

Лекція 3

ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ

3.1. Тепловий режим земної поверхні

3.2. Тепловий режим повітря

Сам.: 3.3. Вплив природних факторів (*рельєф (експозиція схилів, форма та висота місцевості над рівнем моря), тип і склад ґрунту (глинисті, піщані, болотні), рослинний покрив, сніговий покрив*) на температуру ґрунту та повітря.

3.4. Значення температури повітря та ґрунту для с.–г. виробництва.

3.1. ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

Сонячна радіація, пройшовши крізь атмосферу, досягає земної поверхні і тут частково (крім відбитої) поглинається, перетворюючись при цьому здебільшого в тепло. Частина цього тепла витрачається на нагрівання приземного шару повітря, рослин, випаровування води з ґрунту і рослинами, а частина — на нагрівання ґрунту.

Поверхня, яка нагрівається безпосередньо сонячними променями й віддає тепло нижнім шарам і повітрю, називають **діяльною**. Температурний режим земної поверхні залежить від надходження сонячної радіації, величини альбедо й ефективного випромінювання. При цьому верхні шари ґрунту нагріваються, коли радіаційний баланс має додатні значення, і охолоджуються при від'ємних його величинах. В останньому випадку до поверхні ґрунту надходить тепло з глибших його шарів.

Ступінь нагрівання ґрунту залежить від його теплоємності, теплопровідності, а верхнього шару — ще й від випромінювання.

Теплоємність ґрунту. Розрізняють об'ємну і вагову теплоємність ґрунту. *Об'ємною теплоємністю $C_{об}$* називається кількість тепла (Дж), необхідне для нагрівання 1 м³ ґрунту на 1 °С. *Питомаю теплоємністю $C_{пит}$* називається кількість тепла (Дж), що вимагається для нагрівання 1 кг ґрунту на 1 °С.

Теплоємність ґрунту залежить від його вологості ґрунту, кольору, мінерального складу та щільності.

- Теплоємність

питома: вода > торф > повітря > мінеральні речовини

об'ємна: вода > торф > мінеральні речовини > повітря

Теплоємність і теплопровідність складових частин ґрунту

Складові частини ґрунту	Теплоємність		Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·°С)
	питома, Дж/(кг·°С)	об'ємна, 10 ⁶ Дж/(м·°С)	
Пісок та глина	753,6–963,0	2,05–2,43	0,84–1,26
Торф	2009,7	2,51	0,84
Ґрунтове повітря	1004,8	0,0013	0,02
Ґрунтова волога	4189,8	4,19	0,50

Отже, *вологі ґрунти* більш теплоємні, ніж сухі, тому вони повільніше прогріваються і повільніше охолоджуються; *світлі* мають більше альбедо, тому менше прогріваються; *торф'яники* слабко прогріваються у зв'язку з великою теплоємністю органічної речовини; *щільні* ґрунти звичайно теплоємніші, ніж пористі.

Теплопровідність ґрунту – це його здатність передавати тепло від шару до шару. *Коефіцієнт теплопровідності* – кількість тепла (Дж), що проходить за 1 сек. крізь перетин основи стовпчика ґрунту з площею 1 м² і висотою 1 м.

Теплопровідність ґрунту залежить від його вологості і вмісту повітря в порах, мінерального складу, щільності та температури.

- Теплопровідність: мінеральні речовини > торф > вода > повітря

Таким чином, сухі ґрунти менш теплопровідні, ніж вологі, оскільки повітря погано проводить тепло. Лід краще проводить тепло, ніж волога, тому при замерзанні ґрунтів їх теплопровідність збільшується. Торф гірше проводить тепло, ніж мінеральна речовина (пісок і глина). Ущільнений ґрунт краще проводить тепло.

Добовий і річний хід температури ґрунту

Температура ґрунту має добову і річну періодичність. У добовому ході максимум припадає на денний час (близько 13 год), мінімум — перед сходом Сонця. Річний хід у помірних широтах характеризується одним максимумом у червні – липні й одним мінімумом у січні – лютому.

В окремі дні добовий хід температури ґрунту може мати істотні відхилення, зумовлені значною мірою хмарністю, опадами, вітрами та іншими метеорологічними факторами.

Промерзання і відтаювання ґрунту

У холодну пору року, після стійкого переходу температури повітря через

0°C восени і настання морозів, ґрунтова вода замерзає, а ґрунт поступово промерзає, тобто затвердіває під впливом низьких температур. Промерзання ґрунту залежить від температури поверхні ґрунту і глибоких шарів Землі, снігового й рослинного покривів, типу ґрунту та його складу, вологості ґрунту, рельєфу, виробничої діяльності людини та ряду інших.

Чим пізніше випадає *сніг* і чим менша його висота, тим глибина промерзання більша. У тих районах, де сніговий покрив лежить протягом усієї зими, ґрунт промерзає на меншу глибину, ніж там, де він кілька разів за зиму встановлюється і сходить або здувається вітром.

У *лісі, під трав'яним покривом*, мохом чи дерниною ґрунт промерзає на меншу глибину, ніж оголений.

Різні типи ґрунтів при певних рівних умовах промерзають неоднаково. Так, торфові ґрунти промерзають менше, ніж чорноземно-лучні, а останні менше, ніж чорноземні. Це пов'язано з вологістю. Вологі ґрунти промерзають повільніше і на меншу глибину, ніж ґрунти із зниженою вологістю, оскільки при замерзанні вологих ґрунтів виділяється захована теплота льодоутворення, яка гальмує далі охолодження. Щоправда, сухі ґрунти можуть не замерзати через малу теплопровідність і сприятливі умови для існування переохолодженої води в них.

ґрунти на підвищених *формах рельєфу* промерзають глибше, ніж на знижених. Це пояснюється більшою поверхнею підвищених форм рельєфу і менш потужним сніговим покривом (на підвищеннях сніг здувається).

Осушення боліт і заболочених земель, вирубування лісів, обробіток ґрунту за інших рівних умов збільшують, а снігозатримання зменшує промерзання ґрунту.

Глибоке промерзання ґрунту погіршує перезимівлю рослин і теплові умови в ранній період їх росту й розвитку, утруднює проникнення в ґрунт талих вод.

Відтає ґрунт навесні у двох напрямках: зверху під впливом сонячної радіації, знизу – під дією тепла, яке надходить з глибших шарів.

Основним метеорологічним фактором, який впливає на інтенсивність відтавання ґрунту, є середня добова температура повітря.

Від глибини відтавання залежить початок весняних польових робіт. Коли ґрунт відтане на глибину 10 см, приступають до боронування, а на 30 см — до оранки.

Тепло в ґрунті розповсюджується за законами загальної молекулярної теплопровідності, які мають назву **законів Фур'є**.

1. Не залежно від типу ґрунту *періоди коливання температури з глибиною не змінюються (12 год.)*.

2. *Максимальні і мінімальні температури на глибинах настають пізніше*. Тобто на передачу тепла від шару до шару ґрунту витрачається час. Тому настання *тах і тін* добових температур запізнюються **на кожні 10 см приблизно на 3 години**.

3. Зростання глибини в арифметичній прогресії викликає зменшення амплітуди температури в геометричній прогресії. Тобто кожний шар ґрунту поглинає деяку кількість тепла. Чим глибше шар, тем слабкіші в ньому коливання температури. *Амплітуда добових коливань температури з глибиною зменшується на кожні 15 см у 2 рази*.

РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ҐРУНТУ

Заходи, що спрямовані **на підвищення температури** поверхневих шарів ґрунту:

- розпушування орного шару ґрунту навесні (зменшує теплопровідність, акумулює енергію у верхньому шарі),
- коткування посівів (ущільнений ґрунт краще проводить тепло і вночі менше охолоджується),
- гребеневе і грядкове садіння культур (на гребнях сонячна радіація падає під більшим кутом, ніж на горизонтальну поверхню, завдяки цьому вони дістають більше тепла),
- кулісні посіви (захищають основні культури від вітру і цим самим зменшують обмін повітря, через що температура ґрунту і повітря підвищується над посівами в денні години на 3°C і вище),
- снігозатримання взимку,
- зрошення восени (виділяється прихована теплота пароутворення),
- мульчування темною мульчею (вугільним порошком, бітумом зменшується альbedo),
- внесення органічних добрив (виділяється енергія при розкладанні органічної речовини) тощо;

Заходи, що спрямовані на **захист ґрунту від надмірного перегрівання**:

- оранка,

- зрошення (навесні та влітку), полив дощувальними агрегатами,
- мульчування білою мульчею (крейдою, соломою, торфом збільшується альбедо),
- затінення посівів, тощо.

Ефективними матеріалами для мульчування є також полімерні плівки і спеціальний папір, а також різні дешеві нафтопродукти й відходи нафтової промисловості. Мульчування як агротехнічний захід потрібно застосовувати тільки після проведення детальних польових, експериментів.

Полезахисні лісові смуги, створюючи особливий мікроклімат на полях, зменшують добову і річну амплітуди температури і впливають на термічний режим ґрунтів.

Температуру закритого ґрунту регулюють різними типами споруд (парники, теплиці тощо) та утепленням ґрунту. Джерелом тепла у таких спорудах є сонячна радіація і система штучного обігрівання (зимові теплиці).

Утеплення ґрунту відбувається і при внесенні великої кількості органічних добрив. Так, при повному розкладі 1 т гною виділяється до 125,7—167,6 млн. МДж/м² тепла. Цей спосіб широко використовують у парниках.

3.2. ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ПОВІТРЯ

Процеси нагрівання та охолодження повітря. Під тепловим режимом атмосфери розуміють характер розподілу і зміни температури атмосфери в результаті теплообміну підсилюючої (діяльної) поверхні з нижніми шарами атмосфери.

Теплообмін в атмосфері може здійснюватись завдяки:

- 1) *молекулярній теплопровідності*;
- 2) *турбулентному перемішуванню* – в результаті чого виникає інтенсивне майже хаотичне перенесення тепла з більш теплих шарів повітря в менш теплі. Інтенсивність турбулентного потоку в десятки разів більша від молекулярного потоку тепла, і під впливом турбулентного теплообміну добові коливання температури повітря поширюються на шар атмосфери заввишки 1-2 км;
- 3) *тепловій конвекції* – завдяки якій утворюється потужний висхідний потік повітря, який супроводжується низхідним потоком у сусідніх районах – виникає мезомасштабне перемішування досить значних об'ємів повітря, з яким і відбувається перенесення тепла;

- 4) *адіабатичним процесам* - тобто без обміну теплом з навколишнім середовищем, за рахунок перетворення внутрішньої енергії газу в роботу і роботи у внутрішню енергію. Так як внутрішня енергія пропорційна абсолютній температурі газу, відбувається зміна температури. При *адіабатичному стискуванні* в атмосфері відбувається зменшення об'єму повітря в наслідок збільшення тиску, внутрішня енергія повітря зростає і підвищується, тому відбувається *адіабатичне нагрівання*. *Адіабатичне розширення* в атмосфері відбувається переважно при висхідному русі повітря. При цьому збільшується об'єм повітря внаслідок зниження тиску – внутрішня енергія убыває, температура повітря падає, тобто відбувається *адіабатичне охолодження*;
- 5) *радіаційному притоку тепла*, зумовленому довгохвильовим випромінюванням діяльної поверхні;
- 6) *випаровуванню вологи з діяльної поверхні, а також конденсації та сублімації водяної пари на діяльній поверхні та в атмосфері*. При випаровуванні вологи витрачається тепло що супроводжується зниженням температури. При конденсації – виділяється прихована теплота пароутворення, яка йде на нагрівання повітря.

Зміна температури повітря на кожні 100 м висоти називається *вертикальним градієнтом температури* (ВГТ або γ). Він вважається позитивним ($\gamma > 0$), якщо температура з висотою падає, і негативним ($\gamma < 0$), якщо вона підвищується. Якщо температура з висотою не змінюється – це *ізотермія* ($\gamma = 0$ °C/100 м). Підвищення температури в тропосфері з висотою ($\gamma < 0$) – *інверсія*

Добовий і річний хід температури повітря. Подібно до температури поверхні ґрунту добовий хід температури повітря має один максимум (о 14—15 год.) і один мінімум (перед сходом Сонця). Залежно від погоди можуть бути відхилення від цього нормального перепаду температур повітря.

Добові амплітуди коливання температури (різниця між найбільшою і найменшою температурою) досягають максимальних величин у приземному шарі, а з підняттям угору зменшуються. В ясну погоду і влітку вони більші, ніж у хмарну погоду і взимку. На величину добових амплітуд коливання температури помітно впливає рельєф, насамперед форма й експозиція схилів. Найбільші коливання спостерігаються у долинах і замкнутих улоговинах, а також на схилах південної експозиції.

Рослинний покрив зменшує добові амплітуди коливання температури повітря, оскільки вдень він затримує сонячну радіацію, а вночі земне випромінювання, тобто рослинність, не сприяє як нагріванню, так і охолодженню ґрунту, від якого дістає тепло повітря.

Річний хід температури залежить від географічної широти даного місця та характеру підстилаючої поверхні. У помірних широтах максимальні й мінімальні значення температури настають відповідно після літнього і зимового сонцестояння (у липні й січні). На берегах морів і океанів найтепліший місяць серпень, а найхолодніший — лютий.

Важливою характеристикою річного ходу температури є також амплітуда коливання температури — різниця між середніми місячними температурами найтеплішого і найхолоднішого місяців. У міру збільшення широти вона зростає і в полярних областях досягає максимальних значень.

Над океанами та морями річні амплітуди коливання температури повітря значно менші, ніж над континентами. Особливо великих значень вони досягають у внутрішніх районах континентів.

(Сам.)

3.3 Вплив природних факторів на температуру ґрунту

На термічний режим ґрунту, крім сонячної радіації, найбільше впливають рельєф, тип і склад ґрунту, рослинний і сніговий покриви.

Рельєф. Більше тепла дістають південні схили, потім — східні та західні і найменше — північні, оскільки інтенсивність сонячної радіації змінюється у тому ж напрямку.

Існує правило, встановлене О. І. Воєйковим, згідно з яким нагрівання вдень та охолодження вночі найбільші для увігнутих форм рельєфу (долин) і найменші для випуклих форм (підвищень), що пов'язано з інтенсивністю перемішування повітря.

Гребенева поверхня ґрунту вдень значно тепліша, ніж рівна, а вночі холодніша внаслідок більшої площі випромінювання.

Тип і склад ґрунту. Навесні глинясті ґрунти холодніші, ніж піщані, а восени — навпаки. Торфові ґрунти навесні холодніші, ніж мінеральні, що зумовлено не тільки поганою теплопровідністю, а й більшими витратами тепла на випаровування. Найхолодніші з ґрунтів болотні, оскільки моховий покрив мало пропускає тепла.

Рослинний покрив (у т.ч. лісова рослинність) затінює поверхню ґрунту від сонячної радіації вдень, затримує тепло вночі, висушує ґрунт внаслідок транспірації, витрат тепла на створення рослинних тканин та утруднює турбулентне перемішування повітря, тим самим зменшує амплітудні коливання температури поверхні ґрунту.

Сніговий покрив захищає ґрунт і зимуючі під ним рослини від сильного охолодження, оскільки сніг – поганий провідник тепла.

3.4. Значення температури повітря та ґрунту для с.–г. виробництва

Поряд із світлом тепло відносять до основних факторів життя рослин і необхідних умов для біологічних, хімічних і фізичних процесів. Тепловий режим ґрунту й приземного шару повітря визначає не тільки темпи розвитку рослин, а й розмір урожаю в цілому. Температурні умови позначаються і на продуктивності сільськогосподарських тварин.

З початком формування надземних органів розвиток рослин все більше залежить від температури повітря. При низьких температурах в усіх рослин уповільнюються фізіологічні процеси — фотосинтез, дихання, транспірація тощо. Якщо температура підвищується, ці процеси активізуються. Надмірно високі температури (вище за оптимальні) призводять до посилення розпаду речовин і послаблення синтезу, а в окремих випадках до порушення життєвих функцій органів рослин, які можуть викликати загибель самої рослини.

Дослідженнями встановлено, що в міру збільшення добових амплітуд коливання температури повітря поліпшується якість врожаю — збільшується цукристість фруктів і коренеплодів, вміст білка в зернових культур тощо.

Нічні зниження температури, особливо тоді, коли вони досягають точки роси, поліпшують водний режим культур, збільшують вміст води у рослинах. У результаті цього вночі ріст вегетативних органів більший, ніж репродуктивних.

Температура ґрунту впливає на розвиток рослин на початку їхнього життя. При низькій температурі насіння не дає сходів, а при тривалій холодній погоді загниває. Але й надто високі температури ґрунту в цей період шкідливі. Тому сіяти треба в оптимальні і стислі строки, враховуючи поряд з іншими факторами і температуру ґрунту.

Від температури ґрунту залежать активність мікроорганізмів, інтенсивність розкладу органічних речовин, розвиток кореневої системи і здатність її засвоювати поживні речовини, тривалість вегетаційного періоду, ефективність мінеральних добрив, початок проведення окремих сільськогосподарських робіт.

Температура ґрунту впливає на газообмін між ґрунтовим і атмосферним повітрям, поширення шкідників сільськогосподарських культур і тварин. Вона визначає і вологозабезпеченість рослин. При температурі нижче 0°C вода у ґрунті замерзає і не може засвоюватися коренями рослин.

Низькі температури ґрунту знижують урожай репродуктивних органів (зерна), але збільшують вихід загальної маси (соломи, коренів) у зернових культур. У меншій мірі низькі температури ґрунту впливають на врожай культур, які формують вегетативну масу (трави, картопля, коренеплоди).