

УДК 631.416.2

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОСТЕПНЫХ ПОЧВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГИДРОМОРФИЗМА\*

© 2004 г. Б.П. Ахтырцев, А.Б. Ахтырцев, Л.А. Яблонских

*Воронежский государственный университет*

Исследовано воздействие гидроморфного процесса на состав гумуса лесостепных почв. Установлена трансформация гумусного состояния аллювиальных почв речных долин, черноземов и луговых почв низменностей при повышении увлажнения в современный период.

Важным фактором, влияющим на характер гумификации органического вещества, накопление и состав гумуса, является локальное переувлажнение почвенного покрова. Оно возникает в отрицательных формах рельефа на слабодренированных низменностях, а также в поймах речных долин лесостепи.

По сравнению с дренированными возвышенными водораздельными пространствами в поймах закономерно возрастает степень гидроморфизма почв, которая даже в пределах одной речной долины различна. При последовательном переходе от хорошо дренируемой повышенной прирусловой части поймы к ровной центральной и затем к пониженному притеррасью происходит нарастание степени гидроморфизма в пойменных почвах и наблюдается закономерная смена автоморфных аллювиальных дерновых насыщенных почв гидроморфными собственно аллювиальными луговыми насыщенными, аллювиальными лугово-болотными и болотными.

В почвах речных долин лесостепной провинции, сформировавшихся под луговой и лугово-болотной растительностью, сложились такие условия для гумусонакопления и глубины гумификации, что соотношение увлажнения и аэрации в них неодинаковы. Дополнительное влияние на процессы анаэробно-зиса оказывает ежегодное, но различное по продолжительности в той или иной части поймы затопление паводковыми водами и относительно близкое стояние к дневной поверхности уровня грунтовых вод. От водного режима почв зависит их аэрация, а также интенсивность процесса гумификации. Режим влажности почв речных долин закономерно изменяется по поперечнику поймы, меняя вместе с собой и условия для гумусонакопления.

Собственно аллювиальные луговые насыщенные

почвы центральной части поймы имеют выпотной, периодически промывной водный режим и формируются при длительном затоплении полами водами (3-4 недели), слабом аллювиальном процессе, под влиянием близко расположенных к поверхности грунтовых вод (1.5-2.0 м). Эти почвы периодически испытывают переувлажнение почвенного профиля.

Аллювиальные лугово-болотные почвы центральной и притеррасной частей поймы характеризуются повышенным увлажнением всего почвенного профиля, так как развиваются при продолжительном затоплении паводковыми водами (более 3-4 недель) и близким к поверхности залеганием грунтовых вод в течение всего вегетационного периода.

Таким образом, рассматриваемые почвы имеют различия в увлажнении и аэрации, соотношение которых является одним из факторов, регулирующих процесс гумификации [1, 2].

Следует отметить, что аллювиальные дерновые насыщенные почвы, занимая хорошо дренируемую прирусловую часть поймы и обладая легким гранулометрическим составом, являются наименее гумусированными. Вследствие максимального выражения аэробно-зиса, высокой скорости разложения растительных остатков, легкого гранулометрического состава гумусообразование развивается по нехарактерному для зоны лесостепи фульватному типу. Поэтому эти почвы не подходят для сравнительной характеристики влияния гидроморфизма на процесс гумификации в пойменных почвах тяжелого гранулометрического состава. Для выяснения влияния этого фактора нами сопоставляются основные показатели гумусного состояния собственно аллювиальных луговых насыщенных и лугово-болотных тяжелых по гранулометрическому составу почв Окско-Донской равнины. Для сравнения приводятся данные по автоморфным черноземам прилегающих водоразделов. Водный режим их периодически про-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ по проекту 03-04-48211-а

мывной. Грунтовые воды в черноземах находятся на глубине 6-8 м. В этом ряду почв наиболее гумусированными (по мощности гумусового горизонта, содержанию и запасам гумуса) являются гидроморфные собственно аллювиальные луговые насыщенные почвы. Однако содержание гумуса в последних с глубиной падает быстрее, чем в черноземах. Дальнейшее усиление гидроморфизма ведет к формированию аллювиальных лугово-болотных почв и сопровождается все более поверхностным характером распределения гумуса. В них содержание гумуса на глубине 55-65 см в 5-13 раз меньше, чем в слое 0-15 см, тогда как в собственно аллювиальных луговых насыщенных почвах к этой глубине оно уменьшается в глееватых их разностях в 2-4, а в глеевых – 5-11 раз. Повышенное накопление гумуса в верхних горизонтах почв избыточного увлажнения обусловлено концентрацией в них основной массы корней и снижением интенсивности минерализации органического вещества. Микроморфологические исследования показали наличие в органическом веществе верхних горизонтов большого количества полуразложившихся растительных остатков. Усиление гидроморфизма сопровождается изменением состава гумуса. В составе гумуса автоморфных черноземов выщелоченных содержание гуминовых кислот равняется 35-41%, фульвокислот – 16-22%, негидролизующего остатка – 37-46%. Отношение С<sub>гк</sub>:С<sub>фк</sub> колеблется в пределах 1.8-2.3 по всему профилю (табл. 1). Количество гумусовых кислот фракции I невелико и в них фульвокислоты преобладают над гуминовыми (ГК-I:ФК-I=0.1-0.8). В составе гумусовых кислот фракции II, наоборот, гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами и отношение ГК-II:ФК-II расширяется до 4-5. Среди гумусовых кислот фракции III несколько выше содержание фракции ГК-III и отношение ГК-III:ФК-III равняется 2-3. В составе гуминовых кислот определяющую роль играет фракция II, связанная с кальцием (58-78% от

суммы ГК), на втором месте стоят гуминовые кислоты фракции III (18-39%), а на гуминовые кислоты фракции I приходится 3-22%.

По показателям гумусного состояния черноземы выщелоченные относятся к почвам со средними содержанием и запасами гумуса, среднеобогатленного азотом (С:N=10-11), с высокой степенью гумификации органического вещества. Тип гумуса близкий к гуматному, с низким содержанием “подвижных”, высоким – связанных с кальцием и прочносвязанных гуминовых кислот (реже средним) и средним содержанием негидролизующего остатка.

Гидроморфные собственно аллювиальные луговые насыщенные глееватые и глеевые почвы характеризуются повышенным содержанием гуминовых кислот в неоглеенной части профиля (в среднем 39-46%) и пониженным в оглеенной (24-28, иногда 12-22%) по сравнению с автоморфным черноземом. Содержание фульвокислот в неоглеенной части профиля остается приблизительно на уровне содержания их в черноземах. Однако, в оглеенной части оно возрастает и фульвокислоты начинают преобладать над гуминовыми. Соответственно, изменяется и отношение С<sub>гк</sub>:С<sub>фк</sub> от 1.0-2.5 в верхней половине профиля до 1.0-0.2 – в нижней оглеенной. Количество нерастворимого остатка в рассматриваемых почвах возрастает до 39-58% (но чаще всего равно 40-50%) в гор. А+В и снижается до 12-29% за его пределами (против 37-46% по всему профилю в черноземе выщелоченном). В группе ГК собственно аллювиальных луговых насыщенных почв по-прежнему определяющую роль играют гуминовые кислоты, связанные с кальцием (55-72%, реже 60-80% от суммы ГК). Одновременно возрастает роль гуминовых кислот фракции III (20-40% от суммы ГК), особенно в оглеенных карбонатных горизонтах (28-63%). Фракция I гуминовых кислот составляет 3-23% от суммы ГК в гор. А и уменьшается с глубиной до 1-7%. Во всех фракциях гумусовых кислот (кроме первой) гуми-

Таблица 1

Групповой и фракционный состав гумуса чернозема выщелоченного мощного

Глубина, см	Собщ., %	% от углерода органического вещества										Н.О.	С <sub>гк</sub> :С <sub>фк</sub>
		Фракции гуминовых кислот				Фракции фульвокислот					Сумма всех фракций, %		
		1	2	3	Сумма	1а	1	2	3	Сумма			
0-26	2.88	7.9	21.3	7.4	36.6	1.7	7.9	5.2	3.0	17.8	54.4	45.6	2.1
36-46	3.07	5.9	26.2	7.6	39.7	1.8	5.5	5.9	3.5	16.7	56.4	43.6	2.4
55-65	2.63	1.6	29.6	6.7	37.9	2.2	4.7	5.4	4.0	16.3	54.2	45.8	2.3
65-75	2.27	1.2	25.4	8.0	34.6	2.6	5.4	6.8	4.3	19.1	53.7	46.3	1.8
89-99	1.68	1.2	23.8	16.1	41.1	3.8	5.4	6.8	5.8	21.8	62.9	37.1	1.9

новые кислоты преобладают над фульвокислотами. В неоглеенной части профиля ГК-I:ФК-I равно 0.1-0.4; ГК-II:ФК-II – 1.3-8.0 и ГК-III:ФК-III – 1-4; в оглеенной – эти показатели сильно сужаются соответственно до 0-0.1; 0.1-1.3; 0.5-3.1 (табл. 2).

Собственно аллювиальные луговые насыщенные глееватые и глеевые почвы относятся к почвам с высоким и средним содержанием гумуса, высоко- и средне-

Таблица 2 (продолжение)

Номер разреза	Горизонт	Глубина, см	ГК:ФК			
			во фракциях			в целом
			1	2	3	
1	2	3	4	5	6	7
32	A <sub>пах</sub>	0-20	0.3	4.9	0.9	1.7
		27-37	0.1	2.5	4.2	2.3
	B	45-55	0.2	2.3	1.8	1.7
	B <sub>г</sub>	56-66	0.1	1.6	1.4	1.2
		83-93	0.01	0.2	0.6	0.3
	CG	115-125	0.01	0.1	0.5	0.2
Собственно аллювиальные лугово-болотные почвы						
34	A <sub>г</sub>	0-10	0.1	4.8	0.7	0.8
		20-30	0.3	3.2	3.0	2.0
		40-50	0.2	5.9	2.3	2.3
38	A <sub>г</sub>	2-12	0.4	0.8	1.0	0.8
		22-32	0.2	2.0	2.0	1.6
		45-55	0.8	2.9	1.2	1.5
	BG	70-80	0.4	1.7	0.3	0.4
Аллювиальные лугово-болотные оторфованные почвы						
20	A	3-15	2.2	0.4	5.8	2.2
	A <sub>г</sub>	30-40	2.3	0.8	4.4	2.3
		45-55	3.5	1.4	8.7	3.4
	G	60-70	0.2	1.4	1.0	0.7

Таблица 2  
Отношение ГК:ФК в гумусовых горизонтах чернозема выщелоченного и пойменных почв

Номер разреза	Горизонт	Глубина, см	ГК:ФК			
			во фракциях			в целом
			1	2	3	
1	2	3	4	5	6	7
Чернозем выщелоченный мощный						
3	A <sub>пах</sub>	0-26	0.8	4.1	2.5	2.1
	A	36-46	0.8	4.4	2.2	2.4
	B	55-65	0.2	4.5	1.7	2.3
		65-75	0.2	4.0	1.9	1.8
	BC	89-99	0.1	4.0	2.8	1.9
Собственно аллювиальные луговые насыщенные глееватые почвы						
2	A	4-14	1.4	3.6	1.9	2.5
		20-30	0.9	4.4	2.2	2.4
		37-47	0.4	4.4	2.3	2.2
	B <sub>г</sub>	67-77	0.2	1.3	3.1	1.0
		90-100	0.1	1.2	2.9	1.0
18	A	2-12	0.9	3.9	2.3	1.9
		31-41	0.4	8.0	1.6	1.8
	B <sub>г</sub>	52-72	0.2	3.0	2.6	1.4
		86-96	0.2	5.5	1.7	1.5
24	A	2-12	0.8	5.1	2.0	2.5
		22-32	0.4	5.0	2.1	2.3
		45-55	0.3	5.2	2.7	2.5
	B <sub>г</sub>	78-88	0.3	5.3	2.1	2.4
		104-114	0.04	1.0	0.8	0.6
9	A <sub>пах</sub>	0-26	0.5	4.9	1.8	1.5
	B	46-56	0.8	3.2	1.3	1.8
	B <sub>г</sub>	91-101	0.2	4.4	1.2	1.6
	C <sub>г</sub>	127-137	0.3	0.7	0.9	0.7
15	A <sub>пах</sub>	0-24	0.3	1.3	1.2	1.0
	A	33-43	0.3	2.4	1.6	1.5
	B	56-66	0.1	1.5	0.7	0.7
	B <sub>г</sub>	95-105	0.004	1.3	0.8	0.6
	C <sub>г</sub>	130-140	0	0.8	-	0.2
Собственно аллювиальные луговые насыщенные глеевые почвы						
31	A	2-12	0.2	2.8	2.6	2.2
		22-32	0.1	3.8	2.0	2.4
		42-52	0.1	3.1	1.7	2.0
	B	55-65	0.1	4.9	1.1	1.8
	B <sub>г</sub>	77-87	0.1	0.3	0.6	0.4
	CG	115-125	0.1	0.3	0.5	0.4

обогащенного азотом (C:N=7-8.5 и C:N=8-10), с высокой степенью гумификации органического вещества. Тип гумуса от фульватно-гуматного до гуматного (фульватный – в оглеенной части профиля) с низким содержанием “свободных”, высоким – связанных с кальцием и глинистыми минералами гуминовых кислот.

Таким образом, в составе гумуса черноземов выщелоченных и аллювиальных луговых насыщенных почв имеются определенные сходства и различия. Верхняя часть профиля луговых почв по составу гумуса еще близка к гумусовому горизонту чернозема выщелоченного. Однако нижняя часть его, испытывающая постоянное увлажнение, резко отличается соотношением групп и фракций гумусовых кислот.

Резкое ухудшение условий гумификации отмечается в избыточно увлажненных лугово-болотных почвах, что подтверждается изменениями состава гумуса. В нем уменьшается содержание группы ГК (до 19-38% в верхней и 4-17% в нижней части профиля собственно аллювиальных лугово-болотных почв) и сужается отношение C<sub>гк</sub>:C<sub>фк</sub> до 0.8-2.3 в гумусовом и 0.1-0.4 в глеевом горизонтах. Одновременно нарастает содержание негидролизующего остатка в сравнении с собственно аллювиальными луговыми насыщенными почвами (до 44-55%). Заболачивание отрицательно сказывается на образо-

вании гуминовых кислот, связанных с кальцием, количество которых снижается до 25-50% от суммы ГК. Однако при этом увеличивается накопление гуминовых кислот, прочно связанных с глинистыми минералами (до 33-72%). Содержание подвижных ГК остается на уровне собственно аллювиальных луговых глееватых почв. Отношение ГК:ФК в фракции I гумусовых кислот составляет 0.1-0.8, в фракции II – 0.8-5.9 и в фракции III – 0.7-3.0.

Значительным своеобразием отличается состав гумуса аллювиальных лугово-болотных оторфованных почв. Оторфовывание ведет к накоплению негидролизуемого остатка в гумусе до 45-63% и некоторому расширению отношения ГК:ФК (до 2.2-3.3 против 0.8-2.3 в лугово-болотных почвах). Однако оно происходит главным образом за счет накопления подвижных гуминовых кислот, доля которых возрастает до 45-48% от суммы ГК.

Одновременно здесь резко падает содержание фракции ГК-2 (до 6-18% от суммы ГК). Отношение ГК:ФК в разных фракциях гумусовых кислот аллювиальных лугово-болотных оторфованных почв возрастает во фракциях 1 (до 2.2-3.5) и 3 (до 4.4-8.7) и резко снижается во фракции 2 до 0.4-1.4. Таким образом, хотя гумус оторфованных почв относится к гуматному типу, но он резко отличается по своему качеству от гумуса гуматного типа автоморфных и гидроморфных почв, не подверженных избыточному переувлажнению.

Полученный материал позволяет сделать вывод, что с нарастанием длительности и интенсивности гидроморфизма нарушаются закономерности процесса гумификации в пойменных почвах. Степень гумификации постепенно затухает от почв центральной части поймы к почвам притеррасья с критическими пределами увлажнения. Наибольшая ее величина отмечается в гидроморфных собственно аллювиальных луговых насыщенных почвах центральной части поймы. В этих почвах гумусонакопление усиленно происходит до глубины 55-65 см. В глеевых почвах в течение всего вегетационного периода верхняя часть профиля подвергается частой смене режима увлажнения и в ней происходит накопление гуминовых кислот (более высокое, чем в черноземе). Однако, ниже этой глубины горизонты постоянно увлажнены и в них накапливается гумус фульватного типа.

В избыточно увлажненных аллювиальных лугово-болотных почвах, особенно оторфованных, условия для процесса гумификации ухудшаются и в составе гуминовых кислот увеличивается относительное содержание фракций ГК-1, ГК-3 при резком уменьшении фракции ГК-2.

К настоящему времени сложились четкие пред-

ставления о характере зависимости между гумусным состоянием почвы и зональными биоклиматическими условиями. Менее исследована связь его и степени увлажнения почвы в лесостепи.

Известно, что режим влажности и аэрации является одним из основных факторов, регулирующих скорость и характер гумификации растительных остатков. Степень гумификации зависит от соотношения процессов анаэробного и достигает максимального выражения при периодическом насыщении почвы водой с последующим ее полным иссушением [1, 2]. Именно такие условия складываются в лесостепной зоне под лугово-степной растительностью, но степень выраженности их, соотношение увлажнения и аэрации почв далеко неодинаковы на пространствах с различной дренированностью.

Различия увлажнения в ряду почв: черноземы – лугово-черноземные – черноземно-луговые – черноземно-влажнотуговые наложили определенный отпечаток на их гумусовый профиль, содержание, запасы и состав гумуса.

По данным статистической обработки среднечисленные среднечисленные выщелоченные и типичные черноземы имеют мощность горизонтов А+АВ соответственно 71 и 72 см и содержат в пахотном слое 6.5% гумуса. Запас гумуса в горизонтах А+АВ составляет 412 т/га, в метром слое – 473-493 т/га (табл. 3). Черноземы мощные имеют мощность 86 и 88 см, а по содержанию гумуса в пахотном горизонте не отличаются от среднечисленных. Запас гумуса в них несколько выше (453-517 т/га в горизонтах А+АВ и 501-551 т/га в метровой толще).

В полугидроморфных условиях на Окско-Донецкой низменной равнине сформировались лугово-черноземные выщелоченные и обычные мощные почвы со средним содержанием гумуса в пахотном слое от 6.5-8% на севере равнины до 7.5-9.5% на ее юге. Среднечисленные почвы занимают небольшие площади. Приведенные показатели свидетельствуют о том, что наиболее гумусированными почвами лесостепи являются не автоморфные черноземы, а полугидроморфные лугово-черноземные почвы.

Сопоставление содержания и запасов гумуса в профиле лугово-черноземных почв с глубиной залегания грунтовых вод выявило, что оптимальные условия гумусонакопления в лесостепи складываются при небольшом поверхностном дополнительном увлажнении и уровне грунтовых вод в пределах 3-4 м.

Дальнейшее нарастание степени гидроморфизма и подъема грунтовых вод ведет к формированию черноземно-луговых почв, которые по основным показателям гумусового профиля начинают постепенно уступать лугово-черноземным почвам.

**Основные показатели гумусового профиля почв разной степени гидроморфизма**

Название почвы	Мощность А+АВ, см	Гумус в слое 0-20 см, %	Запас гумуса, т/га	
			в гор. А+АВ	в метровом слое
<b>Автоморфные почвы</b>				
Чернозем выщелоченный среднегумусный мощный	86	6.45	453	501
То же, среднемощный	71	6.55	412	493
Чернозем типичный среднегумусный мощный	88	6.6	517	551
То же, среднемощный	72	6.5	412	473
<b>Полугидроморфные почвы</b>				
Лугово-черноземная выщелоченная среднегумусная мощная	90	7.2	570	594
То же, среднемощная	76	7.0	506	555
Лугово-черноземная обычная среднегумусная мощная	90	7.0	551	579
То же, среднемощная	78	6.8	517	558
Лугово-черноземная выщелоченная тучная, мощная	97	8.7	650	658
То же, среднемощная	79	8.4	596	649
Лугово-черноземная обычная тучная мощная	92	8.9	653	684
То же, среднемощная	78	8.7	606	661
<b>Гидроморфные почвы</b>				
Черноземно-луговая выщелоченная среднегумусная мощная	86	6.74	477	506
То же, среднемощная	69	6.76	417	466
Черноземно-луговая обычная среднегумусная мощная	85	7.45	527	556
То же, среднемощная	68	7.21	411	462
Черноземно-луговая обычная тучная мощная, целина	91	9.98	633	653
То же, среднемощная, целина	75	9.81	511	568
Черноземно-влажнoluговая обычная	55	6.50	304	378
То же, целина	58	11.12	375	437
Черноземно-влажнoluговая выщелоченная	55	6.85	320	393
То же, обычная	54	6.32	297	370

По сравнению с полугидроморфными лугово-черноземными почвами в гидроморфных черноземно-луговых сокращается общая мощность гумусового горизонта (на 5-10 см) и запасы гумуса (в среднем на 90 т/га).

Дальнейшее нарастание увлажнения отрицательно влияет на гумусонакопление в почвах лесостепи. Черноземно-влажнoluговые выщелоченные и обычные почвы с уровнем грунтовых вод 1-1.5 м имеют мощность гумусовых горизонтов А+АВ 40-55 см и содержат в пахотном слое 6.3-6.9% гумуса. Запас его в гумусовых горизонтах существенно ниже, чем у черноземов и составляет 297-320 т/га, а в метровом слое 370-393 т/га.

Таким образом, нарастание гидроморфизма до стадии полугидроморфных почв сопровождается усилением гумусонакопления по всему почвенному профилю до глубины около 1 метра и увеличением мощности гумусового горизонта. На этой стадии распределение гумуса сохраняет черноземный характер, хотя начинает проследиваться тенденция более бы-

строго спада содержания его с глубиной. Дальнейшее усиление гидроморфизма способствует интенсификации гумусонакопления в верхней части гумусового горизонта при последовательном сокращении его мощности и нарушении равномерности распределения гумуса по вертикальному профилю.

Наряду с изменением количественных показателей гумусового профиля почв с нарастанием гидроморфизма проследиваются закономерные изменения состава гумуса (табл. 4), что было выявлено на основе сравнительной характеристики параметров гумусового состояния автоморфных черноземов выщелоченных и типичных Среднерусской возвышенности и Окско-Донской равнины, с одной стороны, и полугидроморфных лугово-черноземных, гидроморфных черноземно-луговых и черноземно-влажнoluговых почв Окско-Донского плоскоместья, с другой.

В составе гумуса гор. А и АВ черноземов выщелоченных и типичных тяжелосушлистого состава относительное содержание ГК составляет 35-47%, ФК – 16-22%, нерастворимого остатка (НО) – 35-

## Групповой и фракционный состав гумуса (С, % к общему органическому углероду)

Горизонт	Глубина, см	С, %	Фракции ГК				Фракции ФК					Нерастворимый остаток	ГК:ФК
			1	2	3	Сумма	1а	1	2	3	Сумма		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Чернозем типичный мощный, Репьевский р-н Воронежской области</b>													
A <sub>p</sub>	0-20	3.35	2.1	37.4	7.2	46.7	2.2	2.6	9.8	4.1	18.7	34.6	2.5
A	25-35	2.91	1.9	36.9	7.0	45.8	2.3	2.3	10.0	4.1	18.7	35.5	2.4
AB	45-55	2.33	1.8	32.0	6.9	40.7	2.5	2.1	9.5	4.6	18.7	40.6	2.2
	60-70	1.80	1.9	27.8	7.1	36.8	2.6	1.9	10.4	5.4	20.3	42.9	1.8
	70-80	1.13	2.2	26.0	7.4	35.6	2.7	2.3	10.5	6.0	21.5	42.9	1.7
<b>Чернозем выщелоченный мощный, Моршанский р-н Тамбовской области</b>													
A <sub>p</sub>	0-26	2.88	7.9	21.3	7.4	36.6	1.7	7.9	5.2	3.0	17.8	45.6	2.1
A	36-46	3.07	5.9	26.2	7.6	39.7	1.8	5.5	5.9	3.5	16.7	43.6	2.4
AB	55-65	2.63	1.6	29.6	6.7	37.9	2.2	4.7	5.4	4.0	16.3	45.8	2.3
	65-75	2.27	1.2	25.4	8.0	34.6	2.6	5.4	6.8	4.3	19.1	46.3	1.8
	89-99	1.68	1.2	23.8	16.1	41.1	3.8	5.4	6.8	5.8	21.8	37.1	1.9
<b>Лугово-черноземная выщелоченная, Никифоровский р-н Тамбовской области, пашня</b>													
A <sub>пах.</sub>	0-22	3.77	7.8	32.6	9.9	50.3	2.2	5.6	5.8	4.2	17.8	31.9	2.8
A	27-37	3.52	6.5	36.9	6.9	50.3	2.4	5.0	9.4	4.7	21.5	28.2	2.3
AB	45-55	2.98	4.7	37.4	9.1	51.2	3.2	3.8	10.5	4.2	21.7	27.1	2.3
	75-85	1.25	2.2	30.2	11.2	43.6	6.4	1.0	14.5	4.2	26.1	30.3	1.7
C	150-160	0.35	1.0	9.4	14.0	24.4	12.0	0	14.0	7.1	33.1	42.4	0.7

46%. Отношение  $C_{гк} : C_{фк}$  колеблется в пределах 1.8-2.5. Фракция 1 (ГК-I + ФК-Ia + ФК-I) гумусовых кислот очень невелика по содержанию (6-18% от  $C_{общ}$ ). Лишь в слое дернины целинных черноземов ее величина достигает 17-20%. В ней ФК сильно преобладают над ГК (ГК-I : ФК-Ia = 0.2 – 0.8). Гумусовые кислоты, связанные с кальцием, составляют 31-49% от  $C_{общ}$ , а отношение ГК-II : ФК-II = 2.7-5.5. Фракция гумусовых кислот, прочно связанных с глинистыми минералами и  $R_2O_3$ , содержится в небольших количествах (6-13% от  $C_{общ}$ ). В ней отношение ГК-III : ФК-III колеблется от 1.1 до 2.8. Гумусовые кислоты состоят на 50-77% в гор. А и на 60-80% в гор. АВ из фракции 2. Доля участия подвижных фракций (ГК-I + ФК-Ia + ФК-I) в гумусовых кислотах составляет в гор. А черноземов типичных и выщелоченных 10-13 и 13-32%, а в гор. АВ 10-11 и 12-18% соответственно. Доля фракции 3 колеблется от 10 до 23% (табл. 5). Фракционный состав гуминовых кислот черноземов характеризуется очень низким содержанием “свободных” (4-11% от суммы ГК), высоким – связанных с кальцием (71-86) и от среднего до высокого – прочно связанных (9-23%).

Полугидроморфные лугово-черноземные выщелоченные и обычные тяжелосуглинистые почвы отличаются от черноземов увеличением в составе гумуса содержания гуминовых кислот (43-57%), уменьшением – фульвокислот (18-25%). На стадии

полугидроморфных почв отмечается небольшой рост содержания “свободных” гуминовых кислот по сравнению с автоморфными. Их количество в гор. А возрастает до 5-12% от  $C_{общ}$  до 9-23% от суммы фракций ГК, но остается все еще очень низким. На долю фракции 2 в составе гуминовых кислот приходится 63-79% от их суммы и 33-42% от  $C_{общ}$ , а на долю третьей фракции – 7-10 и 14-21% соответственно. В полугидроморфных почвах происходит расширение отношения ГК:ФК во всех фракциях гумусовых кислот: ГК-I : ФК-Ia + ФК-I увеличивается до 1-2, ГК-II : ФК-II – в среднем до 3-7 и ГК-III : ФК-III – до 1.2-2.6. В черноземах эти отношения составляют 0.2-0.8, 3-5 и 0.8-2.2 соответственно. По гумусному состоянию лугово-черноземные почвы относятся к почвам с высоким содержанием и запасом гумуса, низко обогащенного азотом (С:N=11-12), с очень высокой степенью гумификации органического вещества. Их гумус гуматного типа ( $C_{гк} : C_{фк} = 2.1-3.0$ ) с очень низким содержанием “свободных” (4-11 от суммы фракций гуминовых кислот), высоким – связанных с кальцием (71-86%), от среднего до высокого – прочно связанных (9-23%).

Гумус черноземно-луговых почв характеризуется дальнейшим расширением отношения ГК:ФК (до 3-4 в горизонтах А+АВ) и снижением обогащенности его азотом. В составе органического вещества гумусового профиля резко преобладают гуминовые кислоты,

общее относительное содержание которых достигает максимума в рассматриваемом ряду почв (51-58%).

Из табл. 5 видно, что определяющую роль в них по-прежнему играют гуминовые кислоты, связанные с кальцием (в среднем 60-75% от суммы гуминовых кислот, против 70-84% в черноземах), но одновременно отмечается тенденция к возрастанию роли гуминовых кислот фракции 3 (15-35%) и фракции 1 (9-16%). Общее относительное содержание фульвокислот в черноземно-луговых почвах в 1.5 раза меньше, чем в черноземах, и снижается в гумусовом горизонте до 14-19%.

Во всех фракциях гумусовых кислот черноземно-луговых почв гуминовые кислоты в большей сте-

пени преобладают над фульвокислотами, чем в лугово-черноземных почвах и черноземах. Здесь содержание подвижных гумусовых кислот (ГК-I + ФК-Ia + 1) находится в пределах 5-16% от  $C_{общ}$  и 8-23% от суммы всех фракций их, второй фракции – 33-62 и 54-71%, третьей – 10-19 и 17-28% соответственно. Отношения колеблются в таких пределах: ГК-I : ФК-Ia + ФК-I = 0.3 – 1.2, ГК-II : ФК-II = 3 – 9, ГК-III : ФК-III = 1.6 – 3.6 (см. табл. 5).

Гидроморфные черноземно-луговые почвы относятся к почвам с высоким, реже очень высоким содержанием и запасом гумуса, низко обогащенного азотом (C:N=11-12.5), с очень высокой степенью гумификации органического вещества (51-58%  $C_{гк}$

Таблица 5

Содержание фракций гумусовых кислот и отношение в них ГК:ФК

Гори зонт	Глубина, см	Содержание фракций, % от $C_{общ}$				Отношение ГК:ФК во фракциях				% от суммы фракций		
		1	2	3	сумма	1	2	3	В целом	1	2	3
<b>Чернозем типичный мощный, Репьевский р-н Воронежской области</b>												
А <sub>р</sub>	0-20	6.9	47.2	11.3	65.4	0.4	3.8	1.8	2.5	11	72	17
А	25-35	6.5	46.9	11.1	64.5	0.4	3.7	1.7	2.4	10	73	17
АВ	45-55	6.4	41.5	11.5	59.4	0.4	3.4	1.5	2.2	11	70	19
	60-70	6.4	38.2	12.5	57.1	0.4	2.7	1.3	1.8	11	67	22
	70-80	7.2	36.5	13.4	57.1	0.4	2.5	1.2	1.7	13	64	23
<b>Чернозем выщелоченный мощный, Моршанский р-н Тамбовской области</b>												
А <sub>р</sub>	0-26	17.5	26.5	10.4	54.4	0.8	4.1	2.5	2.1	32	49	19
А	36-46	13.2	32.1	11.1	56.4	0.8	4.4	2.2	2.4	23	57	20
АВ	55-65	8.5	35.0	10.7	54.2	0.2	5.5	1.7	2.3	16	64	20
	65-75	9.2	32.2	12.3	53.7	0.2	3.7	1.9	1.8	17	60	23
	89-99	10.4	30.6	21.9	62.9	0.1	3.5	2.8	1.9	16	49	35
<b>Лугово-черноземная выщелоченная, Никифоровский р-н Тамбовской области</b>												
А <sub>р</sub>	0-22	15.6	38.4	14.1	68.1	1.4	5.6	2.4	2.8	23	56	21
А	27-37	13.9	46.3	11.6	71.8	1.3	3.9	1.4	2.3	19	65	16
АВ	45-55	11.7	47.9	13.3	72.9	1.2	3.6	2.2	2.3	16	66	18
	75-85	9.6	44.7	15.4	69.7	2.0	2.1	2.6	1.7	14	64	22
С	150-160	13.0	23.4	21.1	57.6	0	0.7	2.0	0.7	23	40	37
<b>Черноземно-луговая выщелоченная, Первомайский р-н Тамбовской области</b>												
А <sub>р</sub>	0-24	14.7	42.4	15.0	72.3	1.7	16.8	1.6	4.3	20	59	21
А	25-35	14.8	42.1	15.4	72.3	1.5	31.8	1.9	4.3	21	58	21
АВ	45-55	12.9	61.7	15.2	89.8	1.4	7.0	2.5	4.2	14	69	17
В	66-76	10.3	52.6	15.7	78.6	0.3	3.4	2.4	2.2	13	67	20
<b>Черноземно-влажнoluговая выщелоченная глееватая, Петровский р-н Тамбовской обл</b>												
А <sub>д</sub>	0-10	37.7	24.3	13.4	75.4	2.7	1.0	3.3	2.0	50	32	18
	10-20	34.0	25.4	14.0	73.4	2.3	1.5	2.7	2.0	46	35	19
АВ	30-40	21.3	37.1	12.1	70.5	1.0	2.5	2.0	1.7	30	53	17
	50-60	25.3	34.5	10.7	70.5	0.7	1.5	1.9	1.2	36	49	15
В	80-90	25.6	34.0	12.9	72.5	0.3	1.2	1.2	0.8	35	47	18
<b>Черноземно-влажнoluговая выщелоченная глеевая, там же</b>												
А <sub>д</sub>	0-10	31.4	18.9	17.3	67.6	1.0	2.1	2.6	1.5	46	28	26
А	12-22	32.0	25.7	15.9	73.6	1.9	1.4	2.9	1.8	44	35	21
	30-40	34.4	21.6	13.8	69.8	2.1	1.6	1.2	1.7	49	31	20
В	60-70	32.7	21.5	10.4	64.6	0.4	0.2	0.6	0.4	51	33	16

от  $C_{\text{общ}}$ ). Тип гумуса – ярко выраженный гуматный с очень низким содержанием “свободных” (9-16% в гор. А и 2-4% в гор. АВ), высоким – связанных с кальцием (66-75%) и глинистыми минералами (15-35%) гуминовых кислот.

На стадии гидроморфных черноземно-луговых почв увлажнение достигает критических пределов, за которыми дальнейшее его повышение резко ухудшает условия гумификации органических остатков и гумусонакопления. Подтверждением этого заключения служат показатели гумусного состояния черноземно-влажнoluговых почв. В них наряду с сокращением мощности гумусового горизонта и общего запаса гумуса, вызванного приближением к поверхности уровня грунтовых вод и оглеением нижней части профиля, существенно меняется состав гумуса. Содержание гуминовых кислот в органическом веществе гумусового профиля снижается до 38-50, а в гор. А<sub>д</sub> – до 32-41% от  $C_{\text{общ}}$ . Общее количество фульвокислот сохраняется приблизительно таким же, как в черноземно-луговых почвах, но отношение ГК:ФК уменьшается до 1.7-2 в горизонтах А+АВ, до 1.1-1.5 в слое дернины и до 0.4-0.8 в оглеенном гор. В<sub>г</sub>.

Наряду с уменьшением накопления гуминовых кислот в их составе возрастает содержание фракции ГК-I (до 23-48 в выщелоченных глееватых и 38-58% в глеевых почвах северной части и 17-26% – южной части Окско-Донской равнины). Лишь в карбонатных черноземно-влажнoluговых почвах оно остается низким (5-6% в гумусовом горизонте и 16% в слое дернины). Заметно снижается роль гуминовых кислот, связанных с кальцием, количество которых составляет 13-30% от  $C_{\text{общ}}$  и 30-65% от суммы ГК, с максимумом в черноземно-влажнoluговых обычных и карбонатных почвах южной лесостепи.

С нарастанием степени гидроморфизма в рассматриваемых почвах увеличивается подвижность гумуса. Доля подвижных фракций (ГК-I + ФК-Ia + ФК-I) в составе гумусовых кислот черноземно-влажнoluговых выщелоченных почв составляет 35-51%, тогда как в черноземно-луговых выщелоченных – 10-21%, лугово-черноземных выщелоченных – 11-23, черноземах выщелоченных – 11-17%. Отношение ГК:ФК в фракции 2 гумусовых кислот заметно уменьшается по сравнению с менее гидроморфными и автоморфными почвами. В гумусовом профиле отношение ГК2:ФК2 колеблется в пределах 1.0-2.5, тогда как в черноземно-луговых почвах – 3-14, лугово-черноземных – 3-8 и черноземах – 3-6. Во фракциях 1 и 3 это отношение имеет следующие пределы колебаний: в черноземах -0.3-2.2 и 1.1-2.6, в черноземно-луговых – 0.3-1.7 и 1.6-3.9, в черноземно-влажнoluговых почвах – 0.7-2.3 и 1.2-3.3 соответственно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокая увлажненность почв в течение всего теплого периода уменьшает степень гумификации органического вещества, способствует накоплению негидролизуемого остатка и снижению содержания гуминовых кислот, связанных с кальцием.

На основе полученного материала можно высказать следующие соображения о закономерностях процесса гумификации в почвах. Степень гумификации, т.е. размер относительного накопления гуминовых кислот в составе гумуса, зависит от биологической активности почв. Чем выше биологическая активность, тем относительно меньше накапливается подвижных, слабо полиминерализованных компонентов: неспецифических органических веществ, фульвокислот, легко утилизируемых микроорганизмами.

Д.С. Орловым с соавторами [3, 4] установлено, что для широкого набора почв нашей страны, формирующихся в умеренно континентальном климате, глубина гумификации, мерой которой служит величина соотношения  $C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}}$  или  $C_{\text{ГК}}:C_{\text{общ}}$ , практически однозначно определяется продолжительностью периода биологической активности, в течение которого температура почвы превышает +10°C, а запас продуктивной влаги – 1-2%. Для гидроморфных и полугидроморфных почв, рассматриваемых нами, указанное правило нуждается в дополнении для более полного отражения механизма гумусонакопления.

В нашем случае более высокая степень гумификации в полугидроморфных и гидроморфных почвах по сравнению с автоморфными черноземами при одинаковой продолжительности периода с температурой воздуха выше +10°C (146-152 дня) определяется большим запасом продуктивной влаги в почвах гидроморфного ряда. Дополнительное поверхностное и грунтовое увлажнение до определенных размеров усиливает процесс гумификации в ряду почв – черноземы – лугово-черноземные – черноземно-луговые почвы. По-видимому, этому способствует также большая контрастность режима увлажнения лугово-черноземных и черноземно-луговых почв по сравнению с черноземами и черноземно-влажнoluговыми почвами. Е.Н. Мишустин [5] считал переменный режим увлажнения как важный фактор, регулирующий деятельность микроорганизмов и ферментов, ответственных за гумификацию. К этому можно добавить, что частичное отмирание микроорганизмов в цикле увлажнение-иссушение обогащает систему фрагментами гуминовых кислот, прогумусовыми и гумусоподобными веществами, что также способствует процессу гумификации. Вероятно, необходимо учитывать дополнительное увлажнение и частоту пульсации почвенной влажности при объяснении механизма гуму-

сонакопления в полугидроморфных почвах. Более высокое и постоянное увлажнение на стадии черноземно-влажнотуговых и заболоченных почв ухудшает условия и снижает уровень интенсивности биохимических процессов, что ведет к уменьшению глубины гумификации. Это объяснение соответствует мнению М.М. Кононовой [1] о зависимости интенсивности биологической деятельности в почвах от степени увлажнения и температуры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кононова М.М. Формирование гумуса в почве и его разложение / М.М. Кононова // Успехи микробиологии, 1976.-N 11.- С. 134-151.

2. Дюшофур Ф. Основы почвоведения / Ф. Дюшофур.-М.: Прогресс, 1970.-592 с.

3. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов.-М.: Изд-во МГУ, 1990.-332 с.

4. Орлов Д.С. Органическое вещество почв Российской Федерации / Д.С. Орлов, О.Н. Бирюкова, Н.И. Суханова.- М.: Наука, 1996.-256 с.

5. Мишустин Е.Н. Закон зональности и состав бактериального населения / Е.Н. Мишустин // Тр. юбилейной сессии посвящ. столетию со дня рождения В.В. Докучаева.- М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949.-С. 102-109.