

## ОРГАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПОЧВЫ

1. Понятия об органическом веществе почвы. Состав и качество гумуса
2. Определение общего содержания органического вещества в почве по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симанкова
3. Расчет содержания и запасов гумуса в почве
4. Баланс гумуса

### 1. Понятия об органическом веществе почвы. Состав и качество гумуса

Органическая часть почвы представляет собой очень сложный комплекс разнообразных органических веществ, которые разделяются на две группы:

- 1) негумифицированные органические вещества растительного и животного происхождения;
- 2) гумус (гумусовые вещества) – органические вещества специфической природы.

В группу негумифицированных органических веществ входят:

- неразложившиеся остатки растений и животных (корни, листья, стебли и пр.);
- органические остатки различной степени разложения, частично или полностью потерявшие свою прежнюю форму (детрит);
- продукты разложения органических остатков в виде разнообразных соединений, таких как углеводы, протеины, лигнин, смолы, дубильные вещества и т. д.;
- плазма микроорганизмов и продукты ее автолиза. Эти вещества, называемые также органическими веществами неспецифической природы, довольно динамичны и неустойчивы. Под влиянием микроорганизмов содержащиеся в них элементы питания (азот, фосфор, сера и др.) переходят в доступную для растений форму. При этом в первые один-два года полностью разлагается 70-80 % органической массы. Остальные 20-30 % свежего органического вещества подвергаются гумификации с образованием гумусовых веществ (гумуса), на долю которых в среднем приходится 80-90 % всей органической части почвы.

**Гумусом** называют сложный динамичный комплекс органических соединений, который образуется при разложении и гумификации органических остатков.

В среднем скорость его разложения составляет 1-2 % в год. Его содержание в верхних горизонтах колеблется от 0,5-1 до 10-12 % и более и зависит от условий и особенностей почвообразовательного процесса.

Гумусовые вещества подразделяются на три группы:

- 1) гуминовые кислоты;
- 2) фульвокислоты;
- 3) гумины.

Гуминовые кислоты представляют собой сложные высокомолекулярные соединения ароматической природы, очень слаборастворимые в воде и мине-

ральных кислотах, хорошо – в растворах щелочей и пиродифосфата натрия. В их составе – 52-62 % углерода, 31-39 % кислорода, 2,8-6,6 % водорода, 3,3-5,1 % азота, некоторое количество зольных элементов (P, S, Al, Fe). Благодаря слабой растворимости в воде они накапливаются главным образом в виде органоминеральных коллоидов в местах своего образования.

Гуминовые кислоты, взаимодействуя с катионами почвы, образуют соли, которые называются гуматами. Гуматы одновалентных катионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) растворимы в воде. В большинстве почв из катионов преобладает кальций, и поэтому в основном образуются гуматы кальция, которые нерастворимы в воде и выпадают в почве в виде коллоидного осадка. Гуматы магния и трехвалентных катионов ( $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Al}^{3+}$ ) также растворимы в воде.

Фульвокислоты, в отличие от гуминовых, полностью растворимы в воде и других растворителях. В них содержится 40-52 % углерода, 4-6 – водорода, 42-52 – кислорода и 2-6 % – азота. Благодаря наличию карбоксильных групп, водород которых способен к обменным реакциям, водные растворы фульвокислот имеют сильноокислую реакцию ( $\text{pH} = 2,6-2,8$ ), энергично разрушают минеральную часть почвы и являются одним из главных агентов подзолообразовательного процесса.

В условиях промывного водного режима таежно-лесной зоны продукты разрушения могут выноситься из верхней части почвенного профиля с образованием подзолистого горизонта. При этом степень разрушающего воздействия фульвокислот на минералы значительно зависит от содержания в почве гуминовых кислот. Чем меньше в ней гуминовых кислот, тем сильнее действие фульвокислот.

С катионами, находящимися в почвенном растворе или в поглощенном состоянии, фульвокислоты образуют соли (фульваты), которые растворимы в воде и легко вымываются.

Фульвокислоты преобладают в составе гумуса дерново-подзолистых почв, формирующихся под лесной растительностью, гуминовые – в гумусе степных почв (черноземы, темно-каштановые и др.)

Гумины – комплекс гуминовых и фульвокислот, прочно связанных с минеральной частью почвы и не выделяемых из нее при обычных способах экстрагирования гумусовых веществ. В практике аналитических работ эти неэкстрагируемые вещества называют негидролизующим остатком.

По соотношению углерода гуминовых кислот (Сг.к) и фульвокислот (Сф.к) в составе гумуса судят о его качестве. По этому показателю выделяют следующие типы гумуса:

Тип гумуса	Сг.к : Сф.к
Фульватный	Менее 0,6
Гуматно-фульватный	0,6-0,8
Фульватно-гуматный	0,8-1,2
Гуматный	более 1,2

Наиболее благоприятны фульватно-гуматный и гуматный типы гумуса с наименьшим количеством свободных фульвокислот.

В дерново-подзолистых почвах соотношение  $C_{гк} : S_{гк}$  намного меньше единицы (0,4-0,6). На хорошо окультуренных участках оно приближается к ней или несколько больше. В черноземах этот показатель всегда выше единицы, что говорит о высоком качестве гумуса.

Другим важным показателем, характеризующим качество гумуса является соотношение содержащихся в нем углерода и азота. В среднем в гумусе содержится около 5 % азота. Его доля в составе гумуса несколько возрастает в южном направлении, т. е. от подзолистых почв к черноземам, каштановым почвам и далее к сероземам, а также в направлении с запада на восток в соответствии с изменением водного, теплового и других режимов.

Отношение  $C : N$  указывает на обогащенность гумуса азотом.

<b>Обогащенность азотом</b>	<b>C : N</b>
Очень высокая	менее 5
Высокая	5-8
Средняя	8-11
Низкая	11-14
Очень низкая	более 14

В последнее время при характеристике качества гумуса начали учитывать содержание так называемых подвижных гумусовых веществ, несущих большую информацию о трансформации и новообразовании гумуса при сельскохозяйственном использовании почв. Предлагаются различные методы их определения. Некоторые из них рассмотрены в данных методических указаниях.

## **2. Определение общего содержания органического вещества в почве по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симанкова**

### ***Ход работы.***

На аналитических весах берут навеску подготовленной для анализа почвы. Масса навески в зависимости от содержания в почве органического вещества должна быть примерно такой:

<b>Содержание органического вещества, %</b>	<b>Масса навески, г</b>
Более 10	0,1
10-5	0,2
5-1	0,3
1-0,5	0,4
Менее 0,5	0,5

Навеску осторожно переносят в коническую колбу емкостью 250 мл и по каплям прибавляют из бюретки 10 мл 0,4 н. раствора  $K_2Cr_2O_7$ , пригото-

ленного на серной кислоте, разведенной в воде в объемном отношении 1:1. В горлышко колбы помещают маленькую воронку, которая служит холодильником, и ставят ее на песочную баню. Содержимое колбы кипятят 5 мин, не допуская интенсивного кипения и перегрева.

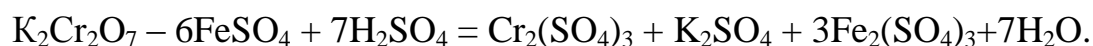
При нагревании происходит окисление углерода органического вещества по схеме:



Нельзя допускать сильного и продолжительного кипячения, так как увеличивается концентрация серной кислоты, что может привести к разложению хромовой кислоты, а отсюда и к неверным результатам анализа.

После кипячения содержимое колбы охлаждают, обмывают дистиллированной водой воронку и стенки колбы, приливают 5-8 капель 0,2%-ной фенилантраниловой кислоты, которая служит индикатором, и титруют 0,2 н. раствором соли Мора до перехода цвета раствора из бурого через фиолетовый и синий в зеленый. Когда раствор окрасится в синий цвет, титровать необходимо очень осторожно, прибавляя раствор соли Мора по 1 капле и тщательно размешивая титруемую жидкость.

Реакция между двуххромовокислым калием, оставшимся после окисления органического вещества и солью Мора заключается в восстановлении шестивалентного хрома в трехвалентный и идет по уравнению



Одновременно проводят холостое титрование, т. е. устанавливают соотношение между  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и солью Мора, для чего в коническую колбу емкостью 100 мл из бюретки добавляют 10 мл 0,4 н. раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , содержимое колбы титруют так же, как описано выше.

Экспериментально установлено, что 1 мл 0,2 н. раствора соли Мора соответствует такому количеству хромовой кислоты, которое окисляет 0,0006 г углерода. Поэтому содержание органического углерода в почве вычисляют по формуле:

$$C = (100(a - b) \times K_m \times 0,0006 \times K_{\text{H}_2\text{O}}) / P,$$

где C – содержание органического углерода, % к массе сухой почвы;  
a – количество соли Мора, пошедшее на холостое титрование;  
b – количество соли Мора, пошедшее на титрование остатка хромовокислого калия;  
K<sub>m</sub> – поправка к титру соли Мора;  
0006 – количество органического углерода, соответствующее 1 мл 0,2 н. раствора соли Мора;

$K_{H_2O}$  – коэффициент гигроскопичности для пересчета результатов анализа на абсолютно сухую навеску почвы;

P – навеска воздушно-сухой почвы, г.

### 3. Расчет содержания и запасов гумуса в почве

Содержание углерода гумуса в почве, как и содержание углерода органического вещества, определяют по одной из модификаций метода И. В. Тюрина, подробно изложенных в предыдущих разделах.

Процентное содержание гумуса вычисляют из расчета, что в его составе содержится 58 % органического углерода (1 г углерода соответствует 1,724 г гумуса), т. е. содержание гумуса (%) = содержание углерода (%)  $\times$  1,724.

Запасы гумуса в почве выражаются в тоннах и рассчитываются на 1 га площади. Для этого необходимо:

1. Определить массу почвы на площади 1 га.

Масса почвы (т/га) =  $h \times S \times d$ ,

где  $h$  – высота слоя почвы, в котором определяют запасы гумуса, м;

$S$  – площадь 1 га, выраженная в  $m^2$ ;

$d$  – плотность почвы,  $г/см^3$ ;

2. Рассчитать запасы гумуса.

Запасы гумуса (т/га) = (масса почвы (т/га)  $\times$  содержание гумуса (%)) / 100.

### 4. Баланс гумуса

Бадане гумуса рассчитывается как разность между его приходной и расходной статьями. Приходная статья определяется количеством гумуса, образовавшегося за счет гумификации растительных остатков и органических удобрений. Расходная – количеством гумуса, минерализовавшегося при возделывании сельскохозяйственных культур.

Если расходная часть баланса больше приходной, то считается, что баланс гумуса отрицательный, если меньше – положительный. Если расходная часть равна приходной, то баланс – бездефицитный. При определении доз органических удобрений необходимо стремиться, чтобы баланс гумуса был положительный или бездефицитный.

В практике сельскохозяйственного производства широкое распространение получили балансовые расчеты, основанные на справочных данных расхода гумуса в почвах и его поступления за счет гумификации растительных остатков и органических удобрений с учетом коэффициентов гумификации. При балансовых расчетах вначале устанавливают количество минерализовавшегося гумуса. Для дерново-подзолистых почв Республики Беларусь можно использовать данные, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Нормативы потерь гумуса при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах

Культуры	Потери от запасов в пахотном горизонте				
	%	т/га при содержании гумуса, %			
		< 1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	> 2,5
1	2	3	4	5	6
<b>Суглинистые почвы</b>					
Зерновые, лен	1,7	0,6	0,9	1,1	1,3
Картофель	3,0	1,1	1,5	2,0	2,2
Сахарная свекла, кормовые корнеплоды, овощи	3,4	1,3	1,8	2,3	2,6

окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Кукуруза на зеленую массу	2,6	1,0	1,3	1,7	1,9
Однолетние	1,5	0,6	0,8	1,0	1,1
Силосные без кукурузы	1,3	0,5	0,7	0,9	1,0
Многолетние травы	0,7	0,3	0,4	0,5	0,6
Чистые пары	4,5	1,7	2,3	3,0	3,4
<b>Супесчаные почвы, подстилаемые мореной</b>					
Зерновые, лен	1,9	0,8	1,1	1,4	1,5
Картофель	3,4	1,4	1,9	2,4	2,7
Сахарная свекла, кормовые корнеплоды, овощи	3,8	1,6	2,1	2,7	3,0
Кукуруза на зеленую массу	2,9	1,2	1,6	2,1	2,3
Однолетние	1,7	0,7	0,9	1,2	1,4
Силосные без кукурузы	1,5	0,6	0,8	1,1	1,2
Многолетние травы	0,8	0,3	0,5	0,6	0,7
Чистые пары	5,1	2,1	2,8	3,7	4,1
<b>Супесчаные почвы, сменяемые песками и песчаные</b>					
Зерновые, лен	2,1	0,9	1,2	1,3	
Картофель	3,8	1,6	2,1	2,4	
Сахарная свекла, кормовые корнеплоды, овощи	4,3	1,8	2,4	2,7	
Кукуруза на зеленую массу	3,3	1,4	1,9	2,1	
Однолетние	1,8	0,7	1,0	1,2	
Силосные без кукурузы	1,6	0,6	0,9	1,0	
Многолетние травы	0,9	0,4	0,5	0,6	
Чистые пары	5,7	2,4	3,2	3,7	

Примечание. Масса пахотного горизонта для суглинистых почв – 3000, супесчаных – 3200, песчаных – 3300 т/га.

Вымывание органического вещества из пахотного слоя дерново-подзолистых почв не превышает 30-40 кг/га в год. С поверхностным стоком эти почвы теряют до 80-100 кг/га гумуса.

Приходная часть гумусового баланса складывается из поступления органического вещества с корневыми и пожнивными остатками сельскохозяйственных культур, с навозом и другими органическими удоб-

рениями, с семенами, посадочным материалом и связывания некоторого количества углекислого газа атмосферы сине-зелеными водорослями.

Поступление в почву органического вещества с корневыми и пожнивными остатками можно узнать по коэффициенту выхода растительных остатков по отношению к основной продукции. Данные о коэффициентах выхода растительных остатков основных сельскохозяйственных культур представлены в табл. 2. В том случае, если урожайность будет выше, чем установлено в таблице, необходимо брать коэффициент выхода послеуборочных остатков для последнего, наиболее высокого предела урожайности. В разных почвенно-климатических условиях эти коэффициенты могут изменяться и требуют дополнительного уточнения.

Поступление органического вещества с продуктами жизнедеятельности почвенных водорослей и с семенами растений незначительно и колеблется от 100 до 200 кг углерода на 1 га. Поэтому расходы гумуса при вымывании и с поверхностным стоком компенсируются его поступлением в результате ассимиляции водорослями и при балансовых расчетах не учитываются.

Таблица 2. Нормативы поступления в почву растительных остатков сельскохозяйственных культур в зависимости от урожайности

Культуры	Урожайность основной продукции, ц/га	Отношение массы растительных остатков к массе основной продукции
1	2	3
Озимая рожь	До 20	1,30
	20-30	1,10
	Более 30	0,90
Озимая пшеница	До 20	1,30
	20-30	1,10
	Более 30	0,90
Яровая пшеница	До 20	1,30
	20-30	1,20
	Более 30	1,00
Ячмень	До 20	1,10
	20-30	1,00
	Более 30	0,80
Овес	До 20	1,40
	20-30	1,30
	Более 30	1,10
Гречиха	До 20	1,40
	Более 20	1,10
Вика на зерно	До 20	0,80
	Более 20	0,70
Кормовые бобы	Более 20	1,50
Люпин на зеленую массу	До 250	0,11
	Более 250	0,09
Лен (волокно)	До 3	0,50
	3-6	0,40

	Более 6	0,30
Кормовые корнеплоды, сахарная свекла	До 200	0,05
	200-350	0,04
	Более 350	0,03
	До 150	0,18
Картофель	150-250	0,15
	Более 250	0,13
	До 100	0,14
Овощи	100-200	0,11
	Более 200	0,08

окончание таблицы 2

1	2	3
Кукуруза на зеленую массу	До 200	0,10
	200-300	0,08
	Более 300	0,07
Люпин на зерно	До 20	1,40
	Более 20	1,10
Горох на зерно	До 10	0,90
	Более 10	0,85
Кормовые бобы	До 10	1,70
	10-20	1,60
Однолетние травы на сено	До 30	0,80
	Более 30	0,70
Озимые на зеленый корм	До 120	0,18
	Более 120	0,16
Многолетние травы на сено и зеленую массу в пересчете на сено	До 45	1,40
	Более 45	1,00
Клевер на сено 1-го года пользования	До 40	1,00
	40-70	0,80
	Более 70	0,65
Однолетние травы на зеленую массу	До 200	0,18
	200-300	0,17
	Более 300	0,16
Райграс однолетний на зеленую массу	До 200	0,26
	Более 200	0,21
Бобово-злаковая смесь 1-го года пользования	До 40	0,90
	40-70	0,70
	Более 70	0,50
Бобово-злаковая смесь 2-го года пользования	До 40	1,20
	40-70	1,00
	Более 70	0,83
Бобово-злаковая смесь 3-го года пользования	До 40	1,50
	40-70	1,30
	Более 70	1,10
Многолетние травы на пастбищах 1-го года пользования	До 80	0,90
	Более 80	0,76
Многолетние травы на пастбищах 2-го года пользования	До 80	1,00
	Более 80	0,80

Многолетние травы на пастбищах 3-го года пользования	До 80	1,20
	Более 80	1,00

По табл. 3 и 4 необходимо установить коэффициенты гумификации растительных остатков и органических удобрений.

Таблица 3. Нормативы поступления в почву гумусовых веществ и растительных остатков

Культуры	Гранулометрический состав почвы	Коэффициент гумификации растительных остатков
Зерновые, лен, многолетние травы	Суглинок	0,20
	Супесь	0,17
	Песок	0,14
Кормовые корнеплоды, картофель, овощи	Суглинок	0,10
	Супесь	0,085
	Песок	0,060
Кукуруза и однолетние травы	Суглинок	0,15
	Супесь	0,30
	Песок	0,11

Таблица 4. Параметры поступления гумусовых веществ при внесении в почву различных видов органических удобрений

Виды удобрений	Сухое вещество, %	Содержание в сухом веществе, %		Коэффициент гумификации органического вещества удобрений на почвах		
		золы	органического вещества	суглинистых	супесчаных	песчаных
Соломистый навоз	25	27	73	0,20	0,17	0,14
Удобрения на основе торфа (навоз, компосты, смеси)	30	27	73	0,25	0,22	0,19
Полужидкий навоз	15	10	90	0,20	0,17	0,14
Жидкий навоз	5	10	90	0,20	0,17	0,14

Пример расчета баланса гумуса приведен в табл. 5. Как видно из таблицы, баланс гумуса положительный. За 5 лет ротации севооборота запас гумуса в почве увеличился на 0,77 т/га, что составило 0,026 % ( $0,77 \times 100 / 3000$ , где 3000 – масса пахотного горизонта почвы, т/га).

При определении дозы органических удобрений необходимо стремиться к достижению оптимального содержания гумуса, которое для суглинистой дерново-подзолистой почвы в среднем составляет около 2,8 %, для супесчаной и песчаной почв – соответственно 2,3 и 1,9 %.

Если гумусированность почвы ниже оптимальной, то дозы органических удобрений должны обеспечивать положительный баланс гумуса. При содержании гумуса в пределах оптимума баланс гумуса в почве должен быть бездефицитным.

Таблица 5. Баланс гумуса за ротацию севооборота при использовании соломистого навоза на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с содержанием гумуса 1,9 %

Культуры севооборота	Урожайность, т/га	Масса растительных остатков, т/га	Коэффициент гумификации растительных остатков	Вносилось органических удобрений, т/га	Содержание сухого вещества в органических удобрениях, %	Коэффициент гумификации сухого вещества органических удобрений	Образовалось гумуса, т/га			Минерализовалось гумуса, т/га	Баланс гумуса, ± т/га
							из растительных остатков	из органических удобрений	Всего		
Ячмень + клевер	3,5	2,80	0,2				0,56		0,56	0,9	-0,34
Клевер на сено	6,0	4,80	0,2				0,96		0,96	0,4	+0,56
Озимая рожь	3,5	3,15	0,2				0,63		0,63	0,9	-0,27
Лен (волокно)	0,6	0,18	0,2				0,04		0,04	0,9	-0,86
Картофель	20,0	3,00	0,1	60	25	0,2	0,30	3,00	3,30	1,5	+1,80
Итого							2,49	3,00	5,49	4,6	+0,89

Увеличение содержания гумуса в почве свыше оптимальных параметров экономически невыгодно, так как требует повышенного расхода органических удобрений.

Расчет убыли (минерализации) гумуса можно проводить и по выносу азота с урожаем сельскохозяйственных культур. В основу расчетов положено то, что азот, отчуждаемый из почвы с хозяйственно полезной частью растений, является азотом гумуса. Согласно этому методу, пользуясь справочными материалами, определяют вынос азота с урожаями культур севооборота. Далее исходят из того, что при использовании высоких доз минерального азота (более 80-90 кг д. в. на 1 га) доля почвенного азота в формировании урожая составляет 50, при более низких дозах – 55-60 %, и более. К этой величине вводят поправочные коэффициенты:

а) на гранулометрический состав – для тяжелого суглинка – 0,8, среднего – 1, легкого суглинка – 1,2, супеси – 1,4, песка – 1,8;

б) на сельскохозяйственную культуру – для многолетних трав – 1, зерновых и других культур сплошного сева – 1,2, пропашных и чистых паров – 1,6.

Под бобовыми культурами учитывают поступление азота в почву из атмосферы за счет азотификации: у многолетних бобовых – 70, однолетних и зернобобовых – 60, в смешанных посевах (с долей бобовых около 60 %) – 35-37 % общего выноса с урожаем.

Суммируя потери, определяют общий расход почвенного азота. Так как в гумусе содержится около 5 % азота, при расчетах принято считать, что каждой части почвенного азота, отчуждаемого с урожаем культур, соответствует убыль двадцатикратного количества гумуса почвы. Отсюда минерализацию гумуса рассчитывают умножением общего расхода почвенного азота на 20 (коэффициент перевода азота в гумус). Пример расчета потерь гумуса на супесчаной почве для звена севооборота овес – люпин (на зеленую массу) – озимая рожь приведен в табл. 6.

Таблица 6. Расчет потерь гумуса в звене севооборота на супесчаной почве

Культуры	Урожайность, ц/га	Вынос азота с урожа- ем, кг/га		Общий расход азота почвы, кг/га	Минерализует- ся гумуса, ц/га
		всего	в т. ч. из почвы		
Овес	26	75,4	37,7	63,3	12,7
Люпин на зеле- ную массу	300	120,0	18,0	25,2	5,0
Озимая рожь	26	67,6	33,8	56,8	11,4
Итого на 1 га		87,6	29,8	48,4	9,7