

Органічна речовина ґрунту

Органічна речовина ґрунту – це фактор родючості ґрунту, джерело енергії для розвитку і формування ґрунту, це те, що відрізняє родючий ґрунт від материнської породи.



Невід’ємною складовою частиною будь-якого ґрунту є **органічна речовина**, тобто сукупність живої біомаси й органічних решток рослин, тварин, мікроорганізмів, продуктів їх метаболізму і специфічних новоутворених темнозабарвлених гумусових речовин, що рівномірно пронизують ґрунтовий профіль.

У складі органічної речовини ґрунту знаходяться **всі хімічні компоненти** рослин, бактеріальної та грибної плазми, а також продуктів їх подальшої взаємодії й трансформації. Це тисячі сполук, середній час існування яких у ґрунті може варіювати від доби до тисяч років.

Кількість надходження органіки до ґрунту залежить від:

- ✓ ґрунтово-кліматичної зони;
- ✓ видового, вікового складу та щільності рослинності;
- ✓ ступеня та інтенсивності розвитку трав'янистого покриву;

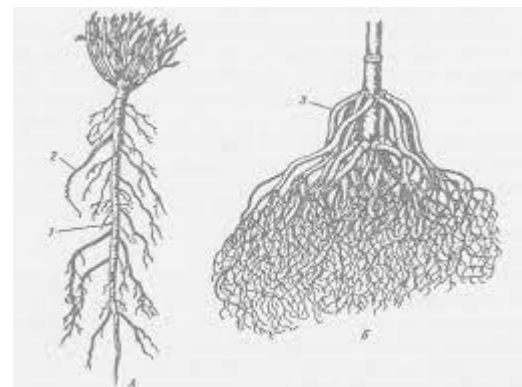


Джерела органічної речовини ґрунту:

- ✓ зелені рослини (їх надземний опад та кореневі залишки)
- ✓ мікроорганізми
- ✓ тварини (їх виділення та залишки).



Залишки зелених рослин надходять у ґрунт у вигляді *наземного опаду та відмерлої кореневої системи рослин*. Кількість органічної речовини, що надходить до ґрунту різна, і залежить від ґрунтово-рослинної зони, складу, віку та густоти насаджень, а також від ступеня розвитку трав'янистого вкриття.



Найбільш суттєвим джерелом ґрунтової органіки є **рослинність**, яка мобілізує та акумулює в едафотопах запас потенціальної енергії та біофільних елементів у надземних і підземних органах рослин, у їх рештках.



Продуктивність рослинності у різних екосистемах неоднакова:



від 1-2 т/га в рік сухої речовини в тундрах



до 30-35 т/га у вологих тропічних лісах

Під трав'янистою рослинністю основним джерелом гумусу є **корені**, маса яких у метровому шарі ґрунту складає **8-28 т/га (Степ)**.

Трав'яниста рослинність у зоні хвойних та мішаних лісів (Полісся) на **суходільних луках** накопичує 6-13 т коренів на гектар у метровому шарі ґрунту, під **багаторічними сіяними травами** – 6-15 т/га; **однорічною культурною рослинністю** – 3,1-15 т/га органічних решток



Під лісовою рослинністю рослинний опад утворює підстилку, участь коренів у гумусоутворенні незначна. По профілю вміст кореневих решток із глибиною зменшується. Ці залишки нерідко використовуються ґрунтовою фауною та мікроорганізмами, внаслідок чого відбувається трансформація органічної речовини у вторинні форми.



Хімічний склад органічних решток дуже різноманітний: вода (70-90%), білки, ліпіди, лігнін, смоли, воски, дубильні речовини. Переважна більшість цих сполук високомолекулярні (мол. маса 10⁴-10⁶). **Деревина розкладається повільно**, тому що містить багато смол і дубильних речовин, які трансформуються лише специфічною мікрофлорою. Натомість **дуже швидко розкладаються** бобові трави, збагачені білками та вуглеводами. Зольних елементів у траві багато, а у деревних мало. В орних ґрунтах джерелом для гумусоутворення служать залишки культурних рослин і органічні добрива



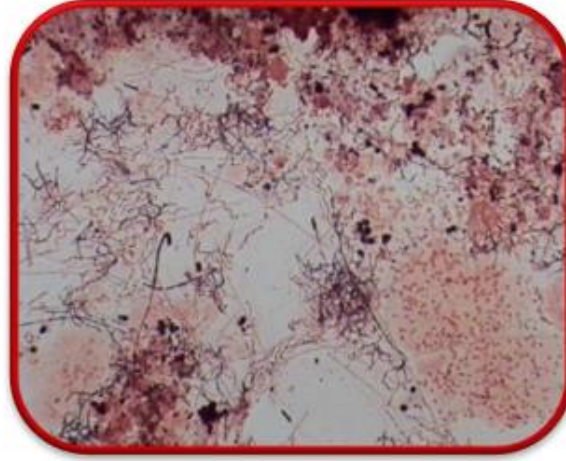
Значна роль у гумусоутворенні належить **грунтовій фауні**, яку за розмірами поділяють на чотири групи: **мікро-, мезо-, макро-, ме-гафауну**. Причому переважно саме мікро- та мезофауна беруть активну участь у переробці органічної речовини ґрунту, сприяючи цим гумусоутворенню



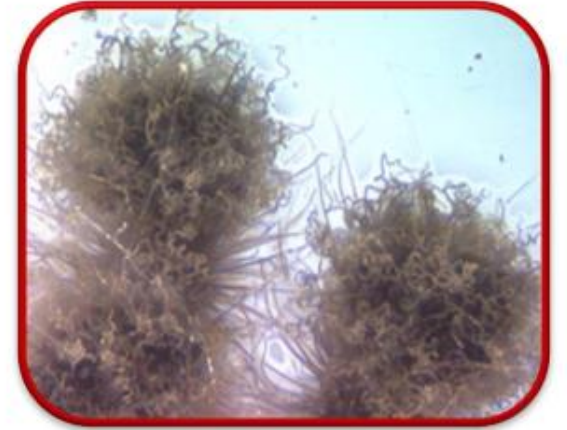
**Значна роль у гумусоутворенні належить ґрунтовій фауні. ¹
групи: мікро–, мезо–, макро–, мегафауна (жива фаза)**



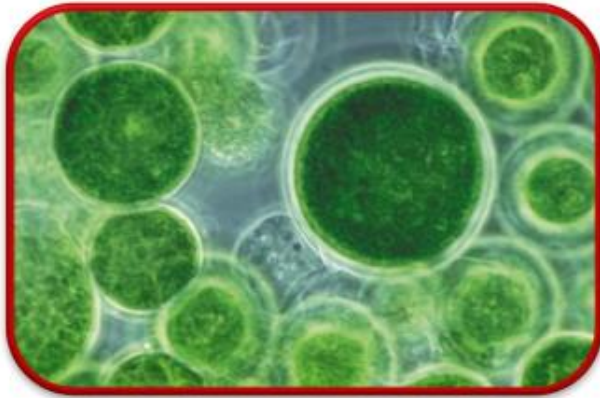
Бактерії



Актиноміцети



Гриби



Водорості

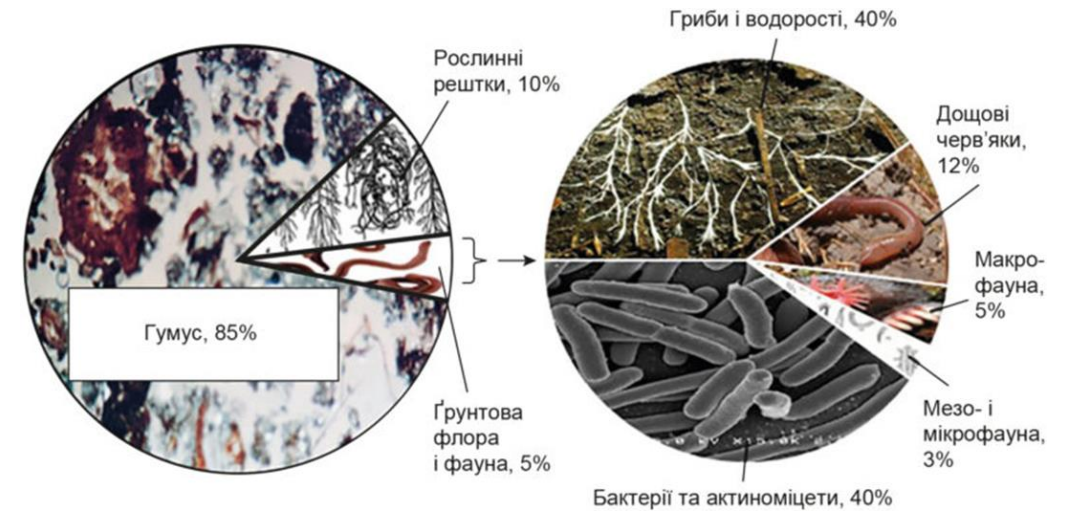


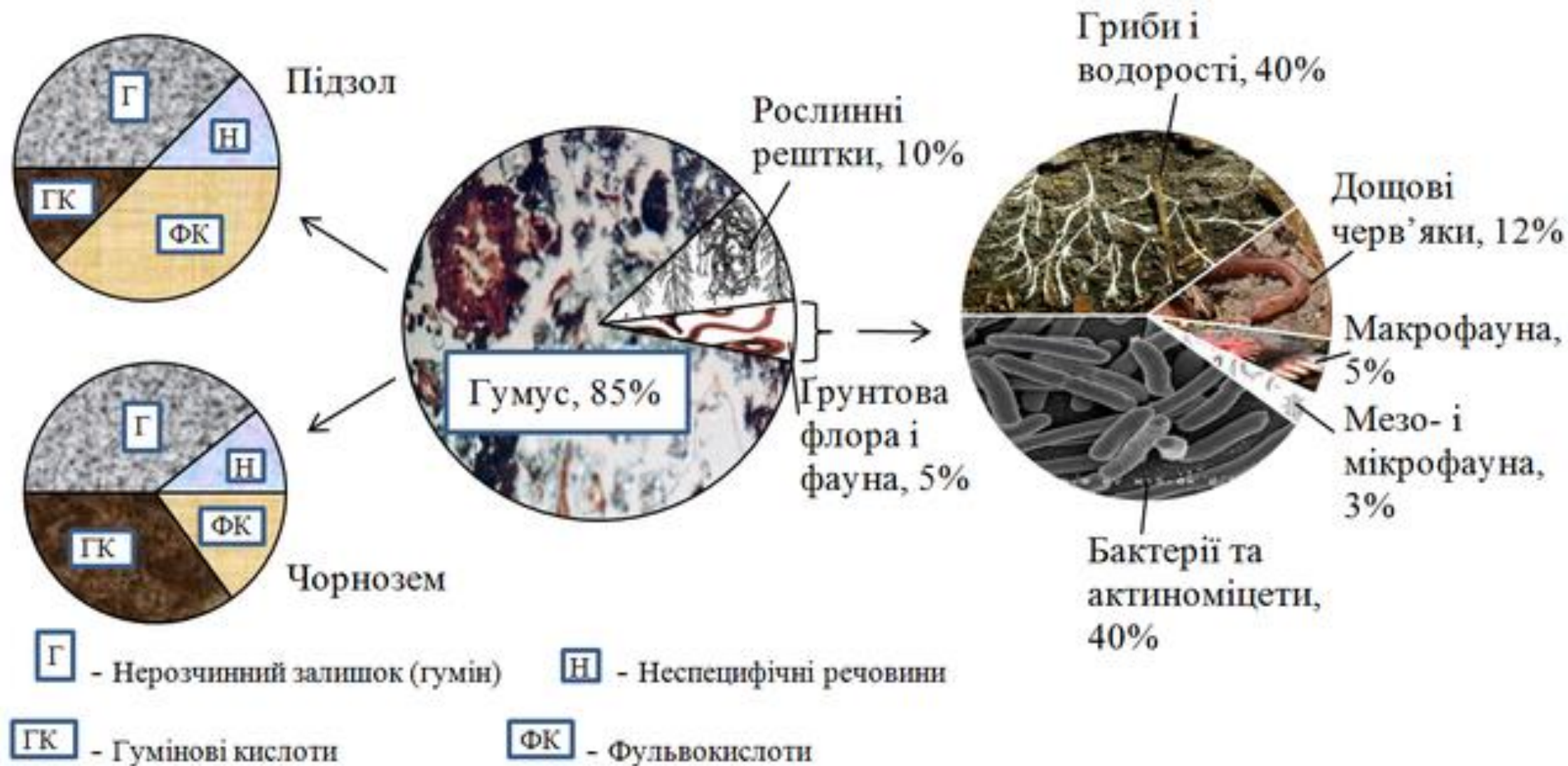
Безхребетні



Хребетні

Загальна біомаса мікроорганізмів у метровому шарі ґрунту складає до 10 т/га (приблизно 0,5-2,5% від маси гумусу), їх залишки становлять біля третини залишків рослин. Біомаса водоростей – 0,5-1 т/га, а біомаса безхребетних – 12,5-15 т/га (більша частина цієї біомаси формується червами



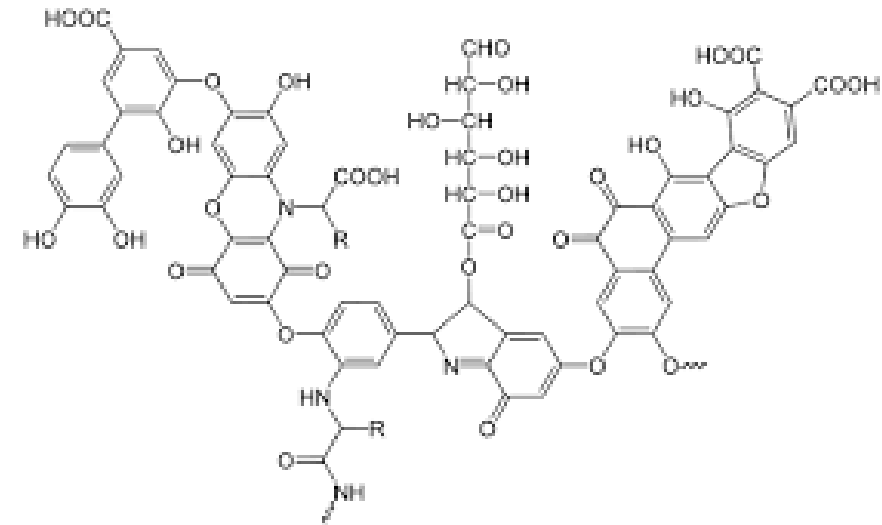


До складу органічної речовини ґрунту входять органічні рештки, продукти їх розкладу, неспецифічні органічні речовини та власне гумус.

- ✓ **органічні рештки** – це білки, вуглеводи, лігнін, ліпіди, смоли, дубильні речовини (у мінеральних ґрунтах їх вміст становить не більше 10-15%, лише в торфових та лісових підстилках 50-80%);
- ✓ **проміжні продуктів розпаду** негумусових речовин органічних решток (у т.ч. детрит – компонент органічної частини ґрунту, представлений напіврозкладеними, що втратили форму і частково анатомічну будову органічними рештками. Його не можливо відокремити від загальної маси гумусу при визначенні його вмісту в ґрунті);
- ✓ **гумусові речовини**, або речовин специфічної природи (системи високомолекулярних азотовмісних органічних сполук, циклічної будови і кислотної та колодної природи, яка зумовлює їх взаємодію з мінеральною частиною ґрунту і закріпленню в ній)

Складаються з гумусових кислот:

- ✓ гумінових ГК – темнозабарвлених
- ✓ фульвокислот — ФК — світлозабарвлених
- ✓ гумінів — нерозчинний залишок (міцно зв'язаний з мінеральною частиною ґрунту комплекс гумінових та фульвокислот);



Хімічний склад живих організмів такий (в % до сухої речовини):

- 1) бактерії** – зола 2-10, білки 40-70, ліпіди та дубильні речовини 1-40%;
- 2) водорості** – зола 20-30, целюлоза 5-10, геміцелюлоза 50-60, білки 10-15, ліпіди та дубильні речовини 1-30%;
- 3) багаторічні трави** – зола 5-10, целюлоза 25-40, геміцелюлоза 25-35, білки 5-12, лігнін 15-20, ліпіди та дубильні речовини 2-10%;
- 4) листя дерев** – зола 3-8, целюлоза 15-25, геміцелюлоза 10- 20, білки 4-10, лігнін 20-30, ліпіди та дубильні речовини 5-15%.

Гумус – це гетерогенна динамічна
полідисперсна система
високомолекулярних азотистих
ароматичних сполук кислотної природи

Гетерогенність – наявність різних за стадією
гуміфікації, молекулярною масою, хімічним
складом, а значить, властивостями компонентів.

Вміст гумусу в поверхневих горизонтах
ґрунтів – від **0,5** до **20%**, різко або поступово
зменшуючись з глибиною.



Загальні риси у будові, складі і властивостях гумусових речовин:

- ✓ Наявність і будова циклічних та аліфатичних фрагментів;
- ✓ У великому розмаїтті речовин по молекулярним масам (від 700-800 до сотні тисяч);
- ✓ Загальність елементарного складу (С, О, N, H) з вмістом вуглецю 30 до 62 % та азоту 2,5 до 5 % у різних групах і фракціях;
- ✓ Кислотні властивості, обумовлені карбоксильними групами;
- ✓ Наявність негідролізованого азоту 25–30 % загального N;
- ✓ Висока здатність до соле- та комплексоутворення;

Гумусні речовини поділяють на три групи сполук: гумінові кислоти, фульвокислоти, гуміни

Гумінові кислоти (ГК) темно-коричневого або чорного забарвлення, розчинні в слабких лугах, утворюючи гумати, слабо розчинні у воді.



Переважає у чорноземах, каштанових, сірих лісових та ін. ґрунтах.

До їх складу входять

- ✓ вуглець (50-62%)
- ✓ водень (2,8-6,6%)
- ✓ кисень (31-40%)
- ✓ азот (2-6%)
- ✓ зольні елементи.

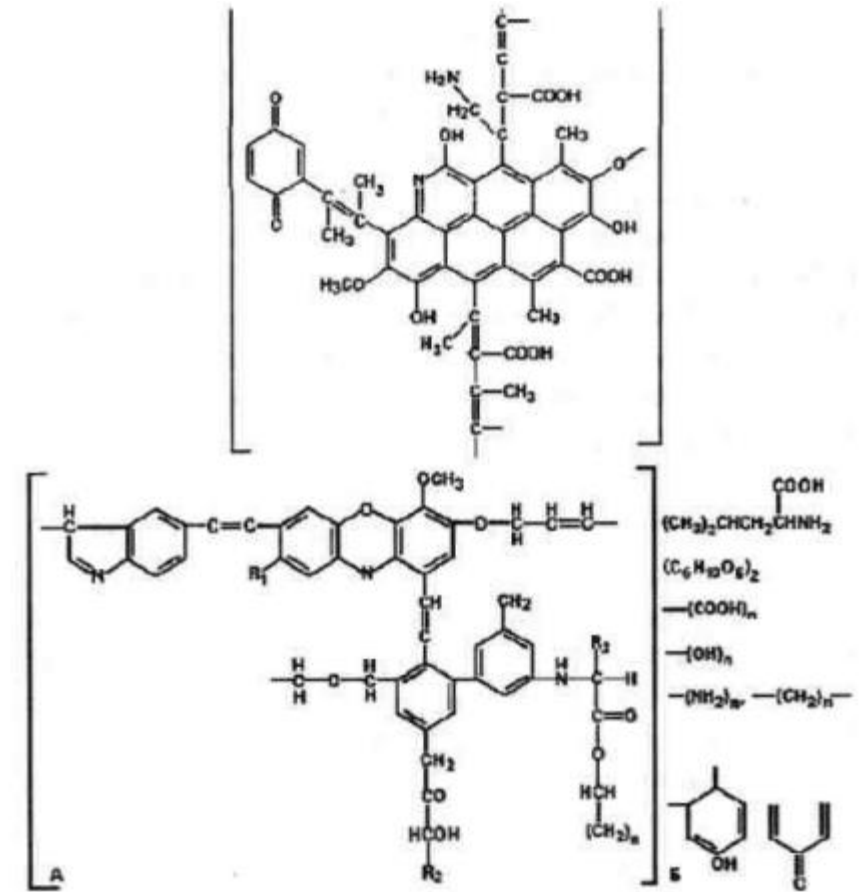
Залежно від умісту вуглецю, ГК поділяють на дві групи:

- ✓ сірі або чорні (високий уміст Са)
- ✓ бурі

Молекула ГК має складну будову і складається з:

1) ядра – ароматичні та гетероциклічні угруповання (азотовмісні гетероцикли, феноли, ароматичні альдегіди, 50-65% маси молекули гумінової кислоти). У процесі старіння гумусу збільшується ступінь конденсованості, ущільненості ядра, у зв'язку з чим зменшується рухомість гумінової кислоти;

2) периферійної частини ГК, що складається з аліфатичного ланцюжка (вуглеводневі та амінокислотні групи, 25-40% від маси молекули) та функціональних груп (карбоксильних, гідроксильних, амінних тощо, 10-25%). Наявність карбоксильних та гідроксильних груп зумовлює кислотні властивості, ємність поглинання, розчинність, здатність утворювати органо-мінеральні сполуки тощо



Фульвокислоти (ФК) світло-жовтого, світло-бурого забарвлення, розчинні у воді й лугах, утворюючи фульвати, їх елементарний склад відрізняється від складу гумінових кислот. Отже, фульвокислоти *містять менше вуглецю і більше кисню, ніж гумінові.*

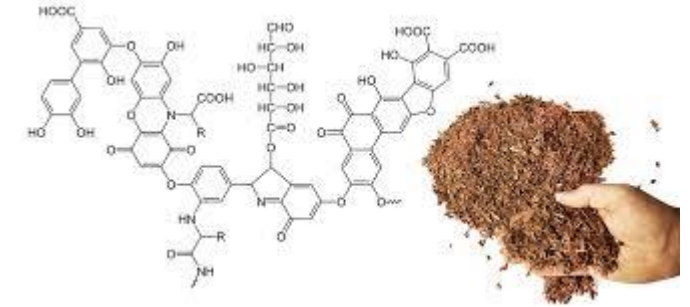
Відрізняються співвідношенням ядра і периферійної частини в молекулі (слабо виражене ядро і більша частина периферії). Водні розчини фульвокислот сильно кислі (рН = 2,6- 2,8), молекулярна маса коливається від 2 до 500 тис. ат. од., енергійно руйнують мінеральну частину ґрунту, дуже лабільні

Вони містять

- ✓ вуглець (41-46%)
- ✓ водень (4-5)
- ✓ азот (3-4)
- ✓ кисень (44-48%)

Гумін тепер прийнято називати рештками, що не гідролізуються. Це сукупність гумінових і фульвокислот, які міцно зв'язані з мінеральною частиною ґрунту.

До їх складу входять також компоненти рослинних решток, що важко розкладаються мікроорганізмами: целюлоза, лігнін, вуглики. Гуміни не розчиняються в жодному розчиннику, тому їх називають інертним гумусом.

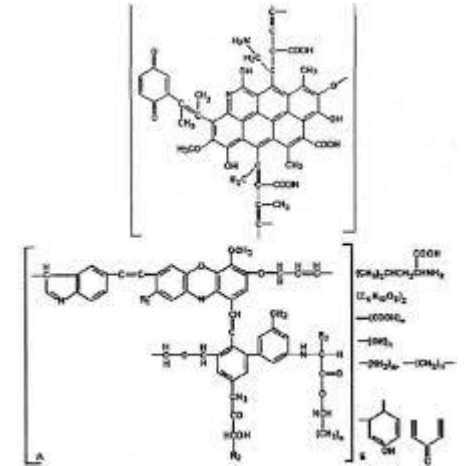


Поряд з традиційним поглядом, на сьогодні досить популярна думка, що, крім ГК, ФК та гуміну, до складу гумусу входять **гіматомеланові кислоти** – група гумусових речовин із проміжними властивостями між фульвокислотами й гуміновими кислотами. Раніше їх відносили до групи гумінових кислот.

Фракційний склад гумусу – кількість окремих фракцій гумінових і фульвокислот різного ступеня стійкості зв'язку з мінеральною частиною ґрунту.

Типи гумусу:

- Гуматний >2 (типові чи звичайні чорноземи)
- Фульватно-гуматний 2–1 (опідзолені чорноземи Лісостепу)
- Гуматно-фульватний 1–0,5 (дерново-підзолисті ґрунти тайгово-лісової зони)
- Фульватний < 0,5.



У складі гумусу чорнозему переважають гумати, $S_{гк}:C_{фк} > 1,7$, в підзолистих ґрунтах переважають фульвокислоти ($S_{гк}:C_{фк} \sim 0,8$), у сірому лісовому це співвідношення близьке до 1.

Ґрунти України за груповим складом гумусу поділяються на дві групи:

- 1. ґрунти, сформовані під лісовою рослинністю** – перевага ФК у складі гумусу (дерново-підзолисті, буроземи, буровато-підзолисті, ясно-сірі, сірі та темно-сірі лісові ґрунти)
- 2. ґрунти степового типу** – в складі гумусу домінують ГК (чорноземи опідзолені, типові, звичайні, південні, темно-каштанові, каштанові ґрунти, солонці)



В залежності від рослинного опаду формується м'який чи грубий гумус.

- ✓ **М'який гумус** утворюється під трав'янистою рослинністю, коли залишки рослинності (особливо бобової) розкладаються в товщі ґрунту за наявності зольних елементів(особливо кальцію) і гумус, що утворюється рівномірно розподіляється між мінеральною частиною ґрунту.
- ✓ **Грубий гумус** утворюється під шпильковими лісами, коли бідні на білок та зольні елементи, але збагачені на лігнін, воски і смоли деревні рештки розкладаються на поверхні ґрунту за участі грибів з утворенням великої кількості органічних кислот. Кисла реакція уповільнює гуміфікацію і спричиняє вилуговування кальцію.

Вивчення значення різноманітних форм органічних речовин у генезисі і родючості ґрунтів дало основу для їх розподілу окрім вищевикладеного на: *лабільну і стабільну частини*.

Лабільні гумусові речовини складаються з рослинних решток різного ступеня розкладання, предгумусової фракції (детрит) та рухомих форм гумусових речовин (водорозчинна та слабо закріплена частина мінеральними сполуками частина гумусу). Це найефективніше джерело елементів живлення для рослин, оскільки найбільш збалансоване за мікро- і макроелементами. Елементи живлення відносно швидко переходять в засвоюваний стан за швидшої, порівняно із стабільним гумусом мінералізації.

Стабільна частина представлена гумусовими речовинами, міцно закріпленими мінеральними сполуками (гумін, гумати кальцію, гуміново-глинисті комплекси). Це стійка слабо мінералізована частина гумусу, час її повного відновлення сотні і тисячі років. Стабільний гумус – потенційний резерв багатьох елементів живлення, проте найбільше його агрономічне значення у формуванні сприятливих фізичних, воднофізичних, фізико-механічних та ін. властивостей, протиерозійній здатності

Потрапляючи до ґрунту, органічні рештки піддаються різним механічним, біохімічним і фізико-хімічним перетворенням:

- ✓ акумуляція первинної органічної речовини
- ✓ розкладом
- ✓ мікробним синтезом
- ✓ гуміфікацією
- ✓ мінералізацією



Акумуляція первинної органічної речовини – надходження рослинних решток на поверхню і товщу ґрунту.

Розклад – сукупність процесів біохімічного окиснення нерозчинних у воді органічних решток з утворення простіших, частково розчинних у воді органічних і мінеральних сполук (головним чином під впливом ферментативної активності мікроорганізмів)



Мікробний синтез - процес утворення тіл мікроорганізмів з більш простих водорозчинних органічних (амінокислот, цукрів) і мінеральних сполук. Після відмирання мікроби піддаються розкладу і гуміфікації.

Гуміфікація (гумусоутворення) – повільний біохімічний процес, що призводить до утворення гумусових речовин – специфічних сполук, які мають здатність до полімеризації, тобто ущільненню своїх молекул, що робить їх стійкими до розкладу мікроорганізмами.

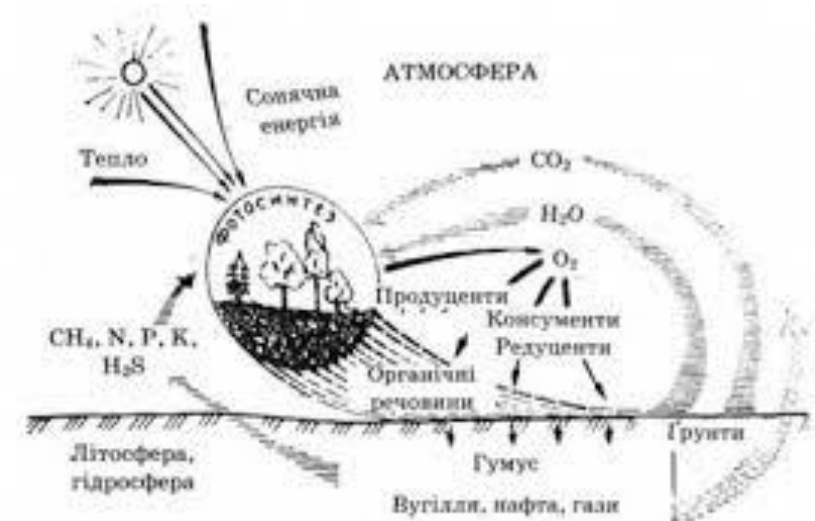
Мінералізація – сукупність процесів перетворення органічних речовин в мінеральні солі, воду вуглекислоту



Процеси *розкладу та мінералізації* забезпечують надходження **елементів живлення до біологічного кругообігу**.

Процеси мікробного синтезу та гуміфікації, навпаки, закріпленню і накопиченню органіки у ґрунті.

Співвідношення між швидкістю цих процесів визначає кількісну і якісну сталість органічної частини ґрунту, суворо визначену для різних ґрунтів, що розрізняються характером ґрунтотворного процесу



Першим етапом перетворень органічних решток є розклад органічних залишків. Дуже швидко мінералізуються цукор, крохмаль, гірше – білки, целюлоза, погано – лігнін, смоли, воски. Швидкість розкладу органічних залишків зменшується в анаеробних умовах аж до повного припинення його й утворення торфу. Більшість з органічних залишків окиснюється до вуглекислого газу та води. А менша частина проходить **другий етап перетворень – гуміфікацію**, тобто синтез гумусних речовини. Рівень гуміфікації органічних решток залежить від гідротермічного режиму, ботанічного та біохімічного складу решток, їх кількості

Факторами гумусонакопичення є:

- ✓ оптимальні природно-кліматичні умов
- ✓ гранулометричний і мінералогічний склад ґрунту, з утяжелінням гранулометричного складу вміст гумусу збільшується
- ✓ наявність полівалентних катіонів (кальцію)



Гумус впливає на:

1. Вміст азоту та інших зольних елементів в ґрунті .
2. Ємкість поглинання – прямопропорційно.
3. Кислотність.
4. Структурність: чим більше гумуса, тим краще структура (гумус - є “цементом”).
5. Спрямованість процесів ґрунтоутворення (де ГК – там акумулятивний тип, ФК – елювіальний).
6. Теплові властивості ґрунтів (чим ↑ гумусу, тим ґрунт краще, швидше та глибше прогріється).
7. Акумулятор сонячної енергії.
8. Гумус здатен зв'язувати пестициди та важкі метали.

Гумусний стан ґрунту - сукупність морфологічних ознак, загальних запасів, властивостей органічної речовини ґрунту та процесів її утворення, трансформації і міграції в профілі ґрунту.

Характеризується наступними показниками:

1. Вмістом гумусу, %;
2. Запасами гумусу в шарі 20 та 100см, т/га;
3. Забезпеченістю азотом, С : N;
4. Ступінь гуміфікації органічної речовини (Сг.к./ Сф.к.) x 100%;
5. Тип гумусу Сг.к. : Сф.к; ;
6. Вміст (%) різних фракцій гумінових кислот;
7. Оптична щільність гумінових кислот;
8. Біологічна активність(інтенсивність дихання ґрунтів).

Вміст гумусу у ґрунтах України зумовлений зональністю ґрунтоутворення.

Його кількість **поступово зростає** у ряду дерново-підзолисті ґрунти – дерново-підзолисті оглеєні – дерново-карбонатні – ясно-сірі лісові – сірі лісові – темно-сірі опідзолені – чорноземи опідзолені – чорноземи типові, а потім його **кількість знову зменшується** від чорноземних типових до чорноземів звичайних – чорноземів південних – темнокаштанових слабо солонцюватих ґрунтів – каштанових солонцюватих ґрунтів – солонці.

Гумусні речовини мають дуже важливе значення в ґрунтоутворенні, формуванні родючості ґрунту, живленні рослин. Роль окремих компонентів гумусу в цих процесах неоднакова, оскільки вони мають різні властивості. В землеробстві з давніх-давен відомо – чим більше гумусу в ґрунті, тим він родючіший. **Гумінові кислоти** надають ґрунтам темного забарвлення навіть при незначному вмісті гумусу. Такі ґрунти, порівняно зі світлими, краще поглинають сонячне проміння і тому мають кращий тепловий режим, що позитивно впливає на ріст і розвиток рослин. Через погану розчинність у воді вони накопичуються у верхньому шарі ґрунту і в такий спосіб формують гумусний горизонт.

Родючість - важлива специфічна властивість ґрунту. Вона створюється у процесі ґрунтоутворення і безперервно змінюється залежно від характеру хімічних, фізичних, фізико-хімічних та біологічних процесів, на які, в свою чергу, впливають фактори ґрунтоутворення



Всі фактори життя рослин, крім світла, є факторами родючості ґрунту. Рівень родючості ґрунту визначають кількісним показником того чи іншого фактора.

Для нормального росту і розвитку рослин ґрунт повинен мати:

- а) оптимальний вміст макро- і мікроелементів в легкодоступній для рослин формі;
- б) оптимальний вміст води в доступній для рослин формі (насамперед капілярної);
- в) достатню кількість кисню;
- г) достатню кількість тепла



Види родючості ґрунту. Розрізняють такі види родючості ґрунтів: природну, штучну (або ефективну), економічну і потенціальну

Природна родючість визначається властивостями і режимами цілинних (природних) ґрунтів, яка формується під впливом природних факторів. Це та родючість, яку має ґрунт в природному стані без втручання людини. Природна родючість оцінюється продуктивністю природних фітоценозів на одиниці площі



Штучна родючість. У процесі виробничої діяльності людина вносить істотні зміни в хід і спрямування природних процесів ґрунтоутворення, змінюючи при цьому режими і властивості ґрунтів. Такі зміни зумовлюються обробіткою ґрунту, внесенням добрив, меліоративними заходами тощо. Якісні і кількісні зміни ґрунту, які зумовлені втручанням людини, характеризують їх штучну родючість. Отже, **штучна родючість** - це результат цілеспрямованого впливу людини на поліпшення властивостей ґрунту.



Цей вид родючості (ефективна, економічна) оцінюється урожайністю сільськогосподарських культур. Вона залежить від рівня природної родючості, умов використання ґрунту, рівня розвитку науки, техніки та реалізації їх досягнень.



Будь-який ґрунт має певний запас поживних речовин, який частинами щороку витрачається на формування урожаю сільськогосподарських культур. Запасний фонд поживних речовин, форми їх сполук, певний взаємозв'язок властивостей і режимів визначають здатність ґрунту тривалий час підтримувати високий рівень ефективної родючості. Таку здатність ґрунту називають **потенціальною родючістю**

Наслідки антропогенних впливів на ґрунти

- ✓ Обробіток ґрунту
- ✓ Сінокоси, збирання врожаю
- ✓ Випас худоби
- ✓ Випалювання старої трави
- ✓ Зрошення
- ✓ Осушення
- ✓ Внесення добрив
- ✓ Застосування отрутохімікатів та гербіцидів
- ✓ Створення промислових та побутових звалищ
- ✓ Стічні води
- ✓ Знищення лісів
- ✓ Робота наземного Транспорту
- ✓ Викиди в атмосферу
- ✓ Вивезення органічних відходів виробництва та фекалій на поля
- ✓ Шум, вібрація, енергетичне випромінювання

Обробіток ґрунту. Важкі механічні агрегати при (оранці, боронуванні, розпушуванні) ущільнюють структуру ґрунту, а отже, змінюють умови існування в ньому організмів; посилюється взаємодія з атмосферою, вітрова та водна ерозія.



Сінокоси, збирання врожаю.
Вилучення деяких хімічних елементів, збіднення ґрунтів, підвищення випаровування

Випас худоби. Ущільнення ґрунту, знищення рослинності, яка скріплює ґрунт, ерозія, збіднення ґрунтів рядом хімічних елементів, висушування, біологічне забруднення



Випалювання старої трави. Знищення ґрунтових організмів в поверхневих шарах, посилення випаровування

Зрошення. Заболочення [вторинне засолення| засолення]] та осолонцювання ґрунтів, зміна водно-повітряного режиму, теплового і поживного режиму ґрунту; підняття рівня ґрунтових вод і зміни їх хімічного складу



Осушення. Зниження вологості, вітрова ерозія, зміна водно-повітряного режиму, теплового і поживного режиму ґрунту; зникнення боліт, обміління річок



Внесення добрив.
Підкислення земель і втрата ними гумусу

Застосування отрутохімікатів та гербіцидів.
Загибель ряду ґрунтових організмів, комах-запилювачів, накопичення небезпечних для живих організмів отрут, зміна складу ґрунту пригнічення біологічної активності ґрунтів



Створення промислових та побутових звалищ. Зниження площі придатної для сільського господарства землі, отруєння ґрунтових організмів на прилеглих ділянках



Стічні води. Зволоження, зміна складу ґрунтів, отруєння ґрунтових організмів, забруднення органічними та хімічними речовинами

Знищення лісів. Посилення вітрової та водної ерозії, випаровування



Робота наземного транспорту. Ущільнення ґрунту при руху поза дорогами, отруєння ґрунтів відпрацьованими газами та сипучими матеріалами



Викиди в атмосферу. Забруднення ґрунтів хімічними речовинами, зміна їх кислотності та складу

Вивезення органічних відходів виробництва та фекалій на поля. Забруднення ґрунтів небезпечними організмами, зміна їх складу



Шум, вібрація, енергетичне випромінювання. Сповільнення росту рослин, загибель живих організмів

1. Органічна речовина ґрунтів – фактор, що визначає її родючість:
<https://agrotest.com/article/organichna-rechovyna-gruntu-faktor-shho-vyznachaye-yiyi-rodyuchist/>
2. Органічна частина ґрунту <http://www.tsatu.edu.ua/rosl/wp-content/uploads/sites/20/lekcija-6.orhanichna-chastyna-gruntu.pdf>
3. ПОХОДЖЕННЯ, СКЛАД І ВЛАСТИВОСТІ ОРГАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ҐРУНТУ
https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u162/vitvickiy_s.v._organichna_chastina.pdf
4. Антропогенне навантаження на ґрунти
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%BD%D0%B0_%D2%91%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82%D0%B8
5. Мойш Н. І. Ґрунтознавство: Курс лекцій. – Ужгород: Гражда, 2011. – 368 с.
6. Фекета І.Ю. Ґрунтознавство з основами геології. Курс лекцій/ДВНЗ «УжНУ», Природничо-гуманітарний коледж, -Ужгород: вид. «Бреза»”, 2015.-144 с.