

УДК 504.53:631(571.63)

## ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО АВТОНОМНЫХ И ГЕТЕРОНОМНЫХ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Полохин О.В.

*ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток, e-mail: o.polokhin@mail.ru*

В работе рассматривается содержание, распределение органического вещества и состав гумуса в автономных и гетерономных почвах на двухъярусном отвале техногенного ландшафта Павловского угольного разреза при самозаращении. Установлено, что в автономных почвах происхождение органического вещества имеет автохтонную природу. Тип гумуса гуматно-фульватный. Степень гумификации с глубиной уменьшается от средней до слабой. Можно предположить, что процессы разложения органического вещества и образование гуминовых кислот происходят достаточно медленно и идет накопление в основном слабообразовавшихся растительных остатков. Запасы органического вещества и скорость накопления его также невысоки. Почвы резко дифференцированы по содержанию органического вещества. Показано, что в гетерономных почвах транзитно-аккумулятивных позиций толщина подстилки больше, чем у автономных. Содержание органического вещества в грубогумусовом горизонте достигает значений 4% и снижается до 1,74% в переходном горизонте. Гумус гуматно-фульватный. Степень гумификации, скорость гумусонакопления, запасы органического вещества выше, чем у автономных почв. Гумус имеет двойную природу происхождения: не только автохтонную, но и аллохтонную. В составе растительности появляются новые виды, в том числе злаки. Процессы педогенного преобразования исходной породы затрагивают более глубокие слои. Показатели гетерономных почв аккумулятивных позиций находятся между соответствующими значениями для автономных почв транзитно-аккумулятивных позиций. На ранних этапах эволюции наибольшая скорость эволюционирования наблюдается в гетерономных почвах транзитно-аккумулятивных и аккумулятивных позиций формирующейся техногенной катены. Содержание органического вещества с увеличением времени почвообразования в формирующихся почвах возрастает по сравнению с исходным количеством литогенного органического вещества. Это является подтверждением его педогенного происхождения.

**Ключевые слова:** техногенный ландшафт, почвы, гумус, рекультивация, почвенный профиль

## ORGANIC MATTER OF AUTONOMOUS AND HETERONOMOUS SOILS OF MAN-MADE LANDSCAPES OF THE SOUTH OF PRIMORSKY TERRITORY

Polokhin O.V.

*Federal scientific center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, Vladivostok, e-mail: o.polokhin@mail.ru*

The paper considers the content, distribution of organic matter and composition of humus in autonomous and heteronomous soils on a two-tier dump of the man-made landscape of the Pavlovsk coal mine during self-growth. It is established that the origin of organic matter in Autonomous soils is autochthonous. The humus type is humate-fulvate. The degree of humification decreases with depth from medium to weak. It can be assumed that the processes of decomposition of organic matter and the formation of humic acids occur rather slowly and there is an accumulation of mostly slightly decomposed plant residues. The reserves of organic matter and its accumulation rate are also low. Soils are sharply differentiated by the content of organic matter. It is shown that in heteronomous soils of transit-accumulative zones, the thickness of the litter is greater than in autonomous ones. The content of organic matter in the coarse-humus horizon reaches 4% and decreases to 1.74% in the transition horizon. Humus is humate-fulvate. The degree of humification, the rate of humus accumulation, and organic matter reserves are higher than in Autonomous soils. Humus has a dual nature of origin, not only autochthonous, but also allochthonous. New species appear in the vegetation, including cereals. The processes of pedogenic transformation of the original rock affect deeper layers. Indicators of heteronomous soils of accumulative positions are located between the corresponding values for autonomous soils and soils of transit-accumulative positions. At the early stages of evolution, the highest rate of evolution is observed in heteronomous soils of transit-accumulative and accumulative positions of the emerging technogenic catena. The content of organic matter increases with increasing time of soil formation in the emerging soils in comparison with the initial amount of lithogenic organic matter. This is a confirmation of its pedogenic origin.

**Keywords:** man-made landscape, soils, humus, reclamation, soil profile

В ходе формирования почв техногенных ландшафтов под действием всех факторов почвообразования ведущим остается биологический. Развитие биоты приводит к поступлению, накоплению и трансформации органического вещества [1].

Наиболее характерными представителями техногенных ландшафтов можно считать отвально-карьерные образования, сформированные при открытой добыче бу-

рого угля. В техногенную фазу формируются каркасная основа, которая преобразуется в посттехногенной фазе [2, 3]. Рельеф каркасной основы, так же как и породы, слагающие отвалы (обладающие тем или иным почвообразующим потенциалом), либо увеличивают скорость саморазвития почвы, либо замедляют. А саморазвитие почвы, как уже выше сказано, определяется развитием биоты. Поэтому наиболее значимой

информацией следует считать зависимости темпов накопления органического вещества и специфику его преобразования от состава пород, положения формирующейся почвы в рельефе, времени почвообразования [1]. Отвалы представляют собой геоморфологические образования в виде конических или плосковершинных бугров, вытянутых гряд, мезогряд с пологими или крутыми склонами. Доля склоновых поверхностей может достигать 95% [4, 5]. В условиях такого достаточно расчлененного рельефа формируются почвы как развивающиеся только под влиянием атмосферного увлажнения (автономные почвы), так и гетерономные почвы подчиненных позиций [6]. Гетерономные почвы получают дополнительный приток влаги, веществ с вышерасположенных позиций и могут являться конечными пунктами геохимической миграции веществ [7]. Поэтому и почвы, развивающиеся в таких различных эдафических условиях, могут иметь различные свойства.

Цель исследования заключается в изучении специфики процессов педогенеза в автономных и гетерономных почвах техногенных ландшафтов Павловского угольного разреза при самозаращении.

#### Материалы и методы исследования

Исследования проводились на карьерно-отвальных комплексах Павловского угольного разреза Приморского края. Центральная часть разрабатываемых участков находится в 30 км северо-западнее г. Уссурийска на территории Михайловского района Приморского края.

Район исследований расположен в Приханкайской гидротермической провинции. Климат континентальный, с большим влиянием муссонного характера сезонных ветров на погодные условия. Летние муссоны, а также августовские и сентябрьские тайфуны приносят основное количество осадков [5, 8].

Объектами исследования послужили почвы (эмбриоземы), развивающиеся на 35-летнем внешнем двухъярусном транспортном отвале с уплощенной вершиной и слабонаклонной террасой в средней части отвала. Для определения свойств автономных почв были заложены разрезы на вершине отвала (элювиальная позиция). Для определения свойств гетерономных почв разрезы были заложены на террасе в средней части склона (транзитно-аккумулятивная позиция) и внизу склона в аккумулятивной позиции ландшафта.

Литогенный состав отвала представлен хаотичной смесью рыхлых четвертичных отложений угленосных свит – глин, алевролитов, аргиллитов, песчаников. По гра-

нулометрическому составу они могут быть от тяжелосуглинистых до среднесуглинистых. При диагностике типа почв использована профилно-генетическая классификация почв техногенных ландшафтов [1, 2]. Отбор образцов производился в начале августа. Определение химических, физических и физико-химических свойств почв проводилось по общепринятым методикам [9, 10]. В полевых исследованиях проводилось морфологическое описание, определялась степень дифференциации профиля почв. Для расчета общей степени дифференциации по органическому углероду использовался коэффициент Б.Г. Розанова [6]. Данный показатель (SCорг) позволяет сравнивать горизонты не с почвообразующей породой, а между собой. Кроме этого коэффициента были вычислены запасы органического вещества в каждом слое (Qn) и для слоя 0–20 см (Q). По методу прямого сравнения вычислялся коэффициент дифференциации (A) также для корнеобитаемого горизонта (0–20 см), а также степень дифференциации (Sh) и средние скорости гумусонакопления (органического углерода) ( $v, \text{т/га/год}$ ).

#### Результаты исследования и их обсуждение

По результатам полевых исследований выделено три типа эмбриоземов: эмбриозем грубогумусовый, эмбриозем грубогумусовый глееватый и эмбриозем грубогумусовый глеевый.

Вершина отвала, элювиальная позиция. Рельеф мелкобугристый. Растительность – осиново-хвощевый лес, пройденный низовым пожаром. Проективное покрытие составляет 15–20%. Под данным типом растительности развиваются автономные эмбриоземы грубогумусовые (иллювиально-гумусовые). Обобщенный морфологический профиль данных почв имеет строение Ao-A-C. В профиле выделяется лесная подстилка до 1 см. Грубогумусовый горизонт мощностью 1,5–2 см.

Породы отвала содержат достаточно высокое количество углистого материала от мелкодисперсного до комковатого. Подготовка образцов для камеральной обработки обязательно содержала отбор видимых углистых частиц. Безусловно, тонкодисперсный материал оставался в образцах. Поэтому при анализе общий углерод состоит как из литогенного, так и имеющего педогенную природу.

В автономном эмбриоземе в грубогумусовом горизонте содержание органического вещества составляет более 1,7%. При этом в более глубоких слоях «материнской поро-

ды» находится в пределах от 0,2% до 0,3% (табл. 1). Тип гумуса гуматно-фульватный. Увеличение содержания ГК в слое 2–10 см может быть вызвано влиянием углистых частиц. Степень гумификации с глубиной уменьшается от средней до слабой. Можно предположить, что процессы разложения органического вещества и образование гуминовых кислот происходят достаточно медленно и идет накопление в основном слаборазложившихся растительных остатков. Некоторое увеличение этого показателя в нижних слоях возможно связано с накоплением углистого материала либо с возможным перемещением гумусовых соединений по профилю эмбриозема. Показатель скорости гумусонакопления невысок и составляет 0,31 т/га/год. В расчёте учитывалось органическое вещество слоя 0–20 см за 35 лет. Также невысок и запас органического вещества и составляет немногим больше 14 т/га. Подтверждением того, что содержание органического вещества резко уменьшается с глубиной, могут служить и показатели степени дифферен-

циации и коэффициента дифференциации. По градации Б.Г. Розанова почвы резко дифференцированы по содержанию органического вещества (табл. 2).

Вторым объектом исследования стали гетерономные почвы средней части склона на террасе.

Терраса расположена на середине северо-западного склона 3–5° (транзитно-аккумулятивная позиция), и фитоценоз представлен осиново-березово-хвошево-разнотравным лесом. Пройден низовым пожаром. Проективное покрытие 40%. Сингенетично с данным типом растительности развиты эмбриоземы грубогумусовые (кустарничково-корневые) иллювиально-гумусовые глееватые. Профиль эмбриоземов Ао-А-АВ-Сg.

Толщина подстилки составляет 1–1,5 см. Грубогумусово-аккумулятивный горизонт имеет мощность 4–5 см. Признаки глееватости отмечаются с глубины 20–30 см. Содержание органического углерода в верхней части профиля плавно убывает с 4% (0–2 см) до 1,74% на глубине 10 см (табл. 1).

**Таблица 1**

Содержание органического углерода в автономных и гетерономных почвах

Глубина, см	Собщ%	Сгк/Сфк	Сгк/Собщ (степень гумификации), %	v, т/га/год
Автономный эмбриозем. Элювиальная позиция				
0–2	1,71	0,55	24,3	0,41
2–5	0,82	0,86	20,7	
5–10	0,32	0,74	15,4	
10–15	0,24	0,42	17,5	
15–20	0,25	0,39	21,1	
20–30	0,29			
30–40	0,22			
40–50	0,23			
Гетерономный эмбриозем. Транзитно-аккумулятивная позиция				
0–2	4,01	0,74	30,2	0,94
2–5	2,04	0,63	27,1	
5–10	1,74	0,61	22,3	
10–15	0,51	0,53	19,4	
15–20	0,48	0,43	20,3	
20–30	0,27			
30–40	0,31			
40–50	0,25			
Гетерономный эмбриозем. Аккумулятивная позиция				
0–2	1,83	0,43	23,8	0,52
2–5	1,00	0,61	20,4	
5–10	0,26	0,76	14,2	
10–15	0,27	0,47	15,1	
15–20	0,24		10,2	
20–30	0,17			

Таблица 2

Значения коэффициентов степени дифференциации профиля почв

Глубина, см	(Q <sub>n</sub> ) Запас, т/га	(Q) Запас, т/га	S <sub>n</sub>	A, %
Автономный эмбриозем. Элювиальная позиция				
0–2	2,84	14,4	4,5	584
2–5	2,04			228
5–10	1,97			28
10–15	1,5			–4
15–20	2,56			0
Гетерономный эмбриозем. Транзитно-аккумулятивная позиция				
0–2	4,89	32,87	4,1	735
2–5	3,73			325
5–10	9,48			263
10–15	3,42			6
15–20	3			0
Гетерономный эмбриозем. Аккумулятивная позиция				
0–2	4,21	18,32	6,0	663
2–5	3,45			317
5–10	1,57			8
10–15	1,89			13
15–20	1,74			0

Затем отмечено резкое убывание содержания органического углерода с 0,51% (10–15 см) до 0,25% (40–50 см). Такое распределение определяется не только образованием гумусовых кислот биогенного происхождения, но и существенным влиянием углерода окисляющихся бурых углей. Кроме того, транзитно-аккумулятивные позиции имеют более благоприятные условия для развития фитоценозов. Это проявляется в менее контрастных гидротермических условиях, ветрозащитности. В отличие от вышележащих эмбриоземов элювиальных позиций, эмбриоземы транзитно-аккумулятивных позиций имеют более мощный гумусово-аккумулятивный горизонт. Поскольку грунтовые воды отсутствуют то различия в почвообразовании гетерономных и автономных почв определяются в том числе объемом плоскостного и, возможно, внутрпочвенного бокового стоков, которые кроме дополнительной влаги приносят на почвы подчиненных позиций дополнительный мелкодисперсный материал.

Гумус гетерономных почв, развивающихся на террасе, гуматно-фульватный. Степень гумификации выше, чем у автономных почв, но все равно относится к средней. Рассчитанная скорость гумусонакопления для слоя 20 см в 2,3 раза выше, чем у вышерасположенных почв, и составляет 0,70 т/га/год. Запасы органического углерода в гетерономных почвах средней части скло-

на составляют 32,9 т/га, что также в 2,3 раза выше, чем у автономных эмбриоземов. Коэффициент дифференциации профиля почвы по органическому углероду превышает таковой по сравнению с почвами, развивающимися на элювиальных позициях (табл. 2). Все вместе эти коэффициенты подтверждают, что педогенные преобразования исходной литогенной основы затронули большую толщу пород, чем у почв автономных.

Температура гетерономных почв аккумулятивных ландшафтов ниже, чем у вышерасположенных. Влажность почвы за счет дополнительного увлажнения, обусловленного поверхностным стоком и близостью обводного канала, значительно выше, чем у гетерономных почв транзитно-аккумулятивных позиций. Это создает менее благоприятные условия для развития растительности и, соответственно, для развития педогенных процессов почвообразования.

В нижней части отвала на аккумулятивной позиции фитоценоз представлен осиново-хвощевым лесом (хвощ 85%, грушовка 7%, полынь 5%, разнотравье 1%) с проективным покрытием 30%. Грунтовые воды на глубине 1–1,2 м. На данном элементе рельефа развиты гетерономные почвы эмбриоземы грубогумусовые иллювиально-гумусовые глеевые. Обобщенная формула профиля почв А<sub>0</sub>-А-С<sub>g</sub>. Лесная подстилка фрагментарная 0,5 см. Грубогумусовый го-

ризонт 1,5–2 см. Глеевые процессы отмечаются уже под гумусовым горизонтом.

Содержание и распределение органического вещества имеет аккумулятивный тип распределения. Если в слое 0–2 см содержание органического углерода составляет 1,83%, то уже с глубины 5 см и ниже оно резко убывает до значений 0,26–0,17% (табл. 1). Гумус по составу гуматно-фульватный. Степень гумификации средняя только в слое 0–5 см, ниже она соответствует слабым значениям. Скорость гумусонакопления практически такая же, как и автономных почв элювиальных позиций и составляет 0,37 т/га/год. Запас органического вещества в слое 0–20 см несколько выше, чем у автономных почв, и достигает значений выше 18 т/га. Можно предположить, что такие показатели содержания органического вещества в большей степени связаны с привносом с повышенных элементов рельефа мелкоземистого материала. По значению степени дифференциации почвы резко дифференцированы (табл. 2). По этому показателю они превосходят как автономные почвы, так и гетерономные почвы, развивающиеся на террасе склона. Коэффициент дифференциации, показывающий накопление органического вещества, выше, чем у эмбриоземов, формирующихся в элювиальных позициях в слое 0–5 см, однако глубже он резко снижается.

### Закключение

1. В автономных почвах происхождение органического вещества имеет автохтонную природу. Тип гумуса гуматно-фульватный. Степень гумификации с глубиной уменьшается от средней до слабой. Можно предположить, что процессы разложения органического вещества и образования гуминовых кислот происходят достаточно медленно и идет накопление в основном слабообразованных растительных остатков. Запасы органического вещества составляют около 14 т/га. Скорость накопления его также невысока и составляет 0,31 т/га/год. Почвы резко дифференцированы по содержанию органического вещества.

2. В гетерономных почвах транзитно-аккумулятивных позиций толщина подстилки больше, чем у автономных. Содержание органического вещества в грубогумусовом горизонте достигает значений 4% и снижается до 1,74% в переходном горизонте. Гумус гуматно-фульватный. Степень гумификации, скорость гумусонакопления, запасы органического вещества выше, чем у автономных почв. Гумус имеет двойную природу происхождения: не только автохтонную, но и аллохтонную. В составе рас-

тительности появляются новые виды, в том числе злаки. Процессы педогенного преобразования исходной породы затрагивают более глубокие слои.

3. Показатели гетерономных почв аккумулятивных позиций находятся между соответствующими значениями для автономных почв и почв транзитно-аккумулятивных позиций.

4. В зависимости от положения формирующейся почвы по катене техногенного ландшафта, на ранних этапах эволюции наибольшая скорость эволюционирования наблюдается в транзитно-аккумулятивных и аккумулятивных позициях.

5. Содержание органического вещества с увеличением времени почвообразования в формирующихся почвах возрастает по сравнению с исходным количеством литогенного органического вещества. Это подтверждает его педогенное образование.

### Список литературы

1. Андроханов В.А., Курачев В.М. Принципы оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2009. Т. 16. № 2. С. 165–169.
2. Двуреченский В.Г., Андроханов В.А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов Новокузнецкого промышленного комплекса // Живые и биокосные системы. 2017. № 20. С. 3.
3. Соколов Д.А., Андроханов В.А., Кулижский С.П., Доможакова Е.А., Лойко С.В. Морфогенетическая диагностика процессов почвообразования на отвалах каменноугольных разрезов Сибири // Почвоведение. 2015. № 1. С. 106–117.
4. Двуреченский В.Г. Трансформация морфологических свойств почв Горловского угольного бассейна под воздействием антропогенеза // Живые и биокосные системы. 2020. № 31. С. 3.
5. Киселева И.В., Перепелкина П.А., Бурдуковский М.Л., Пуртова Л.Н. Особенности развития почвенно-растительного покрова на отвальных породах различного состава в Приморском крае // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 11–1. С. 90–93.
6. Смоленцева Е.Н. Опыт применения общих и частных коэффициентов для оценки степени дифференциации профиля гетерономных почв // Сибирский экологический журнал. 2007. № 5. С. 855–858.
7. Кулижский С.П., Родикова А.В. Гетерономные почвы степных изолятов Зауралья (на примере Ширинской степи) // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 10 (185). С. 177–180.
8. Полохин О.В. Свойства почв развивающихся техногенных катен Приморского края (на примере отвалов угольного разреза «Павловский») // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 11 (77). Вып. 1. С. 129–132.
9. Боме Н.А., Рябикова В.Л. Почвоведение (краткий курс и лабораторный практикум): учебное пособие. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2012. 216 с.
10. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М., Шапова Л.Н. Оценка гумусного состояния и продуцирования CO<sub>2</sub> почвами природных и агрогенных ландшафтов юга Дальнего Востока России // Почвоведение. 2017. № 1. С. 48–55.