

## Гранулометрический состав эмбриоземов в техногенных ландшафтах лесостепной зоны Кузбасса

И. Н. ГОССЕН, И. П. БЕЛАНОВ

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН  
630099, Новосибирск, ул. Советская, 18  
E-mail: igor-gossen@yandex.ru, ibn@ngs.ru*

### АННОТАЦИЯ

Рассмотрен фракционный и гранулометрический состав почв техногенных ландшафтов. Обнаружена зависимость образования определенного типа эмбриоземов в лесостепной зоне Кузбасса от гранулометрического состава почвообразующих пород. Рассчитано содержание физической глины во всем профиле эмбриоземов.

**Ключевые слова:** эмбриоземы, мелкозем, физическая глина, фракции крупных обломочных пород, физический песок, детальное почвенное картографирование.

В Кузбассе в процессе разработки угольных месторождений на поверхность выносятся огромные массы вскрышных и вмещающих пород, которые становятся почвообразовательными. В большинстве случаев они представлены плотными вскрышными и вмещающими породами (песчаниками, аргиллитами, алевролитами) и рыхлым материалом вскрышных пород (чаще покровными суглинками). Данная смесь пород названа Ф. К. Рагим-заде [1] техногенным элювием.

В ходе посттехногенного развития техногенного ландшафта сингенетично с восстановлением растительного покрова на его поверхности формируется своеобразный почвенный покров, который характеризуется определенным соотношением площадей, занимаемых различными типами молодых почв, которые в соответствии с профилно-генетической классификацией, разработанной В. М. Курачевым и В. А. Андрохановым, на надтиповом уровне названы эмбриоземами [2]. В боль-

шинстве случаев в структуре почвенного покрова самозарастающих техногенных ландшафтов выделяется четыре основных типа эмбриоземов: инициальный, органоаккумулятивный, дерновый и гумусово-аккумулятивный. Все они относятся к автоморфному типу почвообразования и сингенетично связаны со стадиями развития растительных сукцессий на нарушенных территориях [3]. При этом скорость развития растительности определяется эдафическими условиями корнеобитаемого слоя, сформированного на горно-техническом этапе формирования техногенного ландшафта.

Объектом исследования выбран самозарастающий участок спланированного отвала возрастом около 30 лет Листвянского угольного разреза. В настоящее время данное поле угольного разреза выработано и основные нарушенные территории рекультивированы путем высадки сосны и облепихи, на некоторых участках проведен посев многолетних трав. Однако на значительной части нарушенных территорий не проведены рекультивационные мероприятия, и они восстанавлива-

Госсен Игорь Николаевич  
Беланов Иван Петрович

ются естественным образом. На поверхности отвала сформировался почвенный покров, характеризующийся определенным соотношением четырех типов эмбриоземов.

Детальное почвенное картографирование, проведенное на этом участке, позволило определить процентное соотношение всех типов эмбриоземов: инициальный занимает 12 %, органоаккумулятивный – 25 %, дерновый – 48 % и гумусово-аккумулятивный 15 % от общей площади отвала. Оценка почвенно-экологического состояния по методике, разработанной в лаборатории рекультивации почв [4], показывает, что данный участок по качеству условий почвообразования является хорошим. В связи с тем что формирование эмбриоземов происходит одновременно и на относительно выровненной поверхности, различия в скорости биологического освоения субстрата отвала и развития эмбриоземов обуславливаются отличием субстрата отвала в конкретном местообитании.

Эмбриоземы, сформировавшиеся на участке, имеют черты как сходства, так и различия, позволяющие разделять их на типы. Сходны они в том, что имеют примерно одинаковую мощность почвенного профиля, не превышающую 40–50 см, и слабую дифференциацию минеральной части профиля. Это связано с малым временем развития почвообразовательных процессов. Различаются эмбриоземы по типодиагностическим горизонтам образованных в процессе био- и педогенного преобразования почвообразующих пород. На начальной стадии фитоценоз не развит, поэтому и эмбриоземы называются инициальными (Эи). По мере развития фитоценоза формируется горизонт  $A_0$  – подстилка лесного или травянистого происхождения. Появление этого горизонта изменяет температурный и водный режим на поверхности отвала и дает основания называть эти эмбриоземы органоаккумулятивными (Эо). При дальнейшем развитии растительного покрова и формировании сложного фитоценоза с преобладанием злаковых происходит образование первого, внутрпочвенного, типодиагностического горизонта – дернового. И поэтому следующий тип назван дерновым эмбриоземом (Эд). В результате того, что на этом этапе в субстрат отвала начинает по-

ступать большое количество органических остатков, запускаются процессы гумификации, которые способствуют формированию гумусово-аккумулятивного горизонта и эмбриоземов гумусово-аккумулятивных (Эг).

Как установлено ранее [5], скорость преобразования одного эмбриозема в другой зависит в первую очередь от качества почвообразующих пород, в нашем случае – от количества мелкозема и содержания фракций физической глины в мелкоземе. При валовой схеме отвалообразования происходит хаотическое смешивание вскрышных и вмещающих пород. При этом часто на дневной поверхности оказываются полуразрушенные глубинные породы, характеризующиеся большим содержанием глыбистых и каменистых отдельностей. На исследованном участке местами каменистость субстрата после планировки достигала 100 %. В дальнейшем в результате процессов выветривания каменистость постепенно снижается.

В настоящее время принято выделять 4 типа выветривания: физическое, химическое, биофизическое и биохимическое, которые объединяются в две группы: абиотическое (физическое выветривание) и биологическое (химическое, биофизическое и биохимическое) [6]. При исследовании гранулометрического состава эмбриоземов можно предположить, что на начальных этапах развития почвообразования на техногенных элювиях будут преобладать абиотические процессы выветривания. По мере развития биоценозов будут включаться и биологические виды выветривания, однако процессы физического выветривания будут действовать во всех типах эмбриоземов. Интенсивность процессов физического выветривания определяется частотой смены режима увлажнения и процессов замерзания – оттаивания, а результативность биологического выветривания – активностью развития биологических процессов.

В настоящее время в результате процессов выветривания во всех типах эмбриоземов отмечены фракции мелкозема (табл. 1). Несмотря на то что изначально почвообразующие породы представляют собой хаотичную смесь обломков каменистых пород с примесью суглинков. В процессе эволюции почв

Таблица 1

## Фракционный состав эмбриоземов

Тип эмбриозема	Глубина, см	Доля фракций диаметром (мм), %					Физ. глина, %
		>10	10–5	5–3	3–1	< 1	
Инициальный (Эи)	0–5	14,6	14,4	18,5	24,8	27,7	6,3
	5–10	21,5	22,1	15,2	23,7	20,3	5,1
	10–20	28,2	27,4	14,3	23,7	8,2	2,7
	30–40	19,6	26,8	16,8	24,4	12,4	4,0
Органоаккумулятивный (Эо)	0–5	4,2	17,6	24,2	32,4	21,6	7,19
	5–10	11,6	19	23,7	34,9	10,8	4,49
	10–20	26,5	25,3	19,7	23,2	5,2	2,30
	30–40	20,5	25,8	16,5	26,2	10,8	5,07
Дерновый (Эд)	0–5	2,5	16,4	20,8	25,1	35,2	10,90
	5–10	20,4	19	22,8	20,1	17,7	7,18
	10–20	16,6	27,8	22,5	25,8	7,3	3,08
	30–40	33,3	29,2	16	15,6	5,9	2,48
Гумусово-аккумулятивный (Эг)	0–5	4,6	11,5	18,8	23,5	41,6	13,77
	5–10	23,6	14,3	14,8	14,1	33,2	12,45
	10–20	33,4	10,4	12,3	12,3	31,6	12,20
	30–40	28,5	18,1	16,3	17,7	17,4	7,25

НСР = 0,456 НСР = 0,331

происходит дифференциация профиля эмбриоземов по содержанию крупных и мелких фракций. Во всех эмбриоземах в верхних слоях фиксируется наибольшее содержание фракции мелкозема, что объясняется активным протеканием в этих слоях всех видов выветривания.

Необходимо обратить внимание на то, что количество мелкозема по профилям разных типов эмбриоземов, хотя и имеет общую закономерность уменьшения с глубиной, изменяется по-разному. Эта закономерность четко прослеживается в эмбриоземах поздних стадий эволюции в Эд и Эг. При этом в Эд происходит резкое увеличение каменистости уже на глубине 5–10 см. В Эг резкое увеличение крупных фракций происходит на глубине 30–40 см, что может объясняться, с одной стороны, более интенсивным развитием процессов выветривания и почвообразования в Эг, а с другой – изначальной неоднородностью субстрата отвала (см. табл. 1).

В Эи и Эо количество мелкозема в верхнем горизонте примерно в 1,5–2 раза меньше, чем в Эд и Эг. По распределению фракции мелкозема в верхних слоях Эи можно сделать вывод, что в техногенных ландшаф-

тах Кузбасса физическое выветривание почти за 30 лет наиболее интенсивно проявляется в слое 0–10 см и резко замедляется в последующих слоях. В Эо происходит резкое снижение фракции мелкозема уже в слое 5–10 см, что может свидетельствовать о снижении интенсивности процессов физического выветривания за счет образования на поверхности подстилки и уменьшения процессов иссушения – увлажнения, промерзания – оттаивания. В результате того что биологические виды выветривания в Эо развиты еще очень слабо, происходит резкое снижение мелкозема в слое 5–10 см. При этом отмечено, что в Эи по всему профилю мелкозема больше, чем в Эо. Однако качество мелкозема в верхнем слое Эо лучше, в нем присутствует больше фракций физической глины, что позволило сформироваться Эо в данном местообитании (см. табл. 1).

В табл. 1 рассчитана доля физической глины во всем объеме субстрата. Данные говорят о том, что, по классификации Качинского [7], эти эмбриоземы по гранулометрическому составу должны быть отнесены к песчаным и супесчаным почвам. Почвы с легким гранулометрическим составом обладают низ-

кой водоудерживающей способностью и не могут оптимально сохранять атмосферные осадки. Большинство техногенных ландшафтов Кузбасса характеризуется высокой степенью ксероморфизма, так как только фракции физической глины в субстрате обеспечивают водоудерживающие свойства почвы. Поэтому следующей важной характеристикой почвенно-экологического состояния сформировавшихся местообитаний является содержание физической глины во фракции мелкозема.

Процесс физического выветривания, по мнению многих исследователей, приводит к дезинтеграции крупных обломков только до уровня крупных гранулометрических фракций (фракции физического песка), поэтому они и должны преобладать в Эи. Образование фракций физической глины возможно только при воздействии процессов биологического выветривания [8], которые в большинстве исследованных эмбриоземов еще недостаточно развиты. Можно предположить, что состав мелкозема будет характеризоваться легким гранулометрическим составом. Однако, как показали проведенные исследования, это не совсем так (табл. 2).

Действительно, в гранулометрическом составе эмбриоземов фракций физического песка больше. Однако облегченным гранулометрическим составом (легкий суглинок) характеризуются только верхние слои Эи. Мелкозем в других эмбриоземах по гранулометрическому составу изменялся в пределах средне- и тяжелосуглинистого состава, что соответствует норме для данного района, так как большинство естественных почв, распространенных на прилегающих территориях, характеризуется таким же гранулометрическим составом [9].

Во всех типах эмбриоземов отмечено увеличение содержания фракций физической глины вниз по профилю. Наибольшее их увеличение с глубиной происходит в инициальном и органоаккумулятивном эмбриоземах. Возможно, происходит вымывание мелких фракций вниз по профилю, что подтверждается и увеличением илистой фракции с глубиной. Это действительно может происходить, так как биологические процессы не развиты или слабо развиты и нет дифференциации минеральной части профиля на горизонты. Здесь изначально фиксируется незна-

чительное содержание фракций физической глины, и илистые частицы, которые находились в верхних слоях или могли быть принесены из других мест, вымываются в результате высокой фильтрации в нижние слои.

В Эд происходит некоторая дифференциация профиля. В результате развития биологических процессов, формирования растительного покрова с преобладанием злаковых в верхней части профиля наблюдается весьма высокое содержание фракций физической глины, что характеризует мелкозем данного эмбриозема как среднесуглинистый. Хотя и здесь с глубиной происходит увеличение илистой фракции, наибольшее ее количество фиксируется в слое 10–20 см. Это может быть связано, с одной стороны, с изначальной неоднородностью субстрата отвала, с другой (если признать факт вымывания мелких фракций водой в нижние слои) – интенсивным накоплением их на начальных этапах формирования эмбриозема. Также необходимо учитывать, что нижележащий слой 20–30 см на этом участке характеризуется тяжелым гранулометрическим составом, что может приводить к снижению фильтрации в этом слое и осаждению илистых фракций в вышележащем горизонте.

Гранулометрический состав мелкозема Эг характеризуется наибольшей однородностью состава по глубине профиля. Здесь также наблюдается увеличение содержания фракций физической глины и илистой фракции с глубиной. При этом наибольшее количество илистых частиц находится в слое 20–30 см, что связано с их интенсивным вымыванием на начальном этапе формирования эмбриоземов. В дальнейшем при развитии биологических процессов и формировании гумусово-аккумулятивного горизонта вымывание илистых частиц замедляется и ил начинает накапливаться в верхних горизонтах. Однако в связи с малым сроком развития процессов почвообразования в нижних слоях наблюдается более высокое содержание илистых частиц, что является почвенно-экологической нормой для данной территории.

Обращает на себя внимание высокое содержание в эмбриоземах песчаной фракции (1–0,5 мм). Ее содержание изменяется от 7,43 в верхнем слое Эг до 22,77 % в Эо. При этом в естественных почвах данного района содер-

## Гранулометрический состав мелкозема эбриоземов

Тип эбриозема	Глубина, см	Количество частиц диаметром (мм), %							Физ. глина <0,01	Физ. песок >0,01
		1-0,5	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	0,001-0,0001	0,001-0,0001		
Инициальный (Эи)	0-5	19,11	5,71	52,52	10,07	10,14	2,45	22,6	77,3	
	5-10	20,45	9,57	44,81	9,48	12,26	3,40	25,1	74,8	
	10-20	11,23	14,00	41,28	12,08	15,40	5,98	33,4	66,5	
	20-30	17,52	1,44	45,93	12,32	16,44	6,33	35,0	64,9	
	30-40	17,07	6,93	43,81	11,57	14,59	6,00	32,1	67,8	
Органоаккумулятивный (Эо)	0-5	17,45	10,47	38,74	12,77	17,42	3,12	33,3	66,6	
	5-10	19,86	1,37	37,16	15,05	22,37	4,17	41,5	58,4	
	10-20	22,77	0,19	32,72	15,74	24,06	4,49	44,3	55,6	
	20-30	20,17	1,82	32,48	15,83	24,88	4,78	45,5	54,4	
	30-40	17,32	2,43	33,07	15,70	26,07	5,20	46,9	52,8	
Дерновый (Эд)	0-5	19,19	10,35	35,48	11,83	18,20	4,92	34,9	69,0	
	5-10	17,53	5,57	36,33	14,67	21,85	4,02	40,5	59,4	
	10-20	13,96	13,57	30,31	11,71	24,62	5,79	42,1	57,8	
	20-30	16,22	0,60	34,43	16,50	27,05	5,18	48,7	51,2	
	30-40	20,54	3,48	33,94	14,35	23,13	4,54	42,0	57,9	
Гумусово-аккумулятивный (Эг)	0-5	7,43	16,88	42,53	13,25	16,68	3,21	33,1	66,8	
	5-10	12,08	8,17	42,27	14,92	18,92	3,60	37,4	62,5	
	10-20	17,91	1,05	42,47	15,03	19,74	3,78	38,5	61,4	
	20-30	14,90	0,09	41,89	16,31	22,35	4,44	43,1	56,8	
	30-40	20,08	0,12	38,14	15,66	21,85	4,14	41,6	58,3	

НСР = 0,304 НСР = 0,280 НСР = 0,340 НСР = 0,313

жание песчаных фракций не превышает 7–9 %. Высокое содержание песка обусловлено большим количеством песчаников в объеме вскрышных пород. В процессе выветривания крупные обломки разрушаются, высвобождая песчаные частицы, и профиль эмбриоземов получается опесчаненным. В дальнейшем эта особенность гранулометрического состава эмбриоземов, скорее всего, сохранится, так как основу песчаной фракции составляют минералы кварца, которые очень плохо поддаются выветриванию.

Таким образом, развитие почвообразовательных процессов в техногенных ландшафтах, сложенных хаотичной смесью вскрышных и вмещающих пород, приводит к дифференциации профиля эмбриоземов по содержанию мелкозема и гранулометрическому составу. Снижение содержания крупных обломочных пород в профиле эмбриоземов, происходящее в результате физического, химического, биофизического и биохимического выветривания, приводит к увеличению содержания мелкозема. При пересчете содержания физической глины на весь объем субстрата отвалов выявлено увеличение содержания тонких фракций от Эи к Эо и Эд, наибольшее его содержание в Эг. При малом содержании мелкозема и высокой фильтрации поверхностных слоев отвалов происходит вымы-

вание илистых частиц в нижние горизонты профиля эмбриоземов и их накопление на глыбине, с резким снижением фильтрации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рагим-заде Ф. К. Техногенные элювии вскрышных пород угольных месторождений Сибири, оценка их потенциального плодородия и пригодности для восстановления почвенного покрова. Новосибирск, 1977. С. 20–22.
2. Курачев В. М., Андроханов В. А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сиб. экол. журн. 2002. № 3. С. 255–261.
3. Андроханов В. А. Сингенез почвенно-генетических и биологических процессов в техногенных ландшафтах Кузбасса // Вестник Томского гос. ун-та. Томск, 2003. Приложение № 7. С. 16–23.
4. Андроханов В. А., Курачев В. М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск, 2010. 224 с.
5. Гаджиев И. М., Курачев В. М., Андроханов В. А. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель. Новосибирск, 2001.
6. Кусов А. В. Гранулометрическая диагностика внутрипочвенного выветривания обломочного материала в техногенных ландшафтах // Сиб. экол. журн. 2007. № 5. С. 837–842.
7. Качинский Н. А. Физика почвы. М.: Высш. шк., 1965. 322 с.
8. Андроханов В. А., Куляпина Е. Д., Курачев В. М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск, 2004. С. 10–19.
9. Трофимов С. С. Экология почв и почвенные ресурсы Кузбасса. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. 300 с.

## Granulometric Composition of Embryozems in the Technogenic Landscapes of the Forest-Steppe Zone of Kuzbass

I. N. GOSSEN, I. P. BELANOV

*Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS  
630099, Novosibirsk, Sovetskaya str., 18  
E-mail: igor-gossen@yandex.ru, ibn@mgs.ru*

The fractional composition and size distribution of the soil of man-made landscapes is considered. The dependence of the formation of a certain type of embryozems in the forest-steppe zone of Kuzbass on the granulometric composition of soil-forming rocks was revealed. The content of physical clay throughout the profile of embryozems was calculated.

**Key words:** embryozems, melkozem, physical clay, fractions of coarse clastic rocks, physical sand, detailed soil mapping.