

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КУЗБАССА

А. М. Шипилова, И. С. Семина

Features of physical properties of soil of technogenic landscapes of forest-steppe zone of Kuzbass

A. M. Shipilova, I. S. Semina

The article discusses the features of the main types of embryozems formed in the dumps located in the forest-steppe zone of Kuzbass. An intensive exploitation of coal deposits resulted in accumulating a considerable fund of disturbed lands in the Kemerovo region. Technogenic landscapes appear in the place of once fertile land, through these areas regenerate themselves over time. These sites have a specific structure caused by the composition of the parent rocks, microclimate and the technology of deposits mining. Gradually they fit into the surrounding biogeocoenosis, become suitable for any particular purpose, and cease to be a source of negative effects on the environment. Therefore, the aim of the research was to study the physical properties of soils of technogenic landscapes, located in the forest-steppe zone of Kuzbass. The authors selected dumps located on the territory of Bachatskiy coal deposit as the main object of the study. The soil at the studied site consists of technical earth, humus-accumulative, organic-accumulative, sod and an initial embryozems, leached black earth. Comparing the heaps parameters with the soil parameters that are typical of a given area in order to identify the differences allows authors to make a conclusion of relation between main indicators of the physical properties of a soil and the substrate that was a basis for formation of a certain soil type. These soil descriptions illustrate the diversity and specificity of the soil cover, as well as a variety of soil remediation and environmental consequences of technogenic landscapes.

Keywords: technogenic landscapes; remediation; remediation resources.

Рассматриваются особенности основных типов эмбриоземов, формирующихся на отвалах, расположенных в лесостепной зоне Кузбасса. В результате интенсивной эксплуатации угольных месторождений в Кемеровской области накопился значительный фонд нарушенных земель. На месте когда-то плодородных земель формируются техногенные ландшафты, участки которых со временем самовосстанавливаются. Эти участки обладают специфическим строением, которое обусловлено составом почвообразующих пород, микроклиматом и технологией отработки месторождения. Постепенно они вписываются в окружающий биогенез, становятся пригодными для каких-либо целей, перестают быть источником отрицательного воздействия на окружающую среду. Поэтому целью работы было исследование физических свойств почв техногенных ландшафтов, расположенных в лесостепной зоне Кузбасса. В качестве основного объекта исследования были выбраны отвалы, расположенные на территории Бачатского угольного месторождения. На исследуемом участке почвы представлены техноземом, гумусово-аккумулятивными, органо-аккумулятивными, дерновыми и инициальными эмбриоземами, черноземом выщелоченным. Сравняются показатели с отвалов с показателями почв, характерными для данного района, с целью выявления различий. На основании полученных данных можно сделать вывод о зависимости основных показателей физических свойств от субстрата, на котором сформировались те или иные типы почв. Приведенные описания почв иллюстрируют разнообразие и специфику почвенного покрова, а также различные почвенно-экологические последствия рекультивации техногенных ландшафтов.

Ключевые слова: техногенные ландшафты; рекультивация; ресурсы рекультивации.

Проблема рекультивации земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых открытым способом, является одной из ключевых проблем экологии в Кузбассе. В результате интенсивной эксплуатации угольных месторождений в Кемеровской области накопился значительный фонд нарушенных земель. На месте когда-то плодородных земель формируются техногенные ландшафты, участки которых со временем самовосстанавливаются. Эти участки обладают специфическим строением, которое обусловлено составом почвообразующих пород, микроклиматом и технологией отработки месторождения. Постепенно они вписываются в окружающий биогенез, становятся пригодными для каких-либо целей, перестают быть источником отрицательного воздействия на окружающую среду.

С целью исследования физических свойств почв техногенных ландшафтов, расположенных в лесостепной зоне Кузбасса, были выбраны отвалы, расположенные на территории Бачатского угольного месторождения, приуроченного к зоне складчатого пояса предгорий Салаирского кряжа.

Общая площадь отвалов Бачатского месторождения составляет более 400 га. Возраст отвалов 20 лет. Это рекультивированные территории. Отвалы представляют собой огромный, высотой более 40 м навал горной породы на сравнительно ненарушенную естественную поверхность. Планирование поверхности осуществлялось бульдозером, в дальнейшем на часть спланированных участков были отсыпаны плодородный слой почвы (ПСП) и суглинок, а часть поверхности была оставлена под са-

мозарастание. Транспортировка и отсыпка ПСП осуществлялись автомобильным транспортом, плодородный слой отсыпался неравномерно и на переуплотненное основание. Мощность отсыпки ПСП составляет от 40 до 100 см. Отвалы характеризуются сложным рельефом, встречаются насыпи глыб и щебня в виде гребней без возобновления растительности, между насыпями находятся котлованы, ложбины, канавы (рис. 1). Субстрат отвалов представлен смесью вскрышных и вмещающих пород: песчаников – 51,8 % от общей мощности пород вскрыши, песчаников глинистых – 27 %, алевролитов – 16,4 %, аргиллитов – 3,8 %, верхний вскрышной горизонт сложен лессовидными суглинками, обогащенными грубообломочным материалом [1].

На поверхности отвалов сформировались молодые почвы – эмбриоземы, которые обладают свойствами, отличающимися от свойств зональных почв данной территории [2]. Для выполнения исследований были выбраны ключевые участки, которые отличаются методами формирования поверхности отвалов и сформировавшимся за 20 лет почвенным растительным покровом.

Участок 1 расположен в средней части северо-восточного склона отвала, на выровненной площадке крутизной менее 5°. Рекультивация не проведена, естественное самовосстановление. Почвенный покров в основном представлен эмбриоземами инициальными.

Участок 2 находится на юго-западном склоне. Здесь проведена лесная рекультивация. В посадках сосны сформировались эмбриоземы органо-аккумулятивные.

Участок 3 расположен на выровненной площадке с западинами, на северо-восточном склоне. На участке проведены частичная планировка и отсыпка на поверхность отвала суглинков мощностью более 1 м. Участок был оставлен под самозарастание. Здесь сформировались эмбриоземы дерновые и гумусово-аккумулятивные.

Участок 4 располагается на выровненной территории, на которой проведена отсыпка ПСП и потенциально плодородных пород (ППП) и сформирован технозем гумусогенный.

В районе проведения исследований со значительными техногенными нагрузками на естественные ландшафты было достаточно сложно выбрать контрольный участок. В итоге был выбран участок в сельскохозяйственной зоне степного ядра Кузнецкой котловины в нескольких десятках километров от антропогенных объектов с черноземом выщелоченным.

Исследования проводились на однородных по рельефу участках – склоновых или горизонтальных. В лабораторных условиях общепринятыми методами определялись физические свойства [3].

Гранулометрический состав почвообразующих пород оказывает большое влияние на скорость почвообразования в техногенных ландшафтах. От него зависит интенсивность почвообразовательных процессов: разрушение и синтез органических и минеральных веществ, их аккумуляция. Он же определяет физические, физико-механические и водные свойства почвы, тепловой режим [4].



Рисунок 1. Отвал на территории Бачатского угольного месторождения / Figure 1. The dump on the territory of Bachatskiy coal deposit.

На участках отвалов Бачатского месторождения, где сформировались эмбриоземы дерновые, гумусово-аккумулятивные и технозем гумусогенный, количество фракций физической глины значительно больше. Гранулометрический состав в данном случае определяется исходным составом субстратов, используемых для отсыпки на поверхность отвала. А устойчивый растительный покров способствует задержанию этих частиц от выноса водой и ветром.

В дерновом эмбриоземе, сформировавшемся на отсыпанной смеси суглинков и обломков пород, наблюдается облегчение гранулометрического состава мелкозема, что объясняется, скорее всего, привнесом крупнопылевой и песчаной фракций с окружающих территорий с водными потоками. Поскольку на этом участке сформировался устойчивый растительный покров, то он способствует задержанию этих частиц, что и приводит к увеличению содержания этих фракций в поверхностном слое эмбриозема дернового. В эмбриоземе гумусово-аккумулятивном (также за счет приноса крупнопылевой и песчаной фракции), который расположен в понижении рельефа, наблюдается облегчение гранулометрического состава в верхнем горизонте (табл. 1).

В гумусогенном техноземе гранулометрический состав субстрата изначально определяется составом ПСП и ППП. В естественных почвах, в основном черноземах, материал которых использовался в качестве ППП и ПСП, гранулометрический состав очень незначительно меняется с глубиной и характеризуется постоянством. Поэтому и в созданных из этих субстратов техноземах гранулометрический состав существенно не меняется с глубиной. Незначительное увеличение глинистых частиц на глубине 10–30 см может быть вызвано изначальной неоднородностью субстрата ПСП, используемого для отсыпки гумусогенного горизонта.

Если сравнивать все типы эмбриоземов между собой, то можно сделать вывод, что эмбриоземы инициальные и органно-аккумулятивные, занимающие слабонаклонные поверхности и формирующиеся на техногенных элювиях, отличаются заметно большей каменностью – более 70 % от всей массы субстрата (в остальных типах эмбриоземов каменность не превышает 25 %). Однако необходимо отметить, что содержание каменных фракций в данных типах эмбриоземов неодинаково (табл. 2).

Таблица 1. Гранулометрический состав почв.

Горизонт, глубина, см	Физическая глина < 0,01	Физический песок > 0,01	Горизонт, глубина, см	Физическая глина < 0,01	Физический песок > 0,01
<i>Эмбриозем инициальный (Участок 1)</i>			<i>Эмбриозем гумусово-аккумулятивный (Участок 3)</i>		
C ₀ (0–13)	12,4	87,6	Ад (1–5)	37,2	62,8
D (13–30)	12,1	87,9	A ₁ (5–6)	42,3	57,7
D (30–40)	11,8	88,2	AC (6–21)	41,5	58,5
			C (21–75)	40,2	59,8
			D (75–90)	39,0	61,0
<i>Эмбриозем органно-аккумулятивный (Участок 2)</i>			<i>Технозем гумусогенный (Участок 4)</i>		
A ₀ C (1–7)	13,5	86,5	АдA ₁ (0–10)	42,3	57,6
C (7–14)	12,9	87,1	A ₁ (10–30)	45,6	54,3
C (14–48)	12,0	88,0	D ₁ (30–40)	44,3	55,6
			D ₂ (50–90)	46,5	53,4
<i>Эмбриозем дерновый (Участок 3)</i>			<i>Чернозем выщелоченный</i>		
Ад (1–4)	33,1	66,8	Ад (0–4)	75,6	23,3
АдC (4–19)	41,6	58,3	A (4–34)	75,9	22,9
C (19–40)	40,8	59,1	AB (38–48)	74,3	25,7
C (40–70)	41,7	58,2	B (48–78)	61,2	37,8
D (70–90)	41,5	58,4	BK (78–100)	60,6	38,8

Таблица 2. Содержание каменной фракции в эмбриоземах.

Глубина, см	Содержание фракций размером (см), %					
	> 10	7	5	3	2	1
<i>Эмбриозем органо-аккумулятивный</i>						
0–10	30,39	10,28	12,40	17,52	4,61	24,80
10–20	53,64	8,24	7,15	14,36	2,87	13,74
20–30	63,33	6,89	4,04	10,54	2,03	13,16
30–40	46,67	8,95	18,98	8,36	1,68	15,36
<i>Эмбриозем инициальный</i>						
0–10	41,40	12,62	12,47	17,82	4,54	11,14
10–20	53,51	9,78	10,10	13,43	2,88	10,29
20–30	64,41	8,04	8,68	9,44	1,70	7,73
30–40	64,30	7,75	7,98	9,28	2,79	7,91

В приповерхностных горизонтах всех типов эмбриоземов содержание каменных фракций ниже. Меньше всего их в слое 0–10, так как амплитуда колебания температуры и влажности в этом слое значительно выше, чем в нижележащих слоях, и процессы физического выветривания протекают интенсивнее. Как показывают исследования, неоднородность гранулометрического состава и наличие крупнозема тормозят биологическое освоение субстрата отвала и препятствуют проникновению корневых систем. Слои почвы с содержанием крупнозема до 70 % оказывают негативное влияние на гидротермические, водно-физические свойства всей почвы [1, 5]. Зарубежный опыт исследования свойств пород после проведения рекультивации нарушенных земель на старом (более 25 лет) бурогольном карьере Adamov в Польше также показывает, что неодно-

родный гранулометрический состав породы, высокая насыпная плотность и плотность в целике оказывают существенное влияние на развитие почвенного и растительного покрова [6].

Технология формирования отвалов определяет плотность и порозность формирующихся эмбриоземов. Бессистемность отсыпки пород приводит к тому, что плотность и порозность разных типов эмбриоземов отвала существенно различаются между собой [7]. На плотность эмбриоземов также влияет петрографический, минералогический и гранулометрический состав отсыпаемых пород (табл. 3).

Невысокие показатели плотности твердой фазы в органо-аккумулятивных и инициальных эмбриоземах объясняются значительным количеством углистых частиц в субстрате, а также углистого цемента в породах, складированных на этих участках.

По плотности сложения почвы можно судить о степени биологической освоенности субстрата. Плотность зависит не только от гранулометрического состава породы, но и от количества органического вещества. По этой причине указанная характеристика очень изменчива, особенно в верхних горизонтах почвы.

Плотность сложения техноземов изменяется в интервале 1,05–1,63 г/см³. Эти показатели по сравнению с показателями других типов почв наиболее близки к контрольным. Плотность сложения эмбриоземов составляет 1,12–1,78 г/см³, что значительно превышает значения для естественных почв исследуемого района.

Особенно высокими оказываются данные показатели на инициальном, органо-аккумулятивном и дерновом эмбриоземах (глубина 0,6–0,7 м). Это объясняется малым содержанием органического вещества, значительным содержанием каменных отделистей (щебня) и неравномерным распределением мелкозема в почвенном профиле. Также большое

Таблица 3. Плотность и порозность эмбриоземов.

Почва	Глубина, см	Плотность твердой фазы, г/см ³	Плотность сложения, г/см ³	Порозность, %	Почва	Глубина, см	Плотность твердой фазы, г/см ³	Плотность сложения, г/см ³	Порозность, %
Технозем гумусогенный	0–5	2,54	1,05	58,7	Эмбриозем органо-аккумулятивный	0–10	2,60	1,39	46,5
	5–10	2,60	1,10	57,7		10–20	2,56	1,49	41,7
	10–20	2,60	1,18	55,1		20–30	2,55	1,42	41,5
	20–30	2,61	1,19	54,2		30–40	2,54	1,53	39,7
	30–40	2,62	1,23	53,5					
	40–50	2,62	1,43	45,9					
	50–60	2,63	1,58	40,9					
	60–70	2,64	1,62	39,9					
Эмбриозем дерновый	70–80	2,64	1,63	38,9	Эмбриозем инициальный	0–10	2,50	1,47	41,2
	80–90	2,64	1,63	38,9		10–20	2,58	1,51	41,5
	0–5	2,64	1,17	55,7		20–30	2,52	1,61	36,1
	5–10	2,62	1,28	51,1		30–40	2,68	1,74	35,0
	10–20	2,64	1,39	47,3					
	20–30	2,71	1,45	46,4					
	30–40	2,78	1,48	46,7					
	40–50	2,85	1,52	46,7					
Эмбриозем гумусово-аккумулятивный	50–60	2,89	1,60	44,6	Чернозем выщелоченный	0–5	2,46	0,78	68,1
	60–70	2,87	1,70	40,8		5–10	2,58	1,07	58,6
	70–80	2,86	1,78	37,8		10–20	2,63	1,25	52,6
	0–5	2,60	1,12	57,7		20–30	2,67	1,24	53,7
	5–10	2,60	1,20	53,1		30–40	2,75	1,29	53,0
	10–20	2,62	1,28	51,1		40–50	2,82	1,23	56,2
	20–30	2,66	1,38	47,0		50–60	2,86	1,36	52,5
	30–40	2,70	1,42	46,8		60–70	2,89	1,46	49,5
	40–50	2,75	1,48	46,5		70–80	2,89	1,42	51,0
	50–60	2,79	1,52	46,0		80–90	2,90	1,38	52,3
	60–70	2,80	1,60	44,5		100	2,92	1,36	53,4
	70–80	2,80	1,62	43,0					
80–90	2,80	1,62	43,0						

влияние на плотность почвы оказывают технологии формирования отвалов, при которых используется тяжелая техника.

Наиболее высокие значения порозности обнаружены в верхних слоях технозома – от 53 до почти 59 %, до глубины 40 см. При переходе к подстилающей породе, состоящей из потенциально плодородных пород, происходит резкое снижение порозности до 39 %. Это связано с планировкой подстилающих пород и отсыпкой на их поверхность плодородного слоя почвы.

Наибольшая плотность и соответственно наименьшая порозность 35–36 % выявлена на участке с инициальным эмбриоземом. Высокое содержание каменистых отделенностей и отсутствие свободного пространства между камнями препятствуют проникновению воды и корневыми системам растений в глубь почвы. И такое состояние без вмешательства человека может сохраняться очень длительное время, оставляя данные участки без растительного покрова и почвы на начальных этапах эволюции эмбриоземов [7, 8].

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод о зависимости основных показателей физических свойств от субстрата, на котором сформировались те или иные типы эмбриоземов [8, 9]. При этом факторы, лимитирующие формирование определенных типов эмбриоземов, могут быть различны, под воздействием климатических условий претерпевают изменения физические свойства, а со сменой стадий растительной сукцессии осуществляется переход от одного типа эмбриозема к другому.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андроханов В. А. Некоторые аспекты проблемы рекультивации нарушенных земель // Природно-техногенные комплексы: рекультивация и устойчивое функционирование: сб. материалов междунар. науч. конф. Новосибирск, 2013. С. 53–55.
2. Курачев В. М., Андроханов В. А. Классификация почв техногенных ландшафтов. // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.
3. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 415 с.
4. Кауричев И. С. Почвоведение. М.: Колос, 1969. 542 с.
5. Беланов И. П., Мамедов Р. И. Природно-техногенные комплексы и их почвенно-экологическое состояние в районе интенсивной добычи каменного угля // Почва как базовый компонент наземных экосистем: Вторые Ковалевские молодежные чтения, 2013. С. 115–117.
6. Wojcik J. Kształtowanie się wybranych właściwości fizycznych inicjalnych gleb na zwałowisku zewnętrznym KWB "Adamów" // Inżynieria Środowiska. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. 2003. Vol. 8, № 2. P. 217–227.
7. Беланов И. П., Семина И. С., Шипилова А. М. Почвенно-экологическое

состояние естественных ландшафтов в районе интенсивной добычи каменного угля // ГИАБ. 2013. № 10. С. 308–313.

8. Семина И. С., Беланов И. П., Шипилова А. М. и др. Природно-техногенные комплексы Кузбасса: свойства и режимы функционирования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 396 с.

9. Котович А. А., Гуман О. М. Оценка потенциального плодородия делювиальных суглинков Уральского региона для рекультивации нарушенных земель // Изв. УГГУ. 2014. № 2. С. 19–24.

REFERENCES

1. Androkhonov V. A. 2013, *Nekotorye aspekty problemy rekultivatsii narushennykh zemel'* [Some aspects of land remediation]. *Prirodno-tekhnogennye komplekсы: rekultivatsiya i ustoychivoe funktsionirovanie: Sb. materialov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Natural and technological systems: restoration and sustainable operation: Collection of Materials of international scientific conference], Novosibirsk, pp. 53–55.
2. Kurachev V. M., Androkhonov V. A. 2002, *Klassifikatsiya pochv tekhnogennykh landshaftov* [Classification of soil of anthropogenic landscapes]. *Sibirskiy ekologicheskii zhurnal* [Siberian Journal of Ecology], no. 3, pp. 255–261.
3. Vadyunina A. F., Korchagina Z. A. 1986, *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods of research of the physical properties of soil], Moscow, 415 p.
4. Kaurichev I. S. 1969, *Pochvovedenie* [Pedology], Moscow, 542 p.
5. Belanov I. P., Mamedov R. I. 2013, *Prirodno-tekhnogennye komplekсы i ikh pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie v rayone intensivnoy dobychi kamennogo uglya* [Natural and technological complexes and soil-ecological state in the area of intensive coal mining]. *Kovalevskie molodezhnye chteniya «Pochva kak bazovyy komponent nazemnykh ekosistem»* [Second Kovalevsky's youth reading "The soil as a basic component of terrestrial ecosystems"], pp. 115–117.
6. Wojcik J. 2003, *Kształtowanie się wybranych właściwości fizycznych inicjalnych gleb na zwałowisku zewnętrznym KWB "Adamów"* [Formation of selected physical properties of initial soil on the outer dumping ground KWB "Adamów"]. *Inżynieria Środowiska* [Environmental Engineering], vol. 8, no. 2, pp. 217–227.
7. Belanov I. P., Semina I. S., Shipilova A. M. 2013, *Pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie estestvennykh landshaftov v rayone intensivnoy dobychi kamennogo uglya* [Soil-ecological condition of natural landscapes in the area of intensive extraction of coal]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining Informational and Analytical Bulletin], no. 10, pp. 308–313.
8. Semina I. S., Belanov I. P., Shipilova A. M., Androkhonov V. A. 2013, *Prirodno-tekhnogennye komplekсы Kuzbassa: svoystva i rezhimy funktsionirovaniya* [Natural and technological complexes of Kuzbass: properties and operating modes], Novosibirsk, 396 p.
9. Kotovich A. A., Guman O. M. 2014, *Otsenka potentsial'nogo plodorodiya delyuvial'nykh suglinkov ural'skogo regiona dlya rekultivatsii narushennykh zemel'* [The assessment of potential of fertility of deluvial loams of Ural region for disturbed land remediation]. *Izvestiya UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 2, pp. 19–24.

Ася Максимовна Шипилова,

cardan@land.ru

Ирина Сергеевна Семина,

semina.i@mail.ru

Сибирский государственный индустриальный университет,

Россия, Кемеровская обл., Новокузнецк, пр. Бардина, 25

Asya Maksimovna Shipilova,

cardan@land.ru

Irina Sergeevna Semina,

semina.i@mail.ru

Siberian State Industrial University,

Novokuznetsk, Kemerovo region, Russia