

## Особенности содержания гумуса в эмбриоземах техногенных ландшафтов и в зональной почве лесостепной зоны Кузбасса

В. Г. ДВУРЕЧЕНСКИЙ

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН  
630099, Новосибирск, ул. Советская, 18  
E-mail: dvu-vadim@mail.ru*

### АННОТАЦИЯ

Содержание гумуса в профиле эмбриоземов техногенных ландшафтов лесостепной зоны Кузбасса и зональных черноземов выщелоченных позволило выявить генетические различия, которые весьма существенны, что рассматривается как диагностический показатель характера, интенсивности и направленности почвенных процессов в техногенно нарушенных экосистемах.

**Ключевые слова:** техногенные ландшафты, эмбриоземы, гумус, генезис почв, направленность почвообразования.

Почвенный покров Земли имеет сложное строение и подчинен законам горизонтальной зональности и вертикальной поясности. Мозаичность почвенного покрова в ландшафте имеет пестрый характер, который обусловлен разнообразием макро- и микроклимата, мезо- и микрорельефа, растительности, почвообразующих пород, жизнедеятельности живых организмов, – другими словами, биотических и абиотических факторов почвообразования. Повсеместный характер такой мозаичности привел к необходимости введения в почвоведение такого понятия, как структура почвенного покрова, под которым понимается совокупность всех неоднородностей почвенного покрова суши [1].

В техногенных ландшафтах мозаичность формирующегося почвенного покрова проявляется в наибольшей степени в результате следующих причин: 1) смеси вмещающих и вскрышных пород, из которых формируются транспортные отвалы, имеют разные фи-

зические и химические свойства; 2) каждый отвал отличается специфичностью макро-, мезо- и микрорельефа; 3) разнообразие в заселении отвала растениями и живыми организмами во многом определяется разным направлением ветров и неодинаковой степенью инсоляции каждого конкретного участка, его высотой и площадью.

На почвообразование в техногенном ландшафте влияют стадии сингенетической сукцессии, в связи с чем происходит эволюция инициальных эмбриоземов в органоаккумулятивные или дерновые и далее в гумусово-аккумулятивные [2].

Глубокие преобразования, происходящие в минеральной части эмбриоземов, такие как интенсивное выветривание первичных минералов, перераспределение по профилю отдельных элементов и т. п., протекают при непосредственном воздействии гумусовых веществ, играющих роль мощного агента выветривания и почвообразования.

Роль органического вещества в процессах почвообразования и формирования профиля

различных типов эмбриоземов техногенных ландшафтов Кузбасса определяется как неодинаковыми биоклиматическими условиями и минеральным составом, так и высокой миграционной способностью гумусовых кислот, обусловленной их специфическим составом.

#### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ**

При изучении почвообразовательных процессов в техногенных экосистемах особое внимание всегда уделялось и уделяется аккумуляции и трансформации органического вещества [3].

Процесс трансформации органического вещества почвы включает в себя два этапа: минерализацию, ведущую к образованию элементов, входящих в биологический круговорот веществ, и гумификацию, продуктом которой является специфическая система гумусовых веществ, также способная служить потенциальным источником элементов питания и энергии [4].

Исследования проводили в техногенных ландшафтах лесостепной зоны Кузбасса, образовавшихся в ходе разработки угольных месторождений. Возраст отвалов ~ 40 лет. В посттехногенный период естественного восстановления растительного и почвенного покрова на изученной территории сформировался специфический почвенный покров. В его составе, согласно классификации, разработанной сотрудниками Института почвоведения и агрохимии СО РАН, преобладают четыре основных типа эмбриоземов: инициальные, органоаккумулятивные, дерновые и гумусово-аккумулятивные [5]. По новой классификации (2004 г.) эти типы эмбриоземов относятся к стволу техногенных поверхностных образований (ТПО). Эмбриоземы инициальные принадлежат к подгруппе литостратов из группы натурфабрикатов. Эмбриоземы органоаккумулятивные можно отнести к типу псаммоземов, принадлежащих к отделу литоземов. Дерновые и гумусово-аккумулятивные типы эмбриоземов близки к псаммоземам и пелоземам гумусовым из отдела литоземов [6].

Зональной почвой в данной природно-климатической зоне являются черноземы выщелоченные.

Исследование динамики накопления гумуса и трансформации органического вещества позволяет выявить способность эмбриоземов техногенных ландшафтов к саморегулированию и стабилизации и прогнозировать их развитие под влиянием изменяющейся экологической обстановки.

Гумус и его фракционный состав определяли по методу И. В. Тюрина [7].

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Источником гумуса черноземов выщелоченных и эмбриоземов техногенных ландшафтов лесостепной зоны Кузбасса являются как водорастворимые продукты разложения разнотравно-злаковой и лесной подстилки, так и органические остатки наземного и корневого опада, содержащиеся преимущественно в верхних горизонтах. Смесь этих компонентов создает пестроту состава и свойств органического вещества каждого генетического горизонта изучаемых эмбриоземов и зональной почвы. На пестроту группового и фракционного состава гумуса эмбриоземов сильно влияет также уголь, который хаотично присутствует во всех частях профиля, что затрудняет диагностику группового и фракционного состава гумуса.

На разновозрастных отвалах, расположенных в лесостепной зоне Кузбасса, помимо неоднородности внутрипрофильного распределения гумуса отмечено существенное различие в общем содержании органического углерода в различных типах эмбриоземов.

В верхних горизонтах эмбриоземов инициальных, органоаккумулятивных и дерновых содержание органического углерода составляет около 6 %, в эмбриоземах гумусово-аккумулятивных – 7,95 % (см. таблицу). В верхней части профиля черноземов выщелоченных содержание органического углерода достигает 5,24 %. Это можно объяснить тем, что в результате неселективного способа отвалообразования в породу попадает смесь вскрышных и вмещающих пород, а также плодородный слой почвы и уголь. Поэтому можно с уверенностью говорить о том, что такие значения содержания органического углерода в эмбриоземах техногенных ландшафтов лесостепной зоны Кузбасса от-

**Фракционно-групповой состав гумуса эмбриоземов и зональной почвы лесостепной зоны Кузбасса, %**

Горизонт, глубина, см	Общий C <sub>орг</sub>	Гуминовые кислоты					Фульвокислоты					C <sub>тк</sub> C <sub>фк</sub>		
		1	2	3	Σ	1a	1	2	3	Σ	Σ	Σ		
<i>Черноземы выщелоченные</i>														
A <sub>1</sub> (0-10)	4,75	8,00	30,00	3,00	41,00	2,00	5,50	19,50	4,10	31,10	1,32			
A <sub>1</sub> (10-20)	5,24	8,25	29,00	4,30	41,55	2,00	5,75	21,20	2,90	31,85	1,31			
AB (25-45)	2,89	9,50	29,50	5,50	44,50	2,50	6,50	23,10	2,50	34,60	1,29			
B <sub>1</sub> (50-60)	0,31	3,00	35,10	2,80	40,90	3,50	7,00	28,50	4,20	43,20	0,95			
B <sub>2</sub> (65-75)	0,24	2,30	14,75	1,60	18,65	8,85	8,85	31,00	18,25	66,95	0,28			
B <sub>s</sub> (70-100)	0,28	0,00	3,50	0,00	3,50	11,60	9,45	32,25	29,20	82,50	0,04			
C <sub>k</sub> (>100)	0,22	0,00	5,70	0,00	5,70	7,40	11,25	20,65	38,20	77,50	0,07			
<i>Эмбриоземы инициальные</i>														
C <sub>1</sub> (0-2)	4,84	3,20	12,20	7,70	23,10	3,80	24,30	5,10	13,50	46,80	0,50			
C <sub>2</sub> (2-13)	1,56	0,60	46,00	3,30	49,90	1,90	1,30	9,90	5,90	19,10	2,60			
C <sub>3</sub> (13-55)	1,52	0,80	44,40	0,80	46,00	1,60	1,60	11,90	9,50	24,60	1,90			
<i>Эмбриоземы органоаккумулятивные</i>														
C <sub>1</sub> (3-15)	0,75	2,70	2,70	4,00	9,40	5,30	4,00	22,70	16,00	48,00	0,20			
C <sub>2</sub> (15-55)	2,97	0,30	18,20	4,40	22,90	0,70	0,70	8,10	3,00	12,50	1,80			
<i>Эмбриоземы дерновые</i>														
A <sub>т</sub> (2-8)	6,21	8,70	12,70	0,60	22,00	2,60	6,40	1,30	20,90	31,20	0,70			
C <sub>1</sub> (8-20)	3,43	2,30	40,50	4,40	47,10	2,60	1,50	21,00	10,20	35,30	1,30			
C <sub>2</sub> (20-40)	3,68	2,90	27,70	2,40	33,00	1,30	1,10	33,70	6,00	42,10	0,80			
C <sub>3</sub> (42-55)	1,21	0,80	51,20	5,80	57,80	3,30	0,80	5,80	12,40	22,30	2,60			
<i>Эмбриоземы гумусово-аккумулятивные</i>														
A <sub>т</sub> (0-2)	7,95	4,40	19,00	5,40	28,80	3,10	8,30	3,90	7,40	22,70	1,20			
A <sub>1</sub> (2-8)	4,58	2,20	11,35	4,70	18,25	3,60	6,90	4,75	8,15	23,40	0,78			
C <sub>1</sub> (8-45)	2,30	1,40	4,80	4,00	10,20	4,30	6,20	8,25	14,65	33,40	0,31			
C <sub>2</sub> (55-65)	0,33	3,10	3,10	3,10	9,30	9,30	6,20	9,30	15,60	40,40	0,20			

ражают особенности их минерального субстрата, но никак не истинного гумусообразования.

Изучение содержания общего углерода, группового и фракционного состава гумуса в эмбриоземах выявило неоднородность внутрипрофильного распределения общего углерода, групп и фракций гумуса, а также различие содержания общего органического углерода в разных типах эмбриоземов.

В эмбриоземах инициальных каких-либо особенностей содержания и дифференциации органического углерода, а также группового и фракционного состава гумуса нет. Это вызвано присутствием в профиле большого количества углистых частиц и крупнозема, состоящего из аргиллитов, алевролитов и песчаников.

В эмбриоземах органоаккумулятивных общий органический углерод распространен неравномерно. Фракционно-групповой состав гумуса представлен в основном фульвокислотами, содержание которых уменьшается с глубиной. Содержание гуминовых кислот с глубиной увеличивается. Фульвокислоты в данном типе эмбриоземов являются продуктами разложения и минерализации подстилки древесного и травянистого опада, накапливающимися в верхней части профиля. Окисления углистых частиц не происходит или происходит очень медленно, вследствие чего гуминовые кислоты не образуются. Таким образом, гумусовые вещества представлены негидролизующим остатком вследствие наличия углистых частиц и особенностей химического состава опада, в котором присутствуют сложные соединения, такие как лигнин, смолы, имеющие невысокую скорость преобразования не только в автоморфных почвах, но и в эмбриоземах техногенных ландшафтов.

Такие особенности распределения общего органического углерода, а также группового и фракционного состава гумуса позволяют утверждать, что в эмбриоземах органоаккумулятивных техногенных ландшафтов лесостепной зоны Кузбасса скорость гумусообразовательного процесса низкая.

Распределение общего углерода, групповой и фракционный состав гумуса в эмбриоземах дерновых несколько отличаются от аналогичных параметров эмбриоземов орга-

ноаккумулятивных. Количество общего органического углерода весьма высокое, причем снижается с глубиной.

В групповом составе дернового горизонта присутствуют гуминовые кислоты. Содержание углистых частиц и их влияние на фракционный состав остаются высокими. Тем не менее особенности теплового и воздушного режима в корнеобитаемом слое эмбриоземов дерновых обеспечивают более активное выветривание минеральной части субстрата и окисление органической массы углистых частиц, что ведет как к полной минерализации органических веществ, так и к образованию подвижных гумусовых веществ, плохо закрепляющихся на поверхности песчаных частиц.

Изучение особенностей содержания общего углерода, группового и фракционного состава эмбриоземов дерновых позволяет утверждать, что скорость гумусообразования в этом типе эмбриоземов выше по сравнению с эмбриоземами органоаккумулятивными.

Распределение общего углерода, а также группового и фракционного состава гумуса в эмбриоземах гумусово-аккумулятивных имеет несколько особенностей: 1) отмечается максимальное значение содержания общего углерода в горизонтах  $A_d$  и  $A_1$ , так как в верхних горизонтах происходит интенсивное накопление гумусовых кислот благодаря поступлению органического опада и хорошей аэрации, а также из-за наличия большого количества углистых частиц (в процессе выветривания и окисления каменного угля происходит восстановление гумусовых кислот, которые по химическим и физическим свойствам идентичны гумусовым кислотам современных почв [3]); 2) углистые частицы, являясь источниками гуминовых кислот, влияют на групповой состав гумуса, что характерно и для других типов эмбриоземов (соотношение  $C_{гк}/C_{фк}$  это подтверждает); 3) с глубиной качество гумуса меняется с гуматного на фульватный; 4) фракционный состав гумуса в эмбриоземах гумусово-аккумулятивных техногенных ландшафтов лесостепной зоны Кузбасса имеет следующие особенности: во-первых, в органогенных горизонтах присутствуют активные свободные гуминовые кислоты и гумин, а также кислоты, связанные с по-

луторными окислами железа и алюминия. (в других частях профиля этих фракций либо нет, либо они содержатся в незначительном количестве); во-вторых, в горизонтах  $C_1$  и  $C_2$  отмечается наличие фульвокислот 1а фракции; в-третьих, во всем профиле эмбриоземов гумусово-аккумулятивных присутствуют (примерно в равном количестве) как гуминовые, так и фульвокислоты, связанные с кальцием и глинистыми минералами (вторая и третья фракции).

Таким образом, в данном типе эмбриоземов отмечается высокая интенсивность гумусообразования и гумусонакопления; процессы аккумуляции гумуса и гумификации преобладают над процессами минерализации органического вещества; скорости процессов накопления, минерализации и гумификации органического вещества в эмбриоземах гумусово-аккумулятивных наиболее сопоставимы с таковыми зональных черноземов выщелоченных; на групповой состав гумуса эмбриоземов гумусово-аккумулятивных влияют углистые частицы, которые являются источниками гуминовых кислот.

Для более четкого представления различий эмбриоземов гумусово-аккумулятивных и черноземов выщелоченных лесостепной зоны Кузбасса приведем основные особенности строения профиля, содержание и качественный состав гумуса черноземов. Для этих типов характерно: 1) наличие полноразвитого профиля, в котором выделяются все генетические горизонты и подгоризонты; 2) гумусовый горизонт имеет интенсивную темно-серую окраску и рыхлое сложение; 3) переход гумусового горизонта в нижележащие постепенный; 4) мощность гумусовых горизонтов  $A_1$  и  $AB$  30–45 см, в то время как в гумусово-аккумулятивных эмбриоземах мощность гумусового горизонта составляет всего 5–10 см.

Различие в мощности гумусовых горизонтов черноземов выщелоченных и наиболее эволюционно развитых эмбриоземов гумусово-аккумулятивных техногенных ландшафтов лесостепной зоны Кузбасса является следствием неодинаковых исходных условий почвообразования (различные субстраты).

При исследовании группового и фракционного состава гумуса черноземов выщелоченных выявлены особенности, которые свой-

ственны всем черноземным почвам: 1) основным компонентом гумуса являются гуминовые кислоты ( $C_{гк}/C_{фк} \geq 1$ ); 2) гуминовые кислоты состоят в основном из второй фракции, связанной с кальцием, благодаря чему гумус выщелоченных черноземов обладает определенной устойчивостью; в небольшом количестве присутствуют подвижные и активные гуминовые кислоты первой фракции; 3) содержание фульвокислот с глубиной увеличивается, так как эта группа очень подвижна; в составе фульвокислот преобладают вторая и третья фракции; содержание агрессивной 1а фракции невысокое.

Следует подчеркнуть, что групповой и фракционный состав гумуса черноземов выщелоченных соответствует зональному стандарту качественного состава гумуса почв черноземного типа почвообразования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интенсивность процессов гумусообразования и гумусонакопления увеличивается от эмбриоземов инициальных и органоаккумулятивных до эмбриоземов дерновых и самых генетически развитых гумусово-аккумулятивных. В пределах лесостепной зоны Кузнецкой котловины зональные черноземы выщелоченные формируются в автоморфных условиях геохимически автономных ландшафтов и не имеют выраженных в их профиле признаков переувлажнения [8]. Эмбриоземы развиваются в техногенных ландшафтах с набором только им присущих свойств и лимитирующих факторов, главные из которых – высокая степень ксероморфизма и каменистость субстрата. По этим причинам, сколько бы долго эмбриоземы ни эволюционировали, по основным свойствам они никогда не станут черноземами выщелоченными, а будут находиться в метастабильном или квазистационарном состоянии и останутся аazonальными образованиями. В этом заключается основная генетическая особенность почв как техногенных, так и естественных ландшафтов.

Поскольку черноземы выщелоченные формируются на однородных карбонатных лесовидных суглинках, а наиболее генетически развитые эмбриоземы гумусово-аккумулятивные – на элювии вскрышных и вме-

щающих пород (смеси песчаников, аргиллитов, алевролитов и угля), то можно с уверенностью утверждать, что эмбриоземы гумусово-аккумулятивные техногенных ландшафтов лесостепной зоны Кузбасса по содержанию общего углерода, по групповому и фракционному составу гумуса никогда не превратятся в зональные черноземные почвы. В техногенных ландшафтах будут формироваться почвы со своим, только им свойственным набором новых свойств, и, тем самым, в структуре почвенного покрова лесостепной зоны будет формироваться так называемый экоклин [9]. Так как в техногенных ландшафтах лесостепной зоны нет условий для развития подзолистого процесса, но есть – для развития дернового и, возможно, гумусообразования и гумусонакопления, то можно предположить, что здесь со временем сформируются климаксные ксероморфные лесные почвы с дерновым и гумусово-аккумулятивным типодиагностическими горизонтами [10].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фриндланд И. М. Структуры почвенного покрова мира. М.: Мысль, 1984. 235 с.
2. Андроханов В. А., Куляпина Е. Д., Курачев В. М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 151 с.
3. Махонина Г. И. Состав гумуса почв, образующихся на бурогольных отвалах при естественном зарастании // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. С. 205–209.
4. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1980. 288 с.
5. Курачев В. М., Андроханов В. А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сиб. экол. журн. 2002. № 3. С. 255–261.
6. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
7. Кононова М. М. Органическое вещество почвы. М.: АН СССР, 1963. 314 с.
8. Хмелев В. А., Танасиенко А. А. Черноземы Кузнецкой котловины. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. 256 с.
9. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 327 с.
10. Андроханов В. А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: генезис и эволюция: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2005. 34 с.

## Peculiarities of Humus Distribution in the Structure of Embryozems of the Technogenic Landscapes and Zonal Soil of the Forest-Steppe of the Kuznetsk Basin

V. G. DVURECHENSKY

*Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS  
630099, Novosibirsk, Sovetskaya str., 18  
E-mail: dvu-vadim@mail.ru*

The peculiarity of humus distribution in the structure of embryozems of the technogenic landscapes of the forest-steppe zone of the Kuznetsk Basin and zonal black soil allowed revealing the genetic distinctions which are essential. In turn, this is considered as the diagnostic parameter of the character, intensity and orientation of soil processes and the evolution of the landscapes.

**Key words:** technogenic landscapes, embryozems, humus, genesis of soils, orientation of soil formation.