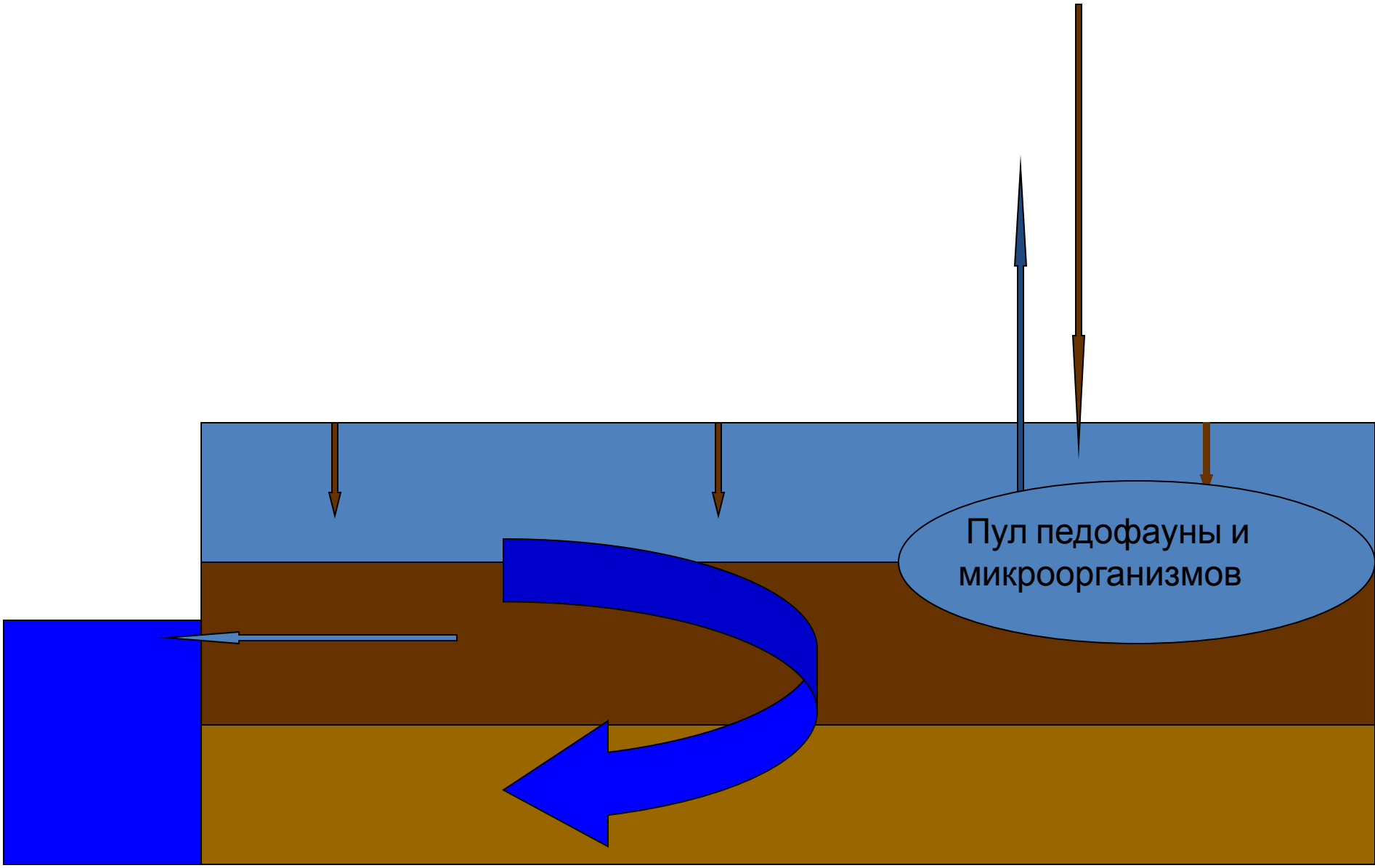


№	Виды контрольных мероприятий	Текущий контроль	Рубежный контроль (при наличии)
	<b>Модуль 1 Состав почв</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
1.	Тест	10	10
2.	Выполнение практических работ и их защита	10	
3.	Контрольная работа		10
	<b>Модуль 2 Свойства почв</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
1.	Тест	10	10
2.	Реферат	10	
3.	Выполнение практических работ и их защита	10	
4.	Контрольная работа		10
5.	Презентация		10
	<b>Всего</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
	<b>Бонусные баллы</b>	<b>до 10</b>	учитываются: посещаемость занятий, активность, качество выполнения :практических и контрольных работ и т.д.
	<b>Промежуточная аттестация ЗАЧЕТ</b>		

*Органическое вещество почв — это совокупность живой биомассы и органических остатков растений, животных, микроорганизмов, продуктов их метаболизма и специфических новообразованных органических веществ почвы — гумуса* В органическом веществе почв всегда присутствует какое-то количество остатков отмерших организмов, находящихся на разных стадиях разложения, живые клетки микроорганизмов, почвенная фауна (рис 13)

Потенциальными источниками органического вещества почв можно считать все компоненты биоценоза, которые попадают на поверхность почв или в толщу почвенного профиля и участвуют в процессах почвообразования



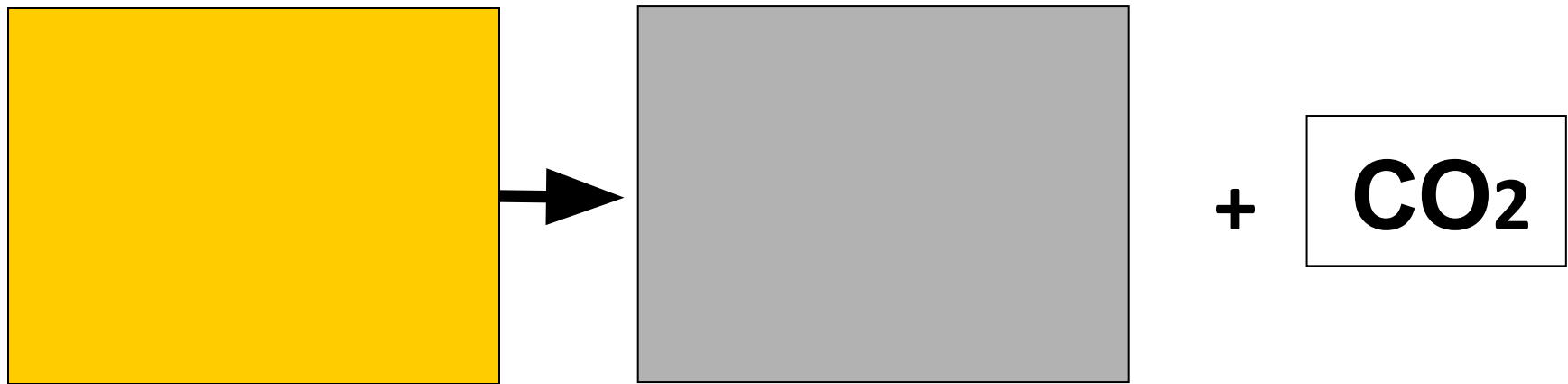
# Запасы органического вещества в различных зонах ( г/м<sup>2</sup>)

Виды биомассы	Тундра	Таежно-лесная	Степная
Фитомасса надземная	150-2500	$25 \times 10^3 - 40 \times 10^3$	1200-2500
Корневая масса	450-10000	$75 - 200 \times 10^3$	3600-15000
Микробомасса	10-15	До 30	20-30
Биомасса беспозвоночных почвы	1-3	2-12 и до 90	12-16

**Запасы общей, подземной и  
наземной**

**фитомассы и гумуса в почвах, т/га**

# Схема превращения опада в органическое вещество почвы



**опад**

**Органическое  
вещество  
почвы**

# МИНЕРАЛИЗАЦИЯ                      ОРГАНИЧЕСКОГО

ВЕЩЕСТВА – это процесс частичного или полного превращения сложноорганизованных структур и молекул в более простые, в том числе и в продукты полной минерализации ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и др.)

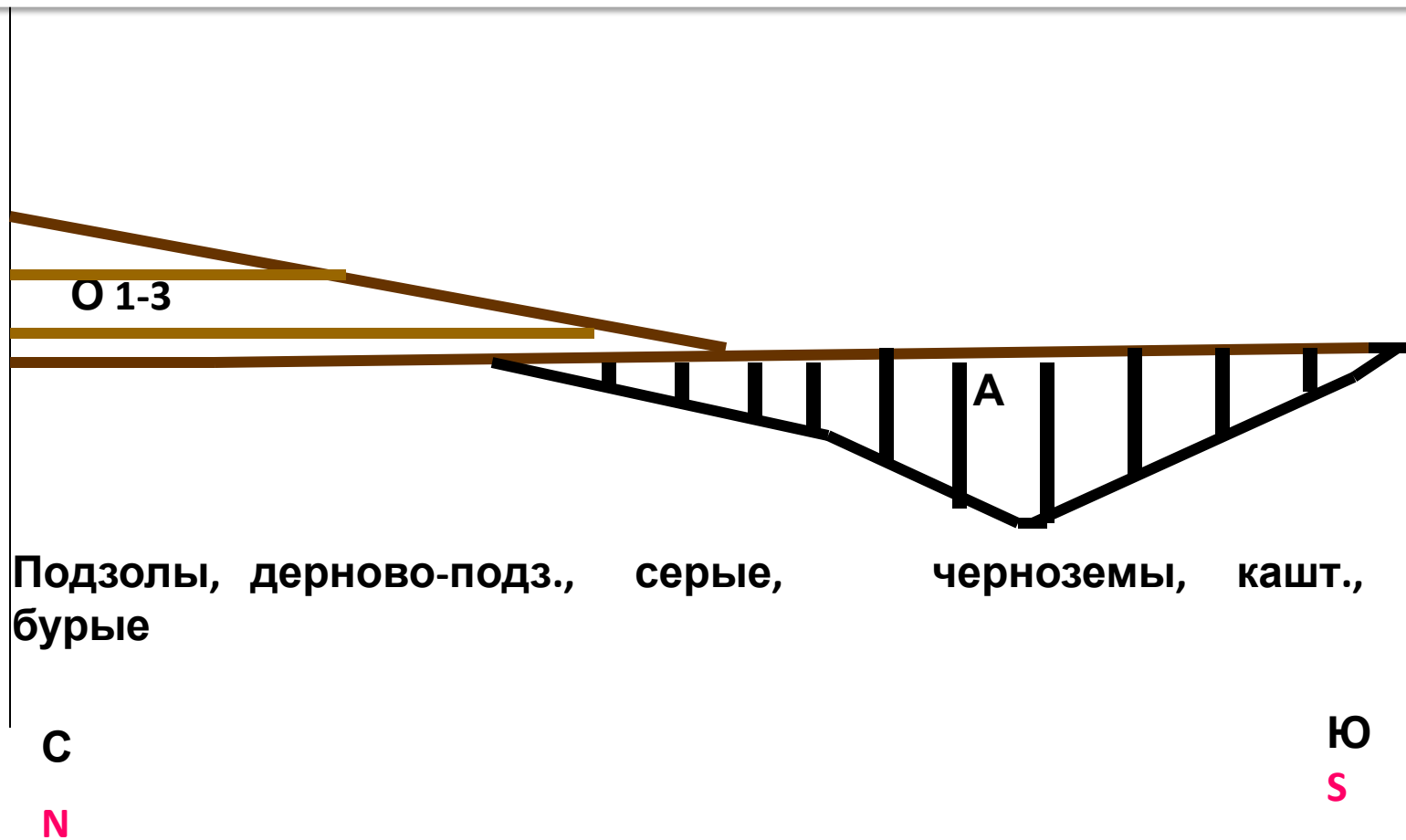
ГУМИФИКАЦИЯ — совокупность процессов трансформации свежего органического вещества в гумус под влиянием почвенных микроорганизмов (путем окисления, конденсации, полимеризации и



**Гумусовый  
горизонт**



# Изменение мощности подстилки и гумусового горизонта



# Запасы гумуса, азота и фосфора в различных типах почв, т/га

Почва	Гумус и орг. С в слое (Тюрин, 1949)		Азот в слое (Тюрин, 1949)		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в пахотном слое (Хейфец, 1950)		SO <sub>2</sub> орг. в пахотном слое
	0—20 см	0—100 см	0—20 см	0—100 см	минеральный	органический	
Подзолистая	53**	99	3,2	6,6	1,27—1,44	0,56—0,63	0,34—0,78
	31	62					
Лесостепная оподзоленная	109	215	6,0	12,0	1,72	1,32	0,55
	63	134					
Чернозем выщелоченный	192	549	9,4	26,5	—	—	0,69
	111	321					
Чернозем мощный	224	709	11,3	35,8	2,87	1,56	—
	130	437					
Чернозем обыкновенный	137	426	7,0	24,0	—	—	0,50
	79	257					
Темно-каштановая	99	229	5,6	—	2,09	0,63	1,1
	57	150					
Серозем	37	82	2,5	7,5	1,68—1,91	0,30	1,0
	21	43					
Краснозем	153	282	4,7	10,5	—	—	—
	89	172					

\* Прочерк обозначает отсутствие данных.

\*\* В числителе—запасы гумуса, в знаменателе—запасы органического углерода.



Тюрин  
И.



Кононова М.  
М.



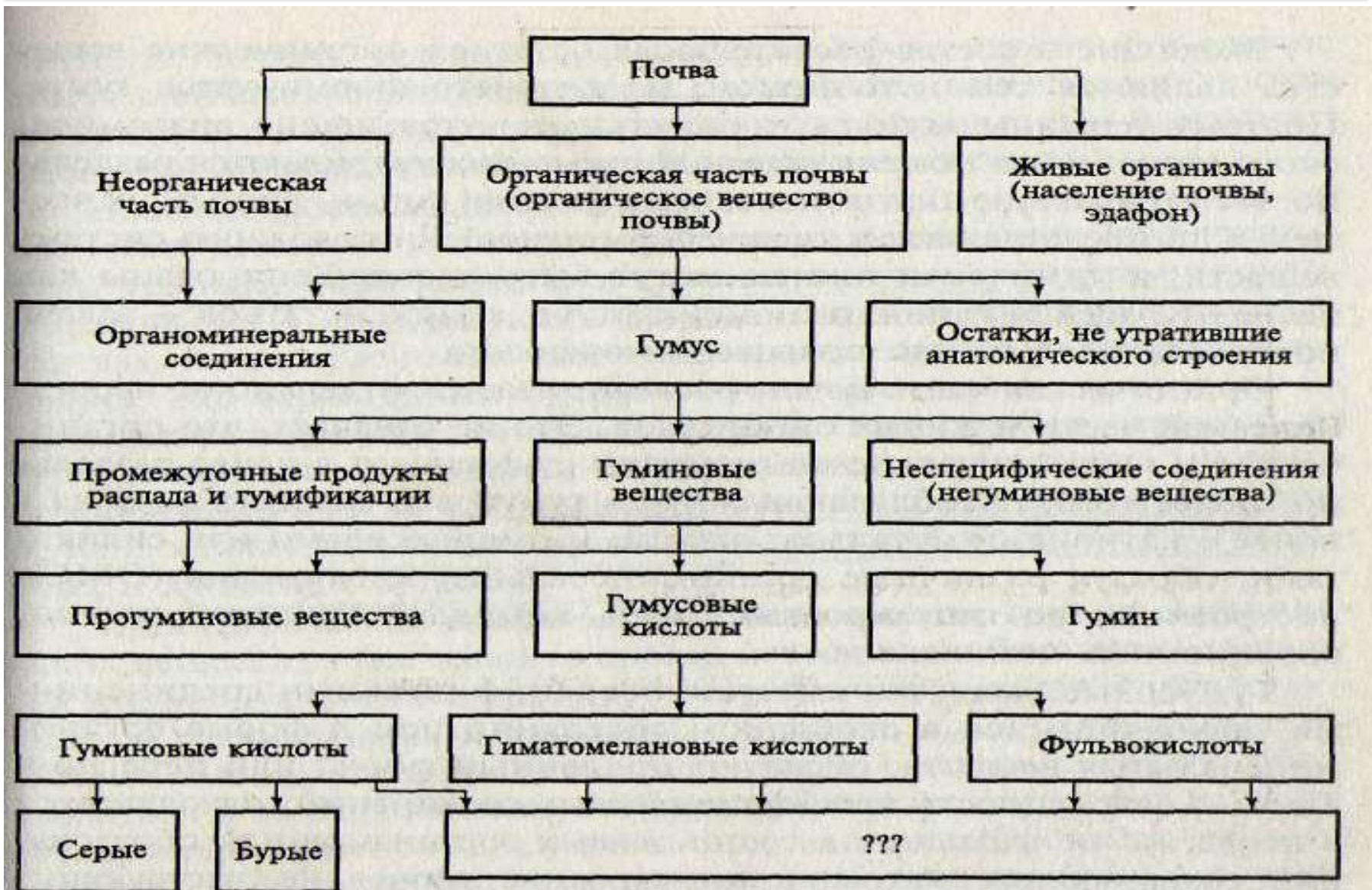
Александрова Л.  
Н.



Профессор кафедры химии почв МГУ  
**Д. С. Орлов** (30.12.1928- 11.02.2007)



# Номенклатурная схема органического вещества по Д.С. Орлову



**ВЕЩЕСТВО ОРГАНИЧЕСКОЕ** - вещество органического, преимущественно растительного происхождения, образующееся из естественной или антропогенной флоры и проникающее в поверхностные горизонты почвы. Источник гумуса.

**ГУМУС** – это специфическое новообразование органического вещества в почвах, образующееся после разложения растительных и животных остатков. ***По составу и свойствам*** – это органо-минеральный комплекс со свойствами полимера. Состоит из гумусовых кислот, гуматов и фульватов одно-, двух- и трехвалентных катионов и прочно связанных гумусовых кислот с глинистыми и первичными минералами, а также группы промежуточных и неспецифических соединений.

**ГУМУСОВЫЕ КИСЛОТЫ** – это азотсодержащие высокомолекулярные оксикарбоновые кислоты, образующиеся в почве в процессе распада органических остатков и полимеризации продуктов распада. Различают

- **Групповой состав гумуса** - это набор и количественное содержание групп специфических и неспецифических веществ, входящих в состав гумуса.
- **Группа веществ** – совокупность родственных по строению и свойствам соединений.

# НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ ПОЧВЫ

1. **Азотсодержащие вещества** – белки, аминокислоты (глицин, аланин, серин)
2. **Углеводы** – моносахариды (глюкоза, фруктоза), олигосахариды (сахароза, лактоза), полисахариды (крахмал, целлюлоза), гетерополисахариды (гемицеллюлозы)
3. **Липиды (воскосмолы)** – омыляемые липиды (нейтральные жиры и фосфолипиды), неомыляемые липиды (жирные кислоты, каратиноиды), неотделяемые от липидов соединения (воск, кутин)
4. **Ароматические соединения и их производные** – моноциклические арены (соединения типа  $C_6-C_1$ ,  $C_6-C_3$ ,  $C_6-C_3-C_6$ ), полимеры (танины – дубильные вещества, лигнин)
5. **Пигменты** – меланины (темноокрашенные пигменты), яркоокрашенные пигменты (хлорофилл, каротин), зеленый пигмент («зеленая гуминовая кислота»)
6. **Ферменты** – каталаза, инвертаза, дегидрогеназа, уреаза, фосфатаза, протеаза и т.д.

7. **Зеленые элементы** – сера, фосфор, железо, цинк, медь, бор



# Специфические органические вещества почвы - гумус

## 1. Гумусовые кислоты — это

азотсодержащие

высокомолекулярные оксикарбоновые кислоты, образующиеся в

почве в процессе распада органических остатков и полимеризации

продуктов распада.

- Гуминовые (серые, бурые),

- Фульвокислоты (?????),

- Гиматомелановые кислоты

(???)

# Гуминовые вещества

**Гуминовые вещества** – это основная органическая составляющая почвы. Они образуются при разложении растительных и животных остатков под действием микроорганизмов и абиотических факторов среды.

**В. И. Вернадский** в свое время называл гумус продуктом коэволюции живого и неживого планетарного вещества. Более развернутое определение уже в 90-х годах XX века дал профессор кафедры химии почв МГУ **Д. С. Орлов**: **«Гуминовые вещества – это более или менее темноокрашенные азотсодержащие высокомолекулярные соединения, преимущественно кислотной природы»**. Из этого следует только один вывод: вплоть до сегодняшнего дня определение гуминовых веществ имело скорее философский, чем химический смысл.

# Гумусовые кислоты

*Гуминовые вещества* (от лат. humus – земля), а именно гумусовые кислоты впервые были выделены в 1786 году немецким ученым Францем Ахардом из торфа



Франц Карл  
Ахард  
(1753 – 1821)

# Гуминовые кислоты

- Термин «гумусовая кислота» ввел в науку в 1822 году Доберейнер, синоним – «ульминовая кислота»
- Берцелиус предложил вместо термина «гумусовая кислота» – «гуминовая кислота»
- Общепринятое сокращение – **ГК**
- В составе гумуса на долю ГК приходится от 10 до 40%. Максимум – в черноземах.

# Гуминовые кислоты

Гуминовые кислоты (ГК) хорошо растворяются в щелочных растворах, слабо растворяются в воде и не растворяются в кислотах. Из растворов ГК легко осаждаются водородом минеральных кислот и двух- и трехвалентными катионами ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ). Гуминовые кислоты, выделенные из почвы в виде сухого препарата, имеют темно-коричневый или черный цвет, среднюю плотность  $1,6 \text{ г/см}^3$ .

Элементный состав гуминовых кислот в процентах по массе составляет: С — 50—62; Н — 2,8—6,6; О — 31—40; N — 2—6.

## Средний элементарный состав гуминовых кислот в атомных процентах (Орлов, 1970)

Почвы	С	Н	О	Н	Н/С	О/С	С/Н
Дерново-подзолистые, подзолы	37,5	39,8	20,3	2,4	1,06	0,54	15,6
Бурые лесные, буроземы	37,4	42,2	17,9	2,5	1,13	0,48	14,9
Серые лесные	38,1	40,3	19,2	2,4	1,06	0,50	15,9
Черноземы	42,5	35,2	19,9	2,4	0,83	0,47	17,7
Каштановые	37,7	42,1	17,4	2,8	1,12	0,46	13,5
Сероземы	39,0	40,1	18,1	2,8	1,03	0,46	13,9
Красноземы, красноцветные	42,1	33,4	21,8	2,7	0,79	0,52	15,6
Горно-луговые	42,7	32,0	22,3	3,0	0,75	0,52	14,2
Пойменные луговые	41,1	36,4	20,2	2,3	0,89	0,49	17,9
Темноцветные, рендзины	37,4	41,5	19,8	2,2	1,11	0,53	17,0
Гумусово-аллофановые, пепловые	42,5	36,7	19,1	1,7	0,86	0,45	25,0



# Гуминовая кислота

# Свойства гуминовых кислот

1. Растворяются в щелочах и осаждаются кислотами. В воде не растворимы.
2. Молекулярный вес – 700-1400 дальтон (внесистемная атомная единица массы, равная массе атома водорода)
3. Молекула гуминовой кислоты имеет сферическую форму, диаметр частиц колеблется от 80 до 100 ангстрем - единица измерения расстояний, равная  $10^{-10}$  м. Это приблизительно радиус орбиты электрона в невозбуждённом атоме водорода. Предпочтительнее употреблять нанометр (1 нм = 10 Å).
4. Соли гуминовых кислот с одновалентными катионами – гуматы калия, натрия, аммония растворимы в воде, соли двухвалентных катионов – гуматы кальция, магния не растворимы в воде





# Гипотетическая формула гуминовой кислоты

# Кислородсодержащие функциональные группы ГК

- карбоксильные группы –  $R-COON$ ,
- спиртовые –  $R-CH_2-OH$
- фенольные –  $-C_6H_5OH$
- метоксильные –  $-O-CH_3$
- амидные -  $R-CONH_2$
- хинонные ( $C_6H_4O_2$ )
- альдегидные ( $R-CHO$ )
- кетонные ( $R-CO-R^1$ )

Структурная группа	Тип взаимодействия
$\text{COOH}$	ионный обмен
$\text{CAr-OH}$	комплексообразование
$\text{>C=O}$	окисление-восстановление
$\text{C}_6\text{H}_6$	донорно-акцепторные
$-\text{CH}_n$	гидрофобные взаимодействия

# Фульвокислоты

Фульвокислоты (ФК) — группа гумусовых кислот, остающаяся в растворе после осаждения гуминовых кислот. Они так же, как и ГК, представляют собой высокомолекулярные азотсодержащие органические кислоты. От гуминовых кислот отличаются светлой окраской, более низким содержанием углерода, растворимостью в кислотах, большей гидрофильностью и способностью к кислотному гидролизу. Плотность фульвокислот по имеющимся немногочисленным данным равна 1,43—1,61 г/см<sup>3</sup>. Элементный состав фульвокислот (в % по массе) составляет: С — 41—46, Н — 4—5, N — 3—4. Содержание кислорода зависит от количества углерода: кислорода больше, чем в ГК, а углерода меньше.

Элементный состав гуминовых кислот: С-50-62%, Н — 2,8-6,6% О — 31-40%, N — 2-6%

# Элементный состав гумусовых кислот, %

Кислота	С	Н	О	N
ГК	52-62	3-5,5	30-33	3,3-5
ФК	44-49	3-5	44-49	2-4

# Свойства фульвокислот

- Растворимы в воде как сами фульвокислоты, так и их соли
- Растворимы в щелочах и кислотах
- Молекулярный вес около 300 дальтон
- Светло-желтая окраска

# Гиматомелановые кислоты

**Гиматомелановые кислоты (ГМК)** — группа гумусовых кислот, **растворимых в этаноле**. Выделяются из свежееосаждённой гуминовой кислоты раствором этилового спирта. В растворе имеют вишнёво-красный цвет. Впервые выделены и описаны немецким физиологом **Гоппе-Зейлером** (*Hoppe-Seyler*) в 1889 году. Большой вклад в изучение гиматомелановых кислот внесла Г. И. Глебова из МГУ им. М. В. Ломоносова.

Отличительной особенностью гиматомелановых кислот являются высокое атомное отношение Н:С (более единицы), высокая отрицательная степень окисленности, высокая интенсивность полосы 1700—1720 см<sup>-1</sup> в инфракрасных спектрах (>730 нм за красной границей видимого света)



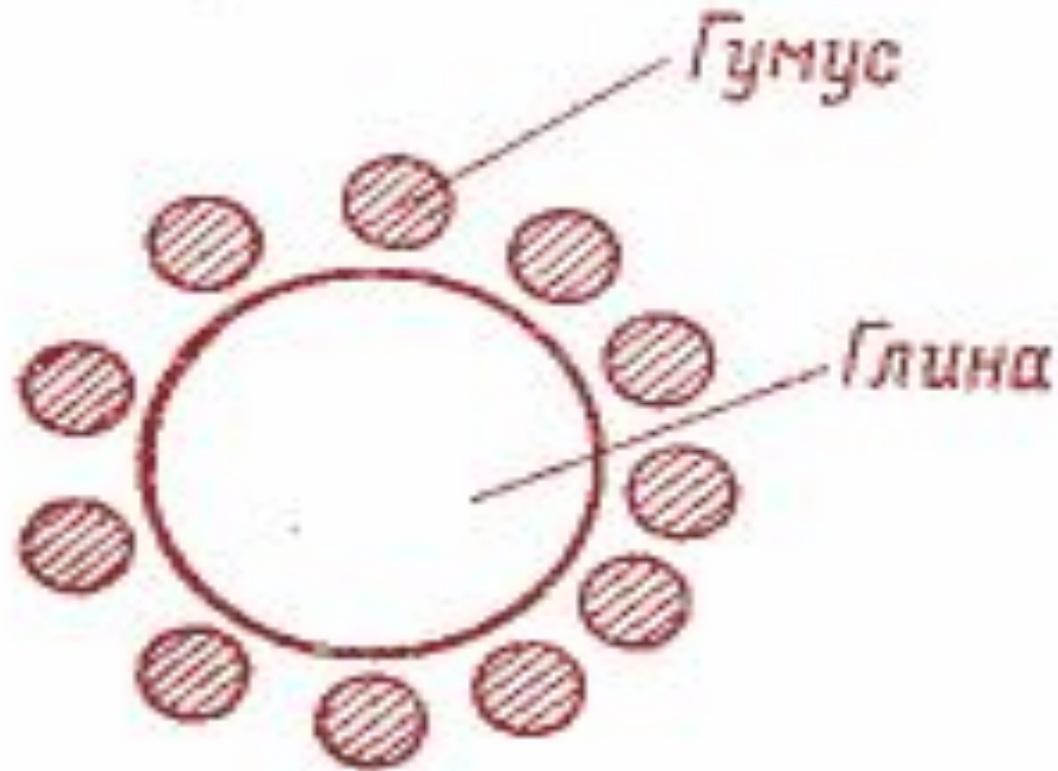
На X Международном конгрессе почвоведов было рекомендовано термин «гумин» заменить на термин «негидролизуемый остаток».

**Гумин (негидролизуемый остаток)** — это та часть органического вещества, которую **не удастся извлечь из почвы растворами кислот, щелочей или органическими растворителями.**

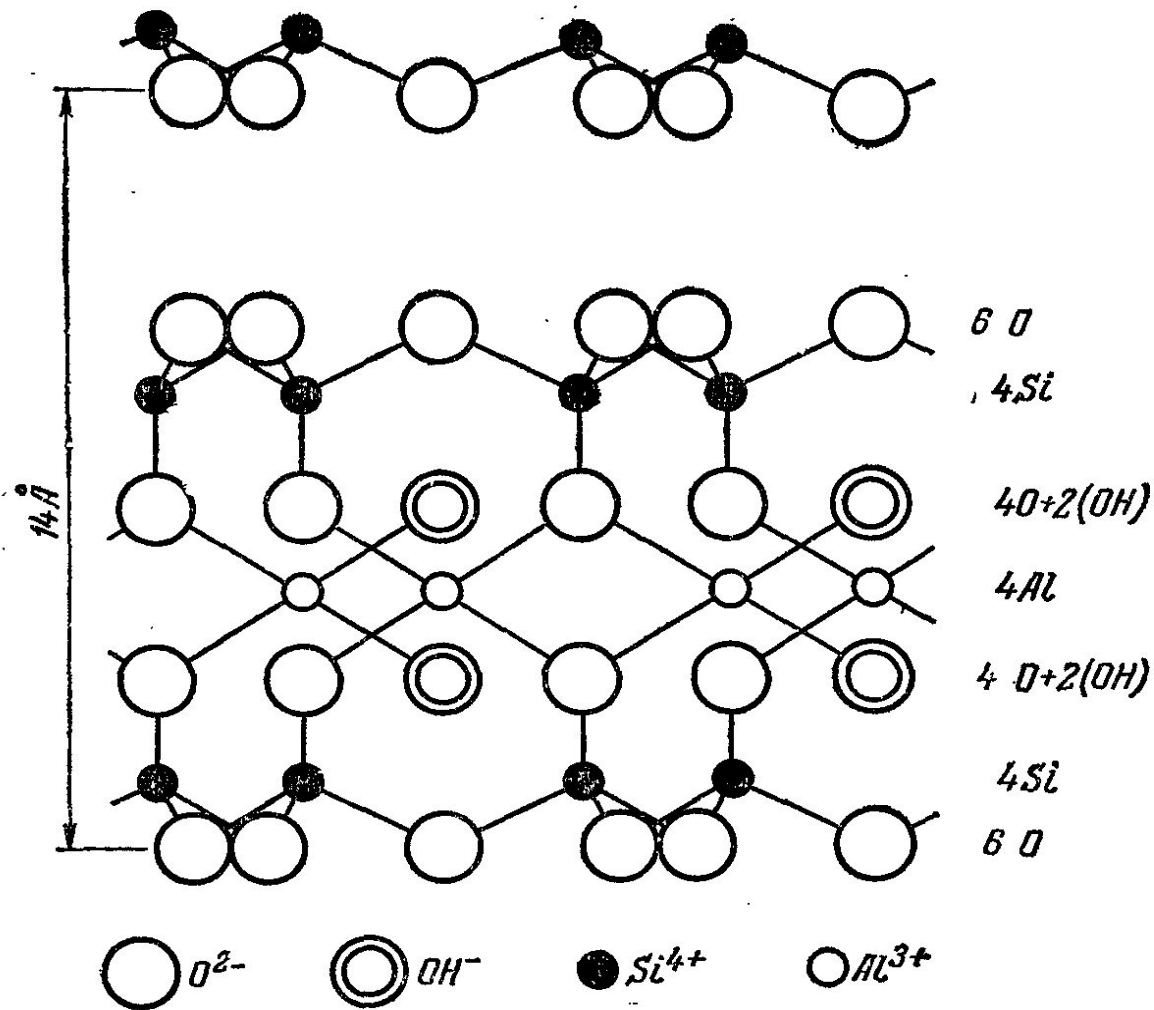
Перевести ее в раствор удастся только после разрушения силикатной части почвы (обработка HF) или после окисления вызывающие очень сильное изменение

# Формы связей органического вещества с минеральной частью почвы

1. Гумусовые вещества в свободном или почти свободном состоянии.
2. Гумусовые вещества в форме гуматов и фульватов сильных оснований: а) с Са и отчасти с Mg, б) с Na (и Mg).
3. Гумусовые вещества в форме гуматов и фульватов смешанных гелей с гидроокисью алюминия и железа.
4. Гумусовые вещества в форме комплексных органо-минеральных соединений (с Al, Fe, P, S).
5. Гумусовые вещества, прочно связанные с глиной (аргилло-гумины)



**Схема глинисто-гумусового  
комплекса**



**Схема строения кристаллической решетки монтмориллонита** - от названия французского города Монморийон (Montmorillon) в департаменте

Вьенна

**Фракционный состав** – характеризует распределение веществ в группах по формам их соединений с минеральными компонентами почвы.

**Основные фракции:**

**1-я фракция** - Свободные (не связанные с минеральными компонентами)

**2-я фракция** - Связанные с подвижными формами полуторных окислов

**3-я фракция** - Связанные с кальцием

**4-я фракция** - Связанные с устойчивыми формами полуторных окислов и глинистыми минералами

**5-я фракция** - Вещества нерастворимого

# Типы гумуса по $C_{гк} : C_{фк}$

1. Тип гуматный -  $C_{гк} : C_{фк} > 2$
2. Тип фульватно-гуматный  
 $C_{гк} : C_{фк} = 2 - 1$
3. Тип гуматно-фульватный  
 $C_{гк} : C_{фк} = 1 - 0,5$
4. Тип фульватный  $C_{гк} : C_{фк} < 0,5$

# Типы гумуса по морфологии (Дюшофур, 1970)

## Для дренируемых почв:

1. **Кальциевый мюль** – под травянистой растительностью (чер-ноземы, каштановые, рендзины)
2. **Лесной мюль** – лиственные леса (серые лесные, дерновые)
3. **Модер** – смешанные леса (дерново-подзолистые, горно-луговые)
4. **Мор** – хвойные леса и вересковые заросли (подзолистые почвы)

## Для почв формирующихся в анаэробных условиях

1. Кальциевый торф – торфяные горизонты низинных болот
2. Кислый торф – торфяные горизонты верховых болот
3. Анмоор – органическое вещество почв переменного



**Низинный  
торф**



**Верховой  
торф**



**Показатели гумусного состояния почв**

Показатель, единица измерения	Уровень, характер проявления	Значение
Мощность подстилки (для лесных почв), см	Очень мощная	> 10
	Мощная	5—10
	Средней мощности	2—5
	Маломощная	< 2
Отношение запасов органического вещества в подстилке и в минеральном профиле	Эктоморфное распределение	> 1
	Мезоморфное распределение	~ 1
	Эндоморфное распределение	< 1
Содержание гумуса в гумусных горизонтах, %	Очень высокое	> 10
	Высокое	6—10
	Среднее	4—6
	Низкое	2—4
	Очень низкое	< 2
Запас гумуса в слоях 0—20 см (0—100 см), т/га	Очень высокий	> 200 (> 600)
	Высокий	150—200 (400—600)
	Средний	100—150 (200—400)
	Низкий	50—100 (100—200)
	Очень низкий	< 50 (< 100)
Обогащенность гумуса азотом по отношению C : N	Очень высокая	< 5
	Высокая	5—8
	Средняя	8—11
	Низкая	11—14
	Очень низкая	> 14
Степень гумификации органического вещества, $\frac{C_{гк}}{C_{общ}} \cdot 100\%$	Очень высокая	> 40
	Высокая	30—40
	Средняя	20—30
	Слабая	10—20
	Очень слабая	< 10
Тип гумуса, $C_{гк} : C_{фк}$	Гуматный	> 2
	Фульватно-гуматный	2—1
	Гуматно-фульватный	1—0,5
	Фульватный	< 0,5

# Показатели состояния органического вещества в различных почвах

Почва	Распределение гумуса по профилю	Содержание гумуса в верхнем слое, %	Запас гумуса в слое 0-20 см, т/га	C:N	Тип гумуса Сгк:Сфк
Дерново-подзолистая	Резко убывающее	1-4	30-120	14-16	0,4-1
Чернозем	Равномерно убывающее	7-12	200-350	12-13	1,3-2,3

# Особенности содержания и состава гумуса в верхнем горизонте почв (Кононова, 1969)

Природная зона	Растительность	Почвы	Гумус, % от веса почвы	Отношение гк : фк	Подвижные формы гумусовых кислот*	$E_4/E_6$ гумусовых кислот
Тайга (северная часть зоны)	Хвойные виды с моховым покровом	Сильноподзолистые	2,5—3,0	0,6	100	5,5—5,0
Тайга (южная часть зоны)	Хвойные и листовенные виды с разнотравным покровом и мхами (на поверхности почвы)	Дерново-подзолистые	3—4	0,8	100	5—4,5
Широколиственный лес	Широколиственные (дубовые) леса	Серая лесная	4—6	1,0	20—30	4,5—4
Лесостепь	Злаковая степь разнотравная	Мощный чернозем	9—10	1,7	20—15	4—3,5
Степь	Разнотравно-злаковая степь	Обыкновенный чернозем	7—8	2—2,5	10—15	3,5
Сухая степь, южная подзона	<i>Artemisia-Stipa-Festuca sulcata</i>	Светло-каштановая	1,5—2,0	1,2—1,5	10	4—3,5
Полупустыня	Полынно-ковыльная — типчиковая злаково-полынная <i>Graminae—Artemisia</i>	Бурые полупустынные	1—1,2	0,5—0,7	10	4,5
Влажный субтропический лес	Широколиственные субтропические леса	Краснозем	4—6 и выше	0,7—0,9	90—100	5,0
Тропический лес	Тропические леса	Ферраллитовые	4	0,3—0,4	100	5,0

\* % от общего количества.

# Расчет запасов гумуса

$$\text{Запасы гумуса кг/га} = \frac{C * d * V * 1000}{1000}$$

C – содержание гумуса в %

d – мощность горизонта (слоя), см

V – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>

# Запасы гумуса в почвах, т/га

## в слое 0-100 см

1 – тундровые      2- 3 подзолистые и дерново-подзолистые    4 – серые лесные  
5 - черноземы и каштановые    6 - 7 полупустынные и пустынные –  
8 - 9 – красноземы и желтоземы

# Типы растительных формаций

- Деревянистая : высшие формы – деревья и кустарники, низшие – преимущественно грибы
- Луговая: высшие – травы, низшие – преимущественно анаэробные бактерии
- Степная: высшие – травы, низшие – преимущественно аэробные бактерии
- Пустынная: ведущая роль принадлежит микроорганизмам и водорослям

# Показатели оценки биогеоценозов

1. Объем биомассы
2. Структура фитомассы (соотношение подземной и надземной частей)
3. Годовой прирост (масса растительного вещества, нарастающего за год).
4. Годовой опад (количество ежегодно отмирающего растительного вещества)
5. Характер поступления органического вещества
6. Мертвое органическое вещество (количество орг. остатков, стабильно накапливающихся на поверхности почвы)
7. Химический состав
8. Интенсивность процессов разложения и синтеза

# Показатели биологической продуктивности растительных формаций (в ц/га)

Растительная формация	Биомасса	Прирост	Опад	Мертвое вещество
Арктическая тундра	50	10	10	35
Кустарничковая тундра	280	25	24	835
Сев. тайга	1000	45	35	300
Южная тайга	3300	85	55	350
Широколиственный лес	4000	90	65	150
Степи луговые	250	137	137	120
Степи сухие	100	42	42	15



# Комплекс процессов с органическими остатками

- **Минерализация** – разложение органического вещества до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$
- **Микробный синтез** – построение микробных тел за счет растительных остатков
- **Гумификация** - образование новых органических веществ.

# Факторы, определяющие направление процессов с растительными остатками

- **Степень аэрации:** аэробное разложение и анаэробное разложение
- **Условия увлажнения**
- **Температура**

# Типы разрушения растительных остатков

- **Консервирование** (в условиях перенасыщенности водой и бедности фауны, флоры и микроорганизмов) – **ТОРФООБРАЗОВАНИЕ**
- **Гниение** органические остатков (в условиях недостаточной аэрации при избытке влаги) – **БОЛОТНЫЙ ПРОЦЕСС**
- **Аэробно-анаэробное разложение** (благоприятное сочетание увлажнения и аэрации) – **ГУМИФИКАЦИЯ**
- **Сухое тление** (при недостатке влаги и высоком доступе кислорода) - **МИНЕРАЛИЗАЦИЯ**

# ТЕОРИИ ГУМУСООБРАЗОВАНИЯ

1. Кононовой М.М.
2. Александровой Л.  
Н.
3. Орлова Д.С.

# Схема процессов гумификации по Кононовой М.М.

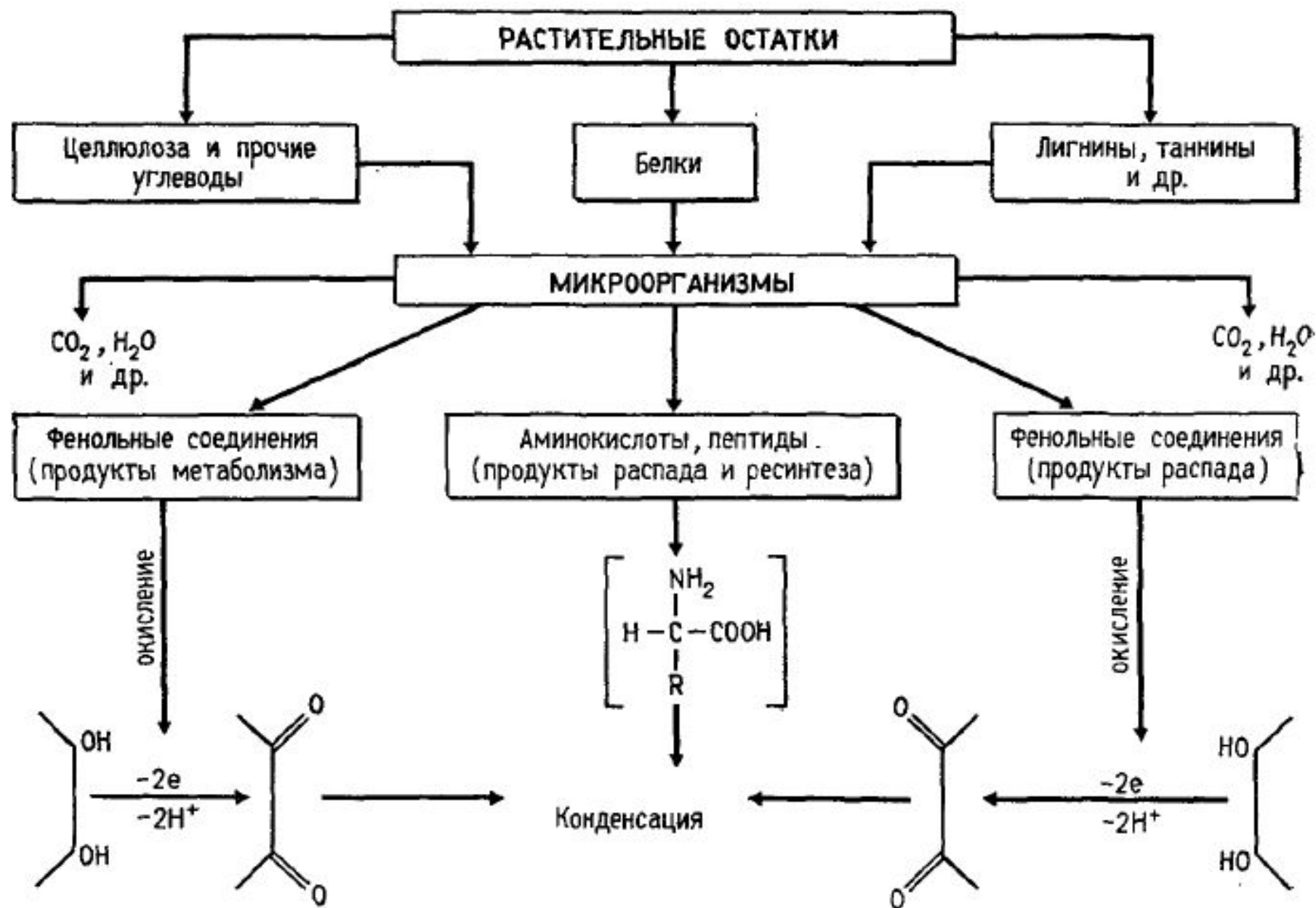


Рис. 53. Схема процесса гумификации (по Кононовой)

По М. М. Кононовой, процесс гумификации протекает в **две стадии**.

Сначала происходит распад органических остатков до мономеров, а затем уже происходят их конденсация и полимеризация, ведущая к образованию гуминовых кислот.

По схеме М. М. Кононовой **источниками структурных единиц** для формирования гумусовых кислот могут быть практически все компоненты растительных тканей и продукты метаболизма микроорганизмов

**Заключительное звено гумификации — реакция поликонденсации (или полимеризации)**

образовавшихся прогуминовых веществ с образованием высокомолекулярных соединений.

**Конденсация** протекает в условиях биокатализа, который осуществляется при участии **фенолоксидаз**

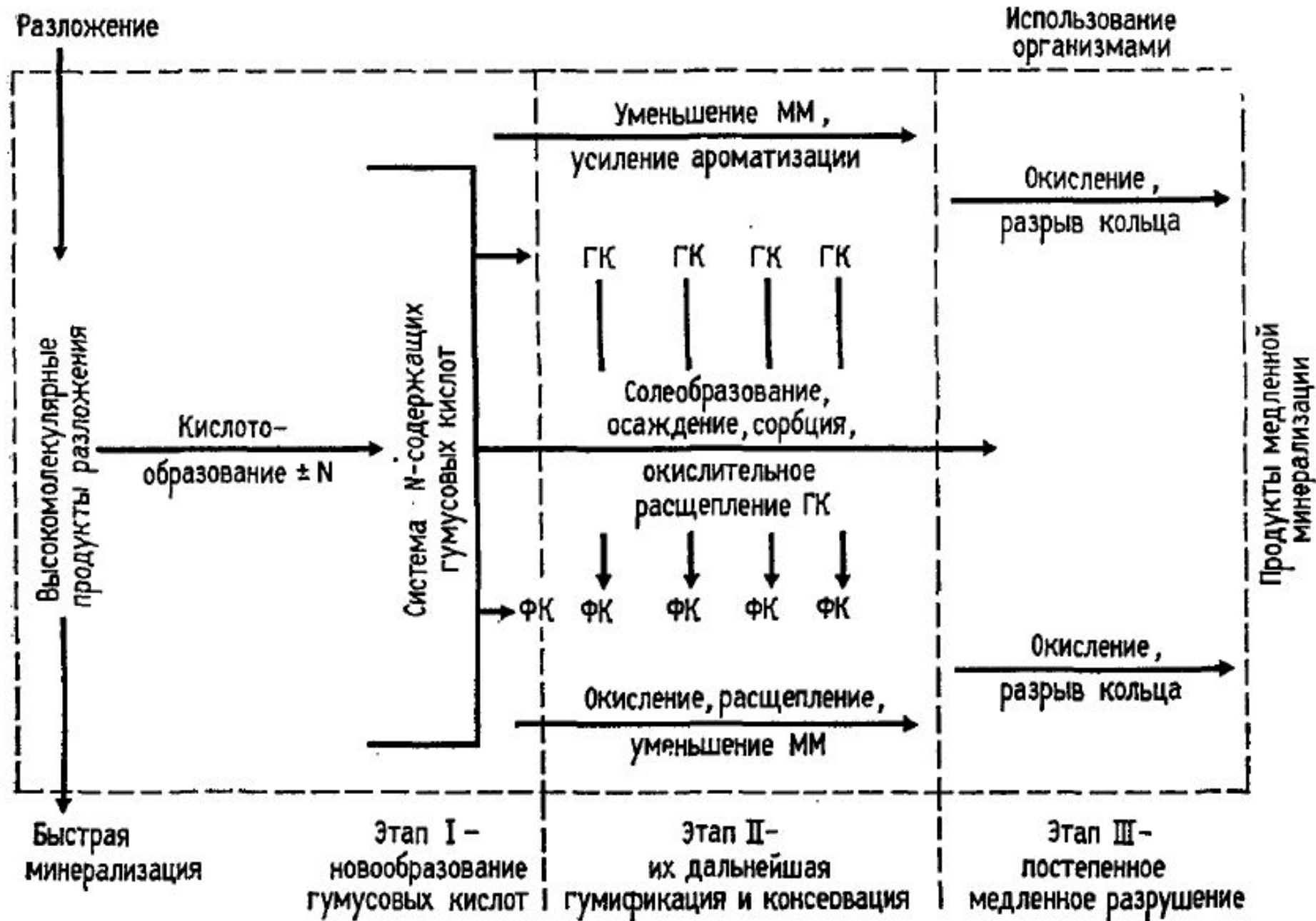


Рис. 54. Схема процесса гумификации (по Александровой)



**Гипотеза гумификации, предложенная Л.Н. Александровой, включает три основных этапа процесса.**

- 1) новообразование гумусовых кислот;
- 2) их дальнейшая гумификация и консервация;
- 3) постепенное медленное разрушение гумусовых кислот.

**Первый элементарный процесс** новообразования гуминовых кислот заключается в окислительном кислотообразовании. Окисление происходит с участием оксидаз и осуществляется в несколько этапов:

С СОН СНО СООН.

**Вторым элементарным звеном гумификации** является формирование азотистой части молекул гумусовых кислот.

**Оба пути гумификации возможны и реально сосуществуют.** Преобладание одного из них, по Д. С. Орлову, зависит от условий почвообразования.

**Термодинамически (или биотермодинамически) процесс гумификации всегда имеет одно принципиальное направление, а именно отбор устойчивых продуктов, независимо от факторов почвообразования и типа почвы. Поэтому гумификация — явление глобальное, а гумусовые вещества всех почв имеют общий принцип строения.**

**Глубина гумификации — это степень преобразования органических остатков в гумусовые вещества. Глубина гумификации увеличивается по мере накопления гуминовых кислот и нарастания их «зрелости».**

**Глубину гумификации можно выразить уравнением:**

$$H=f(Q,I,t),$$

где  $Q$  — общий объем ежегодно поступающих в почву и подвергающихся гумификации растительных остатков;

$I$  — интенсивность их трансформации, зависящая от скоростей отдельных стадий процесса и, вероятно, пропорциональная биохимической активности почв,

$t$  — время воздействия почвы на поступившие остатки, близкое к длительности вегетационного периода.

$H \cong C_{ГК} : C_{ФК}$ 

ПБА, дни

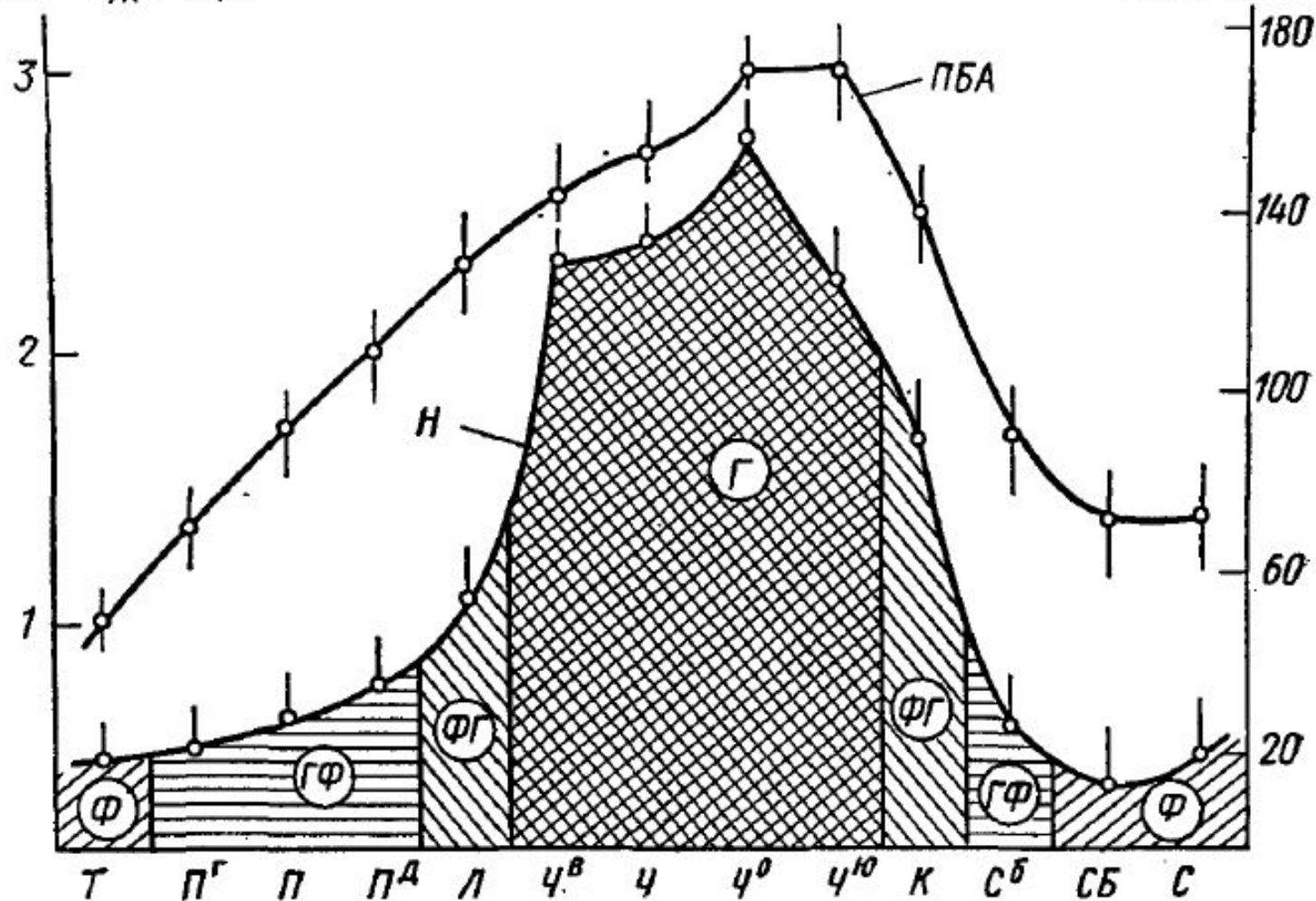


Рис. 55. Гумусное состояние почв зонально-генетического ряда.

Типы гумуса: Ф — фульватный, ГФ — гуматно-фульватный, ФГ — фульватно-гуматный, Г — гуматный

Почвы: Т — тундровые, Пг — глее-подзолистые, П — подзолистые, Пд — дерново-подзолистые, Л — серые лесные, Чв — черноземы выщелоченные, Ч — черноземы типичные, Чо — черноземы обыкновенные, Чю — черноземы южные, К — каштановые, Сб — бурые полупустынные, Сб — серо-бурые, С — сероземы

Скорость формирования гумусового горизонта  
почв Русской равнины  
(по А. Н. Геннадиеву и др., 1987)

Группа почв	Скорость, мм / год
Горно-луговые, горные лесо-луговые	0,80 — 1,00
Торфяно-глеевые, болотно-подзолистые	0,50 — 0,80
Дерново-карбонатные, оподзоленные	0,45 — 0,50
Черноземы оподзоленные, типичные	0,40 — 0,45
Серые лесные, черноземы обыкновенные	0,35 — 0,40
Черноземы южные, темно-каштановые, дерново-подзолистые	0,20 — 0,30
Подзолы и типичные подзолистые	0,10 — 0,20
Солонцы, светло-каштановые	

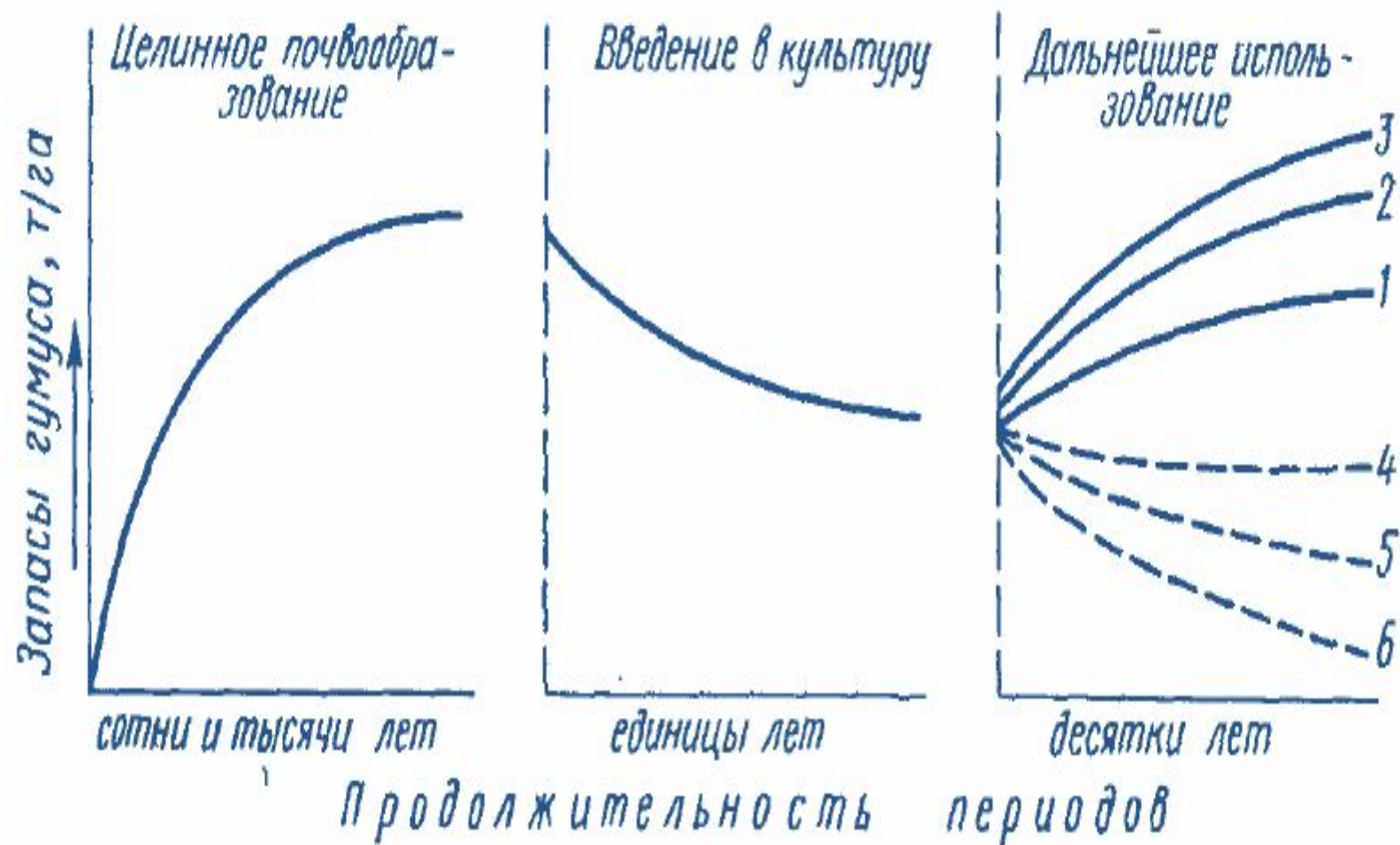


Рис. 32. Схема изменения запасов гумуса при целинном почвообразовании и в агроценозах:

1—3 — при внесении возрастающих доз органических удобрений и почвозащитных системах земледелия; 4—6 — при различных уровнях дефицитного баланса органического вещества

**Спасибо за внимание**