

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА**

МАМОНТОВ В.Г., ЕФИМОВ О.Е., КАМЕННЫХ Н.Л.

**ОСОБЕННОСТИ
ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ
ЦЕЛИННЫХ И ПАХОТНЫХ ПОЧВ
ЗОНАЛЬНОГО РЯДА**

Учебное пособие

Москва 2023

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА**

МАМОНТОВ В.Г. ЕФИМОВ О.Е. КАМЕННЫХ Н.Л.

**ОСОБЕННОСТИ
ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ
ЦЕЛИННЫХ И ПАХОТНЫХ ПОЧВ
ЗОНАЛЬНОГО РЯДА**

Учебное пособие

Электронное учебное пособие содержит сведения, необходимые для формирования профессиональных компетенций при подготовке магистров по направлению 35.04.03 «Агрохимия и агропочвоведение» и рекомендовано

Научно-методическим советом по сельскому хозяйству

для использования в учебном процессе

УДК 631.4

ББК 40.3

М 22

Рецензенты:

Когут Б.М., д-р сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева»;

Савич В.И., д-р сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А.Тимирязева».

Мамонтов, В.Г. Особенности гумусового состояния целинных и пахотных почв зонального ряда: электронное учебное пособие/ В.Г. Мамонтов, О. Е. Ефимов, Н.Л. Каменных – Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А.Тимирязева: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, 2023 - 67 с. –

Текст: электронный.

В учебном пособии изложены сведения о фракционно-групповом составе гумуса и системе показателей гумусового состояния почв. В зональном аспекте рассмотрено влияние элементарных почвенных процессов на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов. Изложены сведения об изменении условий гумусообразования при переводе почв естественных фитоценозов в агроценозы. Дано представление об общих закономерностях изменения состава гумуса основных типов почв, при трансформации естественных фитоценозов в агроценозы.

Предназначено для магистров, обучающихся по направлению подготовки 35.04.03 «Агрохимия и агропочвоведение»

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Табл. 17. Библиогр.:7

Содержание

Введение.....	6
1. Групповой и фракционный состав гумуса.....	7
2. Система показателей гумусового состояния почвы.....	10
3. Влияние элементарных почвенных процессов на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов.....	19
3.1. Дерновый (гумусоаккумулятивный) процесс и его влияние на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов.....	21
3.2. Процесс оподзоливания и его влияние на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов.....	25
3.3. Процесс оглеения и его влияние на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов.....	27
3.4. Солонцовый процесс и его влияние на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов.....	30
3.5. Солончаковый процесс и его влияние на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов.....	31
3.6. Процесс осолодения и его влияние на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов.....	33
4. Изменение условий гумусообразования при трансформации естественных фитоценозов в агроценозы.....	36
4.1. Влияние сельскохозяйственных культур на режим органического вещества.....	37
4.2. Чистый пар и органическое вещество почвы.....	39
4.3. Влияние механической обработки на режим органического вещества.....	40
	42
	44

4.4. Влияние органических и минеральных удобрений на органическое	45
вещество почв.....	48
5. Изменение состава гумуса в почвах разных зон при трансформации	49
естественных фитоценозов в агроценозы.....	54
5.1. Почвы таежно-лесной зоны.....	56
5.2. Серые лесные почвы.....	58
5.3. Черноземы.....	67
5.4. Каштановые почвы.....	
5.5. Солонцы.....	
Глоссарий.....	
Библиографический список.....	

Введение

Любая почва содержит то или иное количество разнообразных органических веществ, продуцентами которых являются населяющие ее живые организмы.

Вся совокупность органических компонентов в пределах почвенного профиля называется органическим веществом почвы. Это общее понятие объединяет все органические вещества почвы, за исключением тех, которые входят в состав живой биомассы (эдафона). Эдафон включает живые корни растений, микроорганизмы и почвенную фауну, на его долю приходится 2-15 % от общего содержания органического вещества почвы.

Аккумуляция органического вещества в верхних горизонтах почвенного профиля, а в его составе – специфических гумусовых веществ является важнейшей отличительной чертой почвообразовательного процесса. Именно гумусовые вещества придают почвам своеобразный облик и свойства, отличающие их от других природных тел.

Симптоматично, что при сопоставлении органического вещества почв разных зон между ним обнаруживаются как общие черты, так и существенные отличия. Общность состава и основных свойств органического вещества в почвах зональных объектов обусловлена сходным химизмом предшественников, которыми выступают растения, микроорганизмы и животные, а различия – особенностями экологических условий, при которых осуществляется разложение биомассы и стабилизация продуктов трансформации.

Так как органическое вещество почвы состоит из множества индивидуальных соединений, присущих органическому миру, в целом оно демонстрирует признаки эмерджентной системы, проявляя новые свойства, которых не было у органических соединений по отдельности.

В форме органических и органо-минеральных соединений в почве аккумулируются огромные запасы элементов питания. В составе органо-минеральных соединений осуществляется миграция многих химических

элементов не только в пределах почвенного профиля, но и за его толщу в лито- и гидросферу. Органическое вещество почвы и его важнейший компонент – гумус являются не только запасными источниками всех элементов питания растений, но и регуляторами важнейших физико-химических и биологических свойств почвы, обуславливают ее водно-воздушный и питательный режим.

В настоящее время все большее значение приобретают не только теоретические, но и прикладные проблемы органического вещества почвы, и задача регулирования гумусового состояния почвы становится такой же важной, как и оптимизация реакции среды и водного режима почв Нечерноземной зоны или же мелиорация солонцовых и засоленных почв.

В связи с усиливающимся в последние годы «парниковым эффектом» глобальное значение приобретает проблема «почвенной секвестрации углерода» что подразумевает перевод атмосферного углерода в органическое вещество наземных экосистем и долговременное его сохранение в резервуаре органического вещества почвы с минимальным риском немедленного возврата в атмосферу.

1. Групповой и фракционный состав гумуса

Важнейшей частью органического вещества почвы является гумус, на долю которого в большинстве минеральных почв приходится до 90-99 % от общего содержания органического вещества. Гумус состоит из большого числа компонентов как специфической, так и неспецифической природы, различающихся между собой составом, свойствами, размером молекул, подвижностью в почвенном профиле и ролью в почвообразовании.

Состав гумуса характеризуется количественным соотношением групп и фракций формирующих его основных компонентов. Важнейшие группы веществ, которые выделяются при анализе качественного состава гумуса, представлены гуминовыми кислотами, фульвокислотами и гумином.

Групповой состав гумуса является функцией биохимической активности почвы и отражает специфику процесса гумификации в почвах разных типов. В зависимости от количественного соотношения

группы гуминовых кислот и группы фульвокислот устанавливается тип гумуса почвы:

гуматный – $C_{ГК} : C_{ФК} > 2$

фульватно–гуматный – $C_{ГК} : C_{ФК} = 1 - 2$

гуматно–фульватный – $C_{ГК} : C_{ФК} = 0,5 - 0,99$

фульватный – $C_{ГК} : C_{ФК} < 0,5$

Фракционный состав характеризует распределение веществ, входящих в те или иные группы почвенного гумуса, по формам их связи с минеральными компонентами почвы.

В группе гуминовых кислот выделяют следующие фракции:

Фракция 1 – ГК, свободные и связанные с подвижными R_2O_3 .

Фракция 2 – ГК, связанные преимущественно с кальцием.

Фракция 3 – ГК, связанные с окристаллизованными R_2O_3 и

глинистыми минералами.

Фульвокислоты в почве представлены следующими фракциями:

Фракция 1^а – ФК, свободные и связанные с подвижными R_2O_3 . Это так называемая "агрессивная" фракция фульвокислот.

Фракция 1 – ФК, связанные в почве с фракцией 1 гуминовых кислот.

Фракция 2 – ФК, связанные в почве с фракцией 2 гуминовых кислот

Фракция 3 – ФК, связанные в почве с фракцией 3 гуминовых кислот.

Состав гумуса почв разных типов почв весьма специфичен, что обусловлено условиями и характером почвообразовательного процесса (табл. 1).

Таблица 1. Групповой и фракционный состав гумуса почв некоторых типов (% от общего углерода почвы)

Горизонт	Глубина, см	Общий гумус, %	Фракции гуминовых кислот				Фракции фульвокислот					Гумин	$\frac{C_{ГК}}{C_{ФК}}$
			1	2	3	сумма	1 ^а	1	2	3	сумма		
Дерново-подзолистая почва													
A ₁	5-10	2,93	20,4	0	7,5	27,9	6,6	14,5	9,4	8,4	38,9	33,2	0,72
Чернозем типичный													

A _{пах}	0-10	10,1	4,2	33,8	8,3	46,3	2,4	2,9	8,9	6,2	20,4	33,3	2,27
Каштановая почва													
A _{пах}	0-23	2,60	2,8	23,5	8,9	35,2	2,8	11,6	8,2	2,8	25,4	39,4	1,39
Солонец каштановый степной средний													
A ₁	0-12	1,81	3,8	15,2	7,6	26,6	3,0	10,3	2,9	9,5	25,7	47,7	1,04

Наиболее благоприятные условия для гумусообразования складываются в черноземной зоне. Черноземы характеризуются большой мощностью гумусового слоя и высоким содержанием гумуса, в составе которого резко доминируют гуминовые кислоты, представленные преимущественно гуматами кальция (2 фракция). К северу и югу от черноземной зоны условия для гумусообразования ухудшаются.

При движении на юг нарастает засушливость климата, изменяется качественный состав растительных группировок, в почвообразовательном процессе активизируется участие легкорастворимых солей. В результате в почвах снижается мощность гумусового слоя, содержание общего гумуса и количество гуминовых кислот в его составе, хотя среди них по-прежнему доминируют гуматы кальция (каштановая почва). Особенно заметная фульватизация гумуса наблюдается в солонцах, как следствие высокого содержания обменного натрия, щелочной реакции среды и избытка легкорастворимых солей.

Отрицательное влияние засоления на процесс гумификации наиболее ярко проявляется в солончаках, которые содержат большое количество водорастворимых солей (1,5-3% и более) и характеризуются гуматно-фульватным или фульватным составом гумуса.

Севернее черноземной зоны условия для гумификации также ухудшаются. По мере увеличения влажности климата и уменьшения суммы активных температур изменяется состав растительных группировок, среди которых начинают доминировать хвойные породы деревьев. Кроме того, интенсифицируется промачивание почвы атмосферными осадками, что ведет к выносу оснований. В таких условиях формируются почвы с кислой реакцией

среды (подзолистые, дерново-подзолистые). Они содержат мало гумуса, сосредоточенного в небольшом по мощности слое, в составе которого заметную роль играют фульвокислоты. Причем среди фульвокислот высока доля подвижной и "агрессивной" фракций (фракции 1 и 1^а). Гуматы кальция (фракция 2) занимают подчиненное положение и могут отсутствовать вообще.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие группы веществ выделяют в составе гумуса?
2. Что отражает групповой состав гумуса?
3. По какому показателю устанавливается тип гумуса почвы?
4. Что характеризует фракционный состав гумуса?
5. Какие фракции выделяют в группе гуминовых кислот?
6. Какие фракции выделяют в группе фульвокислот?
7. Какая группа веществ, входящая в состав гумуса, не подразделяется на фракции?
8. Что характерно для гумусового состояния почв черноземной зоны?
9. Чем обусловлено ухудшение состава гумуса в сухостепной зоне?
10. Какие особенности характерны для состава гумуса почв таежно-лесной зоны?

2. Система показателей гумусового состояния почвы

При анализе химического состава почвы определяют большой набор показателей, позволяющих получить разностороннюю характеристику всей совокупности веществ, формирующих ее органическую часть. Для обобщенной характеристики органического вещества почвы и унификации диагностических критериев Л.А. Гришина и Д.С. Орлов (1978) предложили использовать систему показателей гумусового состояния почвы, которая в последующем неоднократно усовершенствовалась и в настоящее время приобрела следующий вид (табл. 2).

Таблица 2. Показатели гумусового состояния почв (Л.А. Гришина, Д.С. Орлов, 1978; Д.С. Орлов и др., 2004)

Показатель, единицы измерения	Уровень, характер проявления	Пределы величин
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
Мощность гумусового горизонта, см	Очень маломощный	0-5
	Маломощный	0-10
	Слабо-среднемощный	0-15
	Среднемощный	0-20
	Средне типичный	0-30
	Типичный	0-40
	Типичный мощный	0-50
	Высоко мощный	0-60
	Глубокий	0-70
Сверхмощный	0-80 и более	
Содержание гумуса в генетических горизонтах почвенного профиля, %	Сверхвысокое	>20
	Очень высокое	12-20
	Высокое	8-12
	Среднее	6-8
	Ниже среднего	4-6
	Низкое	2-4
	Малое	1-2
Очень малое	<1	
Запасы гумуса в почвенном слое (0-100 см), т/га*	Сверхвысокие	>1000
	Очень высокие	600-1000
	Высокие	400-600
	Выше среднего	300-400
	Средние	200-300
	Низкие	100-200
Очень низкие	<100	
Распределение гумуса по профилю	Резко убывающее	-
	Постепенно убывающее	-
	Медленно убывающее	-
	Равномерное	-
	Медленно нарастающее	-
	Бимодальное	-
Полимодальное	-	
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. $S_{гк}/C_{общ} \cdot 100\%$	Сверхвысокая Очень высокая Высокая Средняя Слабая Очень слабая Сверхслабая	>50 40-50 30-40 20-30 10-20 5-10 0-5
Тип гумуса, Сгк : Сфк	Чисто гуматный Гуматный Фульватно-гуматный Гуматно-фульватный Фульватный Очень фульватный Чисто фульватный	>2,0 1,5-2,0 1,0-1,5 0,75-1,0 0,5-0,75 0,25-0,5 <0,25
Содержание "свободных" гуминовых кислот, % к сумме ГК	Очень высокое Высокое Среднее Низкое Очень низкое Крайне низкое	>80 60-80 40-60 20-40 10-20 0-10
Содержание гуминовых кислот, связанных с Ca^{2+} , % к сумме ГК	Очень высокое Высокое Среднее Низкое Очень низкое Крайне низкое	>80 60-80 40-60 20-40 10-20 0-10
Содержание прочно связанных гуминовых кислот, % к сумме ГК	Высокое Среднее Низкое	>20 10-20 <10
Содержание гумина (негидролизуемого остатка), % к $C_{общ}$	Высокое Среднее Низкое	>60 40-60 <40
Оптическая плотность гуминовых кислот. $E_{465nm,1cm}^{0,001\%гк}$	Сверх высокая Очень высокая Высокая Средняя Низкая Очень низкая Крайне низкая	>0,25 0,20-0,25 0,15-0,20 0,10-0,15 0,05-0,10 0,02-0,05 <0,02
Содержание водорастворимых органических веществ ($C_{вод}$), % от $C_{общ}$	Сверхвысокое Очень высокое Высокое Выше среднего Среднее Низкое Очень низкое	>5,0 2,0-5,0 1,0-2,0 0,5-1,0 0,2-0,5 0,1-0,2 <0,1
Содержание липидов ($C_{л}$), % от $C_{общ}$	Сверхвысокое Очень высокое Высокое	>20 15-20 10-15

	Среднее Низкое Очень низкое	5-10 2-5 <2
Содержание фракции ФК-1 ^а (Сфк-1 ^а), от С _{общ}	Сверхвысокое Очень высокое Высокое Среднее Низкое Очень низкое	>50 25-50 15-25 5-15 2-5 <2
Степень бензоидности α, % $\alpha = \frac{C_{бенз}}{C_{бенз} + C_{ал}} \cdot 100$	Наивысшая Очень высокая Высокая Средняя Низкая Очень низкая	>45 35-45 25-35 15-25 10-15 <10
Показатель гумификации $ПГТ = C_{гк} \cdot E_{465nm,1cm}^{0,001\%C}$	Очень высокая Высокая Средняя Низкая Очень низкая	3,5-4,5 2,5-3,5 1,5-2,5 0,5-1,5 <0,5
рН водной вытяжки	Очень сильнощелочная Сильнощелочная Щелочная Слабощелочная Нейтральная Слабокислая Кислая Сильнокислая Очень сильнокислая	>10,6 9,6-10,5 8,1-9,5 7,1-8,0 7,0 5,6-6,9 3,6-5,5 2,1-3,5 <2,0
ПБА, дни	Очень длительный Длительный Продолжительный Средней продолжительности Непродолжительный Короткий Очень короткий Неустойчивый	>170 150-170 130-150 110-130 90-110 60-90 40-60 <40

Более половины показателей, приведенных в таблице 2, получают на основании анализа группового и фракционного состава гумуса. Сюда относятся такие важнейшие характеристики гумусового состояния почв, как содержание и тип гумуса, степень гумификации органического вещества, содержание фракций гуминовых кислот и гумина, содержание фракции ФК-1^а. Для получения других показателей требуется проведение специальных исследований.

Использование системы показателей гумусового состояния позволяет получить целостную и объективную картину об особенностях органической части почвы и характере ее трансформации под влиянием природных или антропогенных факторов.

Следует отметить, что ряд показателей, присущих целинным почвам, не встречаются в почвах, вовлеченных в сельскохозяйственный оборот. В частности, это касается лесной подстилки, которая присуща только почвам, формирующимся под древесной растительностью.

Так, мощная и очень мощная лесная подстилка характерна для подзолистых почв, развитых под хвойными лесами северной тайги. Средняя мощность подстилки обычна для дерново-подзолистых почв смешанных лесов, маломощная – для почв мелколиственных и широколиственных лесов.

Во многих случаях первым показателем при характеристике любых минеральных почв должна быть мощность гумусового слоя, которая в целинных почвах варьирует от 1-5 см на начальных стадиях почвообразования и в типичных подзолистых почвах до 100 см и более в черноземах.

Важным следствием почвообразовательного процесса является содержание гумуса и характер его распределения по почвенному профилю. Так, черноземам свойственно высокое содержание гумуса и его постепенное уменьшение с глубиной. Дерново-подзолистые почвы характеризуются низким содержанием гумуса, количество которого с глубиной резко падает. Бимодальное распределение гумуса, то есть наличие двух максимумов в его содержании, один из которых приурочен к гумусовому горизонту, а второй находится на той или иной глубине почвенного профиля, свидетельствует об иллювиировании гумуса или о реликтовой природе второго гумусового горизонта.

Обогащенность гумуса азотом, характеризуемая величиной отношения $C:N$, служит практически значимым показателем, поскольку гумус является важным источником азота для живых организмов. Также этот показатель

можно использовать для характеристики резервов азота и степени гумификации органического вещества.

Тип гумуса оценивается по отношению углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот ($C_{гк} : C_{фк}$). Границей раздела типов гумуса условно принято отношение $C_{гк} : C_{фк}$, равное единице. Величинами больше единицы характеризуется гуматный тип, который подразделяется на собственно гуматный ($C_{гк} : C_{фк} > 2$) и фульватно-гуматный ($C_{гк} : C_{фк}$ в пределах 1-2). Таков гумус черноземов, темно-каштановых почв, темно-серых лесных и некоторых дерновых почв. При фульватном типе гумуса, подразделяющемся на гуматно-фульватный и собственно фульватный величина отношения $C_{гк} : C_{фк} < 1$. Такой тип гумуса свойственен подзолистым и дерново-подзолистым почвам, светло-серым лесным, светло-каштановым, бурым почвам, сероземам.

Содержание различных фракции гумусовых кислот дает представление о характере их связи с минеральной частью почвы и активности в почвенном профиле. При высоком содержании свободных гумусовых кислот (фракции 1), как правило, очень незначительное их количество связано с кальцием (фракции 2). На основании этого можно выделить почвы, где гуматы кальция играют большую роль в формировании мощных гумусоаккумулятивных горизонтов (чёрноземы, темно-каштановые почвы) и почвы, где велика роль подвижных гумусовых веществ в трансформации их минеральной части (подзолистые, дерново-подзолистые, светло-серые лесные почвы).

В систему показателей гумусового состояния почв может входить гумин, под которым понимают то количество гумусовых веществ, которое не удалось экстрагировать из почвы в ходе фракционно-группового анализа гумуса. В какой-то мере он может характеризовать прочность закрепления гумусовых веществ минеральными компонентами почвы. Однако следует отметить, что в состав гумина могут входить не только специфические гумусовые кислоты, но и ряд неспецифических органических веществ, таких, например, как хитин и

измельченные до коллоидных размеров растительные остатки. Поэтому использовать этот показатель нужно с определенной долей условности.

Весьма существенным показателем является оптическая плотность гуминовых кислот. Это объективный показатель, который может служить как диагностическим, так и контролирующим признаком. При сравнительной характеристике с его помощью можно получить определенное представление о структурных особенностях гуминовых кислот.

В системе показателей гумусового состояния почв отражается и содержание неспецифических органических веществ, на долю которых может приходиться до 20 % суммарного органического вещества почвы. К их числу относятся водорастворимые органические вещества ($C_{\text{вод}}$), куда входят низкомолекулярные органические кислоты, аминокислоты, белки, полипептиды и почвенные липиды ($C_{\text{л}}$). Содержание липидов в верхних горизонтах автоморфных почв, как правило, бывает не более 3-6 % от $C_{\text{общ}}$. Однако они могут в ряде случаев служить индикатором интенсивности биохимических процессов в почвах.

Обобщенной характеристикой неспецифических органических веществ служит содержание фракции ФК-1^a ($C_{\text{фк-1}^a}$) куда наряду с водорастворимыми органическими веществами и почвенными липидами входят и низкомолекулярные продукты гидролиза гуминовых веществ, растворяющиеся при декальцинировании почвы 0,1 н. раствором H_2SO_4 . Содержание этой фракции в зависимости от типа почвы и условий почвообразования колеблется в широких пределах: от 1-5 % в черноземах до 10-12 % в дерново-подзолистых почвах и 20-50 % в иллювиально-гумусовых подзолах. Использование этих показателей для интерпретации гумусового состояния почв как по почвенному профилю, так и при проведении региональных исследований даст возможность выявить или подтвердить некоторые особенности гумусообразования.

В качестве дополнительного показателя, характеризующего свойства гуминовых кислот, в систему показателей гумусового состояния почв входит степень их бензоидности. Она отражает соотношение ароматических и

алифатических компонентов в молекуле гуминовой кислоты. Считается, что степень бензоидности гуминовых кислот различных почв характеризует особенности их строения, отражает условия гумусообразования и влияния мелиоративных мероприятий.

В качестве показателя, характеризующего глубину гумификации гумуса и более полной ее оценки, предложен показатель гумификации ПГТ. Этот показатель учитывает как количественную сторону процесса гумификации и степень превращения органических остатков в гумусовые вещества (Сгк), так и качественную сторону этого процесса, процесса «химического созревания» и формирования самих гумусовых веществ (Е-величины гуминовых кислот).

Как дополнительный показатель в системе фигурирует величина рН водной вытяжки, поскольку уровни рН чрезвычайно важны, особенно в почвах, подвергнутых антропогенному воздействию. В частности, при известковании дерново-подзолистых почв величина рН может перейти из кислой области в нейтральную и даже в слабощелочную область. Это повлечет за собой накопление в пахотных почвах гумусовых веществ преимущественно гуматного характера, тогда как для целинных дерново-подзолистых почв характерно отчетливое преобладание в составе гумуса фульвокислот.

Под продолжительностью периода биологической активности почв (ПБА) понимается период на протяжении календарного года, когда создаются благоприятные условия для нормальной вегетации растений и жизнедеятельности почвенной биоты. ПБА определяют как продолжительность периода с температурами выше +10 °С (вегетационный период) при условии, что запас продуктивной влаги в почве в течение этого периода составляет не менее 1 %.

Величины ПБА прямо учитывают время, в течение которого происходит гумификация растительных остатков. В скрытой форме они отражают количество поступающих в почву растительных остатков и уровень интенсивности биохимических процессов. ПБА тесно коррелирует со всеми показателями гумусового состояния почв зонального ряда умеренного пояса. С

его помощью можно не только объяснить, но и раскрыть причины и механизмы образования гумуса различного качественного состава.

Применение системы показателей гумусового состояния почв в генетических исследованиях позволяет получить объективную и углубленную характеристику органической части почв разных типов и выявить существующие между ними принципиальные различия.

Однако при этом следует отметить, что наиболее рельефные различия обнаруживаются в том случае, когда с помощью системы показателей гумусового состояния сопоставляются почвы, существенно различающиеся по условиям почвообразования, например, черноземы и сероземы или черноземы и дерново-подзолистые почвы.

Высокая биологическая активность черноземов, нейтральная реакция среды, отсутствие сквозного промачивания и достаточно длительный вегетационный период способствуют формированию гуматного гумуса и конденсированных гуминовых кислот с высокой оптической плотностью. Неспецифические органические вещества, фульвокислоты, периферическая часть гуминовых кислот в черноземах быстрее минерализуются и вовлекаются в процессы трансформации, чем в других почвах.

В почвах таежно-лесной зоны интенсивность биохимических процессов ограничена невысокими температурами, кислой реакцией, наличием токсичных соединений алюминия и марганца.

В почвах аридных областей из-за дефицита влаги резко сокращается период трансформации органических остатков и продуктов их разложения. Кроме того, негативное влияние на процесс гумусообразования оказывает карбонатность, засоление и солонцеватость почв. Поэтому в почвах аридных регионов и особенно в почвах таежно-лесной зоны в составе гумуса возрастает доля фульвокислот, обнаруживается довольно много неспецифических органических соединений, а гуминовые кислоты содержат меньше углерода, но больше азота. Наряду с этим в составе их молекул возрастает доля периферических алифатических цепей.

Менее наглядная картина получается при сравнительной характеристике почв, формирующихся в сходных природных условиях. В этом случае, различия, обнаруживающиеся между почвами, могут и не выходить за количественные границы уровня того или иного признака.

Однако в целом система показателей гумусового состояния почв применительно к генетическим исследованиям оказывается весьма полезной и довольно информативной.

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего используется система показателей гумусового состояния почв?
2. Каким образом может распределяться гумус по почвенному профилю?
3. На основании чего оценивают обогащенность гумуса азотом?
4. Каким образом характеризуют степень гумификации органического вещества почвы?
5. какие градации используют при оценке типа гумуса почвы?
6. Как характеризуют прочность связи гуминовых кислот с минеральной частью почвы?
7. О чем дает представление показатель ПГТ?
8. Какую информацию получают с помощью показателя, характеризующего степень бензоидности гуминовых кислот?
9. С какой целью в систему показателей гумусового состояния почв включена величина рН водной вытяжки?
10. Что характеризует показатель ПБА?

3. Влияние элементарных почвенных процессов на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов

При формировании почвенного профиля совокупность элементарных почвенных процессов, свойственная тому или иному типу почвообразования, отражается на режиме, составе и свойствах органических веществ почвы, а при господствующей роли какого-либо процесса в формировании почвы

обуславливает важные черты превращения органического вещества (интенсивность минерализации и гумификации, условия закрепления и состав гумуса).

В автоморфных почвах превращение органических веществ, в первую очередь растительных остатков, обусловлено процессом разложения. Он протекает с разной интенсивностью, что определяется гидротермическими условиями территории и сопровождается в той или иной степени выраженными процессами минерализации и гумификации. Содержание и состав образующихся гумусовых веществ будут непосредственно зависеть от факторов гумификации: климатических условий, масштабов растительных остатков, ежегодно поступающих в почву, их химического состава и характера локализации, реакции среды, состава обменных катионов, гранулометрического и минералогического состава почвы, условий аэрации и окислительно-восстановительного потенциала, наличия карбонатов и легкорастворимых солей.

Так, в почвах черноземного типа, в генезисе которых ведущая роль принадлежит гумусоаккумулятивному процессу, свойственное ему сочетание факторов гумификации способствует формированию мощного гумусового слоя с гуматным или фульватно-гуматным типом гумуса и значительным накоплением легкоразлагаемых органических веществ. В составе гумуса ведущую роль играют гуматы кальция.

В гидроморфных почвах при устойчивом грунтовом или поверхностном переувлажнении процесс разложения растительных остатков тормозится. Происходит ярко выраженная консервация неразложившихся и полуразложившихся растительных остатков, накапливающихся в виде органогенных торфяных горизонтов, и постоянное образование водорастворимых органических веществ. В наиболее яркой форме это проявляется в болотных почвах.

При оценке роли отдельных процессов в превращениях органических веществ в пахотных почвах важно принять во внимание два положения:

первое: гумусовая часть органического вещества целинных почв, сформировавшихся при участии того или иного процесса (или совокупности процессов), сохраняет на длительный период свой состав и свойства при последующем сельскохозяйственном использовании, и второе: конкретные процессы могут проявляться в пахотных почвах в форме остаточных явлений или как вторичные при изменении условий почвообразования или использования почв (вторичное засоление и заболачивание и др.).

3.1. Дерновый (гумусоаккумулятивный) процесс и его влияние на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов.

Почвообразовательный процесс, протекающий под воздействием травянистой растительности, приводящий к формированию почв с хорошо развитым гумусовым горизонтом, называется дерновым процессом. Наиболее существенная его особенность – накопление гумуса, питательных веществ и создание водоустойчивой структуры в верхнем горизонте почвы. Особенно благоприятно дерновый процесс развивается под луговой и лугово-степной травянистой растительностью. С развитием дернового процесса связано формирование дерновых почв таежно-лесной зоны, серых лесных, черноземов, каштановых, дерновых аллювиальных, луговых глеевых и др.

Академик В.А. Ковда отмечал следующие особенности травянистых растений, определяющих их специфическое влияние на развитие почвообразовательного процесса.

1. Интенсивный биологический круговорот веществ, обусловленный коротким жизненным циклом травянистых растений (1-3 года) и благоприятным химическим составом растительного опада, которых характеризуется высокой зольностью (3-13 %) и повышенным содержанием азота.

2. Значительная доля корней (ризомассы) от всей фитомассы. Она чаще всего равна надземной массе или преобладает над ней. На лугах и луговых степях корни превышают надземную массу на 200-300 %, в типичных степях на 400-500 %, а в сухих степях на 600-1000 %. Соответственно усиливается и

почвообразующий эффект корней, которые являются важнейшим источником образования гумуса.

3. Высокая степень разветвления корневых систем (до 800-900 м и более при сплошном стоянии растений) и особенно корневых волосков обуславливает активное развитие биохимических и микробиологических процессов в зоне их распространения.

4. Преимущественное поступление органических остатков непосредственно в почву и их разложение в условиях тесного контакта с ее минеральными соединениями благоприятствует процессам гумификации и закреплению образующихся гумусовых веществ.

Благодаря этим особенностям травянистых растений в верхних горизонтах почвы вместе с аккумуляцией гумуса увеличивается содержание питательных веществ, улучшаются физико-химические и физические свойства, активизируются микробиологические процессы и в конечном итоге формируются плодородные почвы. Интенсивность проявления дернового процесса определяется биологической продуктивностью травянистых растений, т. е. количеством и качеством синтезированного органического вещества, ежегодным опадом (надземной и корневой массы) и комплексом условий, от которых зависят образование и накопление гумуса (факторов гумификации).

Почвы с активным проявлением дернового процесса имеют следующие общие признаки и свойства: хорошо выраженный гумусовый горизонт комковато-зернистой структуры, отсутствие или слабую выраженность оподзоленности, высокое содержание гумуса (от 3-4 до 12-15 % и более), высокую емкость поглощения, слабокислую, нейтральную или слабощелочную реакцию среды, повышенный валовой запас азота и зольных элементов питания растений.

Особенно интенсивно дерновый процесс протекает в черноземной зоне и его часто называют гумусоаккумулятивный процесс. В.В. Докучаев рассматривал образование черноземов как результат аккумуляции в породе

гумуса «...от согнивания травянистой степной, а не лесной растительности как результат тесного взаимодействия климата, возраста страны, растительности, рельефа местности и материнских пород». По мнению В.Р. Вильямса формирование черноземов является результатом развития дернового процесса под луговыми степями черноземной зоны.

По современным представлениям, ведущим процессом при формировании черноземов, является гумусоаккумулятивный процесс, обуславливающий развитие мощного гумусоаккумулятивного горизонта, накопление элементов питания растений и оструктурирование профиля.

Природная растительность черноземных степей характеризуется значительным ежегодным отчуждением в опад органической массы (до 25-37 т/га). При этом около 40-60 % опада составляют корни растений. Зольность опада в лугово-степных сообществах составляет 7-8 %, а содержание азота достигает 1-1,4 %.

Богатство опада растительности черноземных степей зольными элементами и азотом при большой его общей массе определяет и очень высокое поступление в почву азота и зольных элементов. Если под хвойными лесами ежегодно поступает с опадом 40-300 кг/га азота и зольных элементов, в сухих степях – 200-250, то под растительностью черноземов эта величина достигает 600-1400 кг/га.

Следовательно, важнейшая особенность биологического круговорота веществ при дерновом (гумусоаккумулятивном) процессе в черноземной зоне – ежегодное поступление в почву с опадом больших количеств азота и зольных элементов. В последующем это оказывает большое влияние на характер гумусообразования.

Наиболее благоприятные условия для образования гумуса создаются при нейтральной и слабощелочной реакции среды, достаточном доступе кислорода, оптимальном увлажнении, без интенсивного выщелачивания, при обогащенности растительных остатков белковым азотом и основаниями.

Именно близкая к этим условиям обстановка создается при разложении органических остатков травянистых формаций луговых степей и степей в черноземной зоне.

Наилучшие условия для процесса гумификации в черноземной зоне создаются весной и ранним летом. В это время в почве благоприятные температуры и еще достаточный запас влаги от осенне-зимних осадков и весеннего снеготаяния. В период летнего иссушения и прерывистого увлажнения микробиологические процессы заметно ослабевают, что способствует предохранению сформировавшихся гумусовых веществ от их быстрой минерализации. Одновременно повышение температуры и некоторое иссушение почвы летом усиливают процессы усложнения гумусовых веществ вследствие реакций поликонденсации и окисления. Богатство опада растительности черноземной зоны кальцием способствует непрерывному образованию в почвах биогенного кальция и к его миграции в форме $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Поэтому гумификация идет в условиях избытка кальциевых солей и насыщения образующихся гумусовых веществ кальцием, что почти полностью исключает формирование и вынос свободных водорастворимых органических продуктов.

Некоторое улучшение водного режима осенью активизирует микробиологические процессы, но этот период ограничивается быстрым понижением температур. Зимой при промерзании почвы происходят процессы денатурации гумусовых веществ.

Таким образом, особенность биологического круговорота под травянистыми ассоциациями в черноземной зоне заключается также в том, что гидротермические условия зоны благоприятствуют разложению богатого основаниями и азотом опада по типу гумификации с преимущественным формированием сложных высоко конденсированных гумусовых соединений – гуминовых кислот, закреплению которых в почве способствует непрерывное образование в среде биогенного кальция.

Необходимо отметить качественные особенности органического вещества черноземов: гуматный характер гумуса и сложность гуминовых кислот, которые характеризуются высокой степенью окисленности и ароматизации, а также преимущественное закрепление их в форме гуматов кальция, при незначительном содержании свободных гуминовых кислот. Почти полное отсутствие свободных фульвокислот и более сложное строение фульвокислот черноземов по сравнению с фульвокислотами подзолистых почв (табл. 1).

Таблица 1. Содержание и состав гумуса чернозема типичного

Горизонт, глубина, см	Общи й гумус , %	В % от C _{общ}								Сгк Сфк
		Фракции ГК			Фракции ФК				Гуми н	
		I	II	III	I ^a	I	II	III		
Чернозем типичный, сверхмощный, среднегумусный (Самойлова Е.М. и др., 1990)										
A _{пах} 0-24	6,12	3,6	29,9	6,3	1,3	5,3	0,3	12,7	19,6	2,0
A 24-50	4,97	1,9	25,8	3,4	1,2	4,6	8,0	10,5	24,3	1,3
AB _{са} 50-135	2,79	0,6	29,2	5,4	2,9	4,2	7,7	16,7	33,3	1,1

Главные черты взаимодействия органических продуктов почвообразования с минеральной частью почвы при формировании черноземов – образование органо-минерального комплекса из устойчивых органо-минеральных соединений. Вместе с аккумуляцией гумуса при формировании черноземов происходит закрепление в форме сложных органо-минеральных соединений важнейших элементов питания растений – азота, фосфора, серы, кальция и др. Развитие мощных корневых систем лугово-степной и степной растительности и образование гуматов кальция способствует образованию водоустойчивых агрегатов и оструктуриванию почвенного профиля.

3.2. Процесс оподзоливания и его влияние на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов.

При формировании профиля подзолистых и дерново-подзолистых почв процесс оподзоливания является ведущим элементарным почвенным процессом. Формирование органо-профиля этих почв происходит в следующих условиях. Ежегодный опад таежных (преимущественно хвойно-моховых)

лесов характеризуется низкой зольностью от 0,1-0,5 до 1,5-3,0%. Он обогащен труднорастворимыми соединениями (лигнин, арены) и локализуется преимущественно на поверхности почвы. Климат умеренно холодный, с достаточным (а в отдельные периоды избыточным) увлажнением, промывной тип водного режима, недостаточные аэрация, микробиологическая и ферментативная активность, кислая реакция среды и ненасыщенность почвенного поглощающего комплекса основаниями, преобладание кислых пород – комплекс факторов, определяющих превращения органических веществ. Все это способствует тому, что разложение опада заметно тормозится и происходит его частичная консервация на поверхности в виде лесной подстилки. Процесс гумификации развивается с преимущественным образованием гумуса фульватного типа и большого количества водорастворимых органических соединений неспецифической природы.

В таких условиях формируется гумусовый горизонт небольшой мощности 1-20 см, нередко разделяющийся на два подгоризонта A_1 и A_1A_2 . Содержание гумуса в самом верхнем подгоризонте мощностью 1-10 см может достигать 6-9%. С глубиной содержание гумуса резко падает (табл.2).

Таблица 2. Содержание и состав гумуса дерново-подзолистых почв

Горизонт, глубина, см	Общий гумус, %	В % от $C_{общ}$								Сгк Сфк
		Фракции ГК			Фракции ФК			Гуми н		
		I	II	III	I ^a	I	II		III	
Дерново-подзолистая легкосуглинистая, лес (Пестряков В.К. и др., 1980)										
A_1 1-6 (10)	9,22	13,6	нет	10,5	3,3	19,1	нет	8,3	45,2	0,69
A_1A_2 6-16 (18)	2,22	11,8	нет	10,5	6,8	11,8	нет	6,2	52,9	0,90
A_2 20-30	1,09	5,7	нет	нет	12,4	нет	нет	8,8	72,1	0,26
A_2B 40-45	0,29	нет	нет	нет	44,7	5,9	нет	21,2	28,2	
Дерново-подзолистая среднесуглинистая, лес (Овчинникова М.Ф., 1992)										
A_1 4-15	6,00	15,1	2,0	3,2	14,6	16,6	6,5	6,9	35,1	0,46
A_1A_2 15-30	0,81	6,1	1,8	3,7	15,1	11,8	4,8	6,3	50,4	0,30
A_2 30-45	0,60	2,1	1,3	3,3	16,2	12,7	4,8	8,0	51,7	0,16
B_1 45-70	0,79	2,2	0,4	2,6	16,6	11,7	5,9	6,2	54,4	0,13

Состав гумуса характеризуется низким содержанием гуминовых кислот, среди которых преобладает фракция ГК-I, относительно свободных и связанных с подвижными R_2O_3 . Гуминовых кислот, связанных с Са, очень мало или же они отсутствуют вообще. Среди фульвокислот отчетливо

преобладают первые две фракции, т.е. фракции ФК-I^a и ФК-I. В целом состав гумуса подзолистых и дерново-подзолистых почв соответствует фульватному или гуматно-фульватному типу.

Оценивая в итоге режим органического вещества в условиях подзолообразования, следует сделать обобщающий вывод – весь комплекс свойств почв, формирующихся в этих условиях, требует при освоении и использовании их в земледелии осуществления приемов регулирования органического вещества в сочетании с приемами улучшения физико-химических, физических свойств, водно-воздушного, окислительно-восстановительного и питательного режимов.

3.3. Процесс оглеения и его влияние на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов.

Влияние оглеения на состояние и режим органического вещества почв связано с изменением условий аэрации, подвижности и активности компонентов минеральной части обуславливающих закрепление гумусовых кислот.

Оглеение возникает в результате переувлажнения почвы и развития анаэробных условий во всей массе того или иного почвенного горизонта (или нескольких горизонтов) или его отдельных микрizonaх. Поскольку процесс гумификации по своей природе окислительный процесс, то возникновение анаэробных условий способствует не гумификации, а консервации органического вещества.

Влияние оглеения на режим органического вещества в большой степени определяется глубиной и продолжительностью анаэробных условий. Умеренное дополнительное увлажнение почв, сдвиг ОВ-потенциалов до границ 300-400 мВ и кратковременное проявление оглеения (5-7 дней) в отдельных микрizonaх гумусовых горизонтов прямо или косвенно способствует накоплению органического вещества, снижению интенсивности минерализации и повышению в составе гумуса доли гуминовых кислот (табл. 3).

Таблица 3. Содержание и состав гумуса подзолистых почв

(Середина В.П., Непотребный А.И., 2017)

Горизонт, глубина, см	Общий гумус, %	В % от С _{общ}								Сгк Сфк
		Фракции ГК			Фракции ФК				Гуми н	
		I	II	III	I ^a	I	II	III		
Подзолистая ненасыщенная малогумусированная тяжелосуглинистая										
A ₂ 7-13	0,97	13,8	6,1	9,5	10,2	13,9	9,9	10,8	25,8	0,60
A ₂ B 15-25	0,72	10,0	4,4	6,6	12,2	14,3	8,8	12,5	31,2	0,44
B ₁ 50-60	0,55	9,2	3,7	5,6	11,2	13,8	8,8	10,1	37,6	0,42
Торфяно-подзолисто-глеевая ненасыщенная мелкоторфянистая среднесуглинистая										
A ₁ 2-8	1,79	18,0	6,8	12,2	12,3	11,0	10,1	11,8	17,8	0,82
A ₁ A _{2g} 10-20	0,22	5,2	4,3	4,0	11,7	12,5	9,8	11,1	41,4	0,30
B _{1g} 30-40	0,19	5,6	3,9	7,7	10,3	11,7	9,6	11,3	48,9	0,51

Более продолжительное и глубокое развитие оглеения ухудшает гумусовое состояние почв.

С усилением гидроморфизма изменяются условия роста растений, создания ими органической массы, а также условия превращения опада.

В гумидных областях нарастание гидроморфизма сдвигает процесс в сторону собственно заболачивания и формирования почв с меньшей мощностью гумусовых горизонтов, частичной их оторфовыванностью, грубогумусностью и замедлением темпов круговорота органического вещества.

Направление гумификации и состав образующихся гумусовых веществ в этих условиях в большей мере зависят от минерализации (жесткости) почвенно-грунтовых вод. При мягких (кислых) водах возникновение анаэробных условий и развитие оглеения способствует образованию слабоконденсированных форм гумусовых веществ. Развитие оглеения при переувлажнении почв жесткими водами благоприятствует образованию гумуса с более высоким содержанием в его составе гуминовых кислот. Примером могут служить дерново-глеевые почвы (табл. 4)

Таблица 4 . Состав гумуса дерново-глеевой почвы

Горизонт, глубина, см	Общий гумус, %	В % от С _{общ}								Сгк Сфк
		Фракции ГК			Фракции ФК				Гуми н	
		I	II	III	I ^a	I	II	III		
A _{1g} 5-29	4,28	8,1	13,3	12,5	4,4	12,5	6,5	9,7	33,0	1,02

В аридных и полуаридных зонах при переходе от автоморфных почв к полугидроморфным и гидроморфным почвам (лугово-болотным) нарастает органическая масса развивающейся и отмирающей растительности, затормаживаются процессы ее минерализации. В этих зонах усиление гидроморфизма обычно сопровождается и повышением мобильности катионов кальция в профиле. Все это в совокупности способствует накоплению гумуса и увеличению в его составе доли гуминовых кислот (табл. 5).

Таблица 5 . Содержание и состав гумуса в черноземе обыкновенном и лугово-черноземной почве

Горизонт, глубина, см	Общий гумус, %	В % от С _{общ}								Сгк Сфк
		Фракции ГК			Фракции ФК			Гуми н		
		I	II	III	I ^a	I	II		III	
Чернозем обыкновенный (Безуглова О.С., 2001)										
Апах 0-20	5,52	1,4	20,6	8,4	1,2	4,8	4,9	3,3	55,4	2,14
А ₁ Апах	5,40	1,2	18,1	16,3	1,5	10,7	5,3	4,4	42,5	1,63
В ₁ 40-50	4,31	1,9	27,2	14,4	6,5	4,5	9,1	5,4	31,0	1,71
В ₂ 60-70	3,24	1,5	18,7	6,0	4,9	7,9	8,1	13,5	39,4	0,76
ВС 80-90	1,83	1,6	11,7	4,5	1,9	10,3	13,1	15,5	41,4	0,44
С	0,81	1,7	11,7	8,5	2,5	14,7	10,3	21,6	29,0	0,45
Лугово-черноземная обычная (Ахтырцев А.Б. и др., 1981)										
А' 0-11	10,62	8,1	30,9	12,4	3,7	2,1	12,5	5,9	24,4	2,12
А" 20-30	7,00	3,6	39,2	10,0	3,1	1,9	12,9	6,2	23,1	2,19
АВ' 60-70	2,81	0,5	42,3	8,2	2,7	1,0	14,7	6,3	24,3	2,07
АВ" 80-90	1,59	0,5	36,9	8,5	5,9	0,0	9,1	7,3	31,8	2,06

Лугово-черноземная почва содержит в верхних горизонтах гораздо больше гумуса, выше содержание и всех фракций гуминовых кислот, в пределах всего органо-профиля состав гумуса в отличие от чернозема гуматный.

Сильно влияет на режим органического вещества пахотных почв устойчивое развитие периодического оглеения, что проявляется в дерново-подзолистых поверхностно-глеевых и перегнойно-подзолистых поверхностно-глеевых почвах, а также под культурой затопляемого риса.

Изменение их состояния под влиянием систематического развития интенсивных восстановительных процессов (оглеения) при ежегодном

режиме длительного затопления можно охарактеризовать следующими положениями:

В почвах заметно уменьшается количество гумуса в связи с резким возрастанием его подвижности (растворимости) за счет разрыва связей с компонентами минеральной части почвы, деструкции гумусовых веществ и как следствие происходит значительное увеличение содержания водорастворимого органического вещества и его миграция в составе оросительных вод;

Происходит значительное изменение качественного состава гумуса – уменьшение содержания гумина, фракций 2 и 3 гуминовых кислот, увеличивается количество фульвокислот, снижается отношение $S_{гк} : S_{фк}$;

В составе водорастворимых фракций гумуса заметно увеличивается содержание органических веществ неспецифической природы;

Возрастает реакционная активность органического вещества, усиливается реакция образования водорастворимых органо-минеральных соединений за счет взаимодействия агрессивных форм органических веществ с восстановлением соединений элементов переменной валентности.

Отмеченная трансформация органического вещества и повышение его активности в отношении минеральной основы почвы является важнейшими звеньями в механизме «деградации» почв рисовых полей. В почвах, используемых под культуру орошаемого риса, особое значение в режиме органического вещества имеют масштабы и качественный состав поступающего в почву свежего органического вещества (органические удобрения, растительные остатки и др.), определяющего интенсивность развития восстановительных процессов в период затопления почв, с которыми тесно связан урожай риса.

3.4. Солонцовый процесс и его влияние на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов.

Состав гумуса солонцов и солонцеватых почв отличается от состава гумуса несолонцеватых зональных почв. Это обусловлено тем, что

солонцовый процесс, ухудшая почвенное плодородие, приводит к уменьшению массы органического вещества вовлекаемого в биологический круговорот. Степень проявления этих негативных изменений зависит от типа солонцовых почв (автоморфные, полугидроморфные, гидроморфные) и зональных их особенностей.

Объем масштабов ежегодного поступления в почву растительного опада снижается при переходе от гидроморфных солонцов к автоморфным, от черноземных к полупустынным, от малонатриевых к многонатриевым.

Солонцовый процесс затормаживает гумусообразование и гумусонакопление. Солонцовые почвы по сравнению с зональными и внутризональными почвами одного уровня (ряда) увлажнения характеризуются меньшим содержанием гумуса и отличаются по его качественному составу (табл. 6).

Таблица 6. Групповой и фракционный состав гумуса зональной светло-каштановой почвы и солонца

Горизонт, глубина, см	Общий гумус, %	В % от Собщ								Сгк Сфк
		Фракции ГК			Фракции ФК			Гуми н		
		I	II	III	I ^a	I	II		III	
Светло-каштановая тяжелосуглинистая (Шлевкова Е.М., Иванцова Е.А., 2013)										
A _{пах} 0-33	2,35	5,2	20,6	1,97	нет	11,0	17,7	1,5,9	42,1	0,92
B ₁ 31-48	1,24	1,4	12,5	1,4	нет	6,9	15,3	1,4	61,1	0,65
Солонец каштановый степной тяжелосуглинистый (Шлевкова Е.М., Иванцова Е.А., 2013)										
A _{пах} 0-27	1,57	2,2	19,8	1,1	нет	6,6	25,3	1,1	43,9	0,70
B ₁ 27-39	1,17	1,5	19,1	1,5	нет	5,9	14,7	1,5	55,8	1,00

Гумус солонцов отличается от несолонцеватых почв высокой подвижностью, более узким отношением гуминовых кислот к фульвокислотам, более слабой конденсированностью гуминовых кислот, повышенной их дисперсностью и гидрофильностью. Отмеченные особенности гумуса усиливаются по мере возрастания степени солонцеватости почв;

Развитие вторичного осолонцевания приводит к появлению качественных изменений в составе и свойствах гумуса почв, характерных для солонцов.

Решающая роль в формировании состава и свойств гумуса почв под влиянием солонцового процесса, по мнению большинства исследователей, принадлежит диспергирующей роли обменного натрия, щелочной реакции и негативному воздействию водорастворимых солей на процесс гумусообразования. Высокопептизированные и гидрофильные соединения в составе гумуса поддерживают и усиливают присущие солонцовым почвам неблагоприятные физические свойства.

3.5. Солончаковый процесс и его влияние на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов.

Накопление водорастворимых солей в почвах составляет сущность солончакового процесса. Имеющийся экспериментальный материал по изучению гумусового состояния солончаков и солончаковых почв позволяет сформулировать следующие основные положения о влиянии солончакового процесса на органическое вещество почв.

1. Солончаки в подавляющем большинстве их генетического разнообразия (за исключением луговых, засоленных слабоминерализованными водами) характеризуются низким содержанием гумуса и фульватным его составом, что обусловлено небольшим количеством растительных остатков, поступающих в биологический круговорот, и неблагоприятными условиями их гумификации.

2. Негативное влияние избыточного накопления солей возрастает по мере увеличения степени засоления и зависит от химизма засоления. При одной и той же степени засоления наиболее неблагоприятные свойства гумусовых веществ формируются при сульфатном и содовом засолении (табл. 7).

Таблица 7. Групповой и фракционный состав гумуса лугово-черноземной почвы и солончака лугового

Горизонт, глубина, см	Общий гумус, %	В % от Собщ								Гуми н	Сгк Сфк
		Фракции ГК			Фракции ФК						
		I	II	III	I ^a	I	II	III			
Лугово-черноземная почва обычная (Ахтырцев А.Б. и др., 1981)											
А _д 0-5	10,03	11,7	23,6	7,6	1,7	9,3	3,3	5,0	31,5	2,55	
А' 5-20	7,83	12,1	33,5	7,6	2,1	6,1	6,4	7,1	25,1	2,45	
А'' 25-35	5,57	5,8	41,8	9,4	2,6	7,3	6,3	6,8	20,0	2,48	
А''' 40-50	4,35	5,4	40,8	9,1	3,0	6,1	8,2	7,6	19,8	2,22	
АВ' 70-80	2,45	0	26,0	5,9	2,7	1,1	9,6	5,1	49,6	1,72	
АВ'' 90-10	1,90	0	12,5	9,6	5,0	0	8,6	3,8	60,5	1,27	
Солончак луговой хлоридно-сульфатный (Кленов Б.М., 1981)											
А _д 0-8	28,31	4,8	26,1	4,2	5,4	4,2	3,2	14,3	37,8	1,30	
А ₁ 8-22	24,45	6,0	42,2	4,1	5,2	2,2	7,4	10,3	22,6	2,08	
В ₁ 22-56	8,93	6,2	47,2	7,2	4,8	1,6	3,4	8,2	21,4	3,37	
В _С 56-87	4,10	6,2	26,1	4,3	3,4	1,7	7,7	13,6	37,0	1,39	

3. Превращение органических веществ в присутствии повышенных количеств водорастворимых солей приводит к образованию гумуса, характеризующегося высокой подвижностью (накопление кислоторастворимых и водорастворимых фракций), образованием слабоконденсированных, высокодисперсных и гидрофильных гуминовых кислот, высоким порогом их коагуляции.

4. Накопление водорастворимых солей в почвенном профиле часто сочетается с проявлением солонцового процесса, что усиливает развитие неблагоприятных явлений в режиме органического вещества. Высказывается мнение, что солончаковый процесс в большей степени, чем солонцовый, приводит к неблагоприятному качественному составу гумуса.

5. Имеющийся немногочисленный экспериментальный материал по изучению изменения органического вещества при развитии солончакового процесса в условиях вторичного засоления почв свидетельствует об ухудшении режима органического вещества во всех его основных звеньях (масштабы поступления растительных остатков, их гумификация, трансформация гумуса) в направлениях, отмеченных в пунктах 1-3.

Можно предположить, что систематические промывки орошаемых почв как прием борьбы с сезонным засолением повышают потери гумуса за счет увеличения масштабов образования водорастворимых фракций.

Предотвращение вторичного засоления на орошаемых почвах является важным условием эффективного регулирования режима их органического вещества.

3.6. Процесс осолодения и его влияние на гумусовое состояние почв естественных фитоценозов.

Солоди – почвы полугидроморфного или гидроморфного рядов увлажнения. В них всегда проявляется элювиально-глеевый процесс со всеми вытекающими последствиями для превращения органического вещества и формирования гумусового состояния почв.

Наряду с этим в условиях периодического повышенного увлажнения или воздействия слабоминерализованных вод при пульсирующем водном режиме происходит смена временного осолонцевания (внедрение или остаточное присутствие обменного натрия) на процесс рассолонцевания (осолодения) при развитии нисходящих токов (промывании профиля) с заменой обменного натрия на ион водорода. Оба эти процесса способствуют образованию гумуса, близкого по составу к гумусу подзолистых почв: фульватный состав, большая подвижность, упрощенное строение (табл. 8).

Таблица 8. Групповой и фракционный состав гумуса солоди типичной (Базилевич Н.И., 1967)

Горизонт, глубина, см	Общий гумус, %	В % от Собщ							Гуми н	Сгк Сфк
		Фракции ГК			Фракции ФК					
		I	II	III	I ^a	I	II	III		
A ₀ ^o 1-3	-	7,5	1,4	2,3	1,9	5,0	6,2	10,6	65,1	0,47
A ₀ ^o 3-7	-	12,7	1,6	2,9	2,4	12,5	3,4	9,1	55,4	0,63
A ₀ ^o /A ₁ 7-8 (10)	15,4	17,9	3,8	3,6	3,6	12,1	5,0	8,8	45,2	0,86
A ₁ /A ₂ 8(10)-12	3,18	13,5	5,0	2,0	9,2	5,0	16,3	12,5	36,5	0,48
A ₂ ^o 14-18	0,88	9,8	6,7	2,0	16,9	14,5	4,3	21,5	24,3	0,32
A ₂ ^o 18-23	0,83	3,0	7,5	нет	23,4	3,4	21,7	27,5	13,5	0,14
A ₂ /B ₁ 25-29	1,20	2,0	4,6	нет	20,0	0,9	21,1	29,7	21,7	0,09
B ₁ 35-45										

Своеобразие гумусового профиля солодей обусловлено процессами осолонцевания-рассолонцевания протекающими на фоне элювиально-глеевого процесса. В подстилке образуются преимущественно фульвокислоты

и низкомолекулярные органические соединения. Переувлажнение западин, промывной водный режим почв, периодический анаэробизис, сравнительно высокое содержание калия в опаде, присутствие натрия – все это препятствует процессам конденсации и усложнению молекул гумусовых кислот. Среди гуминовых кислот преобладает фракция, связанная с подвижными R_2O_3 и незначительное их количество представлено гুমатами кальция.

В слое, переходном от подстилки к горизонту A_1 (A_0/A_1), который является гумусово-аккумулятивным горизонтом солоди так же возможно новообразование и частичное закрепление R_2O_3 и кальцием бурых гуминовых кислот, поступающих из верхних горизонтов подстилки и образующихся на месте при разложении отмирающих корней древесной и травянистой растительности. Образованию относительно конденсированных продуктов гумификации (бурых гуминовых кислот) способствует богатство корневых остатков трав кальцием и азотом. Вследствие этого отношение $C_{гк}/C_{фк}$ в этом горизонте несколько шире (0,86), чем в других горизонтах солоди.

Возникновение процесса осолодения в зональных или внутризональных почвах (черноземы, лугово-черноземные почвы, лугово-каштановые и др.) приводит к появлению в составе и свойствах гумуса изменений, свойственных влиянию процессов оглеения, оподзоливания и осолонцевания, т.е. повышению его фульватности, подвижности, дисперсности (табл. 9).

Таблица 9. Групповой и фракционный состав гумуса темно-серых лесных почв (Гамзиков Г.П., Широких П.С., 1977)

Горизонт, глубина, см	Общий гумус, %	В % от Собщ							Гуми н	$C_{гк}$ $C_{фк}$
		Фракции ГК			Фракции ФК					
		I	II	III	I ^a	I	II	III		
Темно-серая лесная										
$A_{пах}$ 0-27	5,97	4,3	36,1	11,7	2,4	6,2	2,5	5,4	31,4	3,16
A_1A_2 27-39	3,09	7,7	34,2	6,9	2,6	8,6	5,5	9,5	25,0	1,86
A_2B 45-60	0,66	4,2	33,2	9,3	8,6	4,5	4,9	6,7	28,6	1,89
Темно-серая лесная осолодевшая										
$A_{пах}$ 0-25	5,81	8,8	33,8	11,3	2,5	6,0	3,1	10,1	27,8	2,48
A_1A_2 28-30	0,78	14,8	20,3	8,9	6,7	14,5	2,4	7,2	25,0	1,43
B_1	0,74	10,0	9,3	13,4	10,2	18,0	1,2	7,0	20,6	0,90

При развитии осолодения в темно-серой лесной почве не только существенно снизилось количество гумуса в верхней 30-см толще почвы с 3,09-5,97 до 0,78-5,81 %, но и заметно изменился его качественный состав. Возросло содержание гуминовых кислот первой фракции при одновременном уменьшении количества гуматов кальция, увеличилось и общее содержание фульвокислот в результате чего величина отношения $S_{гк} : S_{фк}$ снизилась с 1,86-3,16 до 1,43-2,48.

Анализ и обобщение имеющихся материалов по влиянию элементарных почвенных процессов на режим органического вещества почв дают основание сделать следующие выводы:

1. Процессы оподзоливания, оглеения, осолонцевания, осолончакования и осолодения отрицательно влияют на режим органического вещества.

2. Улучшение режима органического вещества в пахотных почвах, характеризующихся остаточным или вторичным проявлением отмеченных процессов, положительно влияет на эффективное плодородие таких почв.

3. Наибольшая эффективность приемов регулирования органического вещества в почвах с проявлением отмеченных процессов достигается при условии улучшения всего комплекса их свойств, и прежде всего, неблагоприятно влияющих на жизнедеятельность растений (повышенная кислотность и щелочность, неблагоприятный водно-воздушный и окислительно-восстановительный режим, засоленность и др.).

Поэтому обязательным условием для регулирования режима органического вещества в таких почвах, используемых в земледелии, должно быть устранение (или существенное ослабление) свойств, оказывающих отрицательное влияние на проявление их эффективного плодородия.

Вопросы для самоконтроля

1. От чего непосредственно зависит количество и состав образующихся гумусовых веществ почвы?
2. Что характерно для дернового процесса?
3. Какие особенности присущи травянистой растительности?

4. Какие общие признаки и свойства характерны для почв с активным протеканием дернового процесса?
5. Какие особенности содержания и состава гумуса характерны для черноземов?
6. В каких условиях происходит формирование гумусового горизонта подзолистых и дерново-подзолистых почв?
7. Укажите характерные особенности для состава гумуса подзолистых и дерново-подзолистых почв?
8. Какое влияние оказывает оглеение на содержание и состав гумуса в почвах разных зон?
9. Каковы главные отличия в содержании и составе гумуса солонцов и солончаков от зональных почв?
10. Укажите характерные особенности состава гумуса солодей.

4. Изменение условий гумусообразования при трансформации естественных фитоценозов в агроценозы

Практически все элементы систем земледелия – от структуры использования пашни до отдельных технологических приемов – оказывают влияние на режим органического вещества в агроценозах. Изменение условий гумусообразования, связанное с освоением почв под сельскохозяйственные угодья, имеет как общие особенности, характерные для всех почвенных зон, так и местные, соответствующие региональным условиям почвообразования и использования почв. К общим особенностям относятся: изменение количества, качества и характера поступления в почву органических остатков; изменение условий их трансформации; постоянное отчуждение углерода, азота и зольных элементов с сельскохозяйственной продукцией, восполняемое в той или иной мере органическими и минеральными удобрениями; влияние удобрений и мелиорантов на процесс накопления и трансформации органического вещества. Ежегодные механические обработки почвы способствуют существенному разрыхлению почвенной массы, в связи с чем

возрастает аэрация почвенного профиля и резко активизируется деятельность аэробной микрофлоры. Это влечет за собой уменьшение коэффициентов гумификации растительных остатков и увеличение коэффициентов минерализации гумусовых веществ. Практически повсеместно происходит неблагоприятное изменение структурного состояния пахотных почв, что обусловлено механическим разрушением почвенных агрегатов сельскохозяйственной техникой и активной минерализацией гумуса. В результате этого в худшую сторону изменяется водно-воздушный режим пахотных почв. К региональным особенностям чаще всего относится ухудшение свойств пахотного слоя в результате припашки к гумусовому горизонту малоплодородных нижележащих горизонтов (подзолистого, солонцового и др.). В зависимости от характера и степени изменения условий гумусообразования в пахотных почвах устанавливается новый уровень равновесного состояния органического вещества.

4.1. Влияние сельскохозяйственных культур на режим органического вещества.

Влияние, которое культурные растения оказывают на органическое вещество почвы, зависит как от биологических особенностей растений, так и от технологии их возделывания (табл. 10).

Таблица 10. Масштабы поступления послеуборочных остатков в пахотный слой почвы, т/га сухого вещества (по данным ряда авторов)

Культура	min-max	Среднее
Озимая пшеница, озимая рожь	2,0-6,5	3,26
Ячмень	1,1-4,5	2,46
Кукуруза	1,5-6,0	4,11
Горох	1,0-3,2	1,95
Картофель	0,2-1,3	0,83
Сахарная свекла	1,0-1,5	1,13
Люпин	1,5-3,0	2,0
Клевер, клеверозлаковые смеси	2,0-9,1	4,83

Положительное влияние на органическое вещество ослабевает в ряду: многолетние травы – зерновые – пропашные – пар. Соответственно в этом

направлении увеличиваются потери гумуса, которые тем выше, чем несовершеннее технологии и системы земледелия.

Под многолетними травами баланс гумуса близок к бездефицитному повсеместно. Сведения о дефиците гумуса под зерновыми весьма разнообразны и нередко преувеличены. Судя по данным классических многолетних опытов с бессменными зерновыми культурами, в почвах зон с умеренным климатом потери гумуса невелики – не более 0,2 т/га в год. Они возрастают в условиях более теплого климата. В черноземах потери гумуса под зерновыми находятся в основном в пределах 0,2-0,4 т/га в год. Эти величины зависят также от длительности использования пахотных почв и должны восприниматься с известной долей условности.

Следует подчеркнуть, что зерновые культуры на черноземах оставляют 4-6 т/га растительных остатков (стерня, корни, опад в течение вегетации), Количество их может быть еще больше при оставлении на поле всего урожая соломы.

Поступление в почву растительных остатков от пропашных культур меньше, а интенсивность минерализации гумуса выше. Поэтому и потери гумуса при возделывании пропашных культур значительно больше, чем зерновых.

Поступление углерода органических остатков в почву после распашки целины снижается в 2-8 раз. Это отражается на круговороте углерода и запасе органического вещества во всех компонентах агроценоза. При постоянной агротехнике через определенный промежуток времени устанавливается новое стационарное гумусовое состояние почвы, находящееся в равновесии с количеством и качеством поступающих растительных остатков и интенсивностью их гумификации.

4.2. Чистый пар и органическое вещество почвы.

Проблема пара в земледелии остается наиболее противоречивой и дискуссионной. На паровых полях растительные остатки в почву не

поступают, а минерализация гумуса в 1,5-2 раза интенсивнее, чем на зерновых полях (табл. 11).

Таблица 11. Влияние бессменной озимой пшеницы и пара на содержание органического углерода и азота в черноземе типичном Курской области

Вариант	C _{общ} , %	N _{общ} , %	Потери, % от целинной почвы	
Целина	4,65	0,46	-	-
Бессменная озимая пшеница	4,10	0,39	12	15
Бессменный пар	2,43	0,24	48	48

Абсолютные потери гумуса черноземов на паровых почвах достигают 1,5-2 т/га год. Весьма показателен в этом отношении опыт земледелия Канады. За 60-70 лет использования черноземных и каштановых почв канадских прерий в зернопаровых севооборотах с 30-40% чистого пара содержание гумуса в пахотном слое снизилось на 50-60%.

При длительном использовании черноземов в севооборотах с паром происходит миграция нитратов на глубину 3-5 м. Чем выше доля пара в севообороте, тем больше потери азота, особенно при интенсивной механической обработке паровых полей и недостаточном применении фосфорных удобрений. Потери азота за счет нисходящей миграции нитратов увеличиваются к югу Черноземной зоны, где часто создается относительный избыток минерального азота по сравнению тем его количеством, которое могут использовать зерновые агроценозы. В беспаровых севооборотах, не перегруженных удобрениями, подобных явлений во всех почвенных зонах не наблюдалось. В целом увеличение потерь гумуса и азота в почвах степной зоны во многом обусловлено увеличением доли чистых паров при несовершенной системе ухода за ними.

4.3. Влияние механической обработки на режим органического вещества.

К настоящему времени накоплен весьма обширный материал, свидетельствующий о том, что сокращение глубины и частоты механической обработки способствует существенному сокращению потерь гумуса за счет увеличения количества растительных остатков, поступающих в почву, а также уменьшения интенсивности процессов эрозии и минерализации органического вещества (табл. 12, 13, 14).

Таблица 12. Ежегодное поступление растительных остатков яровой пшеницы в почву, т/га за сезон (среднее за 3 года)

Вид обработки	Масса растительных остатков, т/га
Плоскорезная обработка	7,93
Отвальная обработка	7,03

Результаты сравнительного изучения влияния плоскорезной и отвальной систем обработки почвы на плодородие южного чернозема показали, что разница в содержании гумуса в пахотном слое между этими вариантами через 11 лет оказалась весьма существенной (табл. 13).

Таблица 13. Содержание гумуса (%) в южном карбонатном черноземе в зависимости от системы обработки почвы в зернопаровом севообороте (Кирюшин, Лебедева, 1972)

Система обработки почвы	Слой, см			
	0-10	10-20	20-30	30-40
Отвальная	4,61	4,58	4,18	3,43
Плоскорезная	4,90	4,76	4,05	3,44
Разница в содержании гумуса	0,29	0,18	0,13	0,01
НСР ₀₉₅	0,21	0,23	0,23	0,17

Через 17 лет она еще более увеличилась в пользу плоскорезной обработки (табл. 14).

Таблица 14. Содержание гумуса (%) в южном карбонатном черноземе в зависимости от системы обработки почвы в зернопаровом севообороте (Кирюшин, Лебедева, 1972)

Система обработки почвы	Слой, см			
	0-10	10-20	20-30	30-40

Отвальная	4,43	4,54	4,44	3,42
Плоскорезная	4,91	4,83	4,71	3,52
Разница в содержании гумуса	0,48	0,29	0,27	0,10
НСР ₀₉₅	0,32	0,23	0,29	0,32

Снижение темпов минерализации органического вещества при безотвальной и минимальной обработке способствует уменьшению накопления минерального азота. В результате сокращаются потери нитратов за счет нисходящей миграции.

Изотопно-индикаторные исследования трансформации биомассы растений в дерново-подзолистых супесчаных почвах показали, что минимальная обработка почвы (на глубину 10 см) и безотвальное рыхление (30 см) по сравнению с отвальной вспашкой увеличивали коэффициенты гумификации растительных остатков на 15,7 и 24,5%.

Между тем систематическое применение безотвальной и мелкой обработки почвы приводит к резкой дифференциации пахотного слоя по плодородию, которое резко возрастает в верхней его части и снижается в нижней. Тем самым во многих случаях определяется целесообразность применения периодической отвальной вспашки, особенно при заделке органических удобрений. Поэтому совершенствование обработки почвы в настоящее время развивается в направлении создания комбинированных систем разноглубинной обработки рыхлителями, плоскорезами, чизелями в сочетании с отвальной вспашкой.

4.4. Влияние органических и минеральных удобрений на органическое вещество почв.

Механизм воздействия органических и минеральных удобрений на содержание гумуса в почвах разный. Органические удобрения оказывают на него как косвенное, так и прямое влияние, интенсивность которого будет определяться главным образом дозой. Существенно повысить уровень содержания гумуса в почве возможно лишь при использовании высоких доз органических удобрений. Доза навоза 10 т/га в зернотравяных севооборотах

на дерново-подзолистых почвах позволяет только сохранить содержание гумуса на исходном уровне.

Влияние минеральных систем удобрений на содержание гумуса в значительной мере зависит от условий их применения (внесение извести, формы удобрений, севооборот), так как эти условия влияют и на величину биомассы растений, и на особенности трансформации удобрений. В связи с косвенным влиянием действие минеральных удобрений значительно слабее, чем органических. Тем не менее, положительная роль минеральных систем удобрения в сохранении гумуса, снижении его потерь, особенно на бедных гумусом почвах, четко проявляется. Длительное систематическое применение удобрений вызывает заметное изменение показателей качества гумуса. Отношение Сгк : Сфк несколько увеличиваясь у большинства почв, особенно малогумусных, в вариантах с внесением навоза остается соответствующим типу гумуса, характерному зональному гумусообразованию. Более существенные изменения происходят во фракционном составе.

При длительном применении удобрений увеличивается содержание легкогидролизуемых и доступных растениям соединений азота, возрастает содержание водорастворимых, гидрофильных органических веществ и подвижных фракций гумуса, повышается в целом активность гумуса. Однако в некоторых случаях эти изменения могут носить негативный характер, Так, в результате длительного применения удобрений в черноземных почвах, недонасыщенных кальцием, происходит перераспределение фракционного состава гумуса – увеличение гумусовых веществ 1-й фракции (подвижный гумус) и снижение гуминовых кислот, связанных с кальцием. Это обусловлено подкисляющим действием минеральных удобрений. Повышение степени подвижности гумусовых веществ может приводить к их ускоренной минерализации.

Изменение гумусового состояния почв разных типов под действием удобрений затрагивает также структуру, химические свойства молекул гумусовых кислот, вызывая более сильное развитие боковых, алифатических

структур, уменьшая удельный вес устойчивых базоидных фрагментов в молекулах, способствуя накоплению химически менее зрелых гумусовых кислот.

Улучшение солонцовых почв при их сельскохозяйственном использовании должно предусматривать приемы регулирования органического вещества, обеспечивающее изменение природы (состав и свойства) гумусовых веществ самой почвы.

Обогащение пахотных солонцеватых почв и солонцов органическим веществом и активизация его круговорота оказывают положительное воздействие на агрономические свойства почвы: улучшается агрегатное состояние, снижается плотность, повышается порозность, улучшается соотношение некапиллярной и капиллярной пористости, снижаются набухаемость, липкость, твердость, повышаются водопроницаемость и диапазон активной влаги. Установлено, что внесение навоза, заплата растительных остатков, сидерация, посев солонцезоустойчивых растений, обогащая почву свежим органическим веществом, выполняют и мелиоративную функцию. Активизируя микробиологические процессы и обогащая почвенный раствор диоксидом углерода, разлагающееся органическое вещество способствует мобилизации ионов кальция почвы и как следствие – усилению обменных реакций поглощенного натрия на кальция, а также нейтрализации щелочности почвенного раствора.

Повышению мелиорирующего действия органического вещества способствует одновременное внесение кальцийсодержащих мелиорантов.

Вопросы для самоконтроля

1. Укажите общие особенности изменения условий гумусообразования, характерные для всех почвенных зон, при освоении почв под сельскохозяйственные угодья.
2. От чего зависит влияние сельскохозяйственных культур на органическое вещество почвы?

3. Расположите способы использования пахотных угодий в порядке ухудшения условий для гумусообразования.

4. Какими негативными последствиями сопровождается насыщение севооборотов паровыми полями?

5. Как влияет сокращение частоты и глубины обработки почвы на содержание в ней гумуса?

6. Как влияет на пахотный слой систематическое применение безотвальной и мелкой обработки почвы?

7. Какое влияние оказывают органические удобрения на содержание гумуса в почве?

8. От чего зависит влияние минеральных удобрений на содержание гумуса в почве?

9. Какие изменения происходят с групповым составом гумуса при длительном систематическом применении удобрений?

10. Как меняется фракционный состав гумуса при длительном применении удобрений?

5. Изменение гумусового состояния почв разных зон при трансформации естественных фитоценозов в агроценозы.

При оценке превращения органических веществ в пахотных почвах важно принять во внимание два положения: первое: гумусовая часть органического вещества целинных почв, сформировавшихся при участии того или иного процесса (или совокупности процессов), сохраняет на длительный период свой состав и свойства при последующем земледельческом использовании. И второе: конкретные процессы могут проявляться в пахотных почвах в форме остаточных явлений или как вторичные при изменении условий почвообразования или использования почв (вторичное засоление и заболачивание и др.).

5.1. Почвы таежно-лесной зоны

В целинных почвах таежно-лесной зоны гумусовый горизонт характеризуется небольшой мощностью, низким содержанием и небольшими запасами гумуса в котором преобладают фульвокислоты. В составе гумуса высоко содержание водорастворимых органических веществ и промежуточных продуктов распада.

Образование гуминовых кислот в этих почвах ограничивается кислой реакцией среды, ненасыщенностью поглощающего комплекса основаниями, низкой биологической активностью и коротким ее периодом, преобладанием в составе растительного опада труднорастворимых соединений, обедненностью его азотом и зольными элементами.

При распашке целинных подзолистых и дерново-подзолистых почв резко изменяются режим, форма поступления и превращения органического вещества. В этих условиях необходимо учитывать изменение гидротермических условий, физико-химических факторов превращения и закрепления органических веществ, а также унаследование пахотными почвами состава гумуса, сформировавшегося в результате развития подзолистого процесса. Из свойств пахотных подзолистых почв, унаследованных от целинных их аналогов, основное значение в режиме органического вещества имеют обеднение верхнего горизонта илом, кислая реакция среды и низкое содержание обменных оснований.

Потеря или резкий дефицит кальция снижают способность минеральных соединений пахотного слоя связывать вновь образующиеся гумусовые вещества. Кислая реакция среды затормаживает процесс гумификации на стадии образования фульвокислот, а также водорастворимых органических веществ неспецифической природы.

Процессы гумусообразования и гумусонакопления в осваиваемых и слабокультуренных подзолистых и дерново-подзолистых почвах будут также тормозиться недостаточной аэрацией пахотного слоя в периоды повышенного увлажнения. Этот комплекс негативных свойств верхнего горизонта, сложившихся под воздействием подзолистого процесса в естественных

целинных условиях, дополняется неблагоприятным питательным режимом (бедность валовыми и подвижными формами элементов питания растений).

В силу отмеченных причин важнейшая приходная часть круговорота органического вещества – поступление органических остатков сельскохозяйственных растений, и прежде всего многолетних и однолетних трав и зерновых культур на таких почвах не может быть значительной без существенного изменения свойств почвы, обусловленных подзолистым процессом.

В освоенных почвах мощность пахотного горизонта, как правило, больше, чем гумусового горизонта целинных почв. Поживно-корневые остатки поступают непосредственно в пахотный слой, в целинных почвах преобладает поверхностный опад. В поживных остатках содержится больше кальция и магния, что способствует повышению коэффициента их гумификации, улучшению условий закрепления образующегося гумуса. В пахотных почвах происходит изменение гидротермических условий в сторону усиления контрастности режима влажности, в летний период иссушению подвергается более мощный 25-30 см слой. Совокупность этих факторов отражается на гумусовом состоянии пахотных дерново-подзолистых почв (табл.3)

Таблица 13. Влияние окультуривания на содержание и состав гумуса дерново-подзолистых почв (Овчинникова М.Ф., 1992)

Горизонт, глубина, см	Общий гумус, %	% от С _{общ}								Сгк Сфк
		Фракции ГК			Фракции ФК			Гуми н		
		I	II	III	I ^a	I	II		III	
Дерново-подзолистая среднесуглинистая, лес										
A ₁ 4-15	6,00	15,1	2,0	3,2	14,6	16,6	6,5	6,9	35,1	0,46
A ₁ A ₂ 15-30	0,81	6,1	1,8	3,7	15,1	11,8	4,8	6,3	50,4	0,31
A ₂ 30-45	0,60	2,1	1,3	3,3	16,2	12,7	4,8	8,0	51,7	0,16
B ₁ 45-70	0,79	2,2	0,4	2,6	16,6	11,7	5,9	6,2	54,4	0,13
Дерново-подзолистая среднесуглинистая, освоенная, без известкования и внесения органических удобрений										
Апах 0-20	1,62	11,7	5,3	6,4	12,8	13,8	17,0	3,2	29,8	0,50
A ₂ 20-40	1,10	6,6	3,8	5,6	12,7	10,9	13,6	2,8	44,0	0,40
B ₁ 40-60	0,45	3,8	3,5	4,6	16,5	6,2	17,7	3,5	44,2	0,27
B ₂ 60-80	0,41	4,2	2,9	4,6	19,2	5,8	19,6	5,0	38,7	0,24

Дерново-подзолистая среднесуглинистая, среднеокультуренная, периодическое известкование и в течение 4-х лет ежегодно внесение ТНК дозой 30 т/га										
Апах 0-20	3,50	13,6	9,8	12,0	4,7	10,5	14,7	6,0	28,7	0,99
А ₂ 20-40	2,57	12,9	9,5	11,8	5,6	7,0	15,8	6,5	30,9	0,98
В ₁ 40-60	1,03	8,5	11,2	8,3	12,7	5,3	19,3	5,7	29,0	0,65
В ₂ 60-80	0,40	7,4	3,5	6,1	17,4	6,1	10,9	4,3	44,3	0,44
Дерново-подзолистая среднесуглинистая, хорошоокультуренная, систематическое известкование и в течение 20 лет ежегодно внесение ТНК дозой 100-120 т/га										
Апах 0-25	5,66	14,7	11,5	14,7	5,2	6,1	16,2	7,0	24,6	1,19
А ₁ А ₂ 25-40	4,05	16,7	11,1	8,9	4,8	7,1	14,6	5,7	31,1	1,14
А ₂ В 40-60	3,00	14,3	10,9	6,9	6,4	6,8	14,9	5,5	34,3	0,96
В ₁ 60-80	0,78	6,7	11,1	4,4	10,2	9,1	18,0	8,2	32,3	0,49

При освоении дерново-подзолистых почв в условиях низкой культуры земледелия без проведения известкования и внесения органических удобрений условия для гумусообразования кардинально не изменяются. В верхней части почвенного профиля снижается содержание гумуса в связи с активизацией процесса минерализации из-за разрыхления почвенной массы и припахивания нижележащего, обедненного гумусом горизонта. Несколько возрастает содержание гуминовых кислот 2-й фракции, однако остается высоким содержание фульвокислот фракций I^a и I. Сохраняется фульватный состав гумуса.

При окультуривании подзолистых и дерново-подзолистых почв содержание гумуса достигает 2,5-5% (иногда больше). Величина отношения Сгк : Сфк изменяется от 0,4-0,8 в целинных почвах до 0,4-0,7 в освоенных до 0,6-0,9 при ежегодном внесении 10-15 т/га органических удобрений и 1,0-1,5 при ежегодном внесении 30 т/га. Существенно возрастает содержание гуминовых кислот 2-й фракции и уменьшается количество фульвокислот фракций I^a и I.

Увеличение в составе гумуса подзолистых и дерново-подзолистых почв гуминовых кислот при окультуривании обусловлено различными причинами: остаточное накопление гуминовых кислот, внесенных с удобрениями, увеличение в составе ППК количества поглощенных оснований, нейтрализующих реакцию среды и способствующих закреплению гумуса, улучшение водного режима и усиление аэрации в окультуренных почвах.

5.2. Серые лесные почвы

Серые лесные почвы занимают переходное положение между таежно-лесной и черноземной зоной. Гумусовое состояние светло-серых лесных почв во многом сходно с гумусовым состоянием дерново-подзолистых почв, что характерно как для целинных, так и для пахотных почв. От светло-серых к темно-серым лесным почвам улучшаются условия гумусообразования и увеличиваются масштабы ежегодного растительного опада и доля корней в его составе. В опаде увеличивается содержание оснований и азота, возрастает количество оснований в составе ППК, снижается кислотность, увеличиваются контрастность влажности, интенсивность и продолжительность периода биологической активности. В результате всего этого гумусовое состояние почв улучшается и у темно-серых лесных почв оно приближается к черноземам.

В зависимости от применяемой системы удобрения (органическая или минеральная) гумусовое состояние серых лесных почв изменяется неоднозначно (табл.14).

Таблица 14. Влияние длительного внесения удобрений (35 лет) на состав гумуса темно-серой лесной почвы (З.И. Лукьянчикова)

Глубина, см	Общий гумус, %	% от общего углерода почвы							Гумин	$\frac{Сгк}{Сфк}$
		Фракции ГК			Фракции ФК					
		I	II	III	I ^a	I	II	III		
Контроль										
0-25	3,83	3,6	36,1	2,8	2,0	12,0	5,0	7,7	30,8	1,58
25-40	2,82	3,0	38,5	2,0	2,4	4,0	9,0	6,8	34,3	1,96
60-80	0,85	1,4	32,5	5,4	9,9	0,8	16,8	13,2	40,7	0,94
Навоз 40 т/га										
0-25	4,76	5,5	33,6	4,8	4,1	9,0	4,0	7,8	31,2	1,76
25-40	3,71	4,7	39,1	2,8	3,8	8,3	6,6	6,9	27,8	1,82
60-80	2,12	7,0	44,2	3,0	4,7	5,4	14,2	9,4	12,1	1,61
N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₂₄₀										
0-25	3,52	10,3	31,8	2,7	2,4	19,0	3,5	9,3	21,0	1,31
25-40	2,69	6,7	42,0	2,7	3,1	9,4	11,1	11,6	13,4	1,47

60-80	0,70	1,2	28,4	3,1	7,7	2,2	22,2	10,6	24,6	0,78
-------	------	-----	------	-----	-----	-----	------	------	------	------

По сравнению с контролем под влиянием ежегодного внесения навоза в пахотном слое почвы 1,2 раза увеличилось содержание гумуса, а в его составе – количество гуминовых кислот, в связи с чем величина отношения Сгк: Сфк несколько расширилась и достигла 1,76, хотя тип гумуса не изменился. В подпахотной части почвы содержание гумуса возросло в 1,3-2,5 раза.

Применение высокой дозы минеральных удобрений негативным образом отразилось на гумусовом состоянии темно-серой лесной почвы. Это проявляется в некотором снижении содержания гумуса в пахотном слое, увеличении его подвижности и фульватизации. Об этом свидетельствует увеличение в верхней части почвенного профиля количества фракций ГК-1 и ФК-1 наряду с уменьшением величины отношения Сгк : Сфк с 1,58-1,96 до 1,31-1,47.

5.3. Черноземы

В почвах черноземной зоны складываются благоприятные условия для образования и закрепления гумуса. К ним относятся: большое количество опада, в составе которого преобладают корни травянистой растительности; высокое содержание азота и белкового компонента, умеренная интенсивность биологических процессов при большом периоде биологической активности; насыщенность поглощающего комплекса кальцием и магнием, нейтральная реакция среды. При распашке черноземов содержание гумуса в верхней части профиля снижается. Вследствие уменьшения количества растительных остатков, ежегодно поступающих в почву в зависимости от возделываемой культуры, системы удобрений, урожая и способа уборки масштабы ежегодного растительного опада, поступающего в пахотные почвы, снижаются в 2-8 раз. На этом фоне возрастает аэрация почвенного профиля, обусловленная ежегодными механическими обработками почвы, что ведет к снижению коэффициентов гумификации органических остатков и увеличению коэффициентов минерализации гумусовых веществ. В итоге в пахотных почвах содержание гумуса уменьшается. В большинстве случаев, потери

гумуса в пахотных черноземах по сравнению с целинными аналогами составляют 20-40 %. При этом основные потери происходят за счет лабильных форм гумуса, количество которых уменьшается в 2-5 раз. В зависимости от характера использования пашни трансформация гумусового состояния черноземов имеет разную направленность.

Особенности изменения содержания и состава гумуса чернозема обыкновенного, используемого в зернопаропропашном севообороте, представлены в таблице 15.

Таблица 15. Влияние длительного сельскохозяйственного использования на состав гумуса чернозема обыкновенного

Горизонт, глубина, см	Общий гумус, %	% от общего углерода почвы							Гумин	Сгк Сфк
		Фракции ГК			Фракции ФК					
		I	II	III	I ^a	I	II	III		
Целина										
A 5-25	10,60	12,2	27,8	2,8	3,9	10,4	6,7	2,1	34,1	1,85
AB ₁ 35-45	6,90	3,5	31,3	9,7	2,3	8,5	6,7	3,0	35,0	2,17
B ₁ 45-55	5,59	2,2	29,0	13,3	2,8	6,2	8,6	4,3	33,6	2,03
Пашня										
Апах 0-20	7,31	1,2	36,3	3,3	0,9	3,1	10,1	2,6	41,5	2,31
AB ₁ 35-45	5,95	0,9	32,7	8,1	1,4	2,3	10,1	4,5	40,0	2,29
B ₁ 45-55	4,86	1,4	28,4	13,1	0,7	1,1	11,0	7,1	37,2	2,16

В составе гумуса чернозема залежи явно доминируют гуминовые кислоты, относительное содержание которых в верхней полуметровой толще почвы находится на уровне 43-45%. Относительное содержание фульвокислот существенно ниже – 21-23% в связи с чем величина отношения Сгк : Сфк варьирует в пределах 1,85 – 2,17.

Среди гуминовых кислот резко преобладают ГК связанные с кальцием, на долю которых приходится 28-31% от общего углерода почвы. Еще более

значительную роль эта фракция играет в группе гуминовых кислот, где ее доля составляет 65-70% от общего содержания ГК.

В горизонте А отмечается довольно высокое содержание гуминовых кислот фракции I – 12% от общего углерода почвы и почти 30% от общего содержания гуминовых кислот. Обогащенность горизонта А целинных и залежных черноземов подвижными гуминовыми кислотами неоднократно отмечалась в литературе. Причем количество их, по данным М.М.Кононовой (1963) может достигать 20-28% от общего углерода почвы. Обусловлено это активным новообразованием гуминовых кислот в этой части почвенного профиля. В нижележащих горизонтах абсолютное содержание ГК фракции I резко снижается с 0,75% до 0,07 – 0,14% или в 5-6 раз.

Их вклад в общий углерод почвы в горизонтах АВ₁ и В₁ не превышает 4%, а в суммарное количество ГК 10%. Содержание гуминовых прочно связанных с глинистыми минералами наоборот, возрастает с глубиной. Если в горизонте А на их долю приходится всего лишь около 3% от общего углерода почвы и 6% от суммарного количества ГК, то в горизонтах АВ₁ и В₁ их вклад в общий углерод почвы составляет 10-13% и 22-30% в общее количество ГК. Столь низкое содержание гуминовых кислот фракции III в горизонте А может быть обусловлено обогащенностью его гумусом, в первую очередь выпавшими в осадок гуматами кальция, которые слабо взаимодействуют с глинистыми минералами, но в тоже время препятствуют сорбции на их поверхности фракций гуминовых веществ, менее чувствительных к этому иону.

В группе фульвокислот преобладает фракция I относительное содержание которой уменьшается с 10% в горизонте А до 6% в горизонте В₁ и фракция II вклад которой в общий углерод почвы составляет 7-9%. В сумме на эти две фракции приходится 74% от общего количества фульвокислот. Фракции I^a и III присутствуют в незначительном количестве. Их относительное содержание не превышает 5% от общего углерода почвы и в сумме составляет 26-36 % от общего количества фульвокислот.

Длительное сельскохозяйственное использование обыкновенного чернозема привело к снижению содержания всех групп гумусовых веществ, но не в одинаковой степени. В наибольшей мере процесс минерализации затронул группу фульвокислот, общее содержание которых уменьшились в 1,3 – 1,9 раза. Менее заметно, в 1,2 – 1,5 раза снижается общее количество гуминовых кислот. Имея более упрощенное по сравнению с гуминовыми кислотами строение молекулы, фульвокислоты в большей степени доступны микроорганизмам, в связи с чем, в пахотных почвах они активно подвергаются окислительной биохимической деструкции (Л.Н. Александрова, 1980). Наибольшие потери гумусовых кислот отмечаются в пахотном слое. В нижележащих горизонтах интенсивность минерализационных процессов ослабевает. Следует отметить, что если в абсолютных показателях (% от массы почвы) убыль гумусовых кислот довольно значительна (0,23-0,90% ГК и 0,15-0,67% ФК), то в случае относительных величин, показывающих вклад ГК и ФК в гумус почвы, изменения менее существенные – 2-3% для ГК и 2-6% для ФК. Обусловлено это, скорее всего, наличием механизма матричной достройки гумуса, при котором почвенный гумус в определенной мере регулирует свое воспроизводство (А.Д.Фокин, 1986).

В связи с отмеченными изменениями в содержании гумусовых кислот увеличилось отношение $S_{гк} : S_{фк}$, причем наиболее заметно в пахотном слое с 1,85 до 2,31. В нижележащих горизонтах изменения не столь существенны – с 2,03-2,17 до 2,16-2,29. В целом, гумус пахотного чернозема характеризуется более гуматным составом, нежели чернозем целины.

Довольно стабильной оказалась величина негидролизуемого остатка. Лишь в пахотном слое, где наиболее интенсивно протекают минерализационные процессы, величина негидролизуемого остатка уменьшилась в 1,2 раза. Ниже по профилю в горизонтах AB_1 и B_1 различия с залежью практически отсутствуют, при этом вклад негидролизуемого остатка в состав гумуса возрос, особенно в пахотном слое, где его относительное содержание увеличилось на 8%. Такое изменение величины негидролизуемого остатка

обусловлено прочным закреплением гумусовых веществ глинистыми минералами, в связи с чем они становятся мало доступны микроорганизмам, а также его пополнением конденсированными фрагментами гумусовых кислот, потерявших вследствие биологической деструкции лабильные компоненты и утративших, поэтому способность растворяться в разбавленных щелочных растворах.

Наряду с групповым составом определенные изменения претерпел и фракционный состав гумуса. Так, в группе гуминовых кислот резко снизилось содержание фракции I, особенно в верхних горизонтах: в $A_{\text{пах}}$ с 0,75% до 0,05% или в 15 раз и в горизонте AB_1 с 0,14% до 0,03% или в 4,7 раза. Вклад фракции I гуминовых кислот в формирование гумуса старопахотного чернозема минимальный и не достигает и 2%. Менее однозначные изменения претерпела фракция гуминовых кислот, связанных с кальцием. Абсолютное ее количество уменьшилось во всех горизонтах: на 0,17% в пахотном слое, в горизонтах AB_1 и B_1 на 0,12% и 0,14%. Что же касается относительного содержания, то в пахотном слое оно возросло на 9%, а в нижележащих горизонтах профиля практически не изменилось. Также не претерпело заметных изменений абсолютное и относительное содержание гуминовых кислот фракции III.

Определяющий вклад в формирование группы гуминовых кислот старопахотного чернозема вносит фракция II. В пахотном слое на ее долю приходится 89% от общего содержания ГК, что на 24% больше чем в почве залежи. В нижележащих горизонтах роль гуматов кальция несколько снижается, но все равно остается довольно весомой, поскольку их доля составляет 66-79% от суммарного количества гуминовых кислот. В отличие от чернозема залежи в пахотном черноземе существенно уменьшилось значение фракции I, поскольку вклад ее в группу гуминовых кислот составляет всего лишь 2-3%.

Изменения, которые претерпевает фракционный состав фульвокислот в первую очередь касаются фракции I, содержание которой в горизонте A резко снизилось с 0,64% до 0,13% или в 4,9 раза, в нижележащих горизонтах на 0,17-

0,24% или в 4-4,3 раза. Если в черноземе залежи на их долю приходилось 6-10% от общего углерода почвы, то в пахотном черноземе не превышает 3%. Будучи не прочносвязанными с компонентами твердой фазы почвы, органические соединения, формирующие фракцию I, хорошо доступны микроорганизмам и легко подвергаются минерализации. С активной утилизацией лабильных компонентов гумуса микроорганизмами может быть связано и заметное уменьшение (в 2-6 раз) количества органических веществ переходящих в декальцинат.

Изменения с абсолютным и относительным содержанием фульвокислот фракций II и III в общем несущественные. Можно лишь отметить незначительное, на 2-3% увеличение вклада фульвокислот фракции II в общий углерод почвы.

Таким образом, использование обыкновенного чернозема в пашне сопровождается активной минерализацией лабильных фракций гумусовых веществ, расширением отношения $S_{гк} : S_{фк}$, возрастанием роли гуматов кальция и негидролизуемого остатка в формировании гумуса и увеличением вклада фракций связанных с кальцием в состав гумусовых кислот.

5.4. Каштановые почвы

Каштановые почвы расположены южнее черноземов и формируются в зоне сухих степей в условиях ограниченного поступления атмосферных осадков, резких суточных и сезонных колебаний температуры воздуха и интенсивного испарения влаги. Вследствие этого в зоне каштановых почв складываются менее благоприятные условия для развития растительности по сравнению с черноземной зоной, а активная микробиологическая деятельность обуславливающая трансформацию растительного опада и новообразование гумусовых кислот отмечается лишь в короткий весенний и раннелетний периоды. При этом с повышением температуры процессы минерализации поступающих в почву органических остатков усиливаются, а процессы гумификации ослабевают, причем в условиях повышенных температур процессы минерализации могут протекать даже при сравнительно

низкой влажности. При этом накапливаются преимущественно наиболее устойчивые к разложению гумусовые вещества, прочно связанные с минеральной частью почвы.

Менее мощный растительный покров и соответственно меньшее количество поступающих в почву растительных остатков в сочетании с менее благоприятными условиями для микробиологической деятельности являются главной причиной того, что каштановые почвы по сравнению с черноземами содержат меньше гумуса и имеют меньшую мощность гумусовых горизонтов.

В тоже время некоторые черты, характерные для гумуса черноземов, в известной мере сохраняются и в каштановых почвах. Это касается преобладания в составе гумуса гуминовых кислот, а среди них резкое доминирование гуматов кальция и низкое содержание гуминовых кислот фракции I.

Особенности содержания и состава гумуса темно-каштановых почв и характер его изменения в пашне представлен в таблице 16.

Таблица 16. Влияние длительно сельскохозяйственного использования на состав гумуса темно-каштановой почвы (Орлов Д.С., Лозановская И.Н., Попов П.Д., 1985)

Горизонт , глубина, см	Общи й гумус, %	% от общего углерода почвы							Гуми н	Сгк Сф к
		Фракции ГК			Фракции ФК					
		I	II	III	I ^a	I	II	III		
Целина										
А 3-15	5,02	0,8 6	32,9 0	5,67	1,9 6	1,8 6	8,11	6,3 6	42,28	2,16
В ₁ 15-34	2,79	0,8 0	28,2 0	6,67	3,1 5	2,7 2	6,73	5,4 9	36,24	2,52
Пашня										
Апах0-30	3,43	0,6 5	20,3 0	14,7 2	2,6 8	3,1 7	11,8 1	5,7 3	40,94	1,53
В ₁ 30-41	2,57	0,8 7	24,5 0	21,7 4	3,4 2	4,2 3	16,6 4	8,5 2	20,08	1,44

В пахотных каштановых почвах снижается содержание гумуса и количество гуминовых кислот. Причем не только наиболее подвижной

фракции ГК-I, но и более устойчивых ГК фракции II. При этом может отмечаться увеличение доли ГК, прочно связанных с глинистыми минералами. Эти изменения отражаются на величине отношения $S_{гк} : S_{фк}$, которая заметно снижается. Хотя высказывается мнение, что гумус каштановых почв при освоении их под пашню обладает довольно высокой стабильностью.

5.5. Солонцы

Как отмечалось ранее, гумус солонцов отличается от гумуса несолонцеватых почв более высокой подвижностью и более узким отношением ГК к ФК, что обусловлено негативным влиянием обменного натрия. По мере нарастания солонцеватости уменьшается количество надземной массы и корней растительности. Немаловажное значение для процесса гумусообразования имеет и то, что растительный покров на солонцах особенно в зоне сухих степей более изреженный с грубыми корневыми системами и представляет весьма ограниченный источник для новообразования гумусовых кислот.

Улучшение солонцовых почв при их сельскохозяйственном использовании должно предусматривать приемы регулирования органического вещества, обеспечивающее изменение природы (состав и свойства) гумусовых веществ самой почвы.

Обогащение пахотных солонцеватых почв и солонцов органическим веществом и активизация его круговорота оказывают положительное воздействие на агрономические свойства почвы: улучшается агрегатное состояние, снижается плотность, повышается порозность, улучшается соотношение некапиллярной и капиллярной пористости, снижаются набухаемость, липкость, твердость, повышаются водопроницаемость и диапазон активной влаги. Установлено, что внесение навоза, заплата растительных остатков, сидерация, посев солонцезоустойчивых растений, обогащая почву свежим органическим веществом, выполняют и мелиоративную функцию. Активизируя микробиологические процессы и обогащая почвенный раствор углекислотой, разлагающееся органическое

вещество способствует мобилизации ионов кальция почвы и как следствие – усилению обменных реакций поглощенного натрия и кальция, а также нейтрализации щелочности почвенного раствора.

Повышению мелиорирующего действия органического вещества способствует одновременное внесение кальцийсодержащих мелиорантов. Об особенностях трансформации гумусового состояния солонцов при внесении химического мелиоранта можно получить на основании данных таблицы 17

Таблица 17. Особенности состава гумуса солонца лугового коркового многонатриевого после 27-летнего однократного внесения фосфогипса (Семендяева Н.В., 2014)

Горизонт, глубина, см	Общий гумус, %	% от общего углерода почвы							Сгк Сфк	
		Фракции ГК			Фракции ФК			Гумин		
		I	II	III	I ^a	I	II	III		
Целина										
A 0-5	4,02	1,7	24,0	8,2	3,0	0,4	26,2	3,0	33,5	1,04
B ₁ 5-20	1,26	0,0	8,8	8,2	6,8	1,4	26,0	8,2	40,6	0,40
B ₂ 20-40	0,74	0,0	4,6	4,6	4,6	2,3	14,0	9,3	60,6	0,31
Пашня, фосфогипс 56 т/га										
Апах0-30	4,91	0,4	24,6	12,3	3,9	0,4	17,9	9,8	30,7	1,17
B ₁ 30-41	2,64	0,6	28,8	7,8	4,6	0,0	28,8	7,2	22,2	0,92

Благодаря мелиоративному эффекту, который протекает под влиянием фосфогипса, в лучшую сторону изменяется совокупность физико-химических и физических свойств солонца, что оказывает положительное влияние на процесс гумусообразования. В мелиорированном солонце увеличивается содержание гумуса, а в его составе – доля гуминовых кислот наряду с уменьшением количества фульвокислот, благодаря чему расширяется отношение Сгк : Сфк.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие неблагоприятные для гумусообразования свойства наследуют пахотные подзолистые и дерново-подзолистые почвы от целинных почв?
2. Как изменяются условия гумусообразования в освоенных подзолистых и дерново-подзолистых почвах при низкой культуре земледелия?

3. Как изменяются содержание и состав гумуса в подзолистых и дерново-подзолистых почвах при их окультуривании?

4. Назовите наиболее эффективные мероприятия для улучшения гумусового состояния подзолистых и дерново-подзолистых почв.

5. Как изменяется гумусовое состояние серых лесных почв при различных системах удобрения?

6. Каковы в большинстве своем потери гумуса пахотными черноземами по сравнению с целинными аналогами?

7. Укажите основные изменения, которые претерпевает состав гумуса черноземов при вовлечении их в пашню.

8. Какие органические вещества в первую очередь подвергаются минерализации при распашке черноземов?

9. Назовите основные особенности изменения гумусового состояния каштановых почв при вовлечении их в пашню.

10. Каковы основные закономерности изменения содержания и состава гумуса в мелиорированных солонцах?

Глоссарий

Автоморфные почвы – почвы, формирующиеся на выровненных поверхностях и склонах при глубоком залегании грунтовых вод (глубже 6 м) и не испытывающие переувлажнения благодаря естественному стоку и дренажу.

Альтерация – преобразование органического углерода из одной химической структуры в результате ферментной атаки или химических реакций.

Анаэробные условия – условия, создающиеся в почве в результате ее переувлажнения. Характеризуются отчетливо выраженным дефицитом свободного кислорода или полным его отсутствием, что способствует развитию анаэробных процессов.

Аэрация почвы – поступление в почву воздуха (кислорода) из атмосферы.

Аэробные процессы – процессы превращения органических и минеральных соединений почвы, происходящие при достаточном количестве кислорода.

Гидроморфные почвы – группа почв разных типов, формирующихся под влиянием длительного поверхностного или грунтового переувлажнения, вызывающего развитие анаэробных условий и формирование признаков почвенного гидроморфизма.

Гидроморфизм почв – результат временного или постоянного переувлажнения почвенного профиля или его части, когда количество влаги превышает 70–80 % полной влагоемкости почвы. Гидроморфизм выражается как в прямом переувлажнении почвенной массы, так и в виде последствий, проявляющихся в морфологии и составе твёрдой фазы почв.

Гиматомелановые кислоты – группа гумусовых кислот почвы. Экстрагируется из сырого (влажного) осадка гуминовых кислот этиловым спиртом. В спиртовом растворе они имеют темно-красный цвет. Отличительной особенностью гиматомелановых кислот можно считать высокое атомное отношение Н : С (более единицы), высокую отрицательную степень окисленности, низкие коэффициенты экстинкции, высокую интенсивность полосы поглощения при 1700-1720 см⁻¹ в инфракрасных спектрах.

Глиногумусовые комплексы – тип органоминеральных соединений, образующихся в результате сорбции гумусовых кислот и их солей на поверхности или в межпакетных пространствах глинистых минералов.

Группа органических веществ – совокупность родственных по строению и свойства соединений. Важнейшие группы гумусовых веществ – это гуминовые и гиматомелановые кислоты, фульвокислоты и гумин. Вещества, входящие в одну группу, участвуют в однотипных химических реакциях по близким механизмам. В связи с этим содержание групп веществ более информативно, чем содержание индивидуальных соединений. Кроме того, некоторые группы, как, например, даже относительно монодисперсные подгруппы гуминовых веществ не могут быть в настоящее время разделены на индивидуальные соединения.

Групповой состав гумуса – набор и количественное соотношение групп специфических и неспецифических органических веществ, входящих в состав гумуса.

Гумин – несколько неопределенный термин. К нему относят не экстрагируемую разбавленными растворами кислот и щелочей часть гумуса почвы. Состоит из гумусовых кислот, прочно связанных с минеральной частью почвы, и декарбоксилированных гумусовых веществ, утративших способность растворяться в щелочных растворах. Наряду с этим в составе гумина обнаружены лигнин, целлюлоза, растительные остатки, измельченные до коллоидных размеров, обломки хитинового покрова насекомых.

Гуминовые вещества – совокупность веществ, образующихся в процессе разложения и трансформации растительных и животных остатков, не имеющих аналогов в живых организмах и отличающихся темной окраской, полидисперсностью, высокими молекулярными массами и высокой биотермодинамической устойчивостью. Гуминовые вещества – это часть гумуса (за исключением неспецифических соединений).

Гуминовые кислоты – группа гумусовых кислот почвы, нерастворимых в минеральных кислотах и органических растворителях, но растворимых в щелочных растворах. Имеют темно-бурую до черной окраску. Выпадают в осадок после подкисления раствора до pH 1-2. В почвах обычно различают две подгруппы гуминовых кислот: серые (черные) гуминовые кислоты и бурые гуминовые кислоты.

Гумификация – совокупность биохимических и физико-химических процессов трансформации продуктов разложения органических остатков и метаболитов почвенной биоты в гумусовые вещества почвы.

Гумус – сложный динамический комплекс гумусовых кислот, неспецифических органических соединений и их органо-минеральных производных, образующийся в результате взаимодействия продуктов разложения и гумификации органических остатков и метаболитов живых организмов между собой и с минеральными компонентами почвы.

Гумусоаккумулятивный процесс – процесс интенсивного проявления гумусонакопления, что обуславливает формирование мощного гумусоаккумулятивного горизонта с накоплением в нем элементов питания и оструктуриванием профиля.

Гумусовое состояние почв – совокупность количественных уровней показателей, характеризующих содержание, запасы гумуса, соотношение различных групп и фракций органического вещества почвы, их свойства и распределение по почвенному профилю.

Гумусовые вещества – органические соединения почвы специфической и неспецифической природы, входящие в состав гумуса.

Гумусовые кислоты – особый класс азотсодержащих высокомолекулярных органических соединений циклического строения и кислотной природы. Это общее обозначение гуминовых веществ кислотной природы. Обычно выделяют гуминовые кислоты, гиматомелановые кислоты и фульвокислоты.

Гумусовый горизонт – органогенный горизонт, обычно наиболее темноокрашенный, располагающийся в верхней части почвенного профиля (в полициклических почвах встречается в любой части профиля), может быть современным или реликтовым. В зависимости от характера почвообразовательного процесса формируются гумусоаккумулятивные или гумусо-элювиальные горизонты.

Гумусовый профиль (органопрофиль) – органическая составляющая генетического профиля почвы. Отражает содержание и качественный состав гумуса в полном профиле почвы. Формирование органопрофиля непосредственно связано с почвообразовательным процессом благодаря сочетанию разложения, аккумуляции и миграции органических веществ.

Гумусонакопление – процесс накопления в почве гумуса с преимущественной аккумуляцией его в верхней части почвенного профиля, дополняемый некоторым перемещением гумуса вниз с постепенным пропитыванием почвенной массы.

Гумусообразование – процесс преобразования органических остатков, поступающих в почву, в почвенный гумус, включающий гумификацию, внутрипедную дифференциацию и локализацию гумусовых веществ, образование органоминеральных соединений.

Дегумусирование – уменьшение в почве содержания органического углерода и мощности гумусового профиля с ухудшением качественного состава органического вещества.

Дегумификация – дестабилизация гуминовых веществ, сопровождающаяся деполимеризацией, распадом супрамолекулярных ансамблей на отдельные ассоциаты, и их разложение.

Запас гумуса – общее количество гумуса, найденное в расчете на выбранный объем почвы. Существует несколько разных способов расчета запасов гумуса: на 1 м², на 1 га, на слой 0-20, 0-50, 0-100 см или для каждого горизонта. Необходимость введения понятия «запасы гумуса» вызвана тем, что величины содержания гумуса не могут быть достаточно надежными показателями темпов гумусонакопления или потерь гумуса как целинными, так и пахотными почвами из-за разной плотности сложения почвенной массы.

Лесная подстилка – поверхностный маломощный (чаще всего до 15 см) органогенный горизонт, покрывающий поверхность почвы под пологом леса. Состоит из наземного опада лесной растительности, находящегося на разных стадиях разложения.

Липиды – компоненты органического вещества почвы, экстрагируемые спирто-бензольной смесью. Растительные и животные липиды существенно отличаются от почвенных липидов, поскольку в спирто-бензольный экстракт из почв могут частично переходить гиматомелановые кислоты, свободные аминокислоты, моносахариды.

Неспецифические гумусовые вещества – обширная группа органических соединений, поступающих в почву из разлагающихся органических остатков, с прижизненными выделениями корней, макро- и микроорганизмов. К этой

группе веществ относятся лигнин, белки, липиды, углеводы, аминокислоты, фенолы, низкомолекулярные органические кислоты и т.п.

Оглеение (глеобразование) – процесс трансформации почвенной массы в анаэробных условиях с участием микроорганизмов и доступного органического вещества при постоянном или длительном периодическом переувлажнении отдельных горизонтов или всего почвенного профиля. Наиболее характерная особенность этого процесса – восстановление элементов с переменной валентностью (Fe, Mn, S, N), трансформация гуминовых кислот в фульвокислоты и неосинтез вторичных минералов, содержащих в кристаллической решетке восстановленные ионы железа и марганца.

Органическое вещество почвы (син.: органическая часть почвы) – вся совокупность органических соединений и материалов растительного, животного и бактериального происхождения в пределах почвенного профиля, за исключением тех, которые входят в состав живой фазы почвы.

Органо-минеральные соединения почвы – разнообразные продукты почвообразования, представленные неспецифическими органическими соединениями и специфическими гумусовыми веществами, вступившими во взаимодействие с минеральными компонентами: катионами, оксидами и гидроксидами, неорганическими анионами, глинистыми минералами.

Полугидроморфные почвы – группа почв разных типов формирующихся в условиях периодического переувлажнения поверхностными или почвенно-грунтовыми водами, что приводит к появлению в почвенном профиле признаков оглеения.

Процесс оподзоливания – процесс разрушения первичных и вторичных минералов угольной и органическими кислотами неспецифической и специфической природы и выноса части продуктов разрушения в нижележащие горизонты и грунтовые воды. Следствием оподзоливания является формирование в верхней части почвенного профиля осветленного белесого элювиального горизонта с кислой реакцией среды, относительно

обогащенного кремнеземом и обедненного илом, железом, алюминием и основанием.

Процесс осолодения – процесс замены обменного натрия на обменный водород и разрушения минеральной части почвы под влиянием щелочных растворов (щелочной гидролиз минералов) и периодического оглеения с накоплением в элювиальном (осолоделом) горизонте остаточного кремнезема и выносом из него других продуктов разрушения, частично аккумулирующихся в нижележащем иллювиальном горизонте.

Содержание гумуса – суммарное количество всех органических соединений, входящих в состав гумуса. Выражают его в массовых долях (%) по отношению к почвенной массе в расчете на высушенную при 105 °С навеску почвы. Оценивают содержание в почве гумуса и его составляющих по содержанию органического углерода.

Солонцовый процесс (осолонцевание) – процесс внедрения ионов натрия в почвенный поглощающий комплекс, сопровождающийся подщелачиванием среды, трансформацией и разрушением минералов, растворением гумусовых веществ и пептизацией коллоидов, перемещающихся на некоторую глубину и формирующих иллювиальный солонцовый горизонт.

Солончаковый процесс (засоление) – процесс поступления и аккумуляции в почве в больших количествах водорастворимых (легкорастворимых) солей.

Специфические гумусовые вещества – «более или менее темноокрашенные азотсодержащие высокомолекулярные соединения преимущественно кислотной природы» (Д.С. Орлов). Специфические гумусовые вещества формируют основную часть гумуса почвы. Они состоят из гумусовых кислот, прогуминовых веществ и условно гумина.

Степень гумификации органического вещества – мера преобразования органического вещества почвы в гуминовые вещества. Определяется как отношение количества углерода гуминовых кислот к общему количеству органического углерода почвы, выраженное в массовых долях.

Тип гумуса – соотношение гуминовых кислот и фульвокислот в гумусе почвы. Количественной мерой типа гумуса служит отношение содержания углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот.

Торф – органический материал, представленный преимущественно остатками болотной растительности. Оторфованными могут быть и почвенные горизонты, если процесс гумификации идет медленно, а количество растительных остатков велико.

Трансформация – совокупность биотических и абиотических процессов с изменением структуры, формы и состояния вещества. Трансформация органического вещества включает в себя фрагментирование, разложение, альтерацию, ассимиляцию, минерализацию и другие процессы.

Фитоценоз (растительное сообщество) – совокупность высших и низших растений, произрастающих совместно на однородной территории, характеризующаяся определенным составом, строением, сложением и взаимоотношениями растений как друг с другом, так и с условиями среды. Характер этих взаимоотношений определяется экологическими свойствами самих растений и свойствами местообитания, т. е. характером климата, почвы и влиянием человека и животных.

Фульвокислоты (по И.В. Тюрину) – «высокомолекулярные оксикарбоновые (и содержащие азот) кислоты, отличающиеся от группы гуминовых кислот светлой окраской, значительно более низким содержанием углерода, растворимостью в воде и минеральных кислотах и более значительной способностью к кислотному гидролизу». Фульвокислоты по И.В. Тюрину – все кислоторастворимые органические вещества, выделяемые в ходе анализа группового и фракционного состава гумуса. Эта группа органических веществ представлена как собственно фульвокислотами, так и разнообразными неспецифическими органическими соединениями.

Фракционно-групповой состав гумуса – комплексная характеристика состава гумуса, содержащая сведения как о наборе и количестве отдельных групп органических веществ, так и сведения о распределении составляющих

группы соединений по формам их связи с минеральными компонентами почвы. Содержание отдельных групп и их фракций находят по количеству углерода и выражают либо по отношению к массе почвы, либо по отношению к общему содержанию углерода органических соединений – $C_{\text{общ}}$.

Фракционный состав гумуса – распределение веществ, входящих в состав гумуса, по характеру и формам соединений с минеральными компонентами почвы.

Фракция органических веществ – используется в двух значениях. В узком смысле под фракцией понимают часть группы органических веществ, отличающихся от других частей той же группы по характеру связи с теми или иными минеральными компонентами почвы. Наиболее часто различают следующие фракции гуминовых веществ: свободные, предположительно связанные с полуторными оксидами, связанные с кальцием, прочно связанные с полуторными оксидами и глинистыми минералами. По типу связи различают гетерополярные соли, комплексно-гетерополярные соли и адсорбционные комплексы. В широком смысле фракцией называют любую часть группы органических веществ почвы, отличающуюся от других частей той же группы по любому выбранному признаку. Такими признаками могут быть молекулярные массы, коэффициенты экстинкции, элементный состав и т.д.

Химический состав почвы – валовое содержание макро- и микроэлементов и их различных соединений в почве.

Эдафон – вся совокупность обитающих в почве организмов в активных стадиях развития.

Элементарный почвенный процесс (син.: мезопроцесс) – минимально необходимое сочетание микропроцессов, создающее определенный признак (свойство) в твердой фазе почвы. Результат элементарного почвенного процесса – формирование отдельных специфических свойств и признаков почвы, в первую очередь одного или нескольких генетических горизонтов.

Элювиально-глеевый процесс – процесс, приводящий к формированию осветленного элювиального горизонта. Протекает при сочетании временного

поверхностного переувлажнения, вызывающего появление подвижных компонентов минеральной и органо-минеральной природы, с периодическим промачиванием горизонта, обеспечивающим вынос за его пределы способных к миграции продуктов анаэробного разложения.

Библиографический список

1. Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С., Орлов Д.С., Титлянова А.А., Фокин А.Д. Концепция оптимизации режима органического вещества в агроландшафтах. М.: МСХА, 1993. 99 с.
2. Мамонтов В.Г. Методы почвенных исследований: учебник для вузов 2-изд. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 260 с.
3. Мамонтов В.Г. Общее почвоведение : учебник для вузов, 2-е изд. М.: КНОРУС. 2023. 554 с.
4. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: наука. 1996. 256 с.
5. Фокин А.Д., Торшин С.П. Растения в жизни почв и наземных экосистем. Рига. LAP. 2020. 184 с.
6. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015, 233 с.
7. Степанова Л.П., Писарева А.В. Гуминовые вещества почвы. Роль гуминовых веществ в растениеводстве, животноводстве, медицине. Учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 460 с.