

УДК 631.37.4  
© 2017

**А.С. МИРОНОВ,  
Е.В. ЗОЛOTOVСКАЯ,**  
кандидаты технических наук

ОПЕРАТИВНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ  
ПАРАМЕТРОВ ПОЧВЫ  
В ТЕЧЕНИЕ ДНЯ

Днепропетровский государственный  
аграрно-экономический университет,  
Украина  
E-mail: [alona197@mail.ru](mailto:alona197@mail.ru)  
ул. С. Ефремова, 25, г. Днепр

*Наведено результати досліджень накопичення вологи в ґрунті. З використанням приладу для вимірювання температур. Отримано модель накопичення вологи, визначення температур на поверхні і в глибині ґрунту, побудовано добовий графік оперативного виміру температур, які характеризують у певний час вологість ґрунту. Використання запропонованої технології вимірювання температур дозволить оперативно приймати оптимальні рішення по обробітку ґрунту, управляти формуванням урожаю сільськогосподарських культур.*

*Ключові слова: модель накопичення вологи, температура ґрунту, конденсація, час виміру температури, різниця температур  $\Delta$ .*

**Постановка проблеми.** На современном этапе развития аграрного сектора страны одной из актуальных проблем является качество обработки почвы при наименьших энергозатратах, создание энергосберегающих технологий.

Анализ литературных источников, посвященных изучению поверхностной обработки почвы, показывает, что рыхление поверхности почвы облегчает доступ воздуха и воды в почву [1–4]. Мелкокомковая структура поверхностного слоя снижает испарение влаги как с поверхности, так и из нижележащих слоев почвы. Поэтому ниже разрыхленного слоя почвы накапливается влага, что бесспорно изменяет физические свойства почвы.

В настоящее время отсутствует научно обоснованная аналитическая теория о системе обработки почвы с созданием теплоизоляционного слоя на ее поверхности и изменением физических характеристик почвенного

профиля. Покрытие почвы теплоизоляционным слоем позволяет, в зависимости от ее физико-механических свойств, воздействовать на весь комплекс факторов, определяющих физические условия в почве. Очевидно, что изменяются тепло- и массообменные процессы на границе “почва–воздух”, поэтому, подбирая соответствующую обработку или накопление пожнивных остатков на поверхности почвы, можно активно влиять на режим температуры, влажности и плотности почвы.

**Анализ научных публикаций,** посвященных изучению поверхностной обработки почвы [1–4], показывает, что для выращивания и уборки высокого и качественного урожая в действующих природных условиях необходимо понимать процессы накопления влаги в почвенном профиле и их теплофизические характеристики. Значительную помощь в этом контексте могут оказать такие приемы обработки почвы, как боронование и

лущение стерни, которые в 50–60 годы прошлого столетия были обязательными. Поле после лущения с мульчирующим слоем почвы, растительными остатками толщиной 6 см на одном гектаре теряет до 0,36 мм воды в сутки (для сравнения: без мульчи 5,4–6,8 мм, или 54–68 т/га воды). Исследования показали, что лущение супесчаной почвы повышает влажность слоя 0–5 см на 0,4–2,3 %, а слоя толщиной 5–10 см – на 3,1–4,3 %. Это позволяет даже при сухой погоде выращивать сельскохозяйственные культуры и обеспечивать качественную подготовку почвы к севу озимых [4–9].

Целью настоящего исследования планировалось обосновать систему контроля накопления влаги в почвенном профиле в полевых условиях, учитывающую возобновляемые тепловые ресурсы, с использованием которых можно оперативно принимать оптимальные решения по обработке почвы, управлять формированием урожая сельскохозяйственных культур.

На земной поверхности постоянно происходят два противоположно направленных процесса: орошение местности осадками, конденсация воздушной влаги и осушение ее испарением. Степень увлажнения территории обуславливается соотношением осадков и испарения. По результатам наблюдений метеослужб определяется количество осадков и испарений в течение года (рис. 1). Очевидно, что разница между осадками и испарением  $\Sigma\Delta = 4$  мм недостаточна для формирования

урожая, поскольку развитие растений требует минимум  $\Sigma\Delta = 100$  мм.

**Результаты исследования и их обсуждение.** При исследовании теплового режима почвы появляется необходимость в прогнозировании и управлении элементами почвенного профиля: распределением температур внутри почвенного массива, скоростью их изменения, факторами, влияющими на их динамику, тепловым потоком, теплоаккумуляцией и формированием влаги в почве (рис. 2).

Известно, что влага может попадать в почву двумя путями: летом – сверху, в виде дождя, зимой – из глубины почвы, в результате диффузии водяного пара и его конденсации. Это достигается применением различных технологий обработки почвы. Накопление влаги в воздухе и глубинах имеет более сложный характер и связано с понятиями: давление водяного пара, его диффузия и конденсация [6].

Поэтому водяной пар днем будет диффундировать в почву с поверхности на глубину. При движении влаги температура пара будет снижаться как при поступлении на глубину почвы, так и при прохождении через неё. Если температура воздуха на поверхности земли станет ниже, чем значение температуры почвы, то количество влаги, содержащейся в ней, начнет конденсироваться в виде капель на поверхности земли. Но даже при сухой поверхности земли в дневное время в почве летом создаются условия, когда на

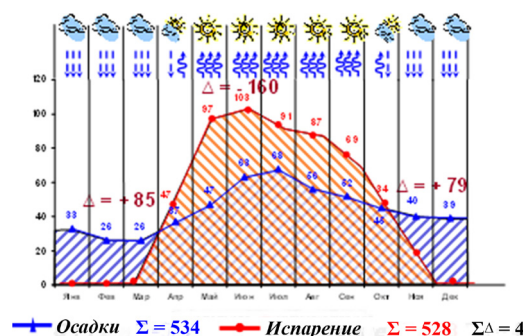


Рис. 1. График осадков и испарения в течение года для Днепропетровской области

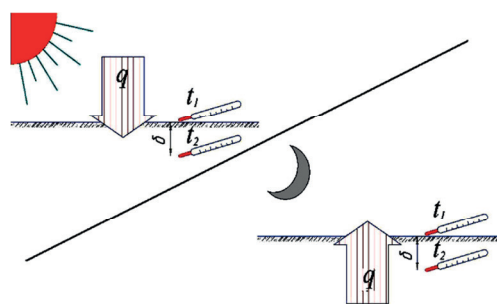


Рис. 2. Потоки тепла  $q$  (влаги  $W$ ) днем и ночью

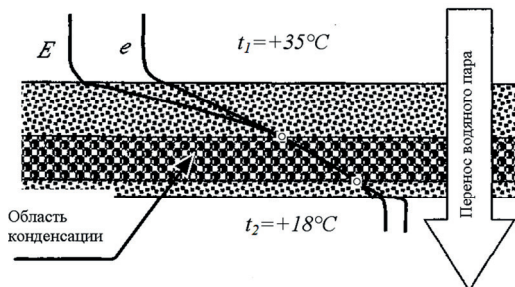


Рис. 3. Схема образования конденсата в почвенном профиле

определенной глубине влага начинает конденсироваться и, как результат, образуются родники, реки (рис. 3).

Оценку поступления возможного количества конденсации пара в почву в течение дня можно выполнить графически. Сначала строится график распределения температур в почве  $t_i$ , затем график максимальной упругости водяного пара  $E$  с нанесением линии распределения действительной упругости водяного пара  $e$ . Если линии графиков  $E$  и

$e$  не пересекаются, то конденсация влаги не происходит. При пересечении этих линий конденсация водяного пара на определенной глубине возможна. Зону конденсации в таком случае можно определить нанесением касательных к линии максимальной упругости водяного пара  $E$  из точек, отмеченных на заданной глубине почвы  $e_i$ . Часть между касательными определяет зону конденсации. Количество конденсата может быть рассчитано по разности количества водяного пара, поступившего в зону конденсации и на большую глубину.

Процессом формирования влаги можно управлять с помощью контроля температур на поверхности и в глубине почвы с последующим принятием решения о способе обработки почвы.

Нами разработан прибор для измерения температуры на поверхности и в глубине почвы путем вдавливания в почву трубки с наконечником (мокрый термометр) – рис. 4. Прибор состоит из ручки 1, трубки 4 из стали, термодатчика на конце трубки 4, который вмонтирован в медный наконечник 6 с внешним диаметром 10 мм. Наконечник навинчивается на трубку 4 диаметром 6 мм, присоединенную к ручке 1. В ручку 1 вмонтирован воздушный термодатчик, блок управления с выключателем 8, источник питания и температурный индикатор 2. Для определения глубины проникновения наконечника в почву используется рулетка 3.

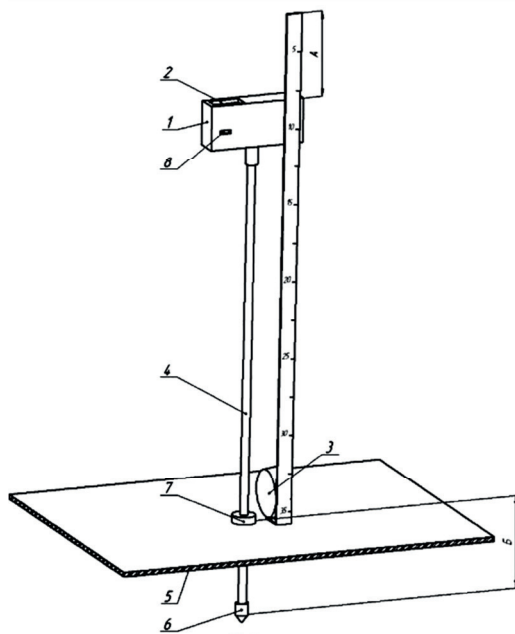


Рис. 4. Прибор для измерения температуры почвы

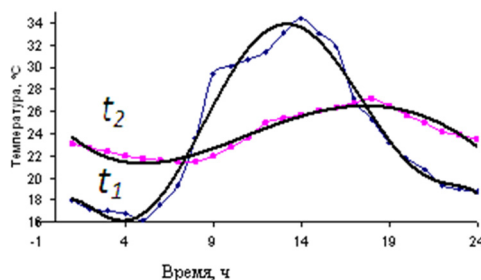
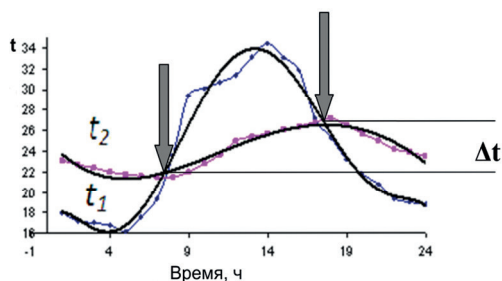


Рис. 5. График зависимости суточных температур на поверхности  $t_1$  и на глубине  $t_2$  почвенного профиля



**Рис. 6. Схема разницы  $\Delta t$  определяющих температур на поверхности и в глубине почвы**

Согласно графику, от пересечения линий ( $t_1 = t_2$ ) температуры воздуха на поверхности  $t_1$  и в глубине почвы  $t_2$  в  $7^{00}$ – $8^{00}$  и до пересечения линий ( $t_1 = t_2$ ) в  $17^{00}$ – $18^{00}$  на глубине 100–150 мм происходит накопление влаги (конденсация) 1–2 мм, а с  $17^{00}$ – $18^{00}$  до  $7^{00}$ – $8^{00}$  фиксируется потеря влаги (испарение).

Перепад температур  $\Delta t$  (рис. 6) в точках

соединения двух графиков ( $t_1 = t_2$  – стрелками) в  $7^{00}$ – $8^{00}$  и в  $17^{00}$ – $18^{00}$  указывает:

- если  $\Delta t$  между утром и вечером составляет 1–2 °C в сторону увеличения, значит, накопилась влага (произошла конденсация) в почве 1–2 мм; модель процесса накопления влаги в почве можно представить зависимостью  $t_1 \cdot 0,618 \geq t_2$  (0,618 золотое сечение);

- если  $\Delta t$  между утром и вечером уменьшается на 1–2 °C, следовательно, зарегистрирована потеря влаги (испарение) с почвы 1–2 мм; модель процесса потери (испарения) влаги почвой запишем в виде зависимости:  $t_1/0,618 \leq t_2$ .

В итоге, используя разность температур  $\Delta t$ , путем измерения температуры термометром (или с высоты – пирометром, установленным на беспилотнике) в  $7^{00}$ – $8^{00}$  и в  $17^{00}$ – $18^{00}$ , получаем фактическую характеристику процесса накопления или потери влаги почвой в течение дня.

### Выводы

1. Представляется возможность в течение светового дня за счет разности температур  $\Delta t$  на поверхности почвы в  $7^{00}$ – $8^{00}$  и в  $17^{00}$ – $18^{00}$  получить фактические данные о накоплении или потере влаги почвой. Полученная информация позволяет оценить предварительно проведенные агроприемы (культивация, дискование, боронование, мульчирование и др.) на эффективность накопления или потери влаги почвой.

2. Разработанный прибор для оперативно-го измерения температуры на поверхности и в

глубине почвы в течение суток позволяет определить временные точки: когда температуры на поверхности и в глубине почвы равны (влажность почвы одинакова в определенном слое и на поверхности).

3. При переносе с поверхности на глубину почвы (при измерении перепада температур) контролируется сформированный слой из конденсированной влаги, который является количественным показателем влаги и препятствует удалению ее с большей глубины.

### Библиография

1. Гордієнко В.П. Ґрунтова волога / В.П. Гордієнко. – Сімферополь: ЧП “Предприятие Феникс”, 2008. – 368 с.  
 2. Роде А.А. Водный режим почв и его регулирование / А.А. Роде. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 120 с.  
 3. Кравчук В.І. Науково-технічна експертиза техніко-технологічних рішень систем обробітку ґрунту / В.І. Кравчук, В.В. Погорілий, Л.П. Шустік. – К.: Фенікс, 2008. – 50 с.  
 4. Миронов А.С. Теплоизоляция и влагосберегающие технологии в растениеводстве / А.С. Миронов, В.А. Сыроватко, М.Н. Можаренко // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2009. – № 2. – С. 36–39.  
 5. Золотовська О.В. Дослідження теплоізоляції верхні ґрунту в технології No-till / О.В. Золотовська, О.С. Миронов // Техніка і технології АПК. – 2013. – № 2(41). – С. 37–40.

6. Миронов О.С. Оцінка технологій в АПК за допомогою визначення теплофізичного стану ґрунту / О.С. Миронов // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 11. – С. 36–40.  
 7. Золотовська О.В. Аналіз процесу формування вологи та теплофізичних характеристик у ґрунті / О.В. Золотовська // Вісник ХНТУ ім. П. Василенка. – 2013. – № 134. – С. 160–166.  
 8. Золотовская Е.В. Модель количественной влаги при изменяющихся теплофизических параметрах почвы / Е.В. Золотовская, А.С. Миронов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 96. – С. 645–653.  
 9. Миронов А.С. Погода в измерении времени. Прогноз фермеру / А.С. Миронов. – Днепропетровск: Пороги, 2015. – 207 с.