АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ГУМУСА ЧЕРНОЗЕМОВ КАМЕННОЙ СТЕПИ**Б. М. Козут, Н. А. Титова, В. С. Булеева*

Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии

Дан краткий обзор литературы по трансформации гумусового состояния черноземов Каменной Степи под влиянием антропогенных факторов. Представлен сравнительный анализ изменения фракционно-группового состава гумуса (метод Тюрина) за полувековой период использования черноземов Каменной Степи в условиях пашни и лесополос. В пахотном горизонте отмечено уменьшение содержания гумуса за счет наиболее подвижной (лабильной) его части, в основном фульвокислот фракции I и некоторого количества органических веществ декальцината.

Под воздействием антропогенных факторов происходит трансформация гумусового состояния черноземов. Как отмечает большинство исследователей (Кононова с соавт., 1949; Шевцова, Сизова, 1970; Дьяконова с соавт., 1981; Козут, 1982), изменениям подвержена прежде всего лабильная часть органического вещества. В черноземах она представлена так называемыми подвижными (по Тюрину) гумусовыми веществами, извлекаемыми из почвы непосредственно 0,1 н. раствором NaOH.

Вопрос об изменении фракционно-группового состава гумуса (метод Тюрина в различных модификациях) под влиянием разных систем использования черноземов остается дискуссионным и до конца не изученным.

Вероятно, впервые исследование трансформации качественного состава гумуса под влиянием сельскохозяйственного использования и выращивания лесных полос на черноземах Каменной Степи было проведено М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой (1953). Ими показано, что гумус черноземов Каменной Степи характеризуется своеобразными чертами: а) преобладанием группы гуминовых кислот над фульвокислотами; б) сложной природой строения гуминовых кислот. Последнее является одной из причин относительно слабого выветривания минералов в почвах Каменной Степи. Наряду с этим, сложная природа гуминовых кислот обуславливает их роль в оструктурировании почвы; хорошая структура черноземов Каменной Степи объясняется не только высоким содержанием гумуса, но и природой гумусовых веществ.

В составе гумуса почв под лесными насаждениями обнаруживается большое содержание новообразованных гуминовых кислот, характеризующихся высокой дисперсностью. Вымываясь из подстилки в почвенные слои, эта группа веществ воздействует на минеральную часть почвы. Од-

* Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ, №06-04-08323.

нако в степных условиях явление выщелачивания под лесными насаждениями все же имеет умеренный характер. Согласно мнению вышеназванных авторов, в результате 50-летнего воздействия лесной полосы на почву состав гумуса в ней сохраняет черты, свойственные черноземам, почва характеризуется высоким содержанием гумуса и остается хорошо оструктуренной. Кроме того, авторами установлено, что в межполосных пространствах среди лесных насаждений почва более гумусирована по сравнению с полями в открытой степи.

Позднее воздействие лесных насаждений на содержание и состав органического вещества обыкновенных черноземов Каменной Степи изучали П.Г. Адерихин и З.С. Богатырева (1974). Ими установлено, что тип гумуса в среднегумусных обыкновенных черноземах – гуматный с отношением С гк/С фк, равным 1,5–1,8. Степень гумификации органического вещества очень высокая. В составе гуминовых кислот доля подвижной фракции 1 незначительна, а доминируют гуматы кальция (75–85% от суммы гуминовых кислот). Поселение древесной растительности на черноземных почвах, согласно мнению П.Г. Адерихина и З.С. Богатыревой, не изменяя основных типовых черт гумуса, вызывает появление некоторых особенностей в его качественном составе. Сравнивая относительное содержание гуминовых кислот под различными угодьями, авторы отмечают, что 70-летнее произрастание древесной растительности на обыкновенных черноземах увеличило долю гуминовых кислот в верхнем 10-сантиметровом слое гумусового горизонта по сравнению с залежной почвой. Степень изменения зависит от состава, ширины лесополосы, возраста насаждений. В пахотной почве относительное участие гуминовых кислот в составе гумуса меньше, чем в почве под лесными полосами, но больше, чем в залежной. Особенность гумусообразования под лесными полосами различного состава отчетливо проявляется в повышенном содержании подвижных гуминовых кислот по сравнению с таковыми пахотных и залежных почв.

А.Б. Ахтырцев (1988) не обнаружил существенного различия в групповом и фракционном составе гумуса подкурганых и современных лугово-черноземных почв Каменной Степи.

Б.П. Ахтырцев (1992) достоверно установленными считает лишь следующие изменения гумусового состояния, отмечаемые в черноземах Каменной Степи под воздействием лесных насаждений. Под влиянием лесных полос в распахивавшихся ранее почвах фиксируется некоторое увеличение содержания гумуса, но лишь в верхнем слое 0–10(15) см, соприкасающемся с лесной подстилкой. Глубже содержание гумуса остается без изменений. В составе гумуса увеличивается количество подвижных гуминовых кислот, образующихся при гумификации лесной подстилки и корневых остатков.

В последние годы намечается повышенный интерес к изучению гумусового состояния черноземов Каменной Степи и преобразования качественного состава, а также природы гумусовых веществ в условиях антропогенеза (Брехова с соавт., 2006; Зборищук, 2007; Зборищук с соавт., 2007; Кузелев с соавт., 2007; Кузелев, 2008).

Исследование гумусового состояния черноземов Каменной Степи, проведенное Зборищуком с соавт. (2007), позволило сформулировать следующие основные выводы:

1. Гор. А обыкновенного чернозема некосимой степи содержит наибольшее количество гумуса и превышает по этому показателю черноземные почвы под пашней и лесополосами.

2. В большинстве исследованных почв тип гумуса – гуматный, а в составе гуминовых кислот преобладает фракция, связанная с кальцием, что обусловлено увеличением карбонатности почв с глубиной. Среди фракций фульвокислот преобладают практически во всех почвенных разрезах ФК 1 и ФК 2.

3. В черноземе под 100-летним лесонасаждением доля гуминовых кислот выше, чем на некосимой залежи и пашне. Особенностью состава гумуса черноземов под лесонасаждениями является повышенное содержание подвижных гуминовых кислот и относительно невысокая доля гумина.

4. Изучение амфифильных свойств гумусовых веществ черноземов с морфологическими признаками гидроморфности в большинстве случаев подтвердило наличие этих признаков.

5. По результатам анализа легкоразлагаемых органических веществ по методу Н.Ф. Ганжары, Б.А. Борисова (1997) в почвах с морфологическими и аналитическими признаками гидроморфности в гумусовом горизонте увеличивается доля лабильных органических веществ (% от содержания гумуса).

М.М. Кузелев (2008) считает, что распашка и интенсивное использование обыкновенных черноземов Каменной Степи активизируют процессы минерализации, в результате которых теряется до 30% гумуса от его исходного содержания и, в первую очередь, за счет легкоразлагаемых компонентов органического вещества. Потеря лабильных фракций органического вещества сопровождается увеличением гуматности гумуса и роли инертных компонентов в его составе.

В изложенных работах сопоставление данных качественного состава гумуса между вариантами с различными системами использования черноземов Каменной Степи проводилось в пространстве. Априори предполагалось, что исходное гумусовое состояние на разных вариантах опыта было достаточно близким, т.е. выполняется принцип единства различий. Однако в реальных условиях такое предположение маловероятно.

В связи с этим, для выявления тенденций изменения гумусового состояния обыкновенных черноземов¹ Каменной Степи в XX в. было проведено изучение общего содержания и фракционно-группового состава гумуса верхних слоев (0–22 см) двух пахотных черноземов с глубиной вскипания от НС1 30–65 см и >65 см, а также горизонтов 0–10 и 10–21 см двух разрезов в лесополосе 40 с глубиной вскипания от НС1 67–93 и ≥97 см. Результаты анализов сравнивали с аналогичными данными (по содержанию и составу гумуса), полученными в процессе трехлетних исследований (1949–1952 гг.), проведенных в рамках комплексной экспедиции в Каменную Степь. Последняя была организована Отделением биологических наук АН СССР в связи с пятидесятилетием со времени начала работ В.В. Докучаева по преобразованию природы засушливых степей (Вопросы травопольной системы земледелия, 1953).

Постановка таких исследований весьма актуальна для правильного понимания направленности процесса гумусообразования, а срок, истекший со времени последнего изучения, позволяет надеяться на возможность проявления изменений в содержании и составе органического вещества (гумуса), отличающегося, как известно, большой консервативностью. Это характеризует новизну полученных результатов.

С целью обеспечения максимально возможного приближения к условиям анализа образцов более чем 50-летней давности, для определения состава гумуса использовали ту же (довольно громоздкую и трудоемкую, но принципиально необходимую с точки зрения сравнимости результатов) схему И.В. Тюрина, описанную в статье М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой (1953). В связи с невозможностью точной привязки к прежним разрезам, анализировали смешанные образцы, отобранные летом 2006 г., из максимально приближенных к ним точкам (Хитров, 2007). Смешанные образцы составлены для почв пашни из 6–14 индивидуальных проб, для почв лесной полосы – из 9–11 проб.

Сопоставление и анализ полученных данных (таблица) позволяют сделать следующие выводы. В пахотном слое обоих черноземов произошло уменьшение содержания общего органического углерода, причем в почве с более высокой линией вскипания на 0,41%, что приблизило ее к сильно выпаханному обыкновенному чернозему (Кононова, Бельчикова, 1953), в почве с пониженной линией вскипания на 0,14% от массы почвы. В верхнем слое лесополосы 40 отмечено увеличение содержания общего С орг, в почве с линией вскипания 67–93 см на 0,49%, а в почве с более низкой линией вскипания на 0,90% С орг. В слое 10–21 см первой почвы лесополосы произошло уменьшение содержания С орг на 0,41%, в том же слое второй почвы оно осталось без изменений.

Исследование фракционно-группового состава гумуса изученных почв позволяет охарактеризовать его чертами, присущими черноземным почвам, а именно, преимущественным содержанием гуминовых кислот, связанных с кальцием, и преобладанием гуминовых кислот над фульвокислотами. Вместе с тем, в групповом составе гумуса почв наметились отличия по сравнению с данными Кононовой, Бельчиковой (1953). Так, в обеих пахотных почвах абсолютно и относительно возросло количество ГК (с 1,7–1,9 до 2,3–2,6% от массы почвы или от 37–40 до 52–56% от С орг), абсолютно и относительно уменьшилось количество ФК (с 0,83–0,94 до 0,49–0,50% от массы почвы или от 18–20 до 11% от С орг). Это привело к увеличению отношения С гк/С фк с 2,1 до 4,6–5,2. Отмечено также некоторое увеличение содержания негидролизующего остатка (с 33–35 до 38–44% от С орг).

В составе гумуса верхнего слоя обеих почв лесополосы отмечена одна и та же тенденция: некоторое абсолютное и относительное увеличение суммы ГК (с 2,9 до 3,3–3,5% от массы почвы или с 44 до 46–47% от С орг) при практически неизменившемся содержании ФК, что обусловило небольшое увеличение отношения С гк/С фк с 2,4 до 2,7–3,0. В обоих случаях происходит весьма существенное увеличение содержания негидролизующего остатка (с 1,8 до 3,1–3,3% от массы почвы или с 28 до 45% от С орг). В слое 10–21 см обеих почв под лесополосой отмечено небольшое увеличение суммы ГК и уменьшение суммы ФК, что вызвало увеличение отношения С гк/С фк с 3,0 до 3,8–4,5. В этом слое так же, как и в верхнем, произошло увеличение содержания негидролизующего остатка (с 27 до 38–41% от С орг). Во всех образцах почв лесополосы наименьшим колебаниям подвергались органические вещества декальцината (1,9–3,2% от С орг).

Подведем краткие итоги выполненной работы. За более чем 50 лет использования под пашню в пахотном слое изученных обыкновенных черноземов произошло уменьшение содержания гумуса на 0,24–0,71% от массы почвы. В составе гумуса пахотных почв, сохраняющем черты, присущие черноземным почвам, абсолютно (% С от массы почвы) и относительно (% С орг почвы) уменьшается количество фульвокислот, а содержание гуминовых кислот абсолютно и относительно увеличивается, что приводит к существенному увеличению отношения С гк/С фк. Уменьшение содержания гумуса происходит за счет наиболее подвижной (лабильной) его части, в основном фульвокислот фракции 1 и некоторого количества органических веществ декальцината.

В почвах лесополосы существенное увеличение содержания гумуса в слое 0–10 см (0,89% от массы почвы), несомненно, связано с обильным

¹ Название почв сохранено согласно Кононовой, Бельчиковой (1953).

Содержание и состав гумусовых веществ пахотных почв и почв лесополосы Каменной Степи (над чертой – % от массы почвы; под чертой – % от содержания органического углерода почвы)

Горизонт, год отбора	Глубина, см	С орг, % от массы почвы	Гумус, С× 1,724	Вещества, извлекаемые при декальцировании	ГК			ФК			С _{гк} С _{фк}	С остатка	∑ извлеченных веществ
					1	2	∑	1	2	∑			
Пашня													
А пах, тв* _≥ 30 см, 2006	0–22	4,38	7,55	<u>0,08</u> 1,83	<u>2,12</u> 48,40	<u>0,18</u> 4,11	<u>2,30</u> 52,51	<u>0,42</u> 9,59	<u>0,08</u> 1,83	<u>0,50</u> 11,42	4,6	<u>1,96</u> 43,61	<u>2,88</u> 65,76
То же, 1951**	0–22	4,79	8,26	<u>0,10</u> 2,1	<u>1,50</u> 31,3	<u>0,44</u> 9,2	<u>1,94</u> 40,5	<u>0,80</u> 16,7	<u>0,14</u> 2,9	<u>0,94</u> 19,6	2,1	<u>1,60</u> 33,4	Не опр.
А пах, тв> 65 см, 2006	0–22	4,54	7,83	<u>0,10</u> 2,20	<u>2,39</u> 52,64	<u>0,17</u> 3,74	<u>2,56</u> 56,39	<u>0,44</u> 9,69	<u>0,05</u> 1,10	<u>0,49</u> 10,79	5,2	<u>1,71</u> 37,67	<u>3,15</u> 69,38
То же, 1951**	0–22	4,68	8,07	<u>0,32</u> 6,8	<u>1,60</u> 34,2	<u>0,12</u> 2,6	<u>1,72</u> 36,8	<u>0,73</u> 15,6	<u>0,10</u> 2,1	<u>0,83</u> 17,7	2,1	<u>1,63</u> 34,8	Не опр.
Лесополоса 40													
А ₁ ' тв* 67–93 см, 2006	0–10	7,07	12,19	<u>0,23</u> ** 3,25	<u>2,99</u> 42,29	<u>0,31</u> 4,38	<u>3,30</u> 46,68	<u>0,92</u> 13,01	<u>0,17</u> 2,40	<u>1,09</u> 15,41	3,0	<u>3,09</u> 43,71	<u>4,62</u> 65,35
То же, 1951**	0–10	6,58	11,30	<u>0,23</u> 3,5	<u>2,50</u> 38,0	<u>0,41</u> 6,2	<u>2,91</u> 44,2	<u>1,04</u> 15,8	<u>0,15</u> 2,3	<u>1,19</u> 18,1	2,4	<u>1,82</u> 27,7	Не опр.
А ₁ '' тв 67–93 см, 2006	10–21	5,38	9,28	<u>0,12</u> 2,23	<u>2,72</u> 50,56	<u>0,21</u> 3,90	<u>2,93</u> 54,46	<u>0,57</u> 10,59	<u>0,08</u> 1,49	<u>0,65</u> 12,08	4,5	<u>2,07</u> 38,48	<u>3,70</u> 68,77
То же, 1951	10–21	5,79	9,98	<u>0,11</u> 1,9	<u>2,56</u> 44,2	<u>0,38</u> 6,6	<u>2,94</u> 50,8	<u>0,90</u> 15,5	<u>0,08</u> 1,4	<u>0,98</u> 16,9	3,0	<u>1,55</u> 26,8	Не опр.

Горизонт, год отбора	Глубина, см	С орг, % от массы почвы	Гумус, С× 1,724	Вещества, извлекаемые при декальцировании	ГК			ФК			С _{гк} С _{фк}	С остатка	∑ извлеченных веществ
					1	2	∑	1	2	∑			
А ₁ ' тв _≥ 97 см, 2006	0–10	7,48	12,89	<u>0,17</u> 2,27	<u>3,16</u> 42,25	<u>0,31</u> 4,14	<u>3,47</u> 46,39	<u>1,12</u> 14,97	<u>0,18</u> 2,41	<u>1,30</u> 17,38	2,7	<u>3,34</u> 44,65	<u>4,94</u> 66,04
А ₁ '' тв _≥ 97 см, 2006	10–21	5,80	9,99	<u>0,11</u> 1,90	<u>2,87</u> 49,48	<u>0,24</u> 4,14	<u>3,11</u> 53,62	<u>0,69</u> 11,90	<u>0,13</u> 2,24	<u>0,82</u> 14,14	3,8	<u>2,37</u> 40,86	<u>4,04</u> 69,66

* тв – точка вскипания.

** Данные Кононовой, Бельчиковой (1953).

поступлением и превращением листового опада. Увеличение содержания гумуса происходит за счет наиболее подвижной первой фракции гуминовых кислот. Одновременно отмечается весьма существенное увеличение содержания негидролизующего остатка, что, по-видимому, свидетельствует об усилении связи новообразованных органических веществ с минеральными компонентами почвы.

Снижение содержания гумуса в слое 10–21 см почвы лесополосы с высокой линией вскипания происходит, как и в пахотных черноземах, за счет уменьшения количества первой фракции фульвокислот.

Следует отметить, что, к сожалению, представленные выводы не могут быть строго количественно обоснованы. Причины здесь следующие. М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой (1953) был применен весьма трудоемкий вариант метода Тюрина, вследствие чего анализы выполнены без повторностей. Для проведения анализа фракционно-группового состава гумуса шести вариантов обыкновенного чернозема Каменной Степи нам в 2007 г. потребовалось более 3 месяцев непрерывной работы. В силу отмеченных причин и в нашем исследовании анализы выполнялись только на единичных образцах.

В заключении, хотелось бы высказать некоторые предложения методического характера, направленные на достоверную и объективную оценку влияния систем использования на трансформацию качественного состава гумуса почв:

1. Метод анализа фракционно-группового состава гумуса почв по Тюрину нуждается во внутри- и межлабораторной метрологической оценке. В случае установления неудовлетворительных метрологических параметров требуется модификация существующих методик.

2. Сопоставление различных вариантов опыта по показателям состава гумуса должно проводиться с учетом их пространственной неоднородности, т.е. даже несмотря на трудоемкость методики (которая нуждается в совершенствовании и упрощении), следует соблюдать хотя бы минимальную пространственную повторяемость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Адерихин П.Г., Богатырева З.С. Воздействие защитных лесных насаждений на содержание и состав органического вещества обыкновенных черноземов Каменной Степи // Почвоведение. 1974. №5. С. 43–53.

Ахтырцев А.Б. Состав гумуса лугово-черноземных палеопочв и его изменение при длительном погребении // Научные основы зональных интенсивных систем земледелия. Саранск, 1988.

Ахтырцев Б.П. Почвы и их изменение под влиянием лесных полос // Каменная Степь: лесоаграрные ландшафты. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1992. С. 94–115.

Брехова Л.И., Щеглов Д.И., Беляев А.Б., Чепков С.П. Трансформация гумусного состояния чернозема обыкновенного под различными древесными породами // Черноземы России: экологическое состояние и современные почвенные процессы. Мат-лы Всероссийской конф. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2006. С. 64–70.

Вопросы травопольной системы земледелия. М.: Изд-во АН СССР, Т. II. 1953. 659 с.

Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А. Гумусообразование и агрономическая оценка органического вещества. М.: Изд-во МСХА, 1997.

Дьяконова К.В., Булеева В.С., Козут Б.М. Изменение содержания, состава и природы гумусовых веществ при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв // Тез. докл. VI съезда ВОП. Тбилиси, 1981. Кн. 2. С. 33–34.

Зборищук Ю.Н. Особенности гумуса черноземов обыкновенных Каменной Степи // Вест. Моск. ун-та. Сер.17, почвоведение. 2007. №2. С. 3–8.

Зборищук Ю.Н., Рымарь В.Г., Чевердин Ю.И. Состояние черноземов обыкновенных Каменной Степи. М., 2007. 160 с.

Козут Б.М. Изменение содержания, состава и природы гумусовых веществ при сельскохозяйственном использовании типичного мощного чернозема: Автореф. дис. ... к.с.-х. н., М., 1982. 24 с.

Кононова М.М., Панкова Н.А., Бельчикова Н.П. Изменения в содержании и составе органического вещества при окультуривании почв // Почвоведение. 1949. №1. С. 28–37.

Кононова М.М., Бельчикова Н.П. Процессы превращения органических веществ в обыкновенном черноземе при применении комплекса Докучаева–Костычева–Вильямса // Вопросы травопольной системы земледелия. М.: Изд-во АН СССР, 1953. Т. II. С. 303–360.

Кузелев М.М., Мамонтов В.Г., Сюняев И.К., Свиридов А.К., Черенков В.В. Гумусовое состояние обыкновенных черноземов естественно-антропогенного ландшафта Каменной Степи // Изв. ТСХА. Вып. 3. 2007. С. 38–46.

Кузелев М.М. Трансформация соединений органического углерода и фосфора обыкновенных черноземов Каменной Степи под влиянием антропогенеза: Автореф. дис. ... к.б.н. М., 2008. 19 с.

Хитров Н.Б. Методический подход к ретроспективному мониторингу почв Каменной Степи // Каменная Степь: проблемы изучения почвенного покрова. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2007. С. 7–35.

Шевцова Л.К., Сизова Д.М. Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество и соединения азота черноземных почв // Агрохимия. 1970. №10. С. 8–16.