

УДК 631.445.2+ 631.445.4 + 631.445.511:631.417.2

УСЛОВИЯ ГУМУСООБРАЗОВАНИЯ И ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЗОНАЛЬНЫХ ТИПОВ ПОЧВ

Н. Ф. ГАНЖАРА
(Кафедра почвоведения)

На основе предложенной автором схемы анализируются факторы гумусообразования и гумусовое состояние зональных типов почв европейской части РСФСР. Показано изменение условий образования гумуса и гумусового состояния при освоении почв под пашню. Приведены предельные значения накопления гумуса из единицы свежих органических веществ в дерново-подзолистых, черноземных и каштановых почвах.

Комплексное исследование факторов (условий) гумусообразования и гумусового состояния почв является составной частью сравнительно-географического метода изучения генезиса почв, разработанного В. В. Докучаевым. Познание генезиса гумусового профиля необходимо как для развития теоретических вопросов почвоведения, так и для практических целей — оптимизации гумусового состояния почв.

Ранее [3, 4] нами на основании обобщения литературных данных и результатов собственных исследований были выделены группы ведущих факторов, способствующих образованию и накоплению гуминовых кислот в почвах и ограничивающих их образование и закрепление.

Оптимальными условиями для образования и накопления гуминовых кислот в почвах являются:

Для образования:

нейтральная и близкая к нейтральной реакция среды;
умеренная биологическая активность при продолжительности более 90—100 дней;

насыщенность среды кальцием и азотом;

благоприятный биохимический состав источников гумуса.

Условия, ограничивающие образование и закрепление гуминовых кислот:

Для образования:

кислая и щелочная реакция среды;

низкая и высокая биологическая активность; короткий период биологической активности;

неблагоприятный биохимический состав источников гумуса;

воздействие пептизаторов.

Для прочного закрепления и накопления:

высокие значения общей и удельной поверхности минеральной части почвы; наличие свободной от гумуса поверхности минеральной части почвы;

насыщенность ППК кальцием и магнием (наличие их избытка для связывания гуминовых кислот);

контрастность режима влажности при непромывном и периодически промывном водных режимах.

Для прочного закрепления и накопления:

избыточное увлажнение при промывном водном режиме;

низкие значения общей и удельной поверхности минеральной части почвы; отсутствие свободной от гумуса поверхности минеральной части почв;

недостаток обменных форм кальция и магния для связывания гуминовых кислот и фульвокислот;

высокое содержание обменных форм водорода и алюминия или натрия и калия;

воздействие пептизаторов.

При сочетании условий, способствующих гумификации и закреплению гуминовых кислот, повышаются коэффициенты гумификации и накопление гуминовых кислот и гумуса в целом. Если условия неблагоприятны для образования гуминовых кислот, но оптимальны для закрепления фульвокислот, то в значительных количествах могут накапливаться фульвокислоты. Отметим также, что гумусовое состояние зональных типов почв находится в относительном равновесии с условиями гумусообразования. Для этих почв характерна определенная предельная величина накопления гумуса. В климаксно-равновесных почвах достигнут предел накопления гумуса, что обуславливает ухудшение условий для прочного его закрепления и накопления. Трансформация поступающих в почву источников гумуса идет по пути их минерализации и обновления гумуса.

При освоении почв под пашню значительно изменяются условия гумификации и закрепления гумуса, а следовательно, и гумусовое состояние почв. В зависимости от характера сельскохозяйственного использования почв содержание и запасы гумуса стабилизируются со временем на новом, более низком или более высоком уровне (при условии постоянства факторов гумусообразования).

Как свидетельствуют результаты длительных опытов [3, 4], содержание и запасы гумуса в почве стабилизируются даже под монокультурами при постоянном отчуждении элементов питания с урожаем. Дополнительным источником азота при этом являются атмосферные осадки и атмосферный азот, фиксируемый свободноживущими микроорганизмами.

Анализ условий гумусообразования исходя из приведенной выше схемы позволяет объяснить особенности гумусового состояния целинных и пахотных почв различных природных зон.

Подзолистые почвы. Известно [6, 10 и др.], что подзолистые почвы характеризуются маломощным грубогумусовым горизонтом, низким содержанием и небольшими запасами гумуса, в котором преобладают фульвокислоты и содержится большое количество промежуточных продуктов распада и водорастворимых органических веществ. Только небольшая часть новообразованных гумусовых веществ проходит в этих почвах все стадии гумификации, основная их масса постоянно минерализуется и обновляется на начальных стадиях.

Факторы, ограничивающие образование гуминовых кислот в целинных подзолистых почвах:

- кислая реакция и ненасыщенность среды основаниями;
- низкая биологическая активность и короткий ее период;
- преобладание в составе опада трудноразлагаемых соединений, обедненных азотом и основаниями, и поступление опада на поверхность почвы.

Факторы, ограничивающие прочное закрепление и накопление гуминовых кислот в подзолистых почвах:

- отсутствие периодов с низкой влажностью почв при промывном водном режиме;
- ненасыщенность ППК кальцием и магнием, высокое содержание обменных форм водорода и алюминия.

При освоении подзолистых почв под пашню условия гумусообразования существенно улучшаются. Увеличивается мощность аэрируемого слоя, усиливается контрастность режима влажности — иссушение пахотного горизонта в летний период [5], улучшается состав источников гумуса, и они поступают непосредственно в массу пахотного горизонта. В результате гумусовое состояние пахотных подзолистых почв по многим показателям приближается к гумусовому состоянию дерново-подзолистых почв. Содержание гумуса колеблется в пределах 1—3 %, а в огородных почвах при высоких нормах органических удоб-

рений может достигать 5—6 %. При этом в составе гумуса возрастает доля гуминовых кислот.

Дерново-подзолистые почвы. В условиях южной тайги ослабевает действие всех факторов, ограничивающих как образование, так и закрепление гуминовых кислот в слое 10—15 см. Следует отметить наличие летнего кратковременного иссушения этого слоя (вплоть до влажности завядания). Мощность гумусового горизонта в целинных дерново-подзолистых почвах составляет 10—15 см, содержание углерода гумуса колеблется от 1 до 3 %, запасы углерода гумуса в слое 0—50 см находятся в пределах 30 т/га [3]. В гумусе содержится больше гуминовых кислот, чем в подзолистых почвах, в том числе кислот, связанных с кальцием, но отношение $C_{г.к.}$ к $C_{ф.к.}$ остается ниже единицы.

В освоенных дерново-подзолистых почвах содержание углерода гумуса в пахотном горизонте по сравнению с гумусовым горизонтом целинных почв снижается и в среднем составляет 1 % [3], но его запасы в слое 0—50 см не отличаются от запасов гумуса в целинных почвах и даже часто превышают их, несмотря на меньшее (в 1,5—2 раза) поступление растительных остатков. Это связано с улучшением условий гумусообразования в пахотных дерново-подзолистых почвах. Можно выделить следующие наиболее существенные изменения условий гумусообразования, приводящие к увеличению запасов гумуса в освоенных дерново-подзолистых почвах по сравнению с целинными:

1) в освоенных почвах, как правило, мощность пахотного горизонта больше, чем гумусового горизонта целинных почв; при этом в пахотный слой, кроме гумусового горизонта, вовлекаются гумусово-элювиальный A_1A_2 или элювиальный A_2 горизонты, которые не насыщены гумусом и способны закреплять его;

2) пожнивные остатки в пахотных почвах поступают непосредственно в пахотный горизонт, а в целинных почвах преобладает поверхностный опад; в пожнивных остатках содержится больше кальция и магния, что способствует повышению коэффициента их гумификации, улучшению условий закрепления образующегося гумуса;

3) в пахотных почвах происходит изменение гидротермических условий в сторону усиления контрастности режима влажности; в летний период иссушению подвергается более мощный слой — 25—30 см [5].

Резкое снижение содержания гумуса в пахотном горизонте освоенных почв по сравнению с гумусовым горизонтом целинных связано с перераспределением гумуса в большем объеме почвы и усилением минерализации нестабильной его части за счет увеличения аэрации [1, 6, 10].

При внесении органических удобрений и известковании гумусовое состояние дерново-подзолистых почв улучшается в еще большей степени. Нами установлено [3], что из 1 т ежегодно вносимых органических удобрений в дерново-подзолистых суглинистых почвах за 20—30 лет образуется 2,5—5,0 т углерода гумуса на 1 га в слое почвы 0—50 см, что примерно соответствует предельной величине накопления гумуса из единицы опада в целинных дерново-подзолистых почвах. При ежегодном внесении 40—60 т органических удобрений на 1 га содержание углерода гумуса может достигать 1,7—3%, а запасы углерода в слое 0—50 см — 90 т/га. Следует отметить, что при окультуривании дерново-подзолистых почв содержание гумуса возрастает не только в пахотном, но и в подпахотном горизонте.

При увеличении содержания гумуса в процессе окультуривания дерново-подзолистых почв улучшается и его качественный состав [1, 6, 8, 10]. Если в целинных дерново-подзолистых почвах отношение $C_{г.к.}$ к $C_{ф.к.}$ равно 0,4—1,0, в освоенных — 0,4—0,7, то при внесении 10—15 и 30 т органических удобрений на 1 га — соответственно 0,6—0,9 и 1,0—1,5.

Увеличение в составе гумуса количества гуминовых кислот при повышении нормы органических удобрений обусловливается несколько-

ми причинами, важнейшими из которых являются: остаточное накопление гуминовых кислот, внесенных с удобрениями [1]; увеличение в составе ППК количества поглощенных оснований, нейтрализующих реакцию среды и способствующих закреплению гумуса; усиление контрастности влажности из-за лучшего прогревания и усиления аэрации в окультуренных почвах.

Серые лесные почвы. Гумусовое состояние светло-серых лесных почв во многом сходно с таковым дерново-подзолистых почв, что характерно как для целинных, так и для пахотных вариантов. От светло-серых к темно-серым лесным почвам улучшаются условия гумусообразования и увеличиваются количество опада и доля опада в форме корней. В опаде возрастает содержание оснований и азота, повышается содержание оснований в составе ППК, снижается кислотность, увеличиваются контрастность режима влажности и мощность почвенной толщ с контрастным режимом влажности, интенсивность и продолжительность периода биологической активности. В результате гумусовое состояние улучшается, и у темно-серых лесных почв оно приближается к черноземам.

Черноземы лесостепной и степной зоны. Наиболее оптимальные условия как для образования, так и для прочного закрепления гумуса складываются в лесостепной зоне. Основные условия гумусообразования в черноземах лесостепной зоны: большое количество опада (10—15 т/га), преобладание в его составе корней травянистой растительности; высокое содержание азота, оснований и лабильных органических соединений; умеренная напряженность биологических процессов и большая продолжительность периода биологической активности; насыщенность минеральной части почв кальцием и магнием и близкая к нейтральной реакция среды; ярко выраженная контрастность режима влажности до глубины 70—100 см и более.

Большая мощность гумусового профиля определяется глубоким проникновением корней и условиями увлажнения. Различия в условиях гумусообразования в пределах профиля черноземов обуславливают различия в содержании и составе гумуса. Расширение отношения запасов гумуса к запасам корней с глубиной, отмечаемое многими исследователями, связано как со снижением численности микроорганизмов, минерализующих гумусовые вещества, так и с улучшением условий закрепления гумуса [4]. Последнее связано с постоянным притоком соединений кальция в среднюю и нижнюю части гумусового профиля [2], с меньшей насыщенностью минеральной части почв гумусом.

Максимальное относительное количество гуминовых кислот в составе гумуса верхней и средней частей гумусового профиля 0—80 см можно объяснить особенностями водного режима. Именно в метровой толще черноземов лесостепной зоны наиболее резко выражена контрастность режима влажности [2]. Процесс гумификации в нижней части гумусового профиля протекает хотя и при низкой, но постоянной влажности, что препятствует полимеризации гумусовых веществ и усложнению их структуры. В результате в нижней части гумусового профиля черноземов в составе гумуса преобладают фульвокислоты. Их длительному сохранению способствует низкая биологическая активность в этой части профиля.

При распашке черноземов содержание гумуса в верхней части гумусового профиля (0—30 см) уменьшается на 20—30% вследствие значительного снижения количества поступающих в почву его источников (в 5—6 раз) и усиления минерализации органических веществ, связанной с обработками (таблица). Подобные данные о потерях гумуса в черноземах были в свое время получены М. М. Кононовой [6].

Содержание гумуса наиболее интенсивно снижается в первые 20—30 лет после распашки из-за быстрого разложения мобильных форм органического вещества и в последующем этот процесс замедляется вследствие приближения к новому уровню стабилизации, соответствующему новым условиям.

Содержание углерода гумуса целинных и пахотных черноземов
(по В. Р. Лаврентьеву [7])

Угодье	Содержание углерода гумуса		Потери* гумуса в пашне, % к целине
	0—10 см (10 — 20 см)	среднее в слое 0—20см	
Стрелецкая степь, чернозем типичный			
Целина некосимая	5,27 (4,09)	4,68	—
Пашня, 67 лет без удобрений	3,27 (3,20)	3,23	31,0
Бессменный пар, 16 лет	3,65 (3,59)	3,62	22,7
Огород удобренный, 15 т/га в течение 40 лет	3,97 (4,01)	3,99	14,8
Казацкая степь, чернозем типичный			
Целина косимая	6,17 (5,17)	5,67	—
Пашня:			
35 лет	4,70 (4,75)	4,72	16,8
45 лет	4,70 (4,63)	4,66	17,8
Граковское опытное поле НИУИФ, чернозем выщелоченный,		длительный опыт (30 лет)	
Залежь, 30 лет	4,32 (3,74)	4,03	—
Контроль (без удобрений)	3,38 (3,36)	3,37	16,4
Навоз	3,63 (3,36)	3,63	10,0
НРК	3,62 (3,59)	3,60	10,7

* Рассчитано автором.

В пахотных типичных и выщелоченных черноземах, согласно данным В. Р. Лаврентьева [7], из 1 т ежегодно вносимого навоза за 20—30 лет образуется 5—12 т углерода гумуса на 1 га, или примерно в 2 раза больше, чем в дерново-подзолистых почвах, а в целинных черноземах из 1 т ежегодно поступающего в почву корневого опада в слое 0—30 см в конечном итоге образуется 8—42 т углерода гумуса [4]. Таким образом, условия гумусообразования в пахотных черноземах хуже, чем в целинных. Это можно объяснить высокой насыщенностью минеральной части гумусом в пахотном горизонте и усилением аэрации, что ухудшает условия закрепления образующегося гумуса.

В зоне сухих степей, где формируются обыкновенные и южные черноземы, условия гумусообразования ухудшаются вследствие усиления аридности климата. Гумусовое состояние южных черноземов во многом сходно с таковым каштановых почв.

Каштановые почвы сухих степей. В каштановых почвах в результате их иссушения сокращается период биологической активности, а напряженность биологических процессов на короткое время при достаточном количестве влаги в почве усиливается.

Количество микроорганизмов в расчете на 1 г почвы больше, чем в черноземах, а в расчете на 1 г гумуса — значительно больше [6], что связано с повышенными температурами. Процессы минерализации поступающих в почву источников гумуса усиливаются, а процессы гумификации ослабевают. Интенсивность процессов минерализации возрастает при слабощелочной реакции среды, обусловленной наличием в ППК обменного натрия. В условиях повышенных температур процессы минерализации могут протекать даже при сравнительно низкой влажности. В то же время последняя препятствует взаимодействию новообразованных гумусовых веществ с минеральной частью.

Щелочная реакция среды* способствует пептизации органических веществ, препятствует их когезионному накоплению и увеличивает доступность микроорганизмам. При этом накапливаются только наиболее устойчивые к разложению гумусовые вещества, прочно связанные с минеральной частью почвы. Прочное закрепление гумусовых веществ обусловлено наличием достаточного количества обменного кальция и соединений железа. Усложнению структуры гумусовых веществ препятствует высокая напряженность биологических процессов во влажные к

относительно влажные периоды. В этих условиях в профиле почв длительное время могут сохраняться только насыщенные зольными элементами (кальцием и железом) гумусовые вещества. Это согласуется с данными Н. А. Титовой [9], отмечавшей высокую зольность гумусовых веществ каштановых почв.

Мощность гумусового горизонта связана с распределением корней травянистой растительности сухих степей и условиями увлажнения в профиле почв. Предельное накопление углерода гумуса из 1 т корневого опада в светло-каштановых почвах составляет 4—5 т/га, темно-каштановых — 20—25 т/га.

При освоении каштановых почв под пашню не наблюдается существенного снижения содержания гумуса. Как отмечали М. М. Кононова [6] и Н. А. Титова [9], гумус каштановых почв при их освоении под пашню обладает высокой стабильностью. Причину этого явления следует искать в прочной связи гумусовых веществ с минеральной частью почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. — Л.: Наука, 1980. —
2. Афанасьева Е. А. Солевой профиль черноземов и пути его формирования. — В кн.: Черноземы СССР. Т. 1, М.: Колос, 1974. —
3. Ганжара Н. Ф. Факторы, обуславливающие уровни относительной стабилизации содержания, запасов и состава гумуса в почвах. — В сб.: Органическое вещество и плодородие почв. М.: ТСХА, 1983, с. 17. —
4. Ганжара Н. Ф. О происхождении гумусового профиля черноземных почв. — Изв. ТСХА, вып. 5, 1983, с. 63. —
5. Васильев И. С. Водный режим дерново-подзолистых почв под лесом и пашней. — В сб.: Современные почвенные процессы в почвах лесной зоны европейской части СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1959. —
6. Кононова М. М. Органическое вещество почвы. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. —
7. Лаврентьев В. В. Мобилизация азота гумуса в черноземных почвах европейской части СССР. — Сб.: Органическое вещество целинных и освоенных почв. М.: Наука, 1972, с. 142. —
8. Никитин Б. А. Особенности почвообразовательного процесса окультуренных дерново-подзолистых почв. — Почвоведение, 1977, № 10, с. 55—62. —
9. Титова Н. А. Природа гумуса и формы его связи с минеральной частью целинных и освоенных почв сухостепного ряда юго-востока европейской части СССР. — В кн.: Органическое вещество целинных и освоенных почв. М.: Наука, 1972, с. 70. —
10. Тюрин И. В. Органическое вещество почв и его роль в плодородии. — М.: Наука, 1965.

Статья поступила 18 апреля 1986 г.

SUMMARY

Conditions of humus formation and humic state of zonal types of soils in the European part of the USSR were analyzed by means of the scheme for humus transformation analysis suggested by author. It is shown that in podzolic and soddy-podzolic arable soils conditions for humus formation are more favourable than in virgin and black soils. That is why the highest amount of humus accumulation from a unit of vegetative fall in virgin, podzolic and soddy-podzolic soils is lower than from a unit of stubble residues and organic fertilizers in arable analogs, while in chernozem soil-vice versa. Humus of chestnut soils is characterized by the highest resistance to decomposition, which is due to selection of the most resistant organic-mineral compounds in the process of soil humic state evolution under high biological activity.