

# **Методы определения параметров гумусового состояния почв**

# Гумус

- **Гумус** – одна из наиболее важных составляющих частей почвы, наиболее деятельная (активная).
- Развитие первичного почвообразовательного процесса и образование почв, в первую очередь, обязаны появлению и накоплению гумуса.
- С гумусом связаны многие особенности и свойства почв, он определяет запасы питательных веществ, емкость поглощения, реакцию почвенной среды, физико-механические, физические и тепловые свойства почв.



**Рис. 6.** Свойства гуматов. Схема взаимодействия гуматов в системе почва – вода – растение

# Основной особенностью гумуса является его динамичность.

- Ежегодно в циклы биохимических превращений вовлекаются свежие растительные остатки.
- В почвах происходят непрерывные процессы образования специфических гумусовых веществ и разложения органического вещества.
- Совокупность процессов разложения растительных остатков, гумификации, образования и разложения специфических гумусовых веществ создают в каждой почве своеобразный режим, обусловленный и связанный с кислотностью почвенного раствора, окислительно-восстановительным потенциалом, водным и тепловым режимами.

# ПОНЯТИЯ «ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО»

## ПОЧВЫ И «ГУМУС»

- ***Органическое вещество почвы – это все виды органических соединений, находящихся в почвенной толще и утратившие связь с живыми организмами.***
- Сюда относятся специфические гумусовые вещества, неспецифические органические соединения, корни растений и т. д.
- ***Гумус – это совокупность высоко-молекулярных темноокрашенных органических веществ, образующихся в результате биохимического превращения растительных и животных остатков.***



- Гумусовые вещества являются главным, наиболее активным и наиболее мощным агентом формирования почвенных профилей и почвенного плодородия.
- Разнообразии почв в природе непосредственно связано с изменением состава и свойств гумусовых веществ, их сочетаний и форм воздействия на минеральную часть почвы и ее толщу.

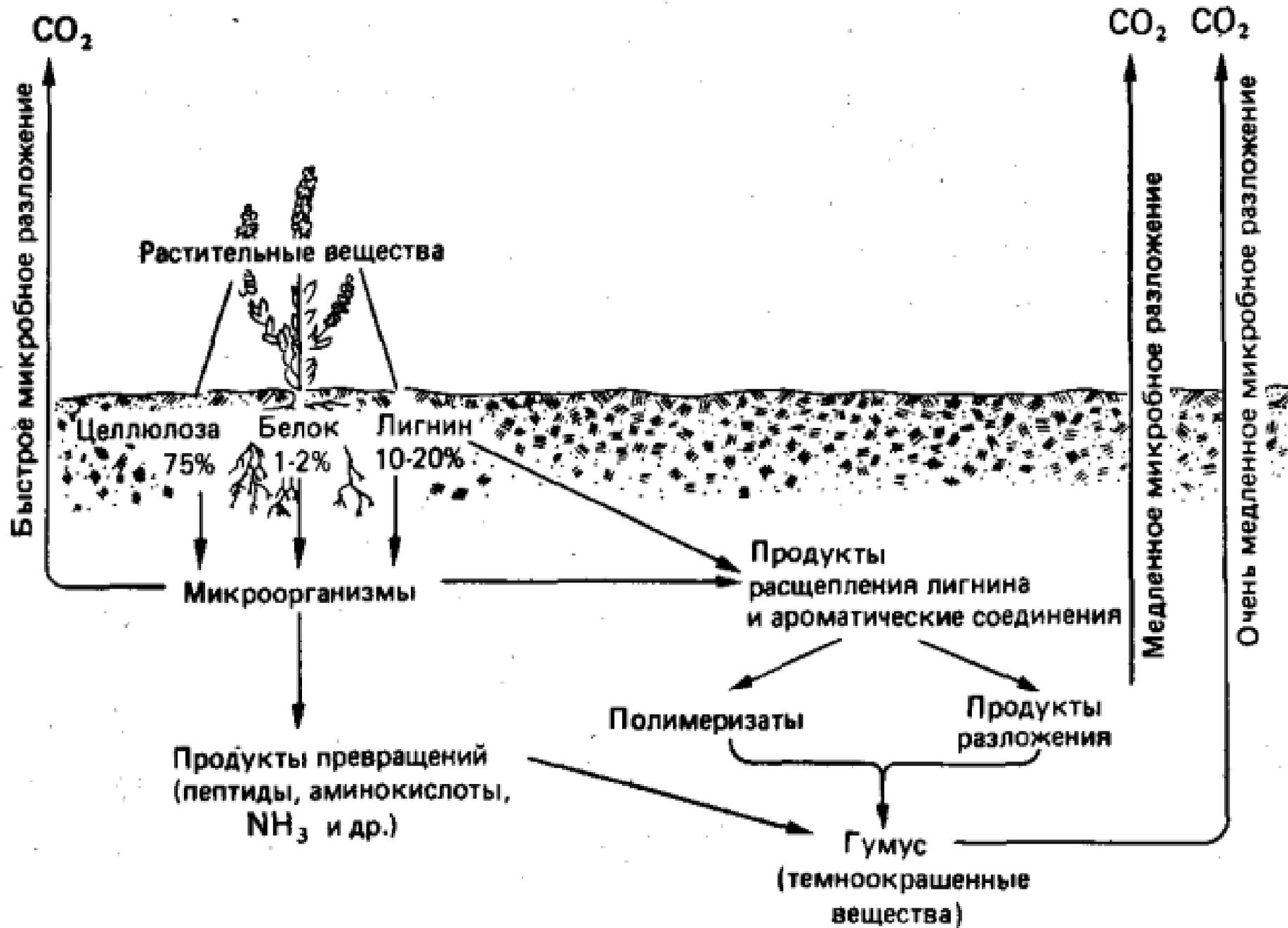
- Почвенный гумус играет огромную планетарную роль в биосфере. В. А. Ковда даже предложил ввести в науку понятие об особой земной сфере – **гумосфере**, которая рассматривается автором как колоссальный аккумулятор солнечной энергии.
- Гумус является как бы конечным результатом плодородия почв, особенно в естественном состоянии.
- Но и для уровня плодородия культурных пахотных почв содержание и качество гумуса имеет огромное и многообразное значение.

- Гумус позволяет применять высокие дозы удобрений, а гумусовые вещества связывают и переводят в неактивное состояние многие элементы, в частности, тяжелые металлы, поступающие в почву в результате техногенных загрязнений и оказывающие токсичное воздействие на почвенную биоту.
- Продуктивность высокогумусных почв меньше зависит от неблагоприятных погодных условий, чем почв малогумусных.

- Гумусообразование очень чувствительно к изменениям экологической обстановки. Содержание, его запасы и качественный состав не только не одинаковы в различных типах и подтипах почв, но и в значительной степени зависят от характера растительного покрова, особенностей рельефа и увлажнения.
- Резко меняется гумусовое состояние под влиянием агротехнических приемов, удобрений, мелиоративных мероприятий, при развитии эрозионных процессов. Даже в пределах одного почвенного массива содержание и состав гумуса варьируют в значительных пределах. Поэтому особое внимание надо уделять отбору почвенных образцов на гумус и их подготовке к химическому анализу.

# Характеристика методов определения общего содержания углерода

- Надежных методов непосредственного определения гумуса в почвах нет.
- Как правило, о содержании гумуса в почве судят по количеству углерода, входящего в состав органического вещества.
- Все методы определения органического углерода основаны на его окислении до углекислоты.
- Существуют как прямые, так и косвенные методы анализа.
-



- Содержание углерода с использованием этих методов находят по количеству углекислого газа, выделяющегося при разложении органического вещества. В процессе анализа углекислый газ улавливают, а затем его количество определяют гравиметрическими, газовойолетрическими или титрометрическими методами. Гравиметрические методы основаны на определении массы выделившегося  $\text{CO}_2$ . Это прямые методы, а газовойолетрические и титрометрические методы – косвенные.

- Разложение органического вещества может быть проведено двумя способами – методом сухого озоления при нагревании почв и методом мокрого озоления растворами сильных окислителей.
- ***Гравиметрические методы.*** *Метод Густавсона* основан на сухом озолении органического вещества при температуре 650–700 °С.
- Органическое вещество при нагревании в присутствии кислорода разлагается, а входящие в состав водород и углерод превращаются в воду и углекислый газ.

- При мокром озолении органического вещества почв раствором бихромата калия  $K_2Cr_2O_7$  углерод можно определить не только по количеству образовавшейся угольной кислоты, но и косвенно – титрометрическими и фотометрическими методами.
- В титрометрическом методе о содержании углерода судят по количеству непрореагировавшего с почвой  $Cr_2O_7^{2-}$ , в фотометрическом – по количеству образовавшегося в процессе реакции  $Cr^{3+}$ .

- Наиболее широко известный косвенный метод определения гумуса – **метод Тюрина**, разработанный им в 30-е годы.
- Анализ сводится к следующему: к навеске почвы приливают строго определенное количество бихромата калия, смесь кипятят, в результате происходит окисление органического вещества.

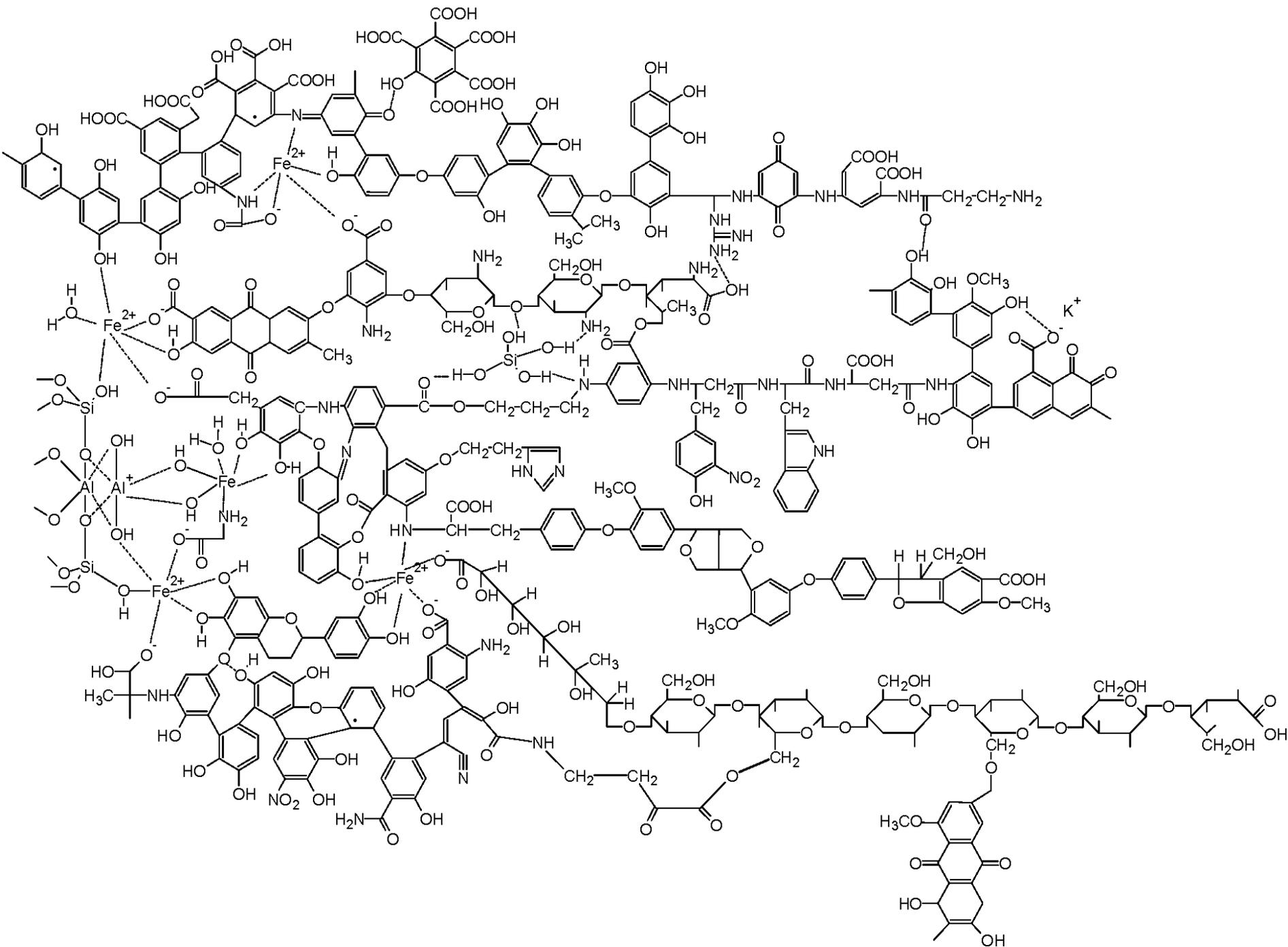
- Если рассматривать только окисление углерода, то реакцию можно выразить следующим уравнением:
- 
- $$3\text{C} + 2\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 8\text{H}_2\text{O}$$
- 
- Затем непрореагировавший остаток  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -титруют солью Мора (раствор сульфата железа). Реакция проходит по уравнению
- 
- $$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_2 + 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$$

- Сравнение результатов определения органического углерода различными методами показало, что при выполнении анализа по методу Тюрина органическое вещество окисляется не полностью.
- Результаты, полученные по методу Тюрина, составляют 85–95 % от результатов, полученных методом сухого озоления по Густавсону.

# Методы анализа группового и фракционного состава органического вещества почв

- Для характеристики состава гумуса, выявления его генетических различий и форм связи с минеральной частью почвы определяют групповой и фракционный состав гумуса.
- Сущность определения группового состава гумуса состоит в разделении его на *гуминовые кислоты, фульвокислоты* и негидролизуемый остаток – *гумины*.

- ***Гуминовые кислоты*** – нерастворимая в минеральных и органических кислотах группа гумусовых веществ, характеризуется сложным строением, имеет высокие молекулярные массы, повышенное содержание углерода. Преобладает в черноземах, лугово-черноземных, черноземно-луговых, луговых почвах, серых лесных, каштановых, дерновых и некоторых других.



- **Фульвокислоты** – наиболее растворимая группа гуму-совых веществ, менее сложная по строению, с более низ-кими молекулярными массами, чем гуминовые кислоты. Они обладают высокой миграционной способностью, ха-рактеризуются повышенной кислотностью и способностью к комплексообразованию. Это наиболее светлоокрашенная часть гумуса. Фульвокислоты преобладают в подзолах, дер-ново-подзолистых почвах, сероземах, красноземах и неко-торых других почвах тропиков.

-



- **Гумины** – часть гумуса, не экстрагируемая из почвы кислотами и щелочами. Эти гумусовые вещества наиболее прочно связаны с минеральной частью почвы (глинистыми минералами).
- 
- Гумусовые вещества могут находиться в почве как в свободном состоянии, так и в форме различных соединений с катионами металлов (простые и комплексные соли), с минералами тонкодисперсной части почвы, а также в форме адсорбционных комплексов.

- Распределение групп гумусовых веществ по форме связи с минеральной частью почв называется ***фракционным составом гумуса***.
- Фракции гумусовых веществ выделяются в результате последовательной обработки навески почвы разбавленными растворами кис-лот и щелочей в различных условиях.
- Различные фракции гумуса оказывают разное влияние на почвообразовательный процесс. Поэтому их изучение имеет как теоретическое, так и практическое значение.

- Наиболее детальная классификация форм связи гумусовых веществ с минеральной частью почвы разработана Тюриным. Эта схема включает определение следующих фракций:
- 1. Гумусовые вещества в свободном состоянии (не связанные с минеральными компонентами).
- 
- 2. Гумусовые вещества в форме гуматов сильных оснований.
- 
- 3. Гумусовые вещества, связанные с оксидами железа и алюминия.
- 
- 4. Гумусовые вещества в форме комплексных соединений с минеральными компонентами.
- 
- 5. Вещества нерастворимого осадка, прочно связанные с глинистыми образованиями.

- **Фульвокислоты (ФК)**
- 
- **Фракция 1 а** – растворимая в 0,1N растворе  $H_2SO_4$ . Это ФК, свободные и связанные с подвижными оксидами.
- 
- **Фракция 1** – растворимая непосредственно в 0,1N растворе NaOH. Это ФК, связанные в почве с фракцией 1 ГК.
- **Фракция 2** – растворимая в 0,1N растворе NaOH после декальцирования. Она связана с фракцией 2 ГК.
- 
- **Фракция 3** – растворимая в 0,02N растворе NaOH при
- 
- нагревании. Эти ФК связаны с фракцией 3 ГК.

- Для определения группового и фракционного состава гумуса, предложено несколько методов – метод Тюрина, Пономаревой и Плотниковой, Кононовой и Бельчиковой. Основу всех этих методов составляет последовательное растворение фракций гумусовых веществ различными растворителями.

- ***Метод Пономаревой и Плотниковой*** включает следующие операции.
- 1. Непосредственная вытяжка 0,1N раствором NaOH. В вытяжку переходит фракция гуминовых кислот – свободных и, предположительно, связанных с подвижными полуторными оксидами.
- Из образца почвы, пропущенной через сито с ячейками в 1 мм, берут навеску почвы в конические колбы на 300–400 мл в зависимости от общего содержания гумуса:

Навеска почвы, г

Гумус, %

2,5

>10

5–10

10–3

10–15

3–0,5

20

<0,5

- К навескам приливают по 200 мл 0,1N NaOH, хорошо перемешивают и оставляют на 20–24 ч.
- В течение дня содержимое в колбах перемешивают.
- На следующий день в колбы прибавляют насыщенный раствор  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в количестве 1/4 от объема жидкости (50 мл) для коагуляции илистых частиц и ускорения фильтрации.
- Колбы хорошо перемешивают и дают отстояться около 10–15 мин, затем фильтруют через простой бумажный фильтр.
- Если первые порции фильтрата мутные, их снова переносят на фильтр, добиваясь абсолютной прозрачности фильтрата.

- В фильтрате определяют ***общее содержание органического углерода*** по методу Тюрина (для чего определенную часть фильтрата выпаривают на водяной бане или в сушильном шкафу) и содержание углерода гуминовых кислот определяют методом осаждения 1N раствором  $H_2SO_4$ .

- 2. Последовательное выделение различных фракций гумуса из другой навески почвы. Берут те же навески почвы в конические колбы на 250 мл, приливают по 200 мл 0,1N раствора  $H_2SO_4$ , хорошо перемешивают и оставляют на 20–24 ч (декальцирование) для удаления из почвы  $Ca^{2+}$  и подвижных полуторных оксидов.
- При этом в раствор переходит фракция 1 а фульвокислот, т. е. фульвокислоты, свободные и связанные с подвижными полуторными оксидами.
- Эту фракцию называют «агрессивными» фульвокислотами.
-

# Изменение группового

## фракционного состава гумуса в почвах

- Количественной мерой типа гумуса является отношение содержания углерода гуминовых кислот к содержанию углерода фульвокислот ( $C_{ГК} : C_{ФК}$ ). По величине этого отношения выделяют 4 типа гумуса:
  - 
  - $C_{ГК} : C_{ФК} > 2$  – гуматный;
  - 
  - $C_{ГК} : C_{ФК} = 1-2$  – фульватно-гуматный;
  - 
  - $C_{ГК} : C_{ФК} = 0,5-1$  – гуматно-фульватный;
  - 
  - $C_{ГК} : C_{ФК} < 0,5$  – фульватный.

- Групповой и фракционный состав гумуса закономерно и последовательно меняется в зонально-генетическом ряду почв.
- В подзолистых и дерново-подзолистых почвах гуминовых кислот образуется и накапливается мало.
- Отношение в них  $C_{ГК} : C_{ФК}$  ниже 1, часто опускается до 0,3–0,6. В серых лесных почвах и черноземах абсолютное содержание ГК быстро нарастает, отношение  $C_{ГК} : C_{ФК}$  может достигать 2–2,5.
- Далее к югу снова начинает увеличиваться содержание фульвокислот.
- Избыточные карбонатность, засоленность, гидроморфизм откладывают отпечаток на групповой состав гумуса.
- Так, дополнительное увлажнение в лугово-черноземных и луговых почвах способствует увеличению в них ГК.

- Так же закономерно формируется и фракционный состав. В кислых почвах элювиальных ландшафтов преобладают фракции свободных или связанных с подвижными оксидами гумусовых веществ.
- Гуматы кальция здесь почти не образуются из-за низкого содержания кальция в почвенном растворе и кислой среды.
- В типичных черноземах, степень насыщенности основаниями которых приближается к 100 %, фракция 1 обнаруживается в очень малых количествах или практически отсутствует.

- В нижних горизонтах черноземов содержится много карбонатов кальция, скопления которых часто представлены в виде псевдомицелия.
- Это способствует формированию здесь в основном гуматов кальция.
- К югу нарастает карбонатность почв, и поэтому в почвах сухих степей и полупустынь, несмотря на гуматно-фульватный и фульватный групповой состав гумуса, свободные формы гуминовых кислот практически отсутствуют. Они полностью связаны с кальцием.

- На групповой и фракционный состав гумуса существенно влияют минеральные удобрения, известкование, гипсование, агротехнические приемы и т. д.
- Длительное внесение минеральных удобрений в дерново-подзолистые почвы увеличивает фульватность гумуса за счет фракций 1 а и 1.
- Известкование тормозит развитие этого процесса, способствует накоплению гуминовых кислот и переводу их в гуматы кальция.
- Поэтому при планировании внесения высоких доз минеральных удобрений на кислых почвах необходимо предварительно провести известкование.

- Групповой и фракционный состав гумуса закономерно изменяется по профилю. Профильные изменения группового состава гумуса подчинены общей закономерности: с глубиной снижается доля гуминовых кислот и нарастает количество фульвокислот.
- Отношение  $C_{ГК} : C_{ФК}$  снижается до 0,1–0,3, а иногда и до нуля.
- Другими словами, в нижних горизонтах гуминовые кислоты не обнаруживаются.

- Исключением из этого правила являются только верхние части гумусового горизонта целинных степных почв.
- В них самая верхняя часть горизонта А характеризуется меньшими величинами  $C_{ГК} : C_{ФК}$ , чем средняя.
- Это связано с обогащением верхних горизонтов малоразложившимися растительными остатками, что приводит к накоплению на первых этапах гумусообразования фульвокислот.