

## АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ВОЛОГИ ТА ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК У ҐРУНТІ

Золотовська О.В., к.т.н.

(Дніпропетровський державний аграрний університет)

*У статті наведені результати досліджень вивчення впливу поверхневої обробки ґрунту на його вологість. Використання теплоізоляційного шару на поверхні ґрунту дозволить прогнозувати теплофізичні процеси в конкретних кліматичних умовах.*

Одним з чинників, які лімітують врожайність сільськогосподарських культур в технологіях АПК, є вологість ґрунту. У степовій зоні, де опадів недостатньо і часто бувають посухи, виникає необхідність дослідження стану вологості ґрунту. В даний час ця проблема системно теоретично та оперативно в польових умовах не вирішується. Проте все ширше використовуються нові ресурсозберігаючі технології: мінімальний обробіток ґрунту, хімічні пари, No-till.

Щоб виростити й зібрати добрий урожай у діючих природних умовах, також необхідно розуміти теплофізичний стан ґрунту. У цій справі значну допомогу можуть дати такі прийоми обробітку ґрунту, як боронування або лушення стерні, що в 50...60 роки минулого сторіччя були непорушними. Поле після лушення, з мульчуючим шаром ґрунту, рослинними залишками товщиною 6 см, на гектарі втрачає до 0,36 мм води за добу (для порівняння: без мульчі 5,4 – 6,8 мм, або 54 – 68 т/га води). Дослідження показали, що лушення супіщаного ґрунту підвищує вологість шару 0 – 10 см на 0,4 – 2,3%, а шару 10 – 20 см – на 3,1 – 4,3%. Це дозволяє навіть при сухій погоді вирощувати сільськогосподарські культури та забезпечити якісну підготовку ґрунту до посіву озимих [1].

Для кожної системи обробітку ґрунту [2] проводяться відповідні технологічні заходи.

На базі оранки (традиційна): провокація проростання насіння бур'янів і падалиці, руйнування капілярів і підрізання бур'янів; розпушування ґрунту на глибину 20-32 см з повним обертанням скиби; повне загортання рослинних решток на глибину 8-12 см; підготовка рівномірного за глибиною насінневого ложа дрібно грудочкуватої структури посівного шару ґрунту; загортання насіння на задану глибину за умов сівби в якісно підготовлений ґрунт.

На базі глибокого рихлення (консервуюча): мульчування ґрунту подрібненими рослинними рештками; обробіток верхнього шару з

перемішуванням рослинних решток та безполицевим основним обробітком на глибину 25 – 40 см; збереження до 70 % рослинних решток на поверхні ґрунту; повне підрізання бур'янів; загортання насіння на задану глибину за умов сівби з значною кількістю подрібнених рослинних решток на поверхні ґрунту; додаткове накопичення і збереження продуктивної вологи в метровому шарі.

На базі поверхневого рихлення (мінімальна): мульчування ґрунту подрібненими рослинними рештками; обробіток верхнього шару ґрунту на глибину до 10 см з перемішуванням рослинних решток; збереження до 30% рослинних решток на поверхні ґрунту; повне підрізання бур'янів; загортання насіння на задану глибину за умов сівби із незначною кількістю рослинних решток на поверхні ґрунту; додаткове збереження продуктивної вологи в кореневмісному шарі до 15 см.

Для прямої сівби культур (No-till): мульчування поверхні ґрунту рослинними залишками; повне збереження рослинних решток на поверхні; хімічне прополювання бур'янів; загортання насіння на задану глибину за умов сівби в необроблений ґрунт із значною кількістю рослинних решток на поверхні поля; збереження продуктивної вологи в кореневмісному шарі ґрунту до 10 см.

В системах обробітку No-till досліджується дія робочих органів сільськогосподарських машин на ґрунт, але практично не розглядається в яких умовах змінюється теплофізичний стан ґрунту та поведінка вологи в ґрунті.

**Мета роботи** – проаналізувати вплив теплоізоляційного шару за поверхневого обробітку ґрунту на теплофізичні характеристики та вологості ґрунтового профілю

Механічний обробіток безпосередньо впливає на структуру ґрунту та розподіл рослинних залишків. Пористість ґрунту визначає кількість повітря і води, яке ґрунт може втримати. Розподіл рослинних залишків впливає на температуру поверхні ґрунту, рівень випарів і вміст води, а також рівень вмісту поживних речовин та інтенсивність гниття.

Під час обробітку ґрунту створюється теплоізоляційний шар, що регулює ґрунтову температуру, дозволяє утримувати ґрунтову вологу, покращує структуру ґрунту і збільшує відсотковий вміст органічної речовини.

Технологія No-till передбачає теплоізоляцію рослинними залишками. В міру підвищення врожайності сільськогосподарських культур збільшується кількість рослинних залишків. З таблиці 1 випливає що за врожайності сільськогосподарських культур 10 т/га товщина шару з рослинних залишків щільністю 12 кг/м<sup>3</sup> становить 0,08 м. На сьогодні фактична врожайність сільськогосподарських культур становить до 3 т/га. Для утворення оптимальних умов термодинамічних і теплофізичних процесів товщина шару рослинних решток на поверхні ґрунту має становити близько 0,05 м.

Таблиця 1 - Залежність теплоізоляційного шару від урожайності культур

Урожайність, кг/га	Товщина шару рослинних залишків зі щільністю 12,4 кг/м <sup>3</sup> , м
2000	0,016
4000	0,032
6000	0,048
8000	0,065
10000	0,08

Очевидно, що в технології No-till з використанням рослинних залишків шаром 0,016 – 0,032 м забезпечити планову врожайність сільськогосподарських культур буде складно. Тому для створення теплоізоляційного шару на поверхні ґрунту в сільськогосподарській практиці використовують спосіб поверхневого розпушування ґрунту з одночасним замішуванням рослинних залишків на глибину 0,05 – 0,08 м. В основі цього технологічного прийому лежить зміна щільності у верхніх шарах ґрунту.

Дослідженням температурного режиму ґрунту та його властивостей [3,4] визначено, що щільність і теплофізичні властивості ґрунту взаємопов'язані. Розподіл температури в ґрунтовому профілі залежить від інтенсивності теплообміну ґрунту з навколишнім середовищем. Отже, темп зміни температури в ґрунті визначається не лише внутрішніми тепловими характеристиками, але й умовами на поверхні ґрунту. За відсутності перешкод для теплообміну на поверхні інтенсивність теплообміну ґрунтового профілю із середовищем визначається його внутрішніми властивостями. Тому коефіцієнт перепаду температур на глибині і на поверхні ґрунту, відповідно до закону Фур'є, залежить від теплових властивостей і пропорційний температуропровідності. Слід зазначити, що теплопровідність істотно залежить від вологості, а отже, і від щільності ґрунту. Із збільшенням щільності відбувається зростання теплопровідності. (рис. 2) [3,4].

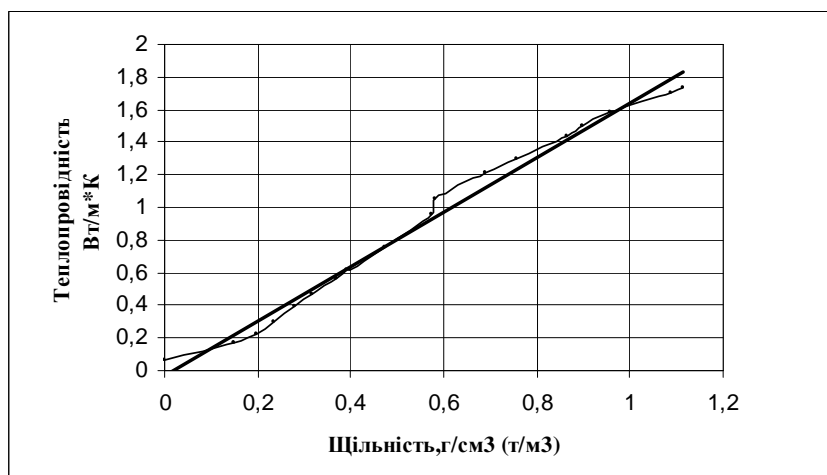


Рисунок 1 – Залежність теплопровідності від щільності ґрунтового шару

Відомо, що волога, може потрапляти в ґрунт двома шляхами: влітку – ззовні з повітря, під час дощу, взимку - з глибини ґрунту, у результаті дифузії водяної пари та її конденсації. Дощова вода повинна проникати в ґрунт без перешкод. Це досягається застосуванням різних технологій обробітку ґрунту. Проникнення вологи з повітря та глибин має більш складний характер і пов'язане з поняттями: тиск водяної пари, її дифузія і конденсація[5].

Як видно з графіку (рис.2), максимальний парціальний тиск водяної пари, а значить, і кількість «зайвої» вологи, що може всмоктувати в себе повітря, різко зменшується зі зниженням температури. В літку, коли температура на поверхні ґрунту набагато вища, ніж на глибині, то і парціальний тиск водяної пари відповідно буде значно вищий, ніж на глибині ґрунту.

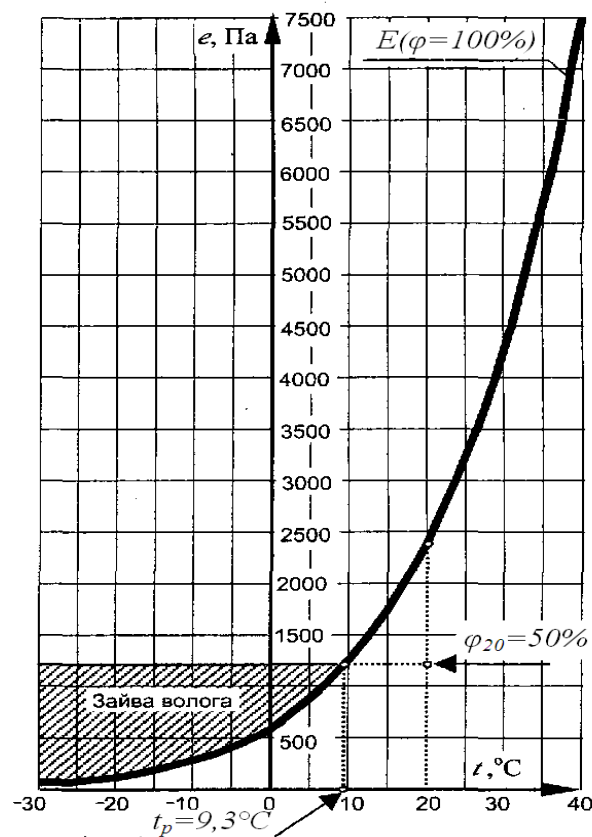


Рисунок 2 - Графік залежності максимального парціального тиску водяної пари у повітрі на поверхні землі при нормальному атмосферному тиску

Тому водяна пара буде дифундувати крізь ґрунт з поверхні на глибину. При цьому температура пари буде зменшуватися, як при надходженні на глибину ґрунту, так і при проходженні через нього.

Якщо температура повітря на поверхні землі стане меншою від значення, при якому кількість вологи, що міститься в ньому, стане більшою, ніж воно може утримувати, то ця волога почне конденсуватися у вигляді краплин на поверхні землі. Але, навіть при сухій поверхні землі, влітку в ґрунті створюються умови, коли на певній його глибині волога починає конденсуватися (рис.3).

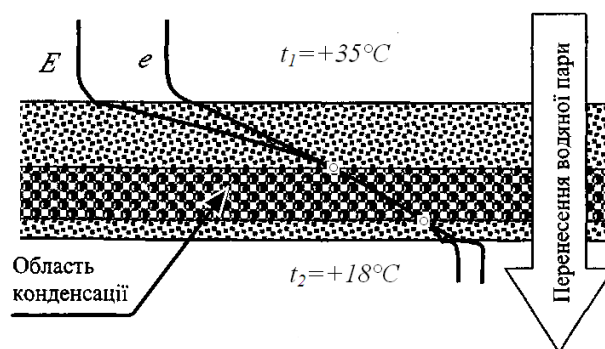


Рисунок 3 - Схема утворення конденсату у товщі ґрунту

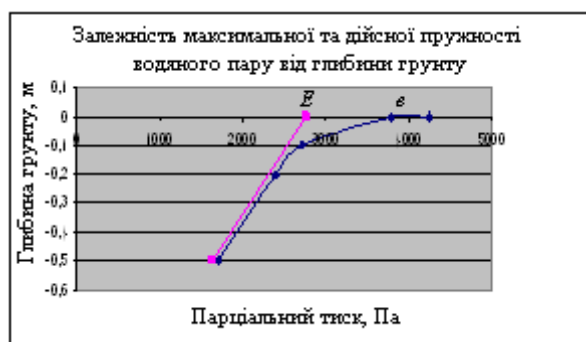
Оцінка можливої конденсації пару може проводитися графічним способом. За таким способом спочатку будується графік розподілу температур в ґрунті  $t_i$ . Потім по ньому будується графік максимальної пружності водяного пару  $E$  та наноситься лінія розподілу дійсної пружності водяного пару  $e$ . Якщо лінії графіків  $E$  і  $e$  не перетинаються, конденсації вологи не відбувається. При перетині ліній  $E$  і  $e$  конденсація водяного пару на певній глибині можлива. Зону конденсації в такому випадку можливо визначити, нанесенням дотичних, до лінії максимальної пружності водяного пару  $E$ , з точок визначених на певній глибині ґрунту  $e_i$ . Частина між дотичними визначає зону конденсації. Кількість конденсату може бути визначена по різниці кількості водяного пару який надійшов до зони конденсації та відійшов на більшу глибину.

На рис.4 представлені результати досліджень конденсації вологи при різних прийомах обробітку ґрунту з утворенням теплоізоляційного шару [3].

Традиційна, 501 кг/га



Мінімальна, 793 кг/га



No-till, 1704 кг/га



Рослинність 10 см, 1730 кг/га



Рисунок 4 – Динаміка вологості ґрунту на глибині з утворенням теплоізоляції на поверхні

Процесом формування вологи можна керувати при правильному підборі систем обробітку ґрунту (організація щільності на поверхні ґрунту). При цьому слід враховувати, що чим щільніший матеріал, тим менше він паропроникний. Тому на поверхні ґрунту повинні розташовуватися менш щільні, паропроникні та пористі матеріали, а далі на глибині ґрунту навпаки, - щільні, менш паропроникні матеріали, що дозволяють накопичувати вологу.

Для утворення оптимальних термодинамічних і теплофізичних процесів у ґрунтовому шарі були проведені дослідження товщини теплоізоляції поверхневого шару ґрунту[6] та результати наведено на рис. 5.

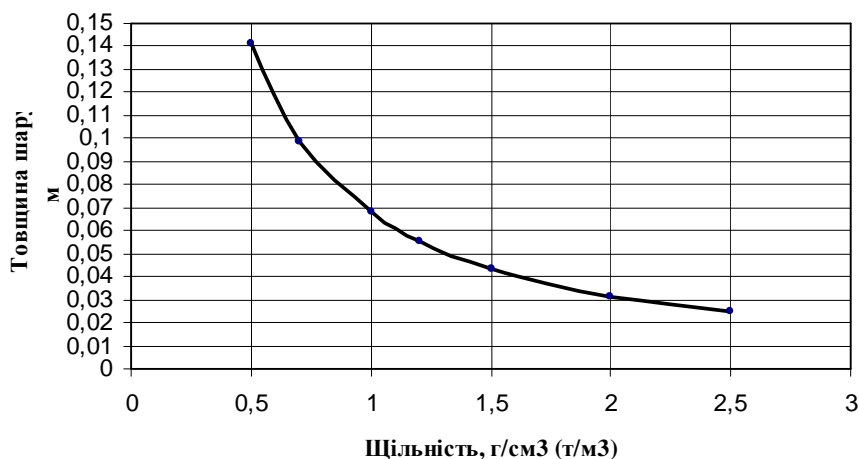


Рисунок 5 - Залежність щільності ґрунту від товщини теплоізоляції

Аналіз залежності показує, що при створенні теплоізоляції поверхневого шару ґрунту товщиною 0,05 – 0,08 м щільність ґрунту становитиме 0,9 – 1,3 г/см<sup>3</sup>. Відомо, що при щільності 1,3 г/см<sup>3</sup> знижується вміст повітря, необхідного для нормального функціонування коренів рослин. Таким чином, застосовуючи поверхневий обробіток ґрунту з одночасним замішуванням рослинних залишків, можна активно впливати на теплофізичні властивості ґрунту, його температурний режим і вологість, а також знижувати або підвищувати величину акумульованої сонячної радіації за відповідних оптимальних діапазонів щільності ґрунту.

### Висновки

1. За допомогою теоретичних досліджень можливо визначити кількість вологи та обсяг її накопичення в шарі ґрунту, яка, в свою чергу, визначається величиною градієнта температур, щільності, капілярного потенціалу ґрунту та абсолютною вологістю повітря.

2. При тепломасоперенесенні з поверхні на глибину ґрунту, за фактичних умов, на глибині ґрунту контролюється сформований шар з конденсованої вологи, який є показником вологості та стримує вилучення вологи з більшої глибини.

3. Для підтримання оптимальних теплофізичних процесів необхідно створювати теплоізоляційний шар за допомогою поверхневої обробітку ґрунту із замішуванням поживних залишків.

## Список літератури

1. Гордієнко В.П. Грунтова волога / В.П. Гордієнко. – Сімферополь: ЧП «Предприятие Фенікс», 2008. – 368 с.
2. Кравчук В.І. Науково-технічна експертиза техніко-технологічних рішень систем обробітку ґрунту/ В.І. Кравчук, В.В. Погорілий, Л.П. Шустік. – К.: Фенікс, 2008. – 50с.
3. Миронов А.С. Оцінка технологій в АПК за допомогою визначення теплофізичного стану ґрунту/ А.С. Миронов// Техника и технологии АПК. – 2011. – №11. – С.36 – 40.
4. 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.
5. Миронов А.С. Теплоизоляция и влагосберегающие технологии в растениеводстве / А.С. Миронов, В.А. Сыроватко, М.Н. Можаренко // Вісник ДДАУ. – 2009. – №2. – С. 36–39.
6. Золотовська О.В. Дослідження теплоізоляції поверхні ґрунту в технології No-till / О.В. Золотовська, О.С. Миронов // Техника и технологии АПК. – 2013. – №2(41). – С.37 – 40.

## Аннотация

### АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ВЛАГИ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПОЧВЕ

**Золотовская Е.В.**

*В статье представлены результаты исследований по изучению влияния поверхностной обработки почвы на её влажность. Применение теплоизоляционного слоя на поверхности почвы позволит прогнозировать теплофизические процессы в конкретных климатических условиях.*

## Abstract

### THE ANALYSIS OF INFLUENCE OF A HEAT-INSULATION LAYER ON HEAT PHYSICAL PROCESS IN THE SOIL

**E. Zolotovskaya**

*In the article the results of researches are presented on the study of influence of superficial treatment of soil on its closeness. Application of heat-insulation layer on-the-spot soil will allow to forecast thermophysical processes in concrete climatic terms.*