

ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ



ПИТАННЯ:

1. Поняття теплового балансу.
2. Теплофізичні характеристики ґрунту.
3. Добовий та річний хід температури ґрунту.
Закони Фур'є.
4. Значення та врахування температури ґрунту у сільськогосподарському виробництві.
5. Оптимізація (регулювання) температурного режиму ґрунту.

Під *температурним режимом ґрунту* розуміють сукупність усіх явищ надходження, переміщення і віддачі тепла ґрунтом. Тому в ґрунтознавстві та землеробстві він має назву теплового режиму ґрунту й визначається температурою ґрунту на різних глибинах і в різні строки.

Коливання температури – важливий компонент ґрунтового мікроклімату. Дотримуючись річних циклів зміни температури повітря, температура ґрунту справляє істотний вплив на багато процесів, що відбуваються в ньому. З тепловим режимом ґрунтів тісно пов'язані початок і кінець вегетаційного періоду, просторове розміщення рослин, характер розповсюдження корневих систем, швидкість надходження до коріння поживних елементів.

Температура ґрунту впливає на швидкість надходження води до корневих систем рослин, транспірацію і продуктивність агрофітоценозів. Температурний режим ґрунтів регулює чисельність мікроорганізмів та їх активність, процеси розкладу органічних решток і трансформацію ґрунтового гумусу. Температура ґрунтів контролює фазові переходи в системі ґрунт – ґрунтовий розчин – ґрунтове повітря, процеси розчинення солей і газів, швидкість вивітрювання мінералів.

Знання про реагування рослин на температуру дозволяють науково обґрунтовано розміщувати землеробські галузі на території країни, а сільськогосподарські культури – за елементами рельєфу території господарства, встановлювати оптимальні строки сівби і садіння культур, своєчасно проводити заходи щодо покращення теплових умов життя рослин.

Тепловий режим взаємопов'язаний з водним, повітряним і поживним режимами ґрунту. Ці зв'язки є досить різнобічними. Підвищення температури ґрунту змінює властивості води, зокрема, знижує її в'язкість і поверхневий натяг, внаслідок чого збільшується рухомість води. Посилюється також пересування пароподібної вологи внаслідок зміни пружності парів за підвищення температури. При різкому зниженні температури вночі відбувається конденсація водяних парів на поверхні ґрунту або на межі пухкого і щільного його шарів.

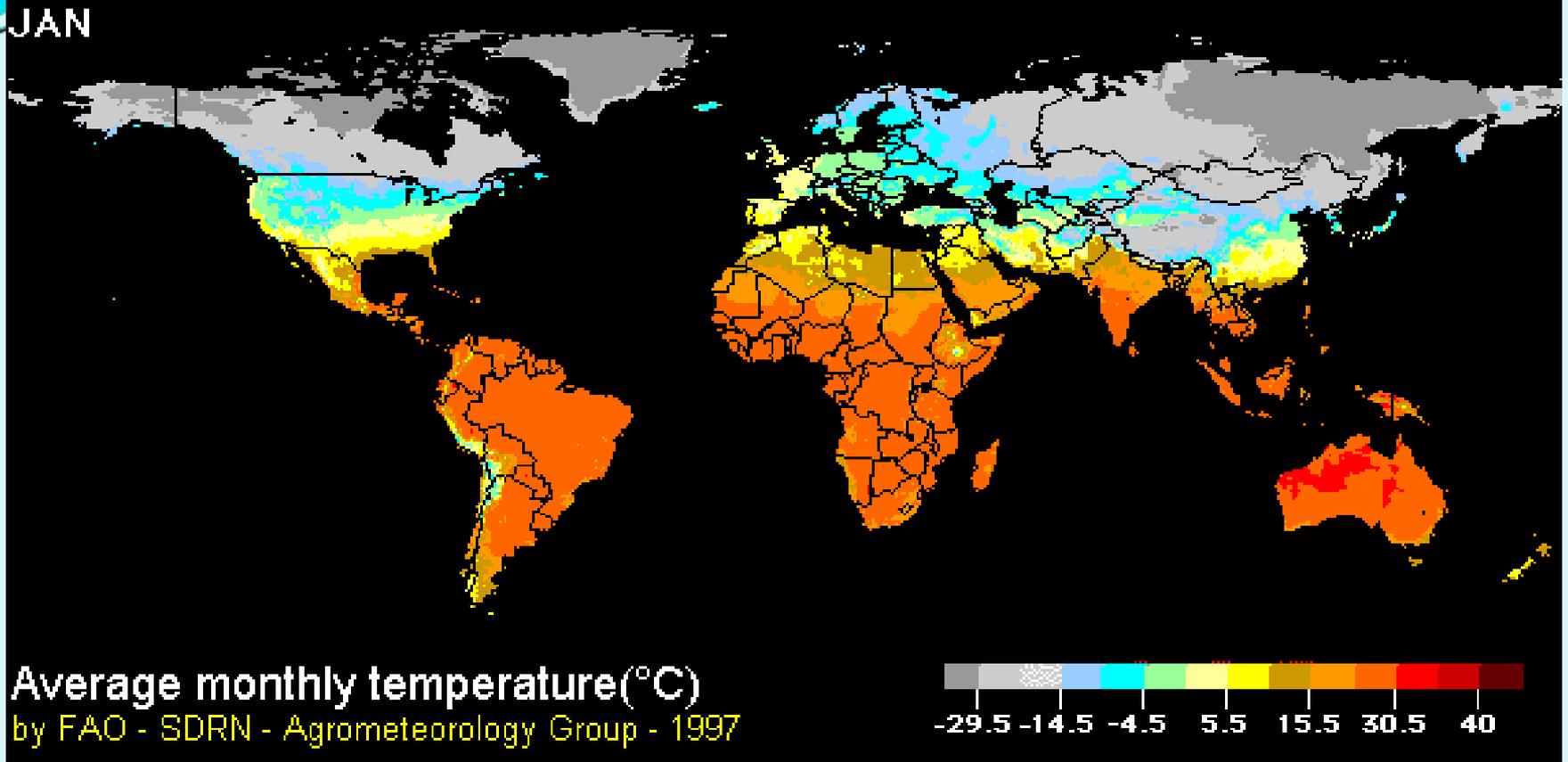
Зниження температури ґрунтової вологи призводить до підвищення розчинності газів, зокрема вуглекислоти і кисню, а підвищення температури – знижує її. Температурні коливання є одним із факторів газообміну між ґрунтом і атмосферою.

Проморожування ґрунту також справляє значний вплив на зміну його фізико-хімічних властивостей. Кристали льоду, які утворюються в ґрунті, розривають і розширюють пори, внаслідок чого ґрунт стає менш зв'язним і легко кришиться за механічного обробітку. При збільшенні об'єму пор промерзлий ґрунт після відтавання набуває підвищеної проникності для води і повітря. Проте проморожування може справити й негативний вплив на ґрунт, наприклад спричинити тимчасове зниження водопроникності ґрунту або випирання озимих культур, якщо поверхневий шар ґрунту під час замерзання був насичений водою.

1. Поняття теплового балансу

Майже все тепло атмосфера, як і земна поверхня, одержує від Сонця. До інших джерел нагрівання належить тепло, що надходить з надр Землі, але воно становить лише долі відсотка від загальної кількості тепла.

Хоча сонячне випромінювання і служить єдиним джерелом тепла для земної поверхні, тепловий режим географічної оболонки не є тільки наслідком радіаційного балансу. Сонячне тепло перетворюється і перерозподіляється під впливом земних факторів, і насамперед трансформується повітряними та океанічними течіями. Вони ж, у свою чергу, зумовлені нерівномірним розподілом по широтах сонячного випромінювання. Це один з яскравих прикладів тісного глобального зв'язку і взаємодії різних компонентів у природі.



- Температура на поверхні знаходиться в межах: від -85°C (внутрішні райони Антарктиди) до $+70^{\circ}\text{C}$ (Західна Сахара).
- Середня температура поверхні Землі $+15^{\circ}\text{C}$.

Для живої природи Землі важливе значення має перерозподіл тепла між різними широтами, а також між океанами і материками. Завдяки цьому процесу відбувається дуже складний просторовий перерозподіл тепла на поверхні Землі відповідно до переважаючих напрямів руху повітряних і океанічних течій. Проте сумарне перенесення тепла направлене, як правило, з низьких широт у високі і з океанів на материки.

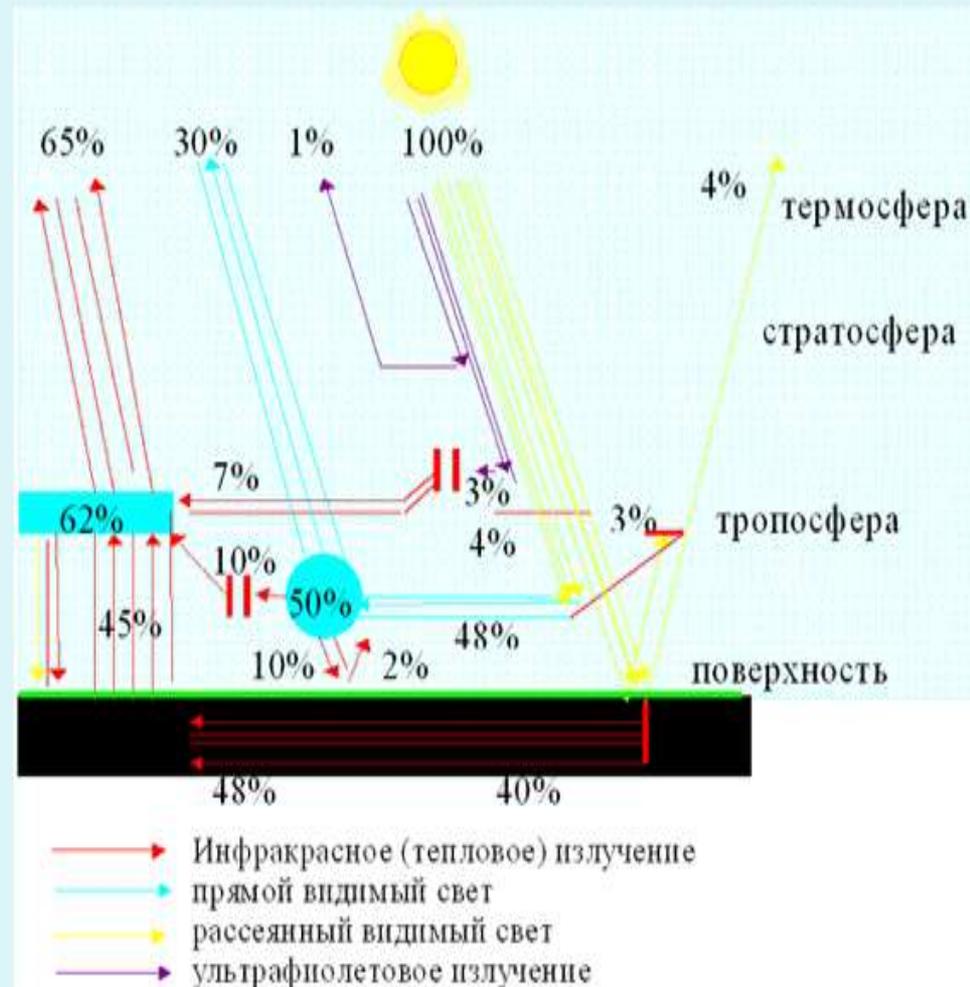
Розподіл тепла в атмосфері відбувається шляхом конвекції, теплопровідності і випромінювання. Теплова конвекція проявляється скрізь на планеті, бо вітри, висхідні і низхідні повітряні потоки мають повсюдне поширення. Особливо сильно конвекція виражена в тропіках.

Теплопровідність, тобто передача тепла при безпосередньому контакті атмосфери з теплою або холодною поверхнею землі, має порівняно невелике значення, бо повітря — поганий провідник тепла. Саме ця властивість знайшла широке використання при виготовленні віконних рам з подвійними склом.

Надходження і витрати тепла в нижній атмосфері на різних широтах неоднакові. Північніше 38° пн. ш. випромінюється тепла більше, ніж поглинається. Ця втрата компенсується теплими океанічними і повітряними течіями, направленими у помірні широти.

Схема теплового балансу Землі

Процес надходження й витрачання сонячної енергії, нагрівання й охолодження всієї системи атмосфери Землі характеризується тепловим балансом. Якщо прийняти річне надходження сонячної енергії на верхню межу атмосфери за 100 %, то баланс сонячної енергії виглядатиме так: відбивається від Землі й повертається назад в космічний простір 42 % (ця величина характеризує альбедо Землі), причому 38 % відбивається атмосферою і 4 % — поверхнею Землі. Решта (58 %) поглинається: 14 % — атмосферою і 44 % — земною поверхнею. Нагріта поверхня Землі віддає назад всю поглинуту нею енергію. При цьому випромінювання енергії земною поверхнею становить 20 %, на нагрівання повітря й випаровування води витрачається 24 % (5,6 % — на нагрівання повітря і 18,4 % — на випаровування води).



Такі загальні характеристики теплового балансу земної кулі в цілому. Насправді ж для різних широтних поясів, для різних поверхонь тепловий баланс буде далеко не однаковим. Так, тепловий баланс будь-якої території порушується при сході і заході Сонця, при зміні пір року, залежно від атмосферних умов (хмарності, вологості повітря і вмісту в ньому пилу), характеру поверхні (вода або суша, ліс або лука, сніговий покрив чи оголена земля), висоти над рівнем моря. Більше всього тепла випромінюється вночі, взимку і через розріджене чисте сухе повітря на великих висотах. Але у підсумку втрати внаслідок випромінювання компенсуються теплом, що надходить від Сонця, і на Землі в цілому переважає стан динамічної рівноваги, інакше вона розігрівалася б або, навпаки, охолоджувалася.

Рівняння теплового балансу земної поверхні

Більша частина сонячної радіації досягає земної поверхні й поглинається діяльним шаром, тобто тонким шаром ґрунту або води, температура якого зазнає добових та річних коливань. На суші товщина діяльного шару знаходиться в межах 8-13 м, а на морі вона становить до 200-300 м.

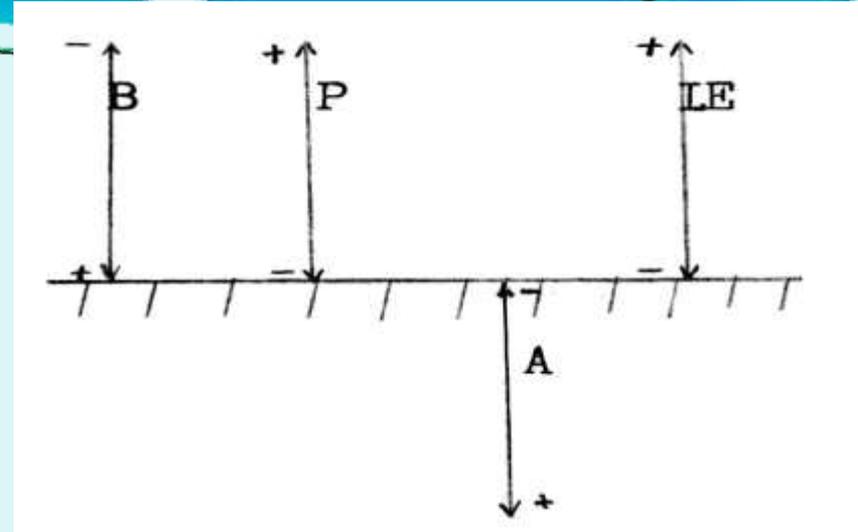
Вдень при додатньому радіаційному балансі діяльна поверхня поглинає деяку частину сумарної радіації, що надходить до неї ($Q-R_k$) та зустрічного теплового випромінювання атмосфери (E_a), але втрачає енергію у вигляді власного довгохвильового випромінювання (E_z). $B=Q-R_k+E_a-E_z$. Тепло, що отримується діяльною поверхнею частково передається вглиб ґрунту чи водойм, а частково – в атмосферу (R_k , E_z). Крім того частка отриманого тепла витрачається на випаровування води з діяльної поверхні.

Вночі сумарна радіація відсутня і діяльний шар, як правило втрачає тепло у вигляді ефективного випромінювання (E_{ef}). В цю частину доби тепло з глибини ґрунту (водойми) надходить вгору до діяльного шару, а тепло атмосфери передається вниз, тобто також рухається до діяльного шару. Крім того в результаті конденсації водяної пари з повітря на земній (водній) поверхні виділяється теплота конденсації.

Отже, діяльний шар землі безперервно й різними способами отримує та втрачає тепло. Згідно закону збереження енергії алгебраїчна сума всіх надходжень та витрат тепла на земній поверхні повинна дорівнювати нулю.

Рівняння теплового балансу:

$$B = A + P + LE$$



B – радіаційний баланс земної поверхні,

A – потік тепла між земною поверхнею та шарами ґрунту, що лежать нижче

P – турбулентний потік тепла між земною поверхнею та атмосферою,

LE – потік тепла пов'язаний із фазовими перетвореннями води (кількість тепла, що виділяється при конденсації водяної пари на поверхні ґрунту або поглинається в процесі випаровування),

L – коефіцієнт питомої теплоти пароутворення

(довідникова величина - 2,5 тис. Дж/г),

E – маса води, що випарувалася чи сконденсувалася.

Із формули теплового балансу випливає, що радіаційний баланс земної поверхні врівноважується нерадіаційною передачею тепла

2. Основні теплофізичні характеристики води та ґрунту

Швидкість і ступінь нагрівання та охолодження ґрунту та води залежить від його фізичних властивостей.

До основних теплофізичних характеристик ґрунту, що впливають на формування температурного режиму ґрунту відносяться.

1) **Теплоємність ґрунту** – кількість тепла, яку повинен поглинути ґрунт, щоб нагрітись на 1° . Розрізняють 2 типи теплоємності:

а) *об'ємна теплоємність* (C_{OB}) – кількість тепла, яку повинен поглинути 1 м^3 ґрунту, щоб нагрітись на 1° . Одиниці виміру – Дж/м³*К (К – градус)

б) *масова (питома) теплоємність* ($C_{ПИТ}$) – кількість тепла, що поглинає 1 кг ґрунту, щоб нагрітись на 1° Дж/кг*К

Теплоємність води дорівнює 4190 Дж/кг К. Теплоємність повітря 1006 Дж/кг К.

Величина теплоємності ґрунту залежить від співвідношення основних компонентів ґрунту

- мінеральна частина (тверда складова);
- вода;
- повітря.

Найбільше впливає на теплоємність співвідношення води і повітря в ґрунті.

Найбільшу теплоємність ґрунту забезпечує вода, на другому місці мінеральна частина, мінімальну – повітря.

2) Теплопровідність ґрунту – здатність ґрунту передавати тепло. Показником величини теплопровідності є **коефіцієнт теплопровідності** (λ) - демонструє кількість тепла, що проходить за одиницю часу (1с) через товщу ґрунту (води) одиничної площі (1м^2) та одиничної висоти (1м), якщо різниця температур на вході і виході дорівнює одиниці (1^0 K).

Фізичний зміст коефіцієнта теплопровідності чисельно дорівнює енергії, яка переноситься через одиничну площадку dS за одиницю часу при градієнті температури 1 K/м . Або коефіцієнт теплопровідності – це потік тепла при одиничному градієнті температури.

Величина теплопровідності ґрунту залежить від його щільності та щільності окремих його складових. Найбільшу теплопровідність має мінеральна складова ґрунту, на другому місці вода, найменша теплопровідність у повітря. Величина теплопровідності залежить від співвідношення води та повітря в ґрунті.

Коефіцієнт теплопровідності нерухомої води – $0,58\text{ Вт/(м К)}$

1 нерухомого повітря – $0,023\text{ Вт/(м К)}$

3) Температуропровідність ґрунту - це величина, що характеризує швидкість передачі тепла в ґрунті і визначається, як відношення коефіцієнта теплопередачі до об'ємної теплоємності

$$K = \lambda / C_{об}$$

Як і попередні дві характеристики залежить від щільності ґрунту та співвідношення води та повітря в ґрунті.

Нагрівання та охолодження ґрунту та води обернено пропорційні його об'ємній теплоємності, а швидкість поширення тепла вглиб ґрунту прямо пропорційна коефіцієнту теплопровідності.

Табл. 1. Теплофізичні характеристики ґрунту за різного зволоження

Ступінь зволоження ґрунту	Об'ємна теплоємність МДж/м³·К	Коефіцієнт теплопровідності Вт/м·К	Температуро-провідність ґрунту, м²/с
Сухий	1,3397	0,2093	0,0016·10 ⁻⁴
Слабко зволожений	1,5907	0,4605	0,0029·10 ⁻⁴
Добре зволожений	1,9254	0,8375	0,0043·10 ⁻⁴
Мокрий	2,4283	1,4654	0,0060·10 ⁻⁴

Теплові властивості ґрунту. Для розвитку рослин і життєдіяльності мікроорганізмів необхідні певні теплові умови ґрунту. Основне джерело тепла в ґрунті – сонячна енергія, в незначній мірі впливає внутрішня теплота землі і теплота, яка виділяється при окисненні і розкладі органічних речовин.

До теплових властивостей ґрунту належать теплопоглинання, тепловипромінювання, теплоємність і теплопровідність.

Теплопоглинання – це здатність ґрунту поглинати тепло сонячних променів. Теплопоглинання залежить від кольору ґрунту, темні ґрунти поглинають більше тепла, ніж світлі. На теплопоглинання впливає рельєф. Ділянки ґрунту, які мають нахил на південь, поглинають сонячного тепла більше, ніж ґрунти північних схилів. Рослинний покрив зменшує теплопоглинання.

Тепловипромінювання – це віддача ґрунтом теплоти в атмосферу. Залежить від вологості ґрунту, чим більше в ньому води, тим сильніше він втрачає теплоту, і навпаки. Ґрунти, які містять багато гумусу, випромінюють менше тепла, ніж бідні на нього ґрунти. Зменшує втрату теплоти рослинний покрив, а зимою – сніговий.

Теплоємність – це здатність ґрунту вбирати в себе ту чи іншу кількість теплоти. Вона вимірюється кількістю тепла в калоріях, яка необхідна для нагрівання 1 см³ чи 1 г ґрунту на 1°С. Складові частини ґрунту мають різну теплоємність: вода – 1; гумус – 0,477; глина – 0,233; кварц 0,198. Найменша теплоємність у ґрунтового повітря.

Теплоємність ґрунту залежить від вологості, чим вологіший ґрунт, тим більше теплоти треба для його нагрівання. Саме тому, піщані ґрунти тепліші, ніж глинисті, також вони повільніше охолоджуються. Весною піщані ґрунти можна обробляти на 2-3 тижні раніше, ніж суглинисті ґрунти.

Теплопровідність – це здатність ґрунту проводити теплоту від нагрітих шарів до холодних. Вона залежить від теплопровідності складових частин ґрунту. Найменшу теплопровідність має повітря, трохи більшу – вода, найбільшу – мінеральні речовини ґрунту. Гумус – поганий провідник теплоти. Чим більше гумусу і повітря у ґрунті, тим гірше він проводить тепло, тобто тим довше він утримує акумульовану сонячну енергію. І навпаки, ґрунти, які містять мало гумусу, безструктурні, щільні, з невеликим вмістом повітря, сильно зволожені, втрачають тепло дуже швидко.

Отже, ґрунт обов'язково повинен містити повітря. Ґрунтове повітря відрізняється за складом від атмосферного, воно містить більше вуглекислого газу і менше кисню.

Для розвитку рослин і життєдіяльності мікроорганізмів необхідні певні теплові умови ґрунту. Здатність ґрунту накопичувати і утримувати тепло залежить від теплових властивостей, таких як теплопоглинання, тепловипромінювання, теплоємність і теплопровідність.

3. Добовий та річний хід температури ґрунту

Добовий хід температури ґрунту – це розподіл температури ґрунту протягом доби. Максимальна температура на поверхні ґрунту о 13^й годині.

Мінімальна температура за добу є та температура, що формується безпосередньо перед сходом сонця. (Якщо є роса , тоді найнижча температура буде зразу після сходу сонця .)

Періодом добового коливання температури ґрунту є відрізок часу в годинах між двома послідовними максимумами або ж мінімумами температури ґрунту. Він становить 24 години. В окремі дні вказаний добовий хід температури ґрунту порушується під впливом хмарності , опадів чи інших метеофакторів.

Річний хід температури ґрунту – це розподіл температури ґрунту протягом року.

Максимальною температурою за рік є температура ґрунту наприкінці липня на початку серпня. Мінімальною – вкінці січня на початку лютого.

Період в днях між двома послідовними максимумами чи мінімумами за рік називається **періодами річного коливання температури ґрунту**. Тривалість цього періоду становить 365 (366) календарних діб.

Амплітудою добового коливання температури ґрунту називається різниця між найнижчою та найвищою температурою за добу.

До основних факторів, що впливають на величину добової амплітуди:

- широта місцевості (із збільшенням широти амплітуда зменшується);
- сезон року (найбільша амплітуда влітку, найменша – взимку);
- рельєф (максимальна амплітуда на південних схилах, мінімальна на північних);
- глибина ґрунту (із збільшенням глибини амплітуда різко зменшується);
- колір, структура ґрунту (більша амплітуда на темних і пухких ґрунтах);
- вологість ґрунту (із збільшенням вологості амплітуда зменшується);
- наявність снігового покриву зменшує амплітуду;
- наявність рослинного покриву зменшує амплітуду;

До основних показників рослинного походження, що впливають на амплітуду:

- а) сортові різновидності покриву;
- б) вік (фаза) розвитку;
- в) ярусність насаджень;
- г) густина насадження;
- д) наявність підстилки;

Вологість повітря, хмарність та швидкість вітру зменшують величину амплітуди.

Добовий хід температури ґрунту

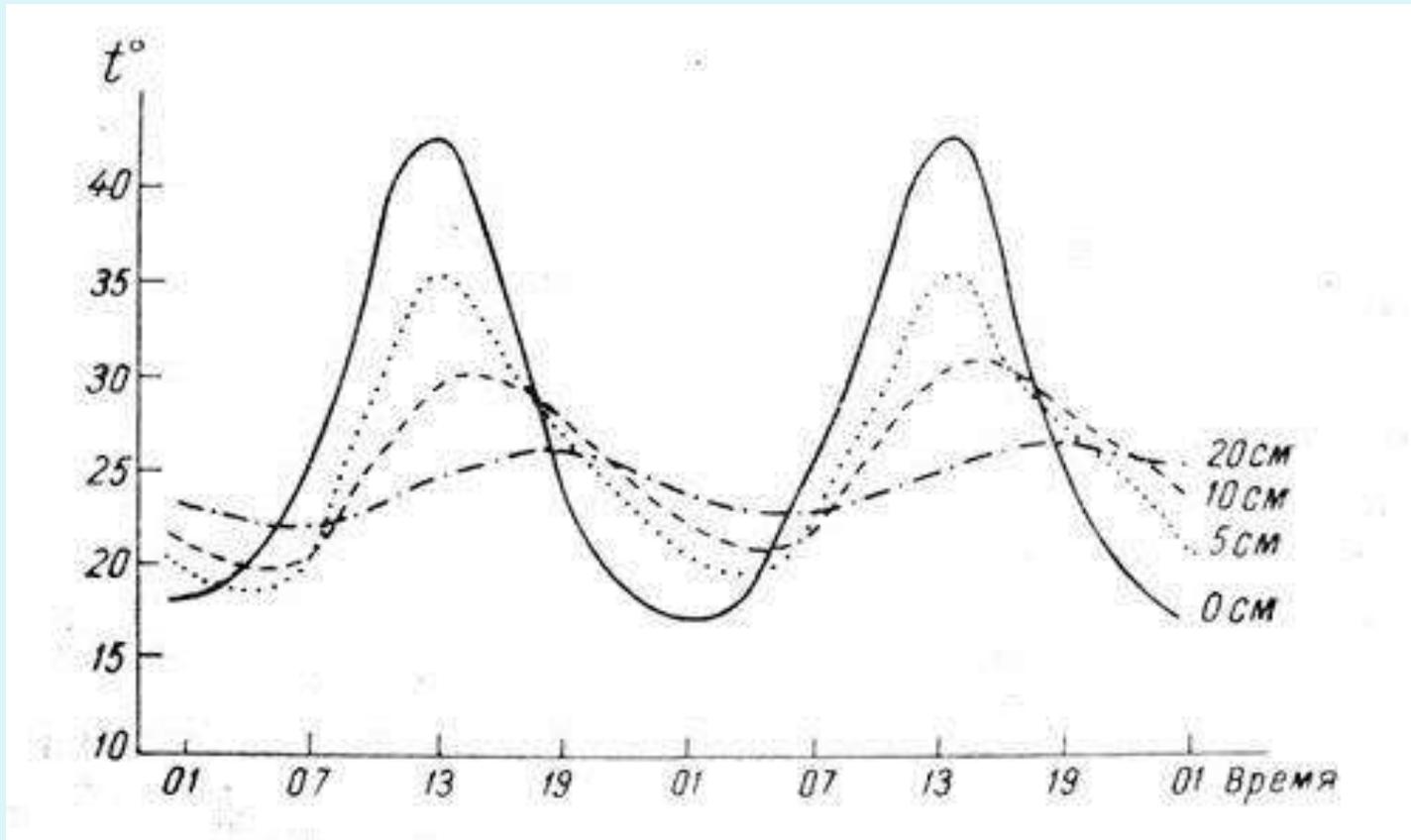


Рис. Добовий хід температури ґрунту на поверхні та на глибинах 5, 10, 20 см

Таблиця 1 Залежність добової амплітуди температури ґрунту від глибини

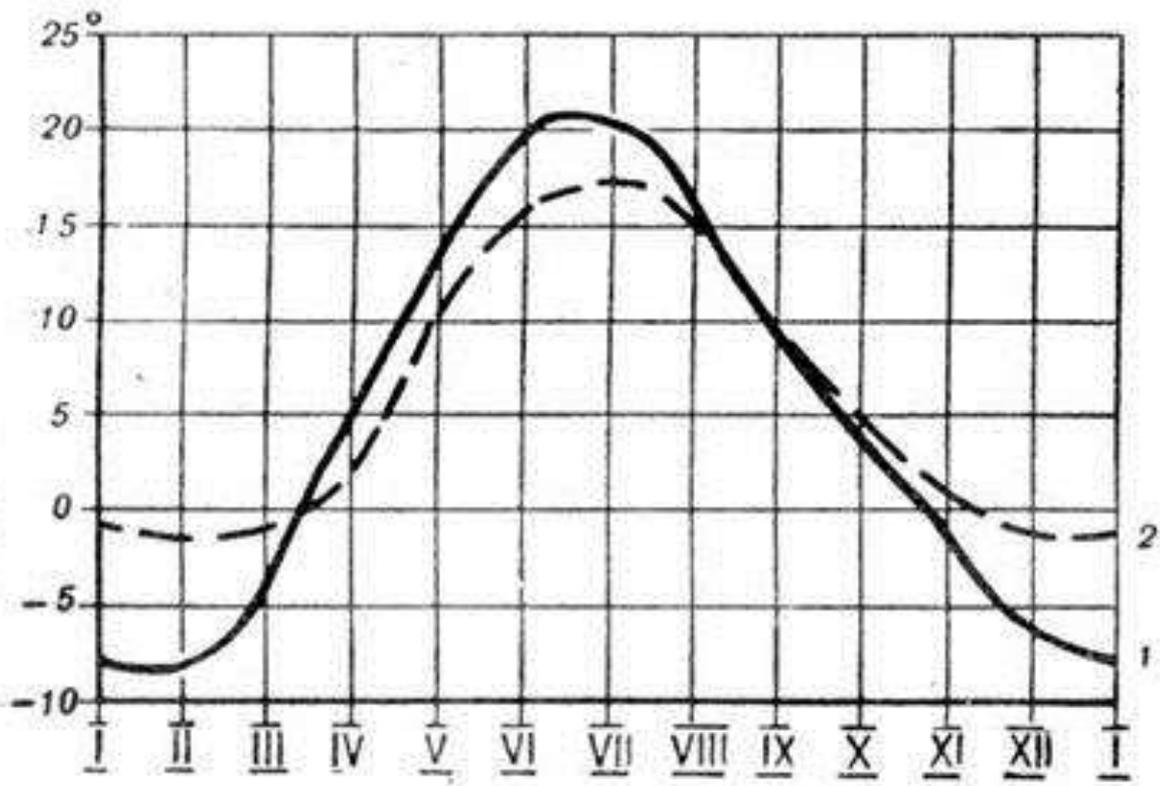
Глибина	Добова амплітуда
0 см	30 °С
20 см	5 °С
40 см	5/6° » 1° С
60 см	5/6° » 0° С
80 см	0 °С
100 см	0 °С

Як видно з таблиці, починаючи з глибин 60 см і далі температура залишається без змін на протязі доби, тобто добова амплітуда дорівнює 0°С.

Річна амплітуда температури ґрунту – різниця між максимальною та мінімальною температурами за рік .

До основних факторів, що впливають на величину річної амплітуди відносяться всі ті ж фактори та з тією ж тенденцією впливу, що і на значення добової амплітуди , за винятком

- а) із збільшенням широти річна амплітуда збільшується;
- б) не враховуються сезони року;



Річна нульова амплітуда знаходиться:
у полярних широтах - на глибині 30 м,
у помірних широтах - на глибині 15 - 20 м,
у тропічних широтах - на глибині 10 м.

Рис. Річний хід температури поверхні ґрунту (1) оголеної та (2) покритої природнім покривом.

Закони Фур'є

1. Із збільшенням глибини ґрунту періоди добового і річного коливання температури ґрунту не змінюються.
2. Якщо глибина ґрунту збільшується в арифметичній прогресії, то амплітуда зменшується в геометричній прогресії;
 - а) глибина на якій починається затухати добова амплітуда називається шаром постійної добової температури і він завжди знаходиться нижче 70-100 см;
 - б) глибина на якій затухає річна амплітуда називається шаром постійної річної температури та знаходиться на глибині 15-20 м (на широті Києва $+7^\circ$).
3. Час настання максимальної чи мінімальної температури з глибиною запізнюється:
 - а) запізнення максимальних чи мінімальних температур за добу становить 2,5 -3,5 год. на кожні 10 м;
 - б) час настання максимальних чи мінімальних температур за рік запізнюється в середньому на 20 -30 діб на кожен метр глибини.

4. Значення та врахування фактору температури ґрунту у сільськогосподарському виробництві

1. Оптимальна температура ґрунту, знаходиться в діапазоні від 18 до 23°C.

2. Температура ґрунту впливає на проростання насіння, враховується при уточненні строках сівби і висадки культур. А також при визначенні дати появи перших сходів :

а) при t нижче +5°C висаджувати культури недоцільно;

б) нижня оптимальна межа становить +10 (+12°C).

При посіві пшениці (температура ґрунту 5- 6°C) сходи з'являються через 20 днів; температура 10 -12°C сходи з'являються на 5 - 6 день.

3. Температура ґрунту впливає на розчинність поживних речовин та транспорт їх в рослини.

а) якщо t нижче +4 (+5°C) вносити добрива недоцільно;

б) якщо t ґрунту від +4 (+5°C) до +10 (+12°C) добрива вносять дробно

в) якщо температура ґрунту вище 10(12°C), то можна вносити норму однократно.

4. Температура ґрунту впливає на розвиток личинок що знаходяться в ґрунті враховується при визначенні строків масового виходу на поверхню

(колорадський жук $+9(+10^{\circ})\text{C}$).

5. Температура ґрунту - показник можливостей вимерзання зимуючих культур. Великою, що показує рівень можливого вимерзання та використовується для оцінки визначення є коефіцієнт морозонебезпеки.

6. Температура ґрунту впливає на величину випаровування з ґрунту та враховується при уточненні строків, норм проведення зрошувальних робіт.

Оптимізація температурного режиму ґрунту

До основних заходів регулювання температурного режиму ґрунту **відносяться:**

1) Використання скляних рам та поліетиленових плівок в теплично – парниковому господарстві. Поліетиленова плівка підвищує температуру в шарі 10 см на 8-10°C, скляні рами – на 5 -6°C.

Скло та плівка пропускають сумарну сонячну радіацію, але не випускають випромінювання тепла землею, CO₂, H₂O – природний парник. 16 лютого 2005 року вступила в дію Кіотсько угода (120 країн світу ратифікували угоду, США, Австралія та Китай не підтримали).

2) Мульчування – зміна кольору поверхні за рахунок прикриття його темною або світлою мульчею (торфвий порошок, тирса, бітумний порошок, солома, крейда, зачорнені поліетиленові плівки). Зачорнення підвищує поглинуту сонячну радіацію на 15%, знижує альбедо.

3) Проведення снігових меліорацій. *Снігові меліорації* – заходи, що спрямовані на затримання снігу на полях; наявність лісосмуг або високостебельних культур (соняшник, тощо) встановлення щитів перпендикулярно до напрямку вітру, поперечна оранка снігу, створення снігових валів перпендикулярно до напрямку вітру;

4) Деяке зниження температури ґрунту спостерігається під впливом лісосмуг за рахунок більш потужного травостою та підвищеної вологості ґрунту у міжсмугових ділянках порівняно з відкритими ділянками.

5) Внесення органічних і мінеральних добрив (органічні, калійні та фосфорні добрива підвищують температуру ґрунту, а азотні її не змінюють) ; Проведення зрошувальних та осушувальних робіт (в наших широтах можна знизити температуру поверхні ґрунту при зрошенні на 10-12°C; дренажування підвищує температуру орного шару ґрунту);

6) Характер поверхневої обробки ґрунту

- розпушування ґрунту на глибину 3-4 см знижує температуру в шарі 3-5 см на 1-3°;
- коткування підвищує температуру на 1-2°C.
- створення гребеневої системи землеробства, збільшує площу діяльного шару на 20-25%, підвищує поглинання сонячної радіації, зменшує вологість ґрунту. За дослідними даними температура ґрунту в гребнях в середньому за період вегетації на 2-3°C вище, ніж на рівному полі.