследить миграцию влаги в пределах профиля, а зная величину ППВ (предельной полевой влагоемкости) можно дифференцировать ее на подвижную (гравитационную) и малоподвижную. Используя эти данные, можно с точностью до минут установить факт выпадения даже незначительных осадков (2–3 мм). Так, 2 июля 2017 года дождь значительной интенсивности начался в 10:30 утра (рис. 2). Уже в 11:00 часов влажность начала увеличиваться на глубине 9 и 13 см, в 11:30 на глубине 18 см. К 13:00 часам вся поступившая влага разместилась в слое 18 см. Исходное увлажнение на глубинах 9 и 13 см составило 32–33% от объема, на глубине 18 см – 27%.

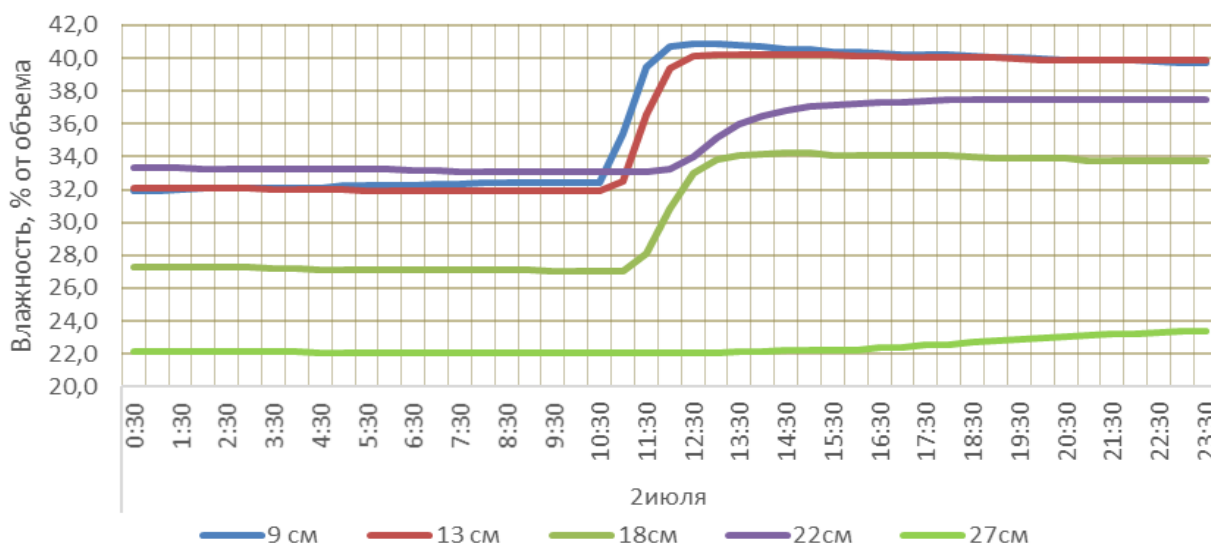


Рисунок 2. Колебание влажности (% от объема) за 2 июля 2017 года по показаниям датчиков Decagon EC-5, установленных на глубинах 9, 13, 18, 22 и 27 см

После 13:00 часов увлажнение в слое 9 см составило 41% объема, в слое 9–13 мм – 40%. Таким образом, в слое 0–9 см влажность увеличилась на 9%, в слое 9–13 см на 8 % и в слое 13–18 см на 7%. Проведенные расчеты показали, что запасы влаги в указанных слоях увеличились на 8, 3,2 и 3,5 мм соответственно. Суммарно в слое 0–18 см влажность увеличилась на 34%, а запасы влаги возросли на 14,7 мм. Если исключить факт стекания влаги по поверхности, можно утверждать, что выпало не менее 15 мм осадков. Следовательно, по показаниям прибора можно проследить миграцию влаги в пределах почвенного профиля и достаточно точно отследить факт выпадения осадков, посчитав их количество.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как уже отмечалось выше, определение показателей ППВ является очень важной частью в точном земледелии. Традиционный метод определения ППВ предполагает весьма трудоемкую и длительную процедуру, основанную на «методе заливаемых площадок» (Салихов и др., 2018). Возможности датчиков позволяют усовершенствовать метод определения предельной полевой влагоемкости почв, сделав его более быстрым и, на наш взгляд, более точным. Использование датчиков ЕС-5 позволяет исключить такой трудоемкий и длительный процесс, как определение влажности термостатно-весовым методом, когда при бурении и отборе образцов через 1, 3, 5 и т. д. суток площадку приходится открывать и располагать скважины каждый раз в другом месте, что приводит к определенным ошибкам, связанным с неравномерностью увлажнения по площадке. Использование датчиков позволяет исключить эти ошибки, и, кроме того, сократить размеры площадки, а, значит, уменьшить количество заливаемой воды. Постоянный мониторинг увлажнения почвы даст возможность точно определить как момент полного насыщения после залива, так и момент стекания гравитационной влаги и установления капиллярного равновесия и, тем самым, сэкономить время.

Еще одна возможность использования датчика была обнаружена и обоснована в 2017 году сотрудником лаборатории А.В. Чичулиным. В ходе изучения технических характеристик и конструктивных особенностей этого датчика, исследователь пришел к выводу, что его можно использовать в качестве мобильного (переносного) устройства для изучения пространственно-временной неоднородности влажности почв, а применение переносного компьютера значительно сократит время, затрачиваемое на определение влажности почв (на 10 повторностей с 1 м² потребуется примерно 5 минут), особенно учитывая, что на определение влажности классическим термостатно-весовым методом на такую же площадь и число повторностей необходимо от 15 до 24 часов (Чичулин, 2018).

В то же время, предлагаемый метод мобильного применения датчика ЕС-5, на наш взгляд, имеет ряд недостатков. Во-первых, при погружении зубцов датчика на максимально возможную глубину охватываемый измерениями слой почвы составляет всего 8 см. Чтобы проводить измерения не только с поверхности, необходимо последовательно снимать слои почвы до нужной глубины, что существенно снизит скорость определений при изучении пространственного распределения влажности, особенно при большом количестве повторностей. Во-вторых, отметим, что на глубину 5–8 см датчик легко вводится и извлекается только на рыхлых почвах (0,75–1,0 г/см³). Введение датчика в более плотную почву, особенно с плотностью выше 1,3 г/см³, весьма затруднительно и часто приводит к поломкам его зубцов. Несмотря на это, использование его как мобильного устройства для изучения вариабельности почвенной влажности является вполне оправданным. С использованием этого метода сотрудниками лаборатории было получено большое количество данных, на основе которых был опубликован ряд работ, посвященных вариабельности водно-физических свойств почв Предсалаирья (Шапорина, Чичулин, 2018; Шапорина и др., 2018; Шапорина, Сайб, 2020) и их латеральной изменчивости (Шапорина, Сайб, 2019).

Еще одной потенциальной возможностью использования датчика является изучение с его помощью термоградиентного переноса влаги, о чем свидетельствуют четкие суточные колебания увлажнения, которые помимо общего направления снижения или увеличения увлажнения отражены на кривых графика (рис. 1) и являются графическим его выражением. Наиболее подробно механизм данного процесса описал А.М. Глобус (1983), назвав его парожидкостным потоком. По мнению большинства исследователей этого процесса, термоградиентный перенос влаги в почвах неразрывно связан с ритмикой поступления солнечной энергии (в виде тепла) на Землю и, соответственно, представляет собой глобальное явление. Много внимания уделял изучению данного процесса Н.Ф. Кулик (2016; 2018). Он отмечал, что движение пара в поровом

пространстве происходит в направлении теплового потока и играет важное значение в водном питании растений, это связано с тем, что данное явление обеспечивает конденсацию пара почвенной влаги из нижележащих слоев почв на корнях растений, которые обычно располагаются в верхних 20–30 см почвы. Также установлено, что интенсивность термоградиентного переноса в значительной степени зависит от температуры, величины порового пространства, влажности и засоления почвогрунтов. Детальная фиксация увлажнения с помощью датчиков ЕС-5, с параллельным использованием датчиков «Термохрон» для фиксации температуры, позволит поставить задачу исследования количественных показателей термоградиентного потока влаги на новый уровень. Такие исследования особенно актуальны и востребованы для регионов Сибири, где они ранее не проводились.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что датчик Decagon EC-5 соответствует своим техническим характеристикам, позволяя быстро и безошибочно измерять объемную влажность почвы, при обязательном условии его предварительной тарировки и построения соответствующих градуировочных кривых для изучаемых почв. Данное устройство подходит для решения достаточно широкого круга как производственных, так и научных задач.

Наблюдения за колебаниями влажности в отдельных почвенных слоях позволили проследить миграцию влаги и дифференцировать ее на подвижную (гравитационную) и малоподвижную; с точностью до часа в течении суток отметить факт выпадения осадков, а также с достаточной достоверностью посчитать их количество.

Низкие значения дисперсии и коэффициента вариации, полученные при статистической обработке показаний по периодам (сухому и влажному) погодных условий, свидетельствуют об их высокой статистической однородности. Отмечено, что дисперсия и коэффициент вариации снижаются вниз по профилю; это подтверждает, что почвенные слои, лежащие ниже плужной подошвы, более плотные, чем почва верхнего пахотного горизонта; скорость их промачивания и иссушения более низкая, соответственно, показатели увлажненности остаются более постоянными.

На кривых графиков зафиксированы довольно четкие суточные колебания увлажнения как показатели термоградиентного переноса влаги. Выявленный факт должен послужить стимулом для дальнейшего изучения этого важнейшего процесса в условиях Сибири. Определение предельной полевой влагоемкости почв с помощью датчиков Decagon EC-5 является значительно более простым и быстрым методом по сравнению с традиционным, достаточно трудоемким и длительным термостатно-весовым методом.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН в рамках программы, финансируемой Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вдовин В.В. *Кузнецко-Салаирская провинция* // Рельеф Алтае-Саянской области. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. С. 40–71.
2. Вдовин В.В., Малолетко А.М. *Салаирский кряж* // Алтае-Саянская горная область. Москва: Наука, 1969. С. 121–156.
3. Глобус А.М. *Физика неизотермического внутрпочвенного влагообмена*. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 278 с.
4. Кулик Н.Ф. Дистилляция почвенного раствора под действием температур и возможность его использования растениями // *Почвы и окружающая среда*. 2018. Том.1. №4. С. 277–283. <https://doi.org/10.31251/pos.v1i4.36>
5. Кулик Н.Ф. О возможности конденсации атмосферной влаги в почве // *Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева*. 2016. Вып. 83. С. 41–52. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-83-41-52>
6. Николаев В.А. *Рельеф* // *Новосибирская область, природа и природные ресурсы*. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978. С. 5–25.
7. Салихов Ш.К., Гасанов Г.Н., Гаджиев К.М., Баширов Р.Р. *Ускоренный метод определения предельной полевой влагоемкости почв склоновых земель среднегорья Дагестана* // *Почвы в биосфере: сб. матер. Всерос. науч. конф. (Новосибирск, 10–14 сентября 2018 г.)* / Сысо А.И. (отв. ред.). Томск: Издательский Дом ТГУ, 2018. Ч. II. С. 266–269.

8. Труфляк Е.В. *Использование элементов точного сельского хозяйства в России*. Краснодар: КубГАУ, 2018. 26 с.
9. Хмелев В.А., Танасиенко А.А. *Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования*. Рос. Акад. Наук, Сиб. отд-ние. Новосибирск: Изд. СО РАН, 2009. 349 с.
10. Чичулин А.В. К методике применения датчика влажности EC-5 Decagon // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018. № 5. Ч 2. С. 416–421. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12280>
11. Чудновский А.Ф., Тимофеев Ю.В., Шиндеров Б.Л. *Аэро-дистанционно-приземное зондирование сельскохозяйственных полей*. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 272 с.
12. Шапорина Н.А., Чичулин А.В. *Вариабельность водно-физических свойств почв Предсалаирья // Почвы в биосфере: сб. матер. Всерос. науч. конф. (Новосибирск, 10–14 сентября 2018 г.) / Сысо А.И. (отв. ред.)*. Томск: Издательский Дом ТГУ, 2018. С. 280–284.
13. Шапорина Н.А., Чичулин А.В., Чумбаев А.С. Пространственная вариабельность водно-физических свойств темно-серой лесной почвы в условиях Предсалаирья // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018. №10. С. 144–149. doi: 10.17513/mjpf.12433
14. Шапорина Н.А., Сайб Е.А. Вариабельность агрофизических показателей комплекса склоновых почв Предсалаирья // *Почвы и окружающая среда*. 2020. Том 3. № 2. e118. doi: 10.31251/pos.v3i2.118
15. Шапорина Н.А., Сайб Е.А. Латеральная изменчивость агрофизических показателей комплекса эродированных почв Предсалаирья // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019. № 11. С. 79–85. doi: 10.17513/mjpf.12936
16. *EC-5 Soil Moisture Sensor: Operator's Manual*. Decagon Devices, Inc., Pullman, 2014, 19 p.
17. Payero J.O., Nafchi A.M., Davis R., Khalilian A. An Arduino-Based Wireless Sensor Network for Soil Moisture Monitoring Using Decagon EC-5 Sensors, *Open Journal of Soil Science*, 2017, No. 7, p. 288–300. <https://doi.org/10.4236/ojss.2017.710021>
18. Payero J., Qiao X., Khalilian A., Mirzakhani-Nafchi A., Davis R. Evaluating the Effect of Soil Texture on the Response of Three Types of Sensors Used to Monitor Soil Water Status, *Journal of Water Resource and Protection*, 2017, No. 9, p. 566–577. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2017.96037>

Поступила в редакцию 28.10.2021

Принята 26.11.2021

Опубликована 16.12.2021

Сведения об авторах:

Шапорина Нина Аркадьевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории почвенно-физических процессов, ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); shaporina@issa-siberia.ru

Сайб Екатерина Александровна – младший научный сотрудник лаборатории почвенно-физических процессов, ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); sajb@issa-siberia.ru

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

USING DECAGON EC-5 SENSORS FOR MONITORING SOIL MOISTURE

© 2021 N. A. Shaporina, E. A. Sayb 

*Institute of Soil Science and Agrochemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russia. E-mail: sajb@issa-siberia.ru*

The aim of the study. *To assess the possibilities of using the Decagon EC-5 sensor in research practice, especially under the conditions of its stationary installation; and to study with its help the dynamics of soil profile moistening and moisture migration under different weather conditions.*

Location and time of the study. *The study was carried out on the territory of the Ust-Kamensky (forest-steppe) research station of the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (55.005507 N, 83.858635 E). The object of the study was the dark gray forest soil (Luvic Greyzem Phaeozem). Five Decagon EC-5 sensors were installed at 9, 13, 18, 22 and 27cm depths in a small (30cm deep) soil pit and connected to the Em50 recorder. The necessary calibration was carried out beforehand. The sensors functioned from June 13 to July 7, 2017.*

Main results. The study showed that this device is suitable for a wide range of applications. According to the sensor readings, it was possible to trace the migration of moisture within the soil profile, as well as to differentiate it into gravitational and capillary water, as well as to establish the fact of precipitation with an accuracy of an hour and to calculate the precipitated amount. Statistical analysis of the obtained data showed low values of data variance and the coefficient of variation, which indicated high data homogeneity. The use of these sensors can improve the traditional flood method for determining the maximum soil water holding capacity. Moreover, detailed recording of soil moisture, provided by Decagon EC-5 sensors, in combination with Thermochron sensors for soil temperature recording, allows to study quantitative indicators of thermal gradient moisture flux at a new level.

Conclusions. The study showed that Decagon EC-5 sensors comply with their technical specification and have good prospects for usage both in research and agricultural production. Provided its preliminary calibration and producing the calibration curves for the studied soils, the sensors allow quick and accurate measurement of the soil volumetric moisture content. The frequency and rate of sensor readings takes research on the dynamics and migration of moisture in soils to an entirely new level.

Key words: soil moisture; Decagon EC-5; maximum soil water holding capacity; dynamics and moisture migration.

How to cite: Shaporina N.A., Sayb E.A. Using Decagon EC-5 sensors for monitoring soil moisture // *The Journal of Soils and Environment*. 2021. 4(3). e153. doi: [10.31251/pos.v4i3.153](https://doi.org/10.31251/pos.v4i3.153) (in Russian with an English abstract).

REFERENCES

1. Vdovin V.V. *Kuznetsk-Salair province*. In book: Relief of the Altai-Sayan region. Novosibirsk: Nauka Publ., Siberian Branch, 1976, p. 40-71. (in Russian)
2. Vdovin V.V., Maloletko A.M. *Salair ridge*. In book: Altai-Sayan mountain region. Moscow: Nauka Publ., 1969. p. 121-156. (in Russian)
3. Globus A.M. *Physics of non-isothermal soil moisture transfer*. Leningrad, Gidrometeoizdat publ., 1983, 278 p. (in Russian)
4. Kulik N.F. Soil solution distillation by temperature and the possibility of vapour use by plants, *The Journal of Soils and Environment*, 2018, Vol. 1, No. 4, pp. 277–283. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v1i4.36>
5. Kulik N.F. On the ability of atmospheric vaporous water to condensate within the soil on the background of thermal balance and experimental materials, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2016. Vol. 83, pp. 41–51. (in Russian) <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-83-41-52>
6. Nikolaev V.A. *Relief*. In book: Novosibirsk region, nature and natural resources. Novosibirsk: Nauka Publ., Siberian Branch, 1978, p. 5-25. (in Russian)
7. Salikhov Sh.K., Gasanov G.N., Gadzhiev K.M., Bashirov R.R. *Accelerated method of definition for determining water capacity of soils sloping lands medium Dagestan*. In book: Soils in the Biosphere: Proc. of the Rus. Sci. Conf. (Novosibirsk, 10–14 September, 2018). Syso A.I. (ed.). Tomsk: Publishing House of TGU, 2018, Part II, p. 266–269 (in Russian)
8. Truflyak E.V. *Using elements of precision agriculture in Russia*. Krasnodar: KubGAU publ, 2018, 26 p. (in Russian)
9. Khmelev V.A., Tanasienko A.A. *Land resources of the Novosibirsk region and ways of their rational use*. Novosibirsk, SB RAS publ., 2009, 349 p. (in Russian)
10. Chichulin A.V. The method of application of the moisture sensor EC-5 Decagon, *International Journal of Applied and Basic Research*, 2018, No. 5, part 2. pp. 416–421. (in Russian) <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12280>
11. Chudnovskij A.F., Timofeev Yu.V., Shinderov B.L. *Aero and near the ground remote sounding of agricultural fields*. Leningrad: Gidrometeoizdat publ., 1985, 272 p. (in Russian)
12. Shaporina N.A., Chichulin A.V. *Variability of water-physical soil properties Pedaleira*. In book: Soils in the Biosphere: Proc. of the Rus. Sci. Conf. (Novosibirsk, 10-14 September, 2018). Syso A.I. (ed.). Tomsk: Publishing House of TGU, 2018, Part II, p. 280–284. (in Russian)
13. Shaporina N.A., Chichulin A.V., Chumbaev A.S. Spatial variability of water-physical properties of dark gray forest soil in the conditions Pedaleira, *International Journal of Applied and Basic Research*, 2018, No.10, p. 144–149. (in Russian) doi: 10.17513/mjpf.12433
14. Shaporina N.A., Sayb E.A. Variability of agrophysical properties of hillslope soils in the Cis-Salair region (West Siberia), *The Journal of Soils and Environment*, 2020, Vol.3, No 2, e118. (in Russian) doi: 10.31251/pos.v3i2.118
15. Shaporina N.A., Sayb E.A. The lateral variability of agrophysical indicators of the complex of eroded soils of the cis-Salair region, *International Journal of Applied and Basic Research*, 2019, No.10, p. 79–85. (in Russian) [10.17513/mjpf.12936](https://doi.org/10.17513/mjpf.12936)
16. *EC-5 Soil Moisture Sensor: Operator's Manual*. Decagon Devices, Inc., Pullman, 2014, 19 p. (in English)

17. Payero J.O., Nafchi A.M., Davis R., Khalilian A. An Arduino-Based Wireless Sensor Network for Soil Moisture Monitoring Using Decagon EC-5 Sensors, *Open Journal of Soil Science*, 2017, No. 7, p. 288–300. (in English) <https://doi.org/10.4236/ojss.2017.710021>
18. Payero J., Qiao X., Khalilian A., Mirzakhani-Nafchi A., Davis R. Evaluating the Effect of Soil Texture on the Response of Three Types of Sensors Used to Monitor Soil Water Status, *Journal of Water Resource and Protection*, 2017, No. 9, p. 566–577. (in English) <https://doi.org/10.4236/jwarp.2017.96037>

Received 28 October 2021
Accepted 26 November 2021
Published 16 December 2021

About the author(s):

Shaporina Nina A. – Cand. Biol. Sci., Senior Researcher in the Laboratory of Soil Physical Processes in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); shaporina@issa-siberia.ru

Sayb Ekaterina A. – Junior Researcher in the Laboratory of Soil Physical Processes in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); sajb@issa-siberia.ru

The author read and approved the final manuscript



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)